

Energiekonzept
Endbericht
für
das Sport- und Freizeitzentrum Kalbach

Am Martinszehnten 2
Frankfurt a.M.



Im Auftrag des Hochbauamtes der Stadt Frankfurt
Abteilung Energiemanagement

Bearbeiter:

Ingenieurbüro Umwelt-Sonne-Energie
Dipl.-Ing. Hans-Gerhard Kitzerow
Dipl.-Ing. (FH) Peter Magyar

Mittelstr.10
65550 Limburg-Linter
06431- 477337

2009

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Einleitung | 4 |
| 2 | Datenerfassung und Grundlagenermittlung | 4 |
| 2.1 | Allgemeine Gebäudedaten und Geschichte | 4 |
| 2.2 | Energiebezugsfläche | 6 |
| 2.3 | Bauphysik | 6 |
| 2.4 | Anlagentechnik/Haustechnik (HT) | 8 |
| 2.5 | Warmwasserbereitung | 8 |
| 2.6 | Lüftungsanlagen (L) | 9 |
| 2.7 | Beleuchtung (B) | 11 |
| 2.8 | Sonstige elektrische Verbraucher..... | 13 |
| 2.8.1 | Heiztechnik und Warmwasserpumpen (HT,HH) | 13 |
| 2.8.2 | Zentrale Dienste (ZD), Diverse Technik | 14 |
| 2.8.3 | Küche/Kantine – Weiße Ware | 14 |
| 2.8.4 | Photovoltaik | 15 |
| 2.9 | Sanitär/Wasser (S)..... | 15 |
| 3 | Energiedaten..... | 16 |
| 3.1 | Verbräuche | 16 |
| 3.2 | Verträge | 17 |
| 3.3 | Lastgänge | 17 |
| 3.4 | Kosten..... | 17 |
| 4 | Bedarfsberechnungen | 20 |
| 4.1 | Leitfadenberechnung (LEH) Wärme | 20 |
| 4.1.1 | Heizwärmebedarf und berechnete Endenergie Sporthalle..... | 22 |
| 4.2 | Leistungen und Verbräuche Strom..... | 24 |
| 4.3 | Leitfaden LEE..... | 26 |
| 4.3.1 | Beleuchtung | 26 |
| 4.3.2 | Lüftung..... | 26 |
| 4.3.3 | Pumpen SFZ..... | 26 |
| 5 | Maßnahmen | 27 |
| 5.1 | Optimierung der Energielieferverträge und Organisation..... | 28 |
| 5.1.1 | Hausverwalterverträge | 28 |
| 5.2 | Verbesserung der Wärmedämmung..... | 28 |
| 5.2.1 | Austausch der Fenster | 28 |
| 5.2.2 | Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen Bauphysik | 29 |
| 5.3 | Regelungstechnik / Anlagentechnik Heizung..... | 30 |
| 5.3.1 | Allgemein | 30 |
| 5.3.2 | WW - Bereitung..... | 30 |
| 5.3.3 | Heizungsregelung | 30 |
| 5.3.4 | Hydraulische Abstimmung der Heizkreise | 30 |
| 5.3.5 | Kesseltausch..... | 30 |
| 5.4 | Pumpen..... | 31 |
| 5.4.1 | Pumpen Heizraum | 31 |
| 5.4.2 | Pumpen Lüftung..... | 31 |
| 5.5 | Gesamtkosten Heizungssanierung..... | 31 |
| 5.6 | Strahlungsheizung und Lüftung..... | 32 |
| 5.6.1 | Lüftungsanlage Leichtathletikhalle | 32 |
| 5.6.2 | Lüftungsanlage Mehrzweckhalle | 33 |
| 5.6.3 | Lüftungsanlage Tennishalle | 33 |
| 5.6.4 | Lüftungsanlagen Hallen..... | 33 |
| 5.6.5 | Lüftungsanlagen Nebenräume | 33 |
| 5.6.6 | Gesamtkostenberechnung Lüftung..... | 34 |
| 5.7 | Beleuchtung | 35 |



| | | |
|-----------|---|----|
| 5.7.1 | Beleuchtung Mehrzweckhalle und Leichtathletikhalle..... | 35 |
| 5.7.2 | Beleuchtung Nebenräume..... | 35 |
| 5.7.3 | Gesamtkostenberechnung Beleuchtung..... | 36 |
| 5.7.4 | Gesamtkosten..... | 37 |
| 6 | Organisatorisches/Sonstiges..... | 38 |
| 6.1 | Spülkästen..... | 38 |
| 6.2 | Notbeleuchtung..... | 38 |
| 6.3 | Regenwasserzisterne..... | 38 |
| 6.4 | PV Anlage..... | 38 |
| 7 | Zusammenfassung..... | 39 |
| | | |
| Anlage 1 | Daten auf einen Blick..... | 43 |
| Anlage 2 | Verbräuche und Kosten..... | 44 |
| Anlage 3 | Heizwärme LAH..... | 45 |
| Anlage 4 | Heizwärme MZH..... | 47 |
| Anlage 5 | Heizwärme TH..... | 49 |
| Anlage 6 | Installierte Beleuchtung..... | 51 |
| Anlage 7 | Gesamtkosten Fenstertausch LAH..... | 55 |
| Anlage 8 | Gesamtkosten Fenstertausch MZH..... | 56 |
| Anlage 9 | Gesamtkosten Fenstertausch TH..... | 57 |
| Anlage 10 | Gesamtkosten Heizung..... | 58 |
| Anlage 11 | Lüftung - Heizung..... | 59 |
| Anlage 12 | Gesamtkosten Beleuchtung..... | 60 |
| Anlage 13 | Gesamtkosten alle Maßnahmen..... | 61 |
| Anlage 14 | Abbildungen, Diagramme, Tabellen und Bilder..... | 62 |

1 Einleitung

Wir erhielten vom Magistrat der Stadt Frankfurt Hochbauamt Energiemanagement (Amt 65) den Auftrag, ein Energiekonzept für das Sport- und Freizeitzentrum Kalbach zu erstellen. Der Endbericht dient zur Gesprächsvorbereitung für das Modernisierungskonzept.

Das Sport- und Freizeitzentrum Kalbach (im folgenden SFZ genannt) liegt im Norden der Stadt Frankfurt im Stadtteil Kalbach-Riedberg inmitten eines Gewerbegebiets. Der Gebäudekomplex entstand 1990-1992.

Die Mehrzweckhalle wird von benachbarten Schulen sowie durch verschiedene Vereine genutzt. Die Tennishalle wird überwiegend von Vereinen und Privatspielern genutzt, die Leichtathletikhalle wird bedingt durch die Trainingsbedingungen auch überregional 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 das SFZ Kalbach liegen die Daten vor.

2 Datenerfassung und Grundlagenermittlung

2.1 Allgemeine Gebäudedaten und Geschichte

Der Gebäudekomplex stammt aus dem Jahr 1992.

Die Anlagentechnik stammt noch aus dem Entstehungsjahr, eine Wärmepumpe wurde im Jahr 2000 wieder stillgelegt. Das BHKW wurde Mitte 2008 stillgelegt, weil dieses nicht zufriedenstellend lief.

Der Gebäudekomplex ist mit seiner Hauptachse waagrecht zur Kalbacher Hauptstr. in Nordwest – Südost Richtung orientiert. Der Gebäudekomplex besteht aus zwei separaten Gebäuden mit rechteckigen Grundrissen. Die Leichtathletikhalle ist freistehend, die Mehrzweckhalle und Tennishalle (TH) sind miteinander verbunden. Die Tennishalle beinhaltet ein Restaurant. Die Mehrzwecksporthalle (MZH) und die Leichtathletikhalle (LH) verfügen über größere Tribünen, welche ca. 500 Besuchern (MZH), bzw. 1.000 Besuchern (LH) Platz bieten.

Der Lageplan in Abbildung 1 und das Luftbild in Abbildung 2 geben einen Überblick. Die Mehrzweckhalle ist mittels Trennvorhängen in mehrere Trainingshallen unterteilbar. An der Südseite (MZH) bzw. Nordseite (LH) liegt die Tribüne.

Die Mehrzweckhalle ist nicht unterkellert, die Nebenräume der Tennishalle sowie der Leichtathletikhalle besitzen einen Keller. Die Technikzentrale befindet sich unter dem Verbindungsstück Mehrzweckhalle-Tennishalle, von dort erfolgt über einen Schacht im UG die Versorgung der einzelnen Gebäude. Die einzelnen Gebäudeteile besitzen jeweils eine eigene Unterverteilung. In der Technikzentrale befinden sich die zentrale Gasheizung und die zentrale Verteilung. Es gibt insgesamt 13 Lüftungsanlagen.

Alle Nebenräume werden durch statische Heizkörper sowie die Lüftung beheizt. Die Sporthallen verfügen alle über eine Lüftungsheizung mit Außenluftanteil.

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

Abbildung 1 Lageplan SFZ



Abbildung 2 Luftbild SFZ



2.2 Energiebezugsfläche

Die Energiebezugsfläche (EBF) wurde aus Netto(Innen)maßen aus den Plänen ermittelt. Diese ist etwas größer als in der Datenerfassung EM.

Die Energiebezugsfläche beträgt: 15.383 m²
 Die EBF teilt sich folgendermaßen auf die einzelnen Gebäude auf:

Die Mehrzweckhalle hat eine (EBF) von rund: 1.847 m²
 Die Tennishalle inkl. Restaurant hat eine (EBF) von rund: 3.325 m²
 Die Leichtathletikhalle hat eine (EBF) von rund: 10.211 m²

Das beheizte (Netto-)Gebäudevolumen beträgt: 113.784 m³

Die erste Ortsbegehung fand im Zusammenhang mit dem Start up -Termin des Energiegutachtens am 19.11.08 statt. Im Rahmen des Start up -Termins wurden einige Mängel des Gebäudes seitens des Hausverwalter zur Kenntnis gegeben.

Insgesamt fanden bis zum Abschlussbericht am 30.03.09 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 Anfang der 90-er Jahre fast die gesamte Palette möglicher energetischer Baumängel.

- Wärmebrücken im Bereich der Betondecken und Stützen.
- Veraltete Isolierverglasungen
- Größere Spalte an Außentüren und Fenstern, insbesondere an den unteren Abschlüssen.

Die Oberflächen der Innenwände sind recht diffusionsdicht ausgeführt, die Aussenwände werden hinterlüftet und verfügen rechnerisch über einen ausreichenden Wärmeschutz. Die Aussenwände bestehen überwiegend aus hinterlüfteten Sandwichelementen, bestehend aus Stahlaußenteilen, Dämmstoff und Betonwände, die Giebelaussenwände zu einem kleineren Teil auch aus hinterlüfteten Vorhangfassaden aus Kalksandstein.

Die Qualität der Außenwand ist mit berechneten 0,50 W/m²K dem Baualter entsprechend. Die Fassaden zeigen die Bilder 1-7.

Bild 1 und Bild 2 Aussenfassade Leichtathletikhalle (LAH)



Bild 3 und Bild 4 Aussenfassade Mehrzweckhalle (MZH)



Bild 5 und Bild 6 Aussenfassade Tennishalle (TH)



Bild 7 Restaurant



2.4 Anlagentechnik/Haustechnik (HT)

Das SFZ Kalbach wird über zwei Heizkessel beheizt. Diese werden mit Erdgas aus dem Mainova-Netz versorgt. Beide Kessel sind parallel auf eine hydraulische Weiche geschaltet. Die gesamte Leistung beträgt 1005 kW. Zusätzlich war ein BHKW mit 211 kW_{th} und 112 kW_{el} installiert, dieses wurde jedoch stillgelegt. Die drei Pufferspeicher mit jeweils 3.000 Liter sind ebenfalls zur Zeit stillgelegt. Ein neues BHKW soll im Februar/März 2009 installiert werden.

Das bedeutet eine momentan installierte Leistung von rund 66 W/m² und ist dem Baualter entsprechend ausreichend und erfreulich knapp dimensioniert. Mit dem BHKW betrug die installierte Leistung rund 79 W/m².

Die Warmwasserbereitung wird über indirekt beheizte stehende Speicher sichergestellt.

Die Kessel Daten:

Kessel 1 und Kessel 2:

| | | |
|-------------|-----------|-----------|
| Hersteller: | Viessmann | Viessmann |
| Baujahr: | 1990 | 1990 |
| Leistung: | 720 kW | 285 kW |

Bild 8 und 9 Kessel 1 und 2



Die Hallen werden über die Lüftungsanlage beheizt. Alle Nebenräume und Nutzflächen werden durch Heizkörper und größtenteils durch Lüftungsanlagen beheizt. Ausnahmen hiervon sind lediglich der Keller, welcher unbeheizt ist sowie die Technikräume.

Die Regelung erfolgt durch eine Landis und Gyr RF 32 (Siemens BPS 1 128) für Heizung und Lüftung.

Die statischen Heizkreise versorgen alle Nebenräume über eine Außentemperatur geführte Vorlauftemperaturregelung. Die Heizkörper haben überwiegend alte Thermostatventile. Da die meisten Ventile nicht entsprechend fein eingedrosselt sind und nicht hydraulisch genau berechnet und abgestimmt wurden, werden meist keine gleichmäßigen Raumtemperaturen erreicht. In mehreren Umkleideräumen und Fluren war es mit bis zu 23 °C deutlich zu warm.

2.5 Warmwasserbereitung

Die Leichtathletikhalle verfügt über zwei 2.000 Liter Boiler, der Sollwert beträgt **rund 60 °C**. Bei der Begehung betrug die Speichertemperatur jeweils rund 60 °C. Der Saunabereich verfügt über einen separaten 800-Liter Speicher.

Die Tennishalle und die Mehrzweckhalle werden zusammen ebenfalls über zwei 2.000 Liter Boiler mit WW versorgt. der Sollwert beträgt **rund 60 °C**. Bei der Begehung betrug die Speichertemperatur jeweils rund 60 °C

Die Boiler werden jeweils über thermostatische Mischerstationen geladen. Die Ladepumpen laufen von ca. 6 Uhr bis 24.00 Uhr.

Bild 10 und Bild 11 WW-Bereiter LAH und Thermostatische Mischstation WW-Bereiter



Die Zirkulationspumpen laufen über eine Zeitschaltuhr (ausgeschaltet 22-6 Uhr). Dämmung unvollständig, siehe Bild 11.

Im Rahmen der Legionellenvorsorge wird durch die Steuerung einmal täglich die Temperatur auf 70°C erhöht und alle Leitungen gespült.

2.6 Lüftungsanlagen (L)

Die Anlagen bestehen aus insgesamt 13 Lüftungsgeräten, Baujahr 1990. Die technischen Daten sind in Tabelle 1 und 2 zusammengefasst. Die Geräte für LAH (16), MZH (6) und TH (6) sind jeweils als ein Gerät zusammengefasst, da diese baugleich sind.

Nur ein Gerät Restaurant besitzt eine WRG. Die anderen Geräte für die Nebenräume sind reine Zuluftgeräte ohne Umluftanteil. Nur die jeweiligen Aussenluftgeräte für die drei Hallenbereiche sind Umluftgeräte mit einem Aussenluftanteil von 10-50%. Das Entmüdungsbecken verfügt über ein reines Umluftgerät.

Bild 12 und Bild 13 Zuluftanlage LAH Nebenräume und Aussenluftgerät LAH



Tabelle 1 Technische Daten Lüftung Zuluft

| Anlage Nr. | Anlagendaten | | | | | | |
|------------------------|-------------------|------------------|---------------------------|---------------------|-----------------|----------------------|-----------------|
| | Luft menge | Druck verlust | inst. Leistung Stufe 1 | Stufe2/ Volllast | Betriebsstunden | | |
| Nr. Anlage | m ³ /h | Pa | KW | kW | Stufe 1 h | Stufe2/Volllast h | kWh/a |
| Summe | 224.650 | | 67,4 | 98,4 | | | 195325,0 |
| davon: | | | | | | | |
| 1 Vereinsraum | 2.500 | 550 | 1,5 | | 1000 | | 1500,0 |
| 2 Kollegraum | 1.000 | 490 | 0,8 | | 1000 | | 750,0 |
| 3 MZH Nebenräume | 9.500 | 1050 | 7,5 | | 2250 | | 16875,0 |
| 4 Restaurant | 5.000 | 910 | 4,0 | | 2000 | | 8000,0 |
| 5 Foyer Tennishalle | 6.000 | 930 | 4,0 | | 2000 | | 8000,0 |
| 6 Nebenräume | 4.500 | 1080 | 3,0 | | 2250 | | 6750,0 |
| 7 Küche | 5.000 | 1000 | 3,0 | | 2000 | | 6000,0 |
| 8 LH Nebenräume | 11.000 | 1470 | 11,0 | | 2250 | | 24750,0 |
| 9 Lüftung Kraftraum | 4.150 | 1000 | 3,0 | | 1500 | | 4500,0 |
| 10 Lüftung LAH | 128.000 | 6400 | 22,4 | 72,0 | 1500 | 750 | 87600,0 |
| 11 Lüftung Tennishalle | 24.000 | 2400 | 3,6 | 13,2 | 1500 | 750 | 15300,0 |
| 12 Lüftung MZH | 24.000 | 2400 | 3,6 | 13,2 | 1500 | 750 | 15300,0 |

Tabelle 2 Technische Daten Lüftung Abluft

| Anlage Nr. | Anlagendaten | | | | | | |
|------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|---------------------|-----------------|----------------------|-----------------|
| | Luft menge | Druck Verlus t | inst. Leistung Stufe 1 | Stufe2/ Volllast | Betriebsstunden | | |
| Nr . Anlage | m ³ /h | Pa | kW | kW | Stufe 1 h | Stufe2/Volllast h | kWh/a |
| Summe | 230.729 | | 61,3 | 90,0 | | | 251100,0 |
| davon: | | | | | | | |
| 1 Vereinsraum | 2.500 | 550 | 1,0 | | 1000 | | 1000,0 |
| 2 Kollegraum | 1.000 | 490 | 0,7 | | 1000 | | 700,0 |
| 3 MZH Nebenräume | 10.569 | 1050 | 6 | | 2500 | | 15000,0 |
| 4 Restaurant | 5.000 | 910 | 4 | | 2000 | | 7000,0 |
| 5 Foyer Tennishalle | 6.000 | 930 | 4 | | 2500 | | 8750,0 |
| 6 Nebenräume | 6.230 | 1080 | 4 | | 2000 | | 7000,0 |
| 7 Küche | 5.000 | 1000 | 3 | | 2000 | | 6000,0 |
| 8 LH Nebenräume | 13.430 | 1470 | 10 | | 2500 | | 25000,0 |
| 9 Lüftung Kraftraum | 4.150 | 1000 | 3 | | 1500 | | 4500,0 |
| 10 Lüftung LAH | 128.000 | 6400 | 22,4 | 72,0 | 1500 | 1500 | 141600,0 |
| 11 Lüftung Tennishalle | 24.000 | 2400 | 2,1 | 9,0 | 1500 | 1500 | 16650,0 |
| 12 Lüftung MZH | 24.000 | 2400 | 2,1 | 9,0 | 1500 | 1500 | 16650,0 |
| Umluftgerät | | | | | | | |
| 13 Entmüdungsbecken | 850 | 450 | 0,5 | | 2500 | | 1250,0 |

2.7 Beleuchtung (B)

Insgesamt sind 1450 Leuchten mit rund 1777 Leuchtmitteln und einer Gesamtleistung von 235 kW installiert. Die durchschnittliche spezifische Leistung ist mit rund $15,3 \text{ W/m}^2$ hoch. Auffällig sind auch die Sporthallen mit einer spezifischen Leistung zwischen rund $15\text{-}17 \text{ W/m}^2$ im Hallen- und im Tribünenbereich. Diese lassen sich allerdings in drei Stufen schalten. Auch das Foyer zwischen Mehrzweckraum und Tennishalle mit rund 33 W/m^2 sowie verschiedene Nebenräume mit bis zu 20 W/m^2 stechen heraus.

Alle Leuchten sind in der Anlage 4 tabellarisch dargestellt.

Die weiteren spezifischen Leistungen bewegen sich in den Nebenräumen und Fluren zwischen $3 - 20 \text{ W/m}^2$. Die Betriebsstunden betragen im Durchschnitt aller Räume etwa 880 h, bedingt durch den hohen Tageslichteinfall und die Vereinsnutzung in den Abendstunden sind die Betriebsstunden in der Sporthalle mit rund 1000 h (Mehrzweckhalle 700 h) durchschnittlich. Daraus ergibt sich ein Verbrauch von 207.000 kWh/a.

Heute werden nach Leitfaden für Energie im Hochbau (LEE) für 400 lx als Richtwert rund 10 W/m^2 und als Zielwert rund 8 W/m^2 angestrebt.

Bild 14 Sporthalle-Leuchten LAH und Bild 15 Leuchten TH



In den Duschen und Umkleieräumen der Sporthalle sind Leuchten mit $1 \times 58 \text{ W}$ und $1 \times 18 \text{ W}$ und KVG bestückt. In den Räumen ist bedingt durch die unterschiedliche Bestückung eine Leuchtenleistung von 5 bis 20 W/m^2 installiert.

In den Sanitärbereichen sind überwiegend Opalleuchten mit 1×58 oder Rundleuchten mit $1 \times 18 \text{ W}$ KVG installiert. Die installierte Leistung liegt hier bei rund $3\text{-}15 \text{ W/m}^2$.

In den Fluren werden die Leuchten überwiegend per zentraler Steuerung eingeschaltet. Der Außenlichtanteil ist sehr gering. In den Fluren (100 Lux) beträgt die installierte Leistung ca. $5\text{-}15 \text{ W/m}^2$.

Heute werden nach Leitfaden für Energie im Hochbau (LEE) für 100 lx als Richtwert $2,5 \text{ W/m}^2$ und als Zielwert 2 W/m^2 angestrebt.

Bild 16 Leuchten MZH



Bild 17 und Bild 18 Leuchte Flure und Umkleideraum





2.8 Sonstige elektrische Verbraucher

2.8.1 Heiztechnik und Warmwasserpumpen (HT,HH)

Insgesamt sind 41 Pumpen installiert. Es sind 8 Heizkreispumpen, 16 WW-Pumpen (Lade und Zirkulation), 2 Kesselpumpen sowie 15 Lüftungsanlagenpumpen vorhanden. Insgesamt sind rund 18 KW installiert. Im Mittel liegt die Leistung bei 15 kW, weil fast alle Pumpen auf max. stehen. Die Einzelheiten zeigt Tabelle 2.

Die Wirkleistung liegt damit bei rund 1 W/m² und damit um den Faktor 5 –10 fach höher als tatsächlich benötigt.

Tabelle 3 Technische Daten Heizungspumpen

| Art | Ziel | T °C | Pumpe Typ | Her. | Leistung in Watt | | | St | Verbräuche | | kWh/a |
|----------------------------------|--|---------|-----------------|----------|------------------|--------|-------|----|------------|------|-------|
| | | | | | Min | Mittel | Max | | Stand | h | |
| Summe | | | | | 12025 | 15095 | 18380 | | 16100 | | 39398 |
| VL | Kesselpumpe 1 | | UPS 180-30F | Grundfoß | 410 | 460 | 670 | 16 | 670 | 3000 | 2010 |
| VL | Kesselpumpe 2 | | UPC 50-60 | Grundfoß | 120 | 240 | 375 | 16 | 240 | 3000 | 720 |
| Technikraum | | | | | | | | | | | |
| VL | Vorlaufpumpe FU | | Grundfoß | Grundfoß | 1500 | 1500 | 1500 | 3 | 1500 | 1000 | 1500 |
| VL | Vorlaufpumpe FU | | Grundfoß | Grundfoß | 1500 | 1500 | 1500 | 3 | 1500 | 1000 | 1500 |
| VL | Vorlaufpumpe FU | | Grundfoß | Grundfoß | 1500 | 1500 | 1500 | 3 | 1500 | 1000 | 1500 |
| VL | Lüftung Vereinsraum (oben Mehrzweckraum) | | UPS 25-60 | Grundfoß | 35 | 65 | 100 | 6 | 65 | 1200 | 78 |
| VL | Aussenlüftungsgerät TH-Nord | | S 25-80-180 | Grundfoß | 270 | 270 | 270 | 12 | 270 | 3000 | 810 |
| VL | Aussenlüftung MZH-Nord | | UPS 32-80-160 | Grundfoß | 145 | 220 | 245 | 12 | 220 | 3000 | 660 |
| VL | Aussenlüftungsgerät TH-Süd-Umluft | | UPS 25-40A | Grundfoß | 80 | 80 | 80 | 12 | 80 | 3000 | 240 |
| VL | Aussenlüftung MZH-Süd | | UPS 32-80-180 | Grundfoß | 250 | 250 | 250 | 12 | 250 | 3000 | 750 |
| VL | st. Heizung MZH-Nebenräume | | UPS 25-60 | Grundfoß | 115 | 115 | 115 | 12 | 115 | 3000 | 345 |
| VL | WW-Bereiter MZH + TH-Nebenräume | | UPS 50-120F | Grundfoß | 450 | 530 | 720 | 12 | 530 | 3000 | 1590 |
| VL | WW-Bereiter MZH + TH-Nebenräume | | UPS 50-120F | Grundfoß | 450 | 530 | 720 | 12 | 530 | 3000 | 1590 |
| Station 1 MZH, Restaurant | | | | | | | | | | | |
| VL | st. Heizung Restaurant | | UPS 25-60 | Grundfoß | 115 | 115 | 115 | 12 | 115 | 3000 | 345 |
| VL | Lüftung Restaurant | | UPS 25-60 | Grundfoß | 35 | 65 | 100 | 12 | 100 | 2000 | 200 |
| VL | Lüftung Foyer | | UPS 32-50 | Grundfoß | 110 | 140 | 145 | 12 | 145 | 3000 | 435 |
| VL | Lüftung MZH Nebenräume | | UPS 32-50 G-200 | Grundfoß | 110 | 140 | 145 | 12 | 145 | 3000 | 435 |
| VL | Lüftung Kollegraum | | UPS 25-40 | Grundfoß | 30 | 55 | 80 | 12 | 55 | 3000 | 165 |
| VL | st. Heizung MZH-Nebenräume | | UPS 25-60 | Grundfoß | 115 | 115 | 115 | 12 | 115 | 3000 | 345 |
| VL | WW-Bereiter MZH + TH-Nebenräume | | UPS 50-120F | Grundfoß | 450 | 530 | 720 | 12 | 530 | 3000 | 1590 |
| VL | WW-Bereiter MZH + TH-Nebenräume | | UPS 50-120F | Grundfoß | 450 | 530 | 720 | 12 | 530 | 3000 | 1590 |
| 0 | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|---------------------------|---|-----------------------------------|------------|------|------|-----|------|------|------|------|-----|
| Station TH Küche | | | | | | | | | | | | |
| VL | st. Heizung TH Nebenräume | UPS 25-50 | Grundfoß | 35 | 65 | 100 | 12 | 65 | 2400 | 156 | | |
| VL | Lüftung TH-Nebenräume | UPS 32-50 | Grundfoß | 160 | 160 | 160 | 12 | 160 | 2400 | 384 | | |
| VL | Lüftung Küche | UPS 32-50 | 0 | 140 | 220 | 250 | 12 | 250 | 2400 | 600 | | |
| VL | WW-Bereiter Küche | UPS 32-80 | 0 | 140 | 220 | 250 | 12 | 250 | 2400 | 600 | | |
| Station LAH | | | | | | | | | | | | |
| VL | Aussenlüftung | UPC 65-120 (2x) | Grundfoß | 860 | 1830 | 2700 | 12 | 1830 | 3000 | 5490 | | |
| VL | WW-Bereitung | UPC 50-120 | 0 | 670 | 775 | 850 | 12 | 775 | 3000 | 2325 | | |
| VL | Lüftung NR-LAH | UPC 32-120 | 0 | 350 | 400 | 430 | 12 | 430 | 3000 | 1290 | | |
| VL | st. Heizung LAH | UPE 25-60 | 0 | 40 | 75 | 100 | 12 | 75 | 3000 | 225 | | |
| VL | Aussenluftgerät | UPC 50-120 | 0 | 570 | 1180 | 1880 | 12 | 1880 | 3000 | 5640 | | |
| UG Leichtathletikhalle | | | | | | | | | | | | |
| VL | Lüftung Kraftraum | UPS-80-180 | 0 | 150 | 230 | 245 | 12 | 150 | 3000 | 450 | | |
| VL | Bewegungsbecken | UPS-80-180 | 0 | 150 | 230 | 245 | 12 | 230 | 3000 | 690 | | |
| VL | WW-Bereitung Sauna | UPS-25-60 | 0 | 35 | 65 | 100 | 12 | 100 | 3000 | 300 | | |
| Warmwasser Boiler | | | | | | | | | | | | |
| VL | Station 1 | WW Lade WW-Bereiter MZH + TH-Nebenräume | UPS-40-60 | 0 | 150 | 170 | 250 | 12 | 170 | 4000 | 680 | |
| RL | MZH | Mischerstation MZH Abgang Boiler | UPS-25-60B | 0 | 35 | 65 | 100 | 12 | 65 | 4000 | 260 | |
| RL | MZH | Mischerstation MZH Zirkulation | UPS-25-60B | 0 | 35 | 65 | 100 | 12 | 65 | 4000 | 260 | |
| RL TH | MZH | Mischerstation TH Abgang Boiler | UPS-25-60 | 0 | 50 | 60 | 70 | 12 | 60 | 4000 | 240 | |
| RL TH | MZH | Mischerstation MZH Zirkulation | UPS-25-60 | 0 | 50 | 60 | 70 | 12 | 60 | 4000 | 240 | |
| VL | LAH | UG | WW-Bereiter LAH UG | UPS-20-30N | 0 | 95 | 95 | 95 | 12 | 95 | 4000 | 380 |
| RL | LAH | UG | Mischerstation LAH Abgang Boiler | UPS-25-60B | 0 | 35 | 65 | 100 | 12 | 35 | 4000 | 140 |
| RL | LAH | UG | Mischerstation LAH UG Zirkulation | UPS-25-60B | 0 | 35 | 65 | 100 | 12 | 100 | 4000 | 400 |
| Gas | Brenner | | | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | | |
| HA | Regelung | | | 0 | 50 | | | 50 | 5000 | 250 | | |

2.8.2 Zentrale Dienste (ZD), Diverse Technik

Das SFZ hat insgesamt eine mittlere Anzahl an sonstigen elektrischen Verbrauchern. Bei den zentralen Diensten ist nur die Aussenbeleuchtung zu erwähnen. Insgesamt sind rund 25 Aussenstrahler vorhanden, die über eine Leistung von jeweils 100 W (Schätzwert) verfügen. Die durchschnittliche Betriebszeit ist im Mittel 8 Stunden/Tag = 7.000 kWh/a. Hinzu kommt noch die transparente Aussenbeleuchtung mit einem Verbrauch von rund 3.000 kWh/a. Die Sauna verursacht einen Verbrauch von rund 12.000 kWh/a, die Schwimmbadtechnik einen Verbrauch von rund 5.000 kWh/a.

2.8.3 Küche/Kantine – Weiße Ware

Die Küche bzw. die Personalräume verfügen über eine durchschnittliche Ausstattung.

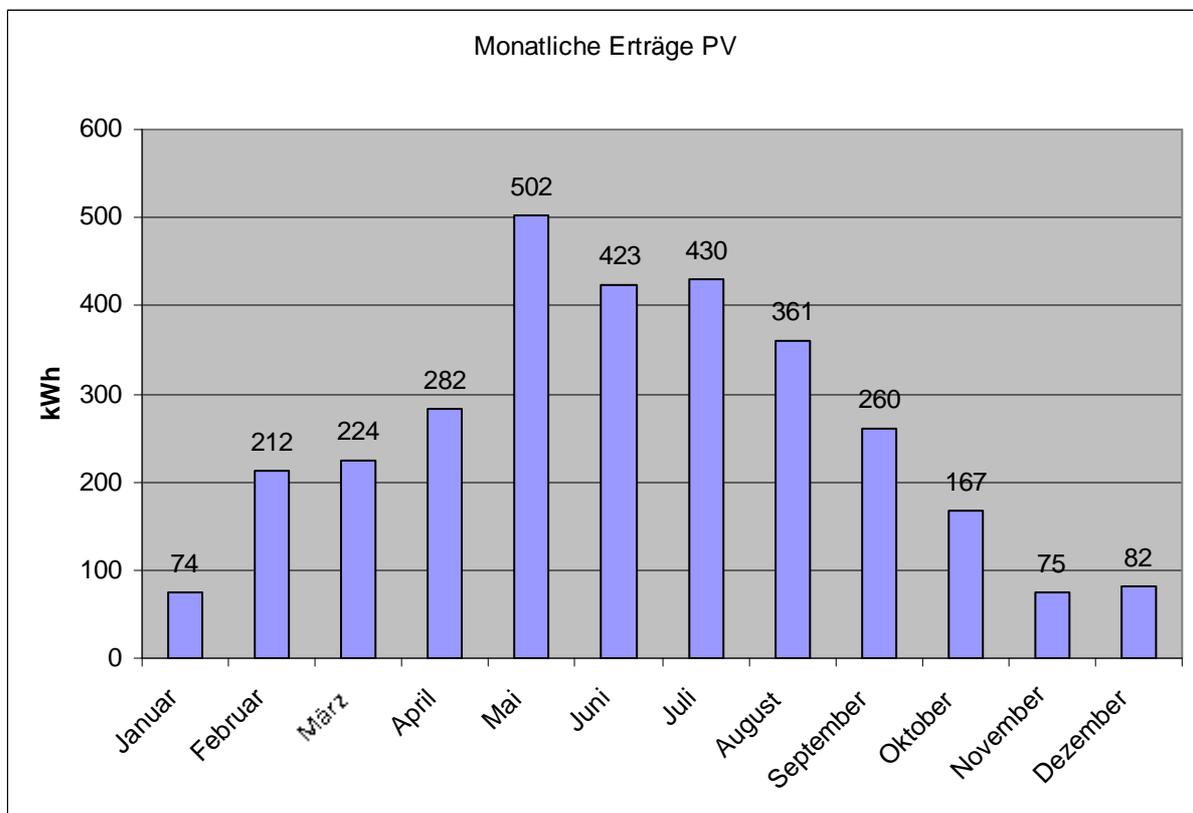
Die Verbraucher des Restaurant sind nicht erfasst, da diese über einen separaten Stromkreis angeschlossen und abgerechnet werden.

2.8.4 Photovoltaik

Eine Photovoltaikanlage ist auf dem Dach des Restaurants installiert.

Die installierte Leistung beträgt $5 \text{ kW}_{\text{peak}}$. Die Dachorientierung ist SSO, die Dachneigung rund 30° . Die Anlage stammt aus dem Jahr 1992. Der monatliche Ertrag im Jahr 2008 zeigt Diagramm 1. Insgesamt erzeugte die Anlage rund 3092 kWh im Jahr 2008, der durchschnittliche Ertrag betrug $681 \text{ kWh/kW}_{\text{peak}}$. Dieser Wert liegt deutlich unter dem für Frankfurt zu erwartendem Wert von $850 \text{ kWh/kW}_{\text{peak}}$.

Diagramm 1 Monatserträge PV-Anlage 2008



2.9 Sanitär/Wasser (S)

Es gibt kein getrenntes Trinkwasser-Brauchwassernetz. Eine Druckerhöhungsanlage ist vorhanden. Insgesamt sind zusammen 70 Toiletten, die überwiegend als bodenstehende Tiefspüler ausgeführt sind, vorhanden. Bei den Tiefspülern sind die meisten (Stichprobe) nicht auf $6 - 6,5 \text{ l}$ Wassermenge (Standard Spülkästen für 9 l) eingestellt. Zusätzlich sind ca. 20 Urinale vorhanden.

Die insgesamt 50 Waschbecken verfügen nicht über einstellbare Druckspüler mit mechanischer Zeitabschaltung.

Die Duschen besitzen noch die **Original-Armaturen ohne Wassersparköpfe**.

3 Energiedaten

Es wurde der Verbrauchspaß nach dem Frankfurter Modell für die Vergleichsgruppe Sporthallen erstellt. Das Ergebnis zeigt Bild 19 .

Bild 19 Auszug Energiepass SFZ Kalbach

| Heizenergie | Verbrauchskennwert 2003 - 2006 (einschließlich Warmwasser) | | | | | | | Kosten/Jahr |
|---------------------------|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------------------|
| Diese Liegenschaft | 160 kWh/m²a | | | | | | | 123.947 €/a |
| effizient | 0 | 102 | 127 | 148 | 174 | 211 | 257 | kWh/m²a |
| Vergleichswert EnEV | 155 kWh/m²a | | | | | | | 8,06 €/m²a |
| | A | B | C | D | E | F | G | ineffizient |
| <hr/> | | | | | | | | |
| Strom | Verbrauchskennwert 2003 - 2006 | | | | | | | Kosten/Jahr |
| Diese Liegenschaft | 46 kWh/m²a | | | | | | | 92.267 €/a |
| effizient | 0 | 8 | 10 | 12 | 16 | 21 | 32 | kWh/m²a |
| Vergleichswert EnEV | 40 kWh/m²a | | | | | | | 6,00 €/m²a |
| | A | B | C | D | E | F | G | ineffizient |
| <hr/> | | | | | | | | |
| Wasser | Verbrauchskennwert 2003 - 2006 | | | | | | | Kosten/Jahr |
| Diese Liegenschaft | 362 l/m²a | | | | | | | 21.353 €/a |
| effizient | 0 | 82 | 123 | 162 | 142 | 266 | 373 | l/m²a |
| Mittelwert | 291 l/m²a | | | | | | | 1,39 €/m²a |
| | A | B | C | D | E | F | G | ineffizient |
| <hr/> | | | | | | | | |
| Summe | | | | | | | | 237.567 €/a |

3.1 Verbräuche

Für die letzten vier (Strom) bzw. fünf (Gas, Wasser) Abrechnungsperioden liegen die Verbrauchswerte bzw. Abrechnungen vor. Die Daten sind in der Anlage 1 und 2 zusammengefasst.

Der Wärmeverbrauch lag im Durchschnitt bei 3.000.000 kWh im Jahr (Jahre 2002-2007). Bezogen auf die Energiebezugsfläche ergeben sich spezifische Verbräuche für

Wärme 193 kWh/m²*a

Dieser Wert ist hoch und darauf zurückzuführen, dass der Fensteranteil sehr hoch ist.

Die installierte Leistung von 1005 kW führt zu **2954** Benutzungsstunden

Dieser Wert ist günstig. Mit dem nicht mehr vorhandenen BHKW lag der Wert noch bei 2441 h (Der Richtwert beträgt 1500- 2000h).

Der Stromverbrauch liegt bei rund 680.000 kWh im Jahr

Bezogen auf die Energiebezugsfläche ergeben sich spezifische Verbräuche für

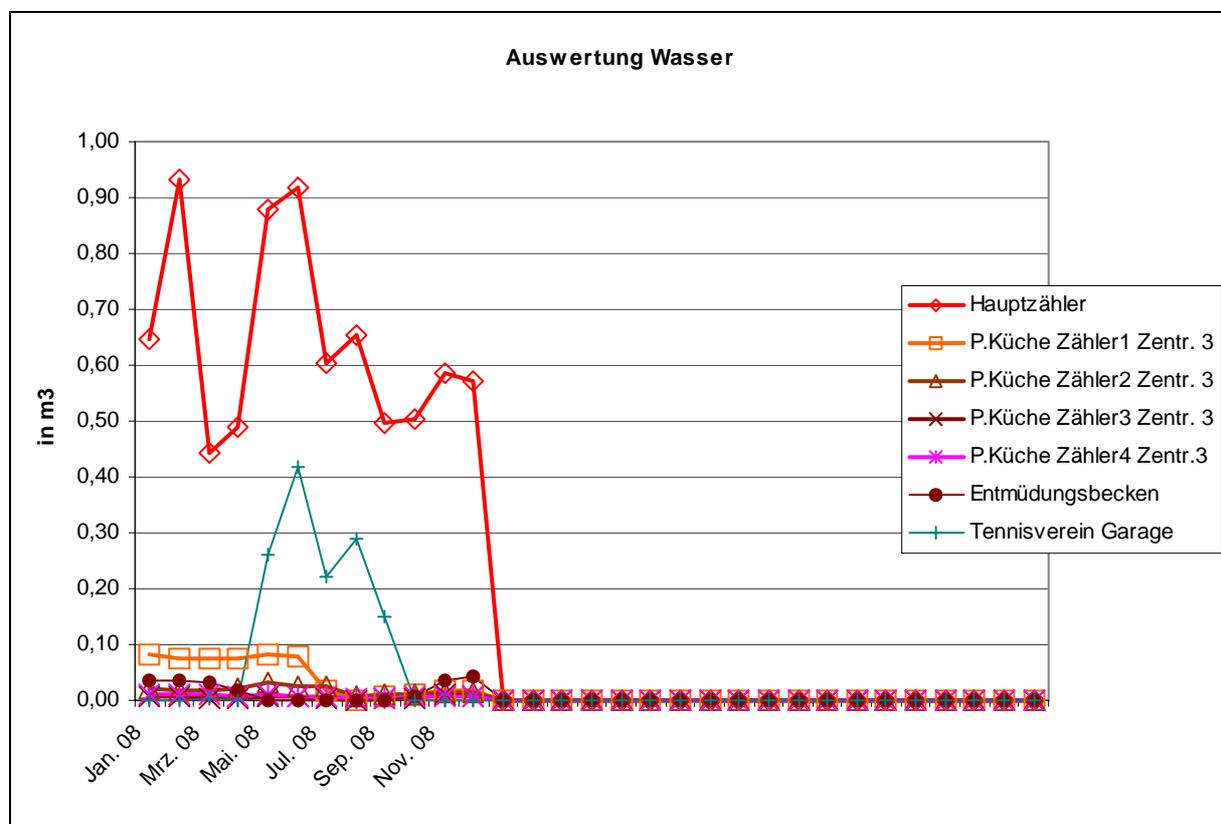
Strom **44** kWh/m²*a

Die installierte Leistung von 408 kW führt zu **1667** Benutzungsstunden (Der Richtwert beträgt 2000h)

Die Energiedaten Strom zeigen Handlungs-/Sanierungsbedarf!

Der Wasserverbrauch liegt bei rund 5.750 m³/a bzw. bei 53 l/Pers,d. Auf die Fläche bezogen beträgt der Kennwert rund 374 Liter/m²*a. Damit liegt dieser Wert deutlich höher als bei vergleichbaren Gebäuden. Dies liegt insbesondere an dem Entmüdungsbecken und der Sauna sowie der Aussenbewässerung (Tennisplätze). Der Stundenverbrauch ist im Diagramm 2 dargestellt.

Diagramm 2 Stündlicher Wasserverbrauch



3.2 Verträge

Es gelten die Rahmenverträge der Stadt Frankfurt.

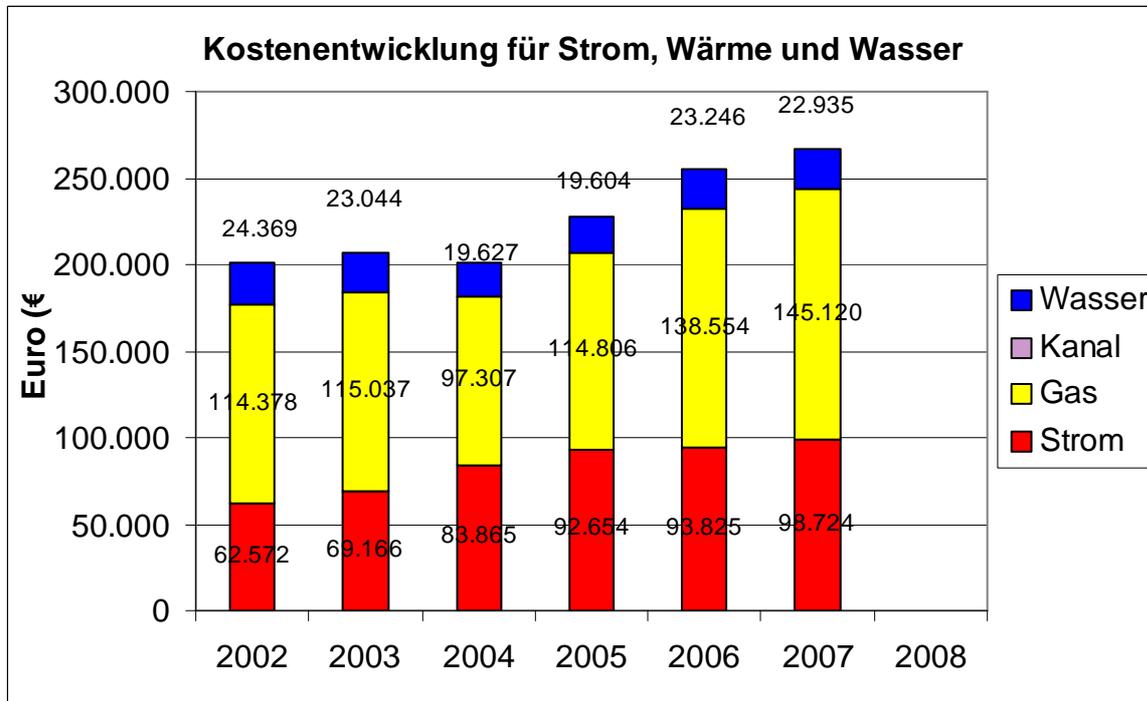
3.3 Lastgänge

Liegen nicht vor.

3.4 Kosten

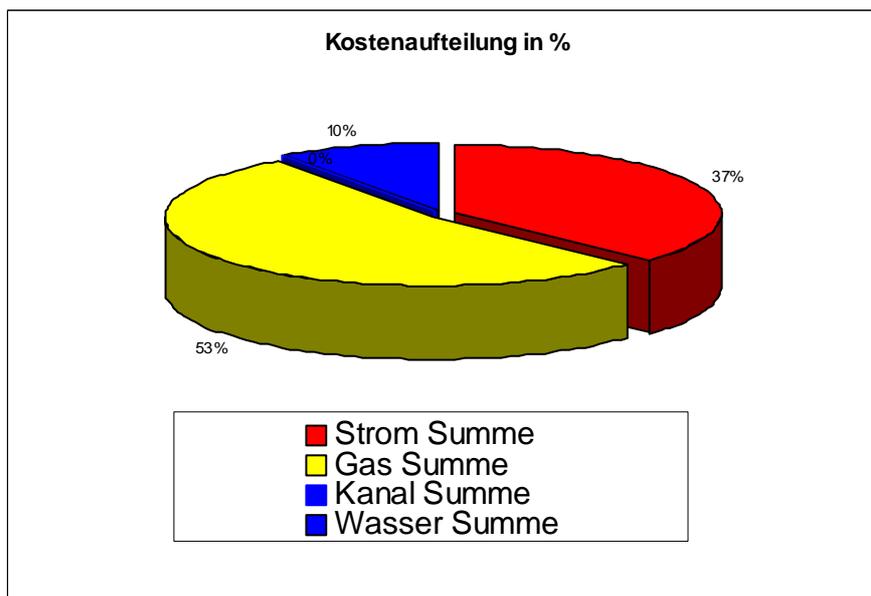
Die nachfolgende Abbildung 3 zeigen die Kosten für die v.g. Verbräuche Strom, Gas und Wasser der Jahre 2002-2007. Im Schnitt sind 230.000.- € pro Jahr anzunehmen.

Abbildung 3 Energiekosten und Verteilung 2002-2007



Die Verbrauchskosten für Gas und Strom sind in den letzten Jahren gestiegen, was an den steigenden Energiepreisen liegt, während die Verbräuche konstant geblieben sind. Allerdings lagen uns nur die Excel-Dateien vor. Im Winter wurden zusätzlich Zählerstandskontrollen vorgenommen, weil die Abrechnungen für 2008 nur teilweise vorlagen. Die spezifischen Kosten für Gas und Strom steigen von 2002 bis 2007 kontinuierlich an. Der Wasserpreis bleibt im Abrechnungszeitraum konstant.

Diagramm 3 Kostenaufteilung Energieträger



Für Energie und Wasser mussten im Mittel 230.000 €/a, aufgewandt werden. Abbildung 4 zeigt die Kostenaufteilung zwischen den Verbrauchern für Wasser, Gas und Strom als Mittelwert der letzten 6 Jahre.

Der größte Teil davon entfällt auf Erdgas mit rund 125 T€ pro Jahr. Der Strombezug kostet rund 83 T€ pro Jahr. Daran gemessen sind die Wasserkosten mit 22 T€ pro Jahr eher bescheiden (allerdings ohne Abwasserkosten).

4 Bedarfsberechnungen

4.1 Leitfadenberechnung (LEH) Wärme

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 Schul- und Sportgebäude 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, in dem die Gebäude oder deren Komponenten nach Passivhausstandard ausgeführt werden sollen.

Nach Leitfaden ist ein Luftwechsel von rund 0,6 h⁻¹ anzunehmen. Der Luftwechsel im Betrieb der Lüftungsanlagen liegt gemittelt bei knapp 1,0 h⁻¹, in der Leichtathletikhalle in der Spitze bei bis zu 1,7 bzw. 2,0 in Mehrzweck- und Tennishalle. Durch den 12-stündigen Betrieb und den größeren Anteil an Umluftanlagen ergibt sich dann insgesamt ein mittlerer Luftwechsel von 0,35 h⁻¹ (12 Stunden a 0,5 h⁻¹ sowie 12 Stunden a 0,2 h⁻¹).

Abbildung 4 Wärmebilanz Leichtathletikhalle

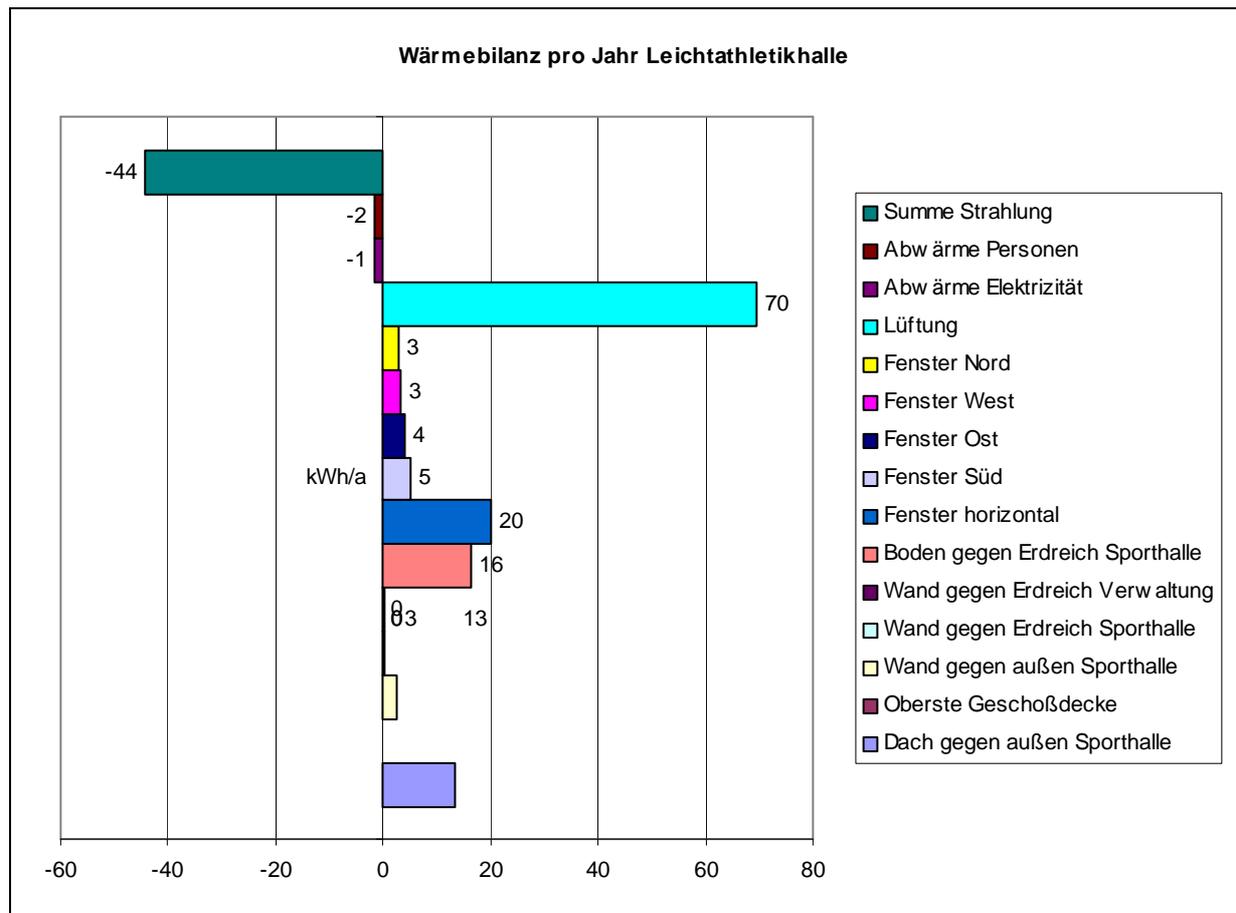


Abbildung 5 Wärmebilanz Tennishalle

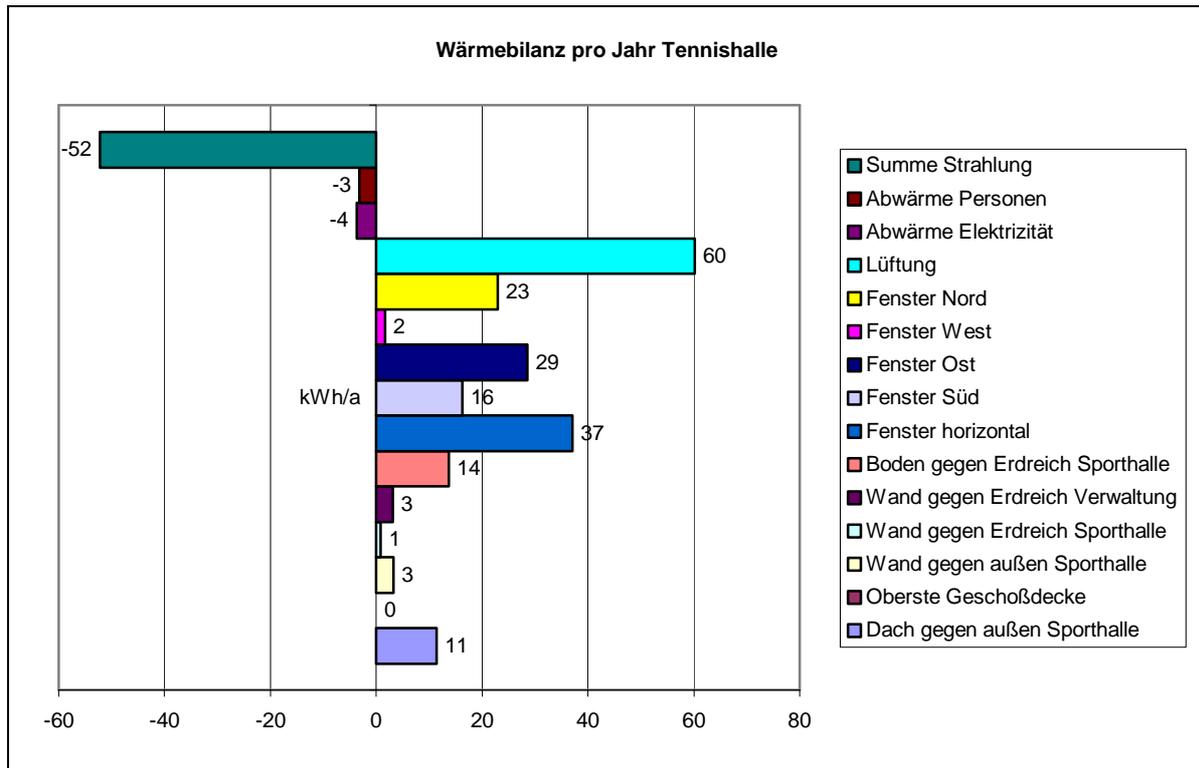
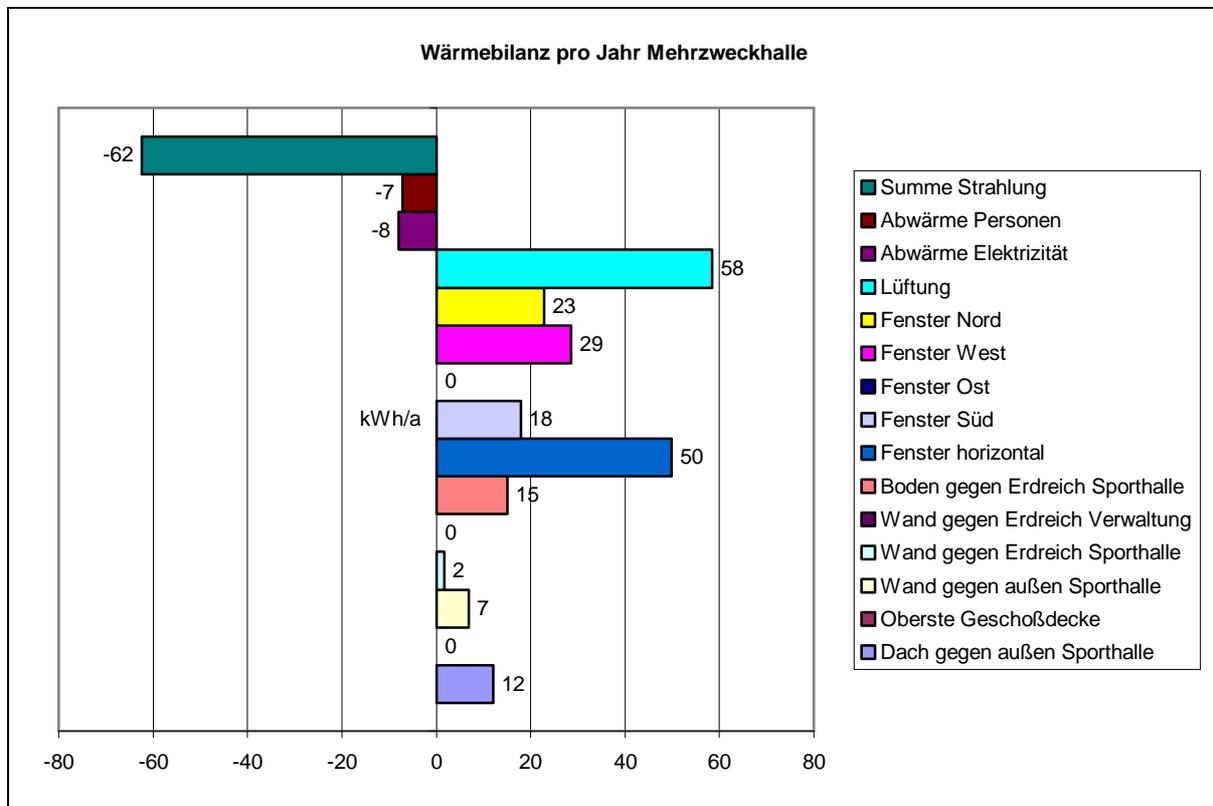


Abbildung 6 Wärmebilanz Mehrzweckhalle



Die tatsächlichen Bedingungen sind durch die insbesondere in den Nebenräumen und Empfangsbereichen undichten Fenster 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. Wir haben einen Jahresnutzungsgrad von 80% ermittelt bzw. angenommen.

Die Heizwärmebedarfsrechnung für die drei Gebäude ergeben nachfolgende spezifische Werte.

4.1.1 Heizwärmebedarf und berechnete Endenergie Sporthalle

Der Heizwärmebedarf für die Leichtathletikhalle beträgt $152 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ und der berechnete Wärmeverbrauch beträgt $190 \text{ kWh/m}^2\text{a}$. Der Wärmebedarf (neu Heizlast) nach der alten DIN 4701 liegt bei rund 965 kW.

Der Heizwärmebedarf für die Tennishalle beträgt $161 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ und der berechnete Wärmeverbrauch beträgt $201 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ für die Leichtathletikhalle. Der Wärmebedarf (neu Heizlast) nach der alten DIN 4701 liegt bei rund 325 kW.

Der Heizwärmebedarf für die Tennishalle beträgt $160 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ und der berechnete Wärmeverbrauch beträgt $200 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ für die Leichtathletikhalle. Der Wärmebedarf (neu Heizlast) nach der alten DIN 4701 liegt bei rund 197 kW.

Wie die vorherigen Abbildungen zeigen, sind die Wärmeverluste im direkten Vergleich der einzelnen Posten vor allem durch Lüftungsverluste und Verluste über die Fenster bestimmt.

Die Verluste über die Aussenwand und das Dach sind gemessen an der Bauteilgrößen eher gering, auch der Boden gegen Erdreich/Keller hat keinen großen Anteil.

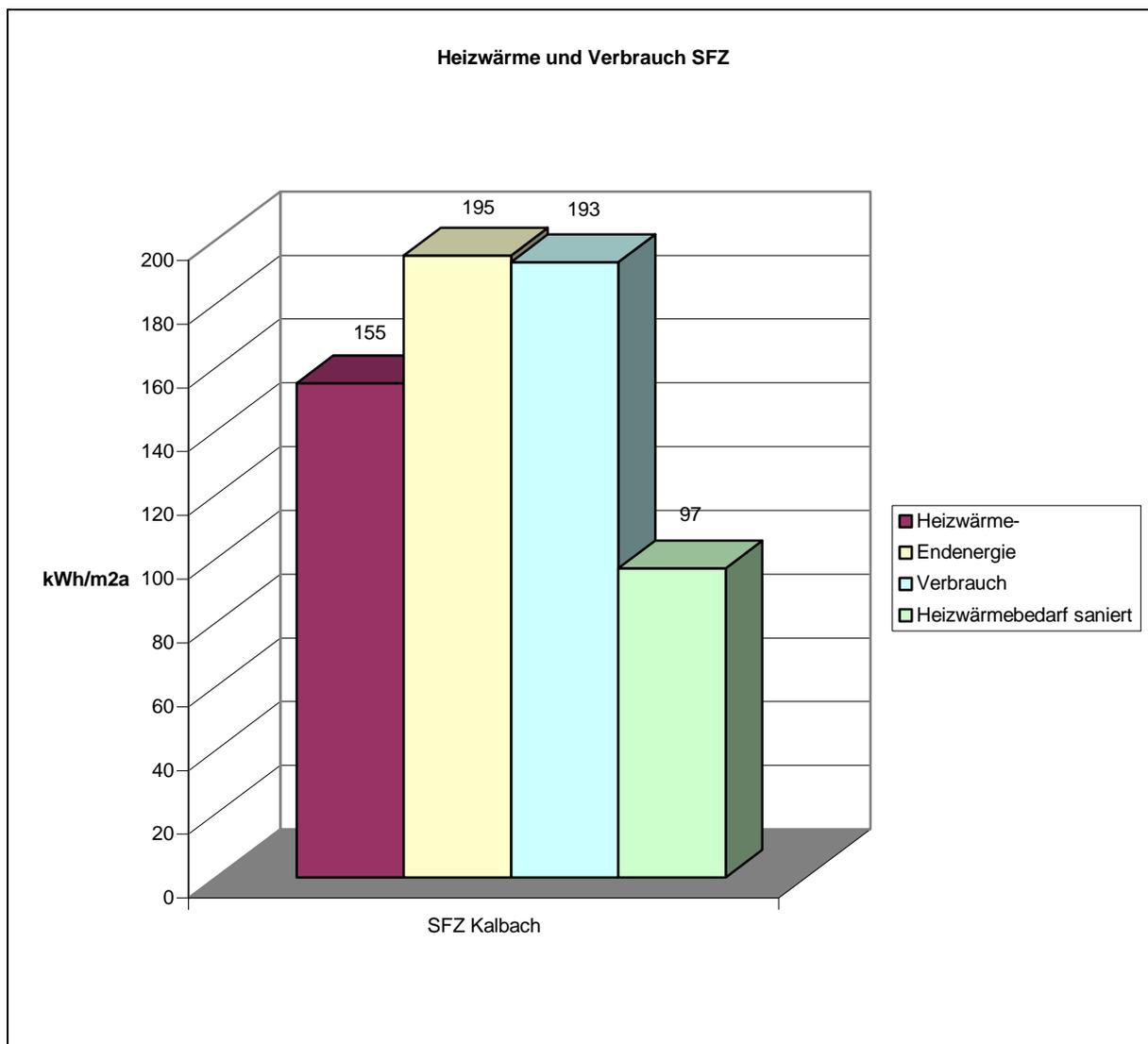
Die berechneten Endenergiekennwerte und die tatsächlichen Verbräuche sind in der folgenden Abbildung 7 dargestellt.

Die Grenz- ($60 \text{ kWh/m}^2\text{a}$) und Zielwerte ($40 \text{ kWh/m}^2\text{a}$) für den Heizwärmebedarf werden somit deutlich überschritten.

Die berechneten Verbräuche liegen sehr nahe an den tatsächlichen Verbräuchen, obwohl in vielen Räumen überhöhte Temperaturen (über 20°C) festgestellt wurden.

(Anmerk.: Die berechneten Verbräuche liegen in der Regel über den tatsächlichen, weil in der Praxis in vielen Räumen die Temperaturen nicht konstant, sondern eher niedriger gehalten werden und eine Nachtabsenkung erfolgt. Beides wird in der Leitfadensberechnung nicht berücksichtigt. Bei überhöhten Temperaturen kann im Umkehrschluss ein Berechnungsergebnis erwartet werden, dass unter den Verbräuchen liegt. Hier liegt der tatsächliche Verbrauch gleich hoch, wie berechnet. Durch das weit verzweigte Netz und die alten Kessel liegen Heizwärme und Endenergieverbrauch auch deutlich auseinander. Vgl. Abb.7)

Abbildung 7 Heizwärme und Endenergie



4.2 Leistungen und Verbräuche Strom

Aus den vorgenannten Leistungsangaben und Daten wurde die Tabelle 4 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 4 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 | 15.383 | | | | |
| - Daten IST Summe Leistung/Verbrauch berechnet | 408427 | 26,6 | 1.670 | 682.128 | 44 | 100,0% |
| davon: | | | | | | |
| HT - Lüftung L | 128650 | 8,4 | 2.908 | 374.050 | 24 | 54,3% |
| HT - Beleuchtung B | 235147 | 15,3 | 880 | 206.997 | 13 | 30,1% |
| HT - Heizung HH | 16100 | 1,0 | 2.447 | 39.398 | 3 | 5,7% |
| HT - Klima K | 0 | 0,0 | | 0 | 0 | 0,0% |
| HT - Diverse Haustechnik DT | 11040 | 0,7 | 3.749 | 41.391 | 3 | 6,0% |
| BR - Küche ZD | 11140 | 0,7 | 178 | 1.985 | 0 | 0,3% |
| BR - Zentrale Dienste (Sonst.) ZD | 2300 | 0,1 | 9.369 | 21.550 | 1 | 3,1% |
| BR - Arbeitsmittel AH | 4050 | 0,3 | 742 | 3.007 | 0 | 0,4% |
| 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 408 KW.

Bedingt durch die hohe Anzahl der Betriebsstunden der Lüftung und der Beleuchtung beträgt der Verbrauch rund 688 MWh/a. Der spezifische Verbrauch beträgt rund 45 kWh/m²*a.

Diagramm 4 Installierte Leistung nach Bereichen

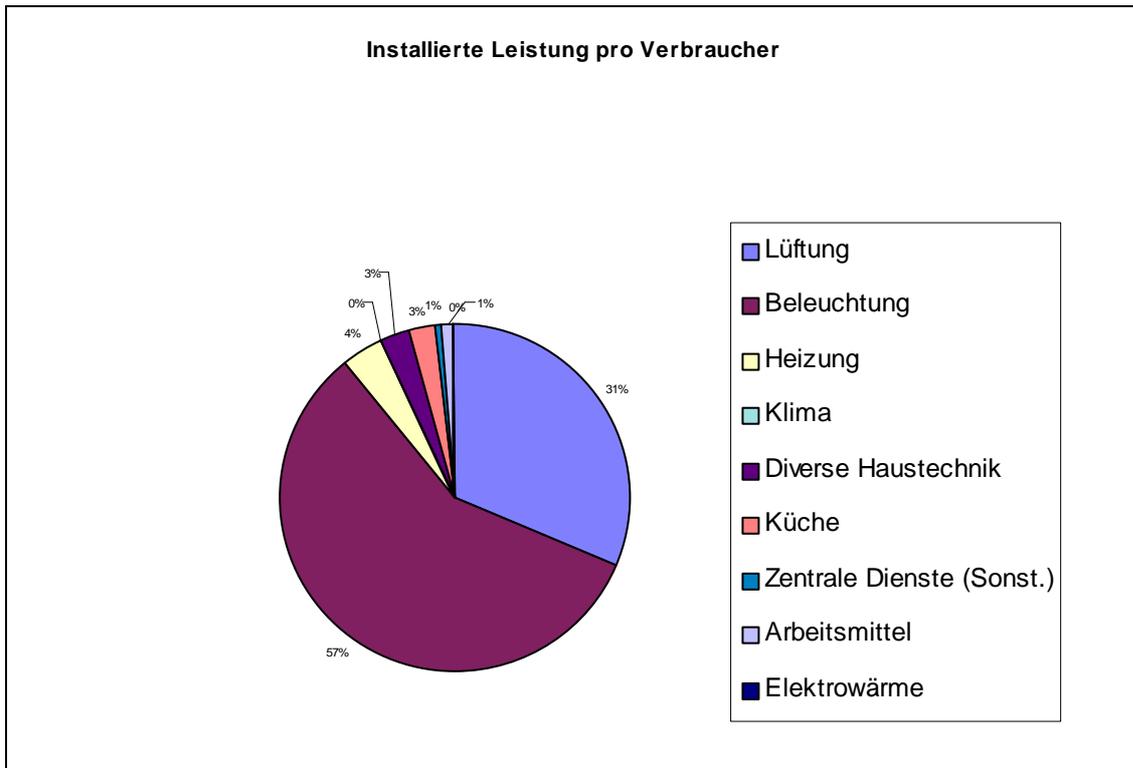
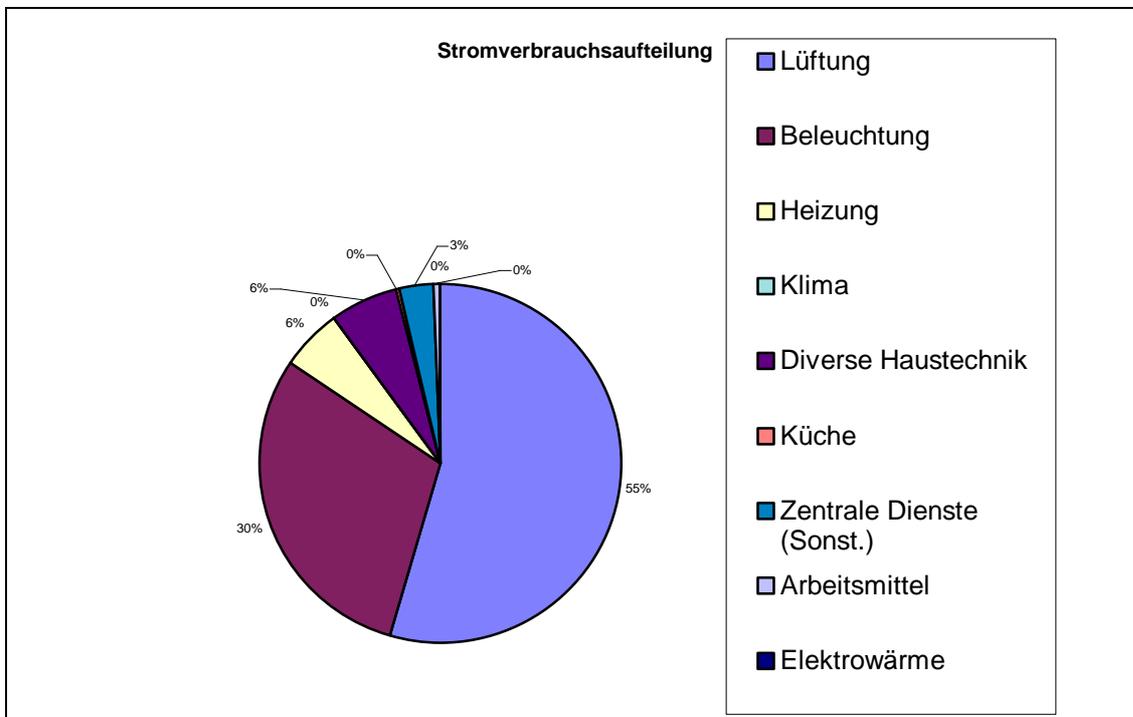


Diagramm 5 Stromverbrauch nach Bereichen



Die Aufteilung des Verbrauchs und der Leistung zeigen die Diagramme 4 und 5.

Der mit Abstand größte Anteil der installierten Leistung fällt auf die Beleuchtung mit etwa 57%. Die Lüftung hat einen Anteil von rund 31%, die Heizungsseitige Hilfsenergie rund 4%. (Diagramm 2) Beim Stromverbrauch beträgt der Anteil der Beleuchtung 30%, der Anteil der Lüftung beträgt rund 55% durch die langen Laufzeiten. Der heizungsseitig bedingte Verbrauch hat einen Anteil von 6%, was im Wesentlichen auf die hohen installierten Pumpenleistungen zurückzuführen ist.

4.3 Leitfaden LEE

4.3.1 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.

Die Umkleieräume, die Duschräume und Flure weisen installierte Leistungen zwischen 8 und 20 W/m² auf. Es handelt sich durchgehend um alte Leuchten mit KVG.

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

4.3.2 Lüftung

Die Lüftungsanlagen wurden wie unter 2 ausgeführt berechnet.

Für die Belüftung von Sporthalle und Nebenräumen beträgt die spezifische Leistung rund 8,4 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 Lüftungsanlagen mit rund 225.000 m³/h ermöglicht auf das Gebäudevolumen von rund 124.000 m³ einen 1,8 fachen Luftwechsel, alleine auf die Sporthalle bezogen einen 2 fachen Luftwechsel (Tennis- und Mehrzweckhalle) sowie einen 1,7 fachen Luftwechsel (Leichtathletikhalle). Die meiste Zeit wird die Anlage im Umluftbetrieb gefahren, wir sind bei den folgenden Berechnungen unter Berücksichtigung der Ruhezeiten von einem 0,35 fachen Luftwechsel ausgegangen.

4.3.3 Pumpen SFZ

Im Mittel sind rund 15,1 KW installiert, der Verbrauch beträgt rund 40.000 kWh/a.

Die installierte maximale Leistung liegt über dem angestrebten 0,8% -Wert für Hilfsleistung (1486 kW benötigte Heizleistung)

5 Maßnahmen

Die Tabelle 5 zeigt alle im folgendem beschriebenen Maßnahmen auf einen Blick.

Tabelle 5 Maßnahmen

| Beschreibung Maßnahme | Verbrauch pro Jahr kWh Bestand | Cash pro Jahr EUR | Einsparung pro Jahr kWh | Investition EUR | ROI Jahre a |
|--|---|-------------------------|-------------------------------|--------------------|-------------------|
| | 0 | 147.000 | 1.803.000 | 5.363.000 | |
| Organisation | | 18.000 | 183.000 | 2.000 | 0,1 |
| Verträge | | 0 | 0 | 0 | |
| Anlagentechnik | | 72.000 | 814.000 | 701.000 | 9,7 |
| Bauphysik | | 57.000 | 806.000 | 4.660.000 | 81,8 |
| Stromverträge | 682.000 | | | | |
| Gasverträge | 2.968.000 | | | | |
| Wasserverträge | 5.800 | | | | |
| Hausverwalterverträge EBN | 3.651.000 | 17.200 | 183.000 | | |
| Fenstertausch Leichtathletikhalle | 393.000 | 34.000 | 485.000 | 2.907.000 | 85,5 |
| Fenstertausch Lüftungsverluste | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Fenster austausch Tennishalle | 175.000 | 14.000 | 199.000 | 1.072.000 | 76,6 |
| Fenstertausch Lüftungsverluste | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Fenster austausch Mehrzweckhalle | 105.000 | 8.500 | 122.000 | 682.000 | 80,2 |
| Fenstertausch Lüftungsverluste | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Heizungsregelung | 2.968.000 | 6.200 | 89.000 | 20.000 | 3,2 |
| Hydraulische Abstimmung | 2.968.000 | 6.200 | 89.000 | 30.000 | 4,8 |
| Kesseltausch | 2.968.000 | 20.800 | 297.000 | 90.000 | 4,3 |
| Pumpen abregeln | 31.900 | 300 | 2.000 | 0 | |
| Pumpentausch Heizraum | 14.300 | 1.400 | 7.000 | 18.000 | 12,9 |
| Pumpentausch Lüftung ** | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Dunkelstrahler in Hallen | 118.200 | 11.800 | 59.000 | 250.000 | 12,7 |
| Dunkelstrahler Hallen Heizenergie (Absenkung Raumtemperatur 1 °C) | 1.870.000 | 7.900 | 112.000 | 0 | In vor |
| Sanierung Nebenräume Umrüsten WRG | 219.200 | 7.700 | 110.000 | 131.000 | 17,0 |
| Leuchtentausch | | | | | |
| Nebenräume/Bewegungsmelder | 23.200 | 2.800 | 14.000 | 84.000 | 30,0 |
| Leuchtentausch Leichtathletikhalle+ MZH | 175.470 | 7.000 | 35.000 | 77.000 | 11,0 |
| Spülkasten auf 6 l | | 800 | 0 | 1.000 | 1,3 |

5.1 Optimierung der Energielieferverträge und Organisation

5.1.1 Hausverwalterverträge

Die Hausverwalter werden noch nicht über das Frankfurter EBN-Modell honoriert.

Einsparungen sind durch richtige Bedienung der Anlagen möglich. Dies sind mindestens 183.000 kWh/a oder 17.200 €.

Die Lüftungsanlagen der Hallen wurden teilweise von Hand in der zweiten Stufe mit höherem Aussenluftanteil gefahren. Daher dürfte das Einsparpotential bei sparsamer Bedienung noch höher sein.

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 Magistratsbeschluss 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 Leitfadenberechnung 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 das SFZ Kalbach eine Fensterfläche von rund 7.768 m². Der Hauptteil der Fensterfläche befindet sich in den Hallenbereichen. Bei Austausch der Fenster ändert sich der Transmissionswärmeverlust inkl. der solaren Gewinne von 673.000 kWh/a auf rund einen Gewinn von 11.000 kWh/a. Das entspricht einer Einsparung von 684.000 kWh/a oder rund 48.000 €/a.

Außerdem gibt es Energieeinsparungen im Bereich der Lüftungsverluste. Diese sind nicht quantifizierbar, da die Fugenbeiwerte (a-Werte) der Fenster im Bestand nicht bekannt sind. Der Austausch aller Fenster führt zu Gesamtkosten von 4.600.000 €. Damit beträgt das statische ROI rund 80 Jahre (ohne Lüftungsverluste!).

5.2.2 Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen Bauphysik

5.2.2.1 Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen Bauphysik mit Passivhausfenstern

Bei diesen Varianten wurden die u-Wert Anforderungen von Passivhauskomponenten zugrunde gelegt.

Bei der Bauphysik wurden die Maßnahmen Fensteraustausch für alle Hallen einzeln untersucht und dann 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 aller Gebäude mit Passivhauskomponenten rund 4,6 Mio € netto (bzw. 5,6 Mio. € brutto) bei Zugrundelegung von erzielten Ausschreibungspreisen im Jahr 2008. Die Kalkulationsempfehlungen der Abteilung Energiemanagement liegen teilweise noch unter diesen Werten.

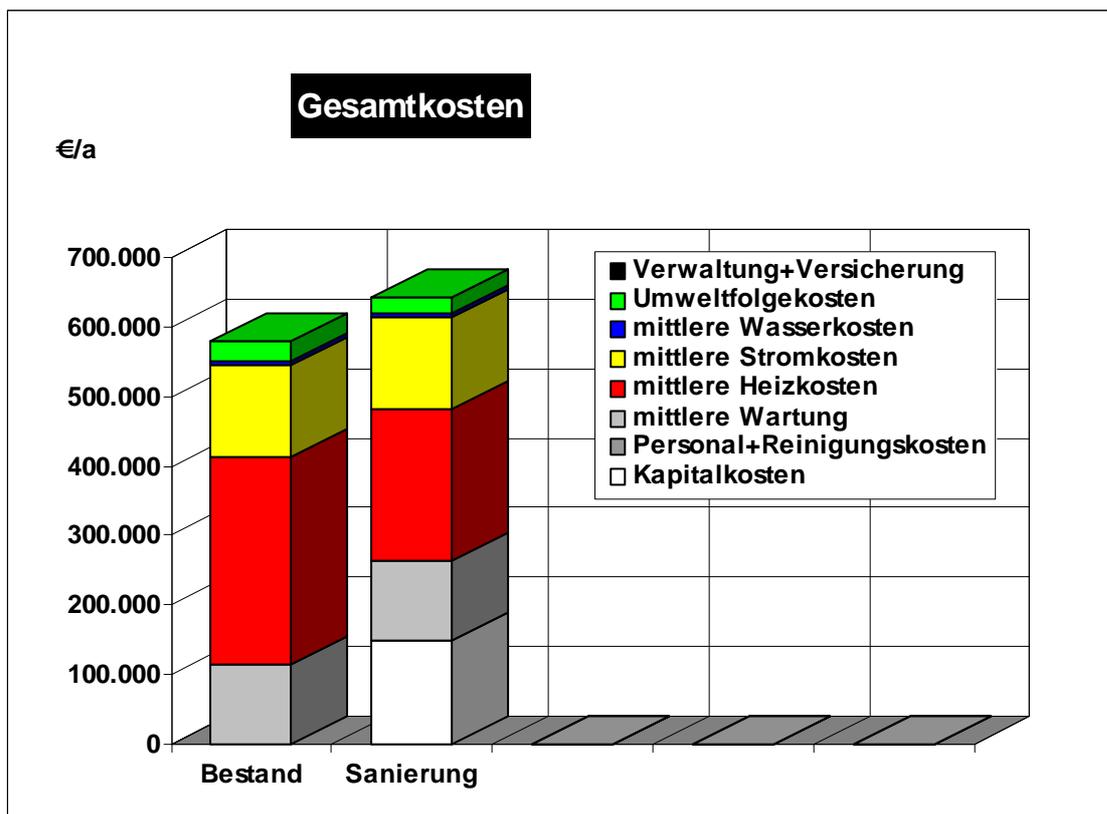
In den Anlagen 7-9 sind die Vollkostenrechnungen beigelegt

Bei einer Preissteigerung von 5 % und einem Kapitalzins von 3,0 % amortisieren sich die Maßnahmen nicht. Beispielhaft zeigt Diagramm 6 die Gesamtkosten der Mehrzweckhalle im Vergleich Sanierung und Bestand. Die Vollkosten sind höher als im Bestand, aber es wird weniger Energie verbraucht. Die Amortisationszeiten liegen bei durchschnittlich 80 Jahren.

(Anm.: Bei einer Preissteigerung von 10 % und einem Kapitalzins von 3,0 % beträgt die Amortisationszeit dagegen rund 45 Jahre bei der Mehrzweckhalle, rund 40 Jahre bei der Tennishalle sowie rund 50 Jahre bei der Leichtathletikhalle.)

Wenn keine Kapitalverzinsung eintritt, bzw. angesetzt wird, ist bei 5 % Energiepreissteigerung der Barwert der Bruttoinvestition von 5,6 Mio € nach 38 Jahren erwirtschaftet.

Diagramm 6 Gesamtkostenbetrachtung Fensteraustausch MZH nach Passivhausstandard



5.3 Regelungstechnik / Anlagentechnik Heizung

5.3.1 Allgemein

Die GLT muss im Zusammenhang auf die vorgeschlagenen Maßnahmen auf Erweiterbarkeit oder eventuell Austausch geprüft werden.

5.3.2 WW - Bereitung

Thermische Solaranlagen

Der WW-Verbrauch ist ausreichend groß für den Betrieb einer Solaranlage. Allerdings wird im März 2009 ein neues BHKW eingebaut, so dass die Umrüstung auf Solarbetrieb konkurriert. Um keine Laufzeitverringerung beim BHKW-Betrieb zu verursachen wird die Solarthermie daher nicht untersucht.

5.3.3 Heizungsregelung

Die Regelung ist in verschiedenen Technikzentralen untergebracht und kann durch eine zentrale DDC bedient werden. Die Programmierung und Einsicht in die hinterlegten Parameter der Regelung ist recht bedienungsunfreundlich, dadurch werden die Einsparpotentiale durch Einschränkung der Betriebszeiten, Korrekturen der Heizgrenzen und Kurven nicht genutzt.

Hier sollte eine Qualifizierung im Rahmen des Nutzer-Beteiligungsmodells 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. Für die Ertüchtigung der Regelung wurden 20.000.- € geschätzt. Die Ersparnis wurde mit 3 % der Wärmeverbräuche angenommen. Daraus ergibt ein Einsparpotential von rund 6.000.- €/a.

5.3.4 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 Spreizung von Vor- und Rücklauftemperaturen zeigt, dass größere Wassermengen ohne Wärmeabnahme durch das Gebäude gefahren werden.

Nach dem Einbau neuer Ventile ist die Eindrosselung der Stränge und Ventile zu veranlassen. Diese Maßnahme ist in Verbindung mit Pumpentausch 5.4 durchzuführen.

Der hydraulische Abgleich erfordert Investitionen in Höhe von 30.000.- und spart ca. 3% der Wärmeenergie. Dies sind rund 6.000.- €/a.

5.3.5 Kesseltausch

Die Kessel sind 18 Jahre alt, der Wirkungsgrad der Heizungsanlage beträgt brennwertbezogen nur 85%. Durch den Kesseltausch können mindestens 295.000 kWh eingespart werden. Dies sind rund 20.000.- pro Jahr.

Die Kosten incl. Dämmung und Schornsteinsanierung sind mit rund 90.000.- anzusetzen. Damit rechnet sich die Maßnahme ohne eine Leistungsreduzierung in rund 4,3 Jahren.

5.4 Pumpen

5.4.1 Pumpen Heizraum

23 Pumpen der statischen Heizkreise sowie der Lüftungsheizkreise sind veraltet, überdimensioniert und nicht elektronisch geregelt. Da auch kein hydraulischer Abgleich vorgenommen ist sollte das Rohrnetz neu berechnet, die Thermostatventile getauscht und die Pumpen neu berechnet und getauscht werden.

Die 23 Pumpen verbrauchen rund 14.350 kWh elektrische Energie pro Jahr. Dieser Verbrauch lässt sich durch richtige Auslegung und Austausch durch elektronisch geregelte Pumpen mehr als halbieren. Dabei werden 1.400.- € Strom pro Jahr gespart und zusätzlich Wärme.

Bei einer Investitionssumme von rund 18.300.- rechnet sich die Maßnahme in 13,1 Jahren. Diese Maßnahme sollte gemeinsam mit dem hydraulischen Abgleich vorgenommen werden.

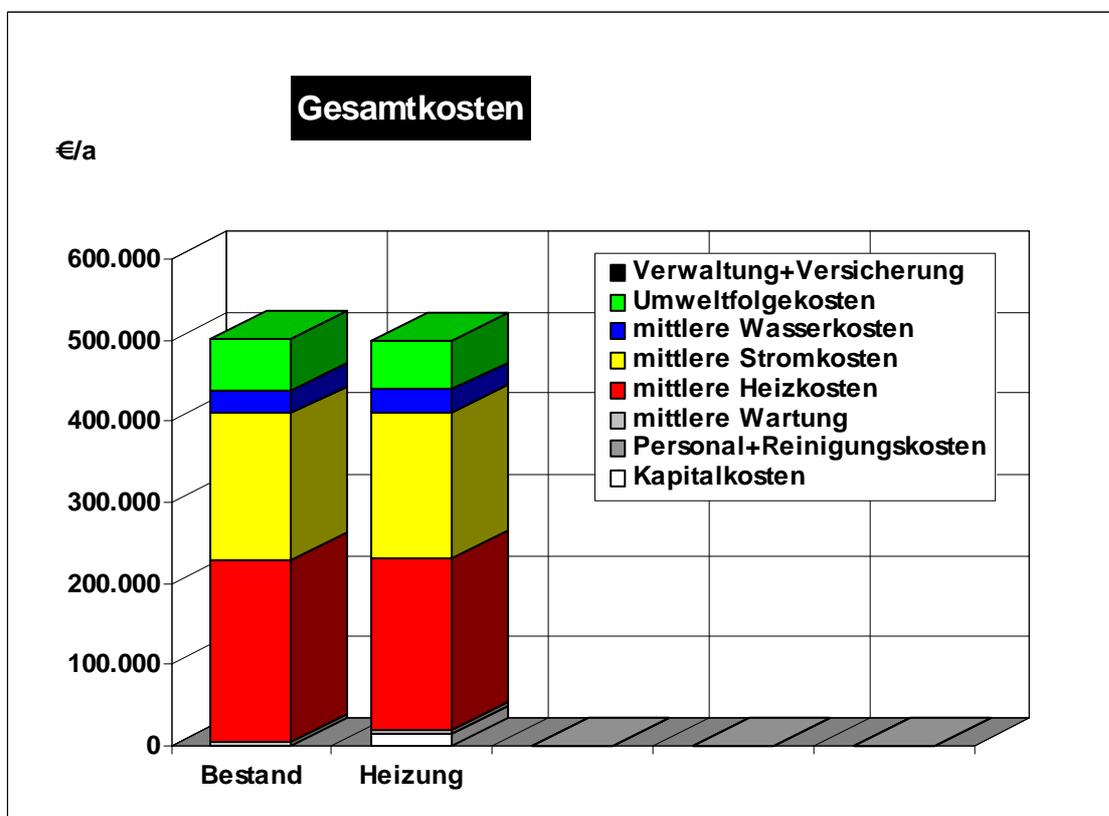
5.4.2 Pumpen Lüftung

Die Pumpen für die Wärmetauscher sind in Kapitel 5.4.1 berücksichtigt.

5.5 Gesamtkosten Heizungssanierung

Die Gesamtkostenrechnung wurde für die Sanierung der Heizungsanlage (Invest 90.000.- €) und für die Sanierung der Pumpen (Invest 18.000.- €) sowie Nebenkosten (10.000.-) durchgeführt. Die tabellarischen Daten sind in Anlage 10 beigefügt.

Diagramm 7 Heizungssanierung



Bei der Gesamtkostenberechnung ergibt sich eine Amortisationszeit von unter 9 Jahren bei einem Zinssatz von 3 % und einer Preissteigerung von 5 % im Betrachtungszeitraum von 10 Jahren. Die Ergebnisse der Berechnungen sind in Diagramm 7 dargestellt. Der Kesseltausch in Verbindung mit dem Pumpentausch führt zu leicht sinkenden Gesamtkosten.

5.6 Strahlungsheizung und Lüftung

Die Lüftungsanlagen für die Hallen sind überdimensioniert und haben keine WRG außer dem Umluftbetrieb. Daher wird für die Hallenbereiche der Teilaustausch bzw. alternativ die Einzelansteuerung der Aussenlüftungsgeräte durch die Regelung in Abhängigkeit der Luftqualität der Lüftungsanlagen in Verbindung mit einer Strahlungsheizung vorgeschlagen.

Die Lüftungsanlagen für die Nebenräume, die nicht über Umluftbetrieb WRG haben, sollen eine zentrale WRG erhalten. Bei einer wärmetechnischen Sanierung wäre der Totalersatz der Lüftungsanlagen die bessere Lösung, da die Anlagen auch nicht mehr der VDI 6022 entsprechen.

5.6.1 Lüftungsanlage Leichtathletikhalle

Hauptproblem der Lüftungsanlagen für die Leichtathletikhalle sind die durchlaufenden Betriebszeiten ohne einen abgestimmten Aus- und Teillastbetrieb. Dadurch wird unnötig Strom und Wärme verbraucht. Die Regelung erfolgt lediglich auf Temperatur und nicht auf Lüftungsbedarf. Eine Abstimmung zwischen notwendiger Heizlast und Lüftung ist trotz DDC nicht vorhanden. Der Frischluftanteil wird manuell eingestellt.

Die Hallen sind nicht mit Deckenstrahlplatten ausgerüstet. Es wird der Einbau von Deckenstrahlern zur Beheizung der Halle vorgeschlagen.

Die Lüftung sollte nur im Bedarfsfall für die Heizung nachrangig gefahren werden (bei extrem niedrigen Außentemperaturen und ansonsten dem Lüftungsbedarf durch CO₂-Fühler (oder vgl. Luftqualitätsfühler) nachgefahren werden. Die Lüftungstrategie könnte so erfolgen, dass die Aussenlüftungsgeräte in der Halle nach Bedarf einstufig und je nach Anforderung nacheinander als Kaskade angesteuert werden. **Hierfür ist die Nachrüstungsmöglichkeit der Regelung zu überprüfen.** (Ob die Regelung von Landis und Gyr auf diesen Fall nachgerüstet werden kann ist noch nicht abschließend untersucht).

Eine Reduzierung der Luftmengen im Regelbetrieb (im Ist-Zustand maximal 128.000 m³/h LAH, jeweils 24.000 m³/h für TH und MZH) durch die stufenweise Ansteuerung der einzelnen Aussenlüftungsgeräte (alternativ einen frequenzgerichteten Umrichter) in Verbindung mit CO₂-Fühlern als Regelgröße führt zu erheblichen Wärme- und Stromeinsparungen.

(Die Gesamtkosten für die Ertüchtigung der Lüftungsanlage im Alternativfall mit Frequenzumrichtern und Luftqualitätsfühlern müssen noch zusammengestellt werden.)

Die zu fördernde Luftmenge in der Leichtathletikhalle ließe sich im Regelbetrieb auf bis zu 20.000 m³/h (Berechnungsbasis 1.000 Personen x 20 m³/P*h) reduzieren. Diese entspräche einem 0,28 fachen Luftwechsel. Voraussetzung ist die Deckung der Heizlast durch die Deckenstrahlheizung.

Die bestehenden Motoren benötigen jedoch bei der Umrüstung auf Frequenzumrichter eine Mindestdrehzahl. Dies bedeutet eine Mindestluftmenge von rund **40.000 m³/h** bei der bestehenden Anlage, bzw. 1/16 hiervon bei der Kaskadenschaltung, wenn die Halle nicht geteilt ist.

Es wird daher eine Sanierung mit max. 40.000 m³/h (0,5-facher Luftwechsel) statt 128.000 m³/h mit weniger Geräten empfohlen. Mittels Feuchte- und CO₂-Sensor erfolgt eine bedarfsgeregelte Lüftung.

5.6.2 Lüftungsanlage Mehrzweckhalle

Die Lüftung kann so erfolgen, dass die Aussenlüftungsgeräte in der Halle nach Bedarf einstufig und je nach Anforderung nacheinander angesteuert werden.

Die zu fördernde Luftmenge in der Mehrzweckhalle ließe sich im Regelbetrieb auf bis zu 10.000 m³/h (Berechnungsbasis 500 Personen x 20 m³/P*h) reduzieren. Diese entspräche einem 0,85 fachen Luftwechsel. Voraussetzung ist die Deckung der Heizlast durch die Deckenstrahlheizung.

Die bestehenden Motoren benötigen jedoch bei der Alternative Umrüstung auf Frequenzumrichter eine Mindestdrehzahl. Dies kann mit der Mindestluftmenge von rund **5.000 m³/h** bei der bestehenden Anlage sichergestellt werden.

Es wird daher eine Sanierung mit max. 10.000 m³/h (0,85-facher Luftwechsel) statt 24.000 m³/h empfohlen. Mittels Feuchte- und CO₂-Sensor erfolgt auch hier eine bedarfsgeregelte Lüftung.

5.6.3 Lüftungsanlage Tennishalle

Die Lüftung kann so erfolgen, dass die Aussenlüftungsgeräte in der Halle nach Bedarf einstufig und je nach Anforderung nacheinander angesteuert werden.

In der Tennishalle kann der Luftwechsel deutlich abgesenkt werden. Die zu fördernde Luftmenge in der Tennishalle ließe sich im Regelbetrieb auf bis zu 2.000 m³/h (Berechnungsbasis 100 Personen x 20 m³/P*h) reduzieren. Diese entspräche einem 0,2 fachen Luftwechsel. Voraussetzung ist die Deckung der Heizlast durch die Deckenstrahlheizung.

Die bestehenden Motoren benötigen jedoch bei der Alternative Umrüstung auf Frequenzumrichter eine Mindestdrehzahl. Dies kann mit der Mindestluftmenge von rund **4.000 m³/h** bei der bestehenden Anlage sichergestellt werden.

Es wird daher eine Sanierung mit max. 4.000 m³/h (0,35-facher Luftwechsel) statt 24.000 m³/h empfohlen. Mittels Feuchte- und CO₂-Sensor erfolgt eine bedarfsgeregelte Lüftung.

5.6.4 Lüftungsanlagen Hallen

Durch den Einbau der Strahlungsheizung in allen 3 Hallen kann der Stromverbrauch von rund 118.000 kWh/a um die Hälfte auf rund 59.000 kWh reduziert werden. Bei Investitionskosten von rund 250.000 € für alle Hallen beträgt der ROI rund 21 Jahre. Hinzu kommt durch die Reduzierung der durchschnittlichen Raumtemperatur um 1°C eine Heizenergieeinsparung von 1.870.000 kWh/a auf rund 1.758.000 kWh. Dies bedeutet neben der Stromeinsparung eine Heizenergieeinsparung von rund 112.000 kWh/a bzw. 7.900 €/a.

Bei dieser Maßnahme ist zwingend mindestens die vor beschriebene Kaskadenschaltung für die Lüftung mit auszuführen!

5.6.5 Lüftungsanlagen Nebenräume

Von den 9 Lüftungsanlagen für die Nebenräume sind acht Zuluftgeräte ohne Umluftanteil. Nur das Gerät Restaurant verfügt über eine WRG. Durch die fehlende WRG in den anderen Anlagen wird unnötig Heizenergie verbraucht.

Hauptproblem der Lüftungsanlagen sind weiterhin die durchlaufenden Betriebszeiten ohne einen abgestimmten Aus- und Teillastbetrieb. Dadurch wird unnötig Strom und Wärme verbraucht. Die Regelung erfolgt lediglich auf festen Luftwechsel und nicht auf Lüftungsbedarf. Die Lüftungsanlagen decken in der Spitze einen 6-7 fachen Luftwechsel ab!

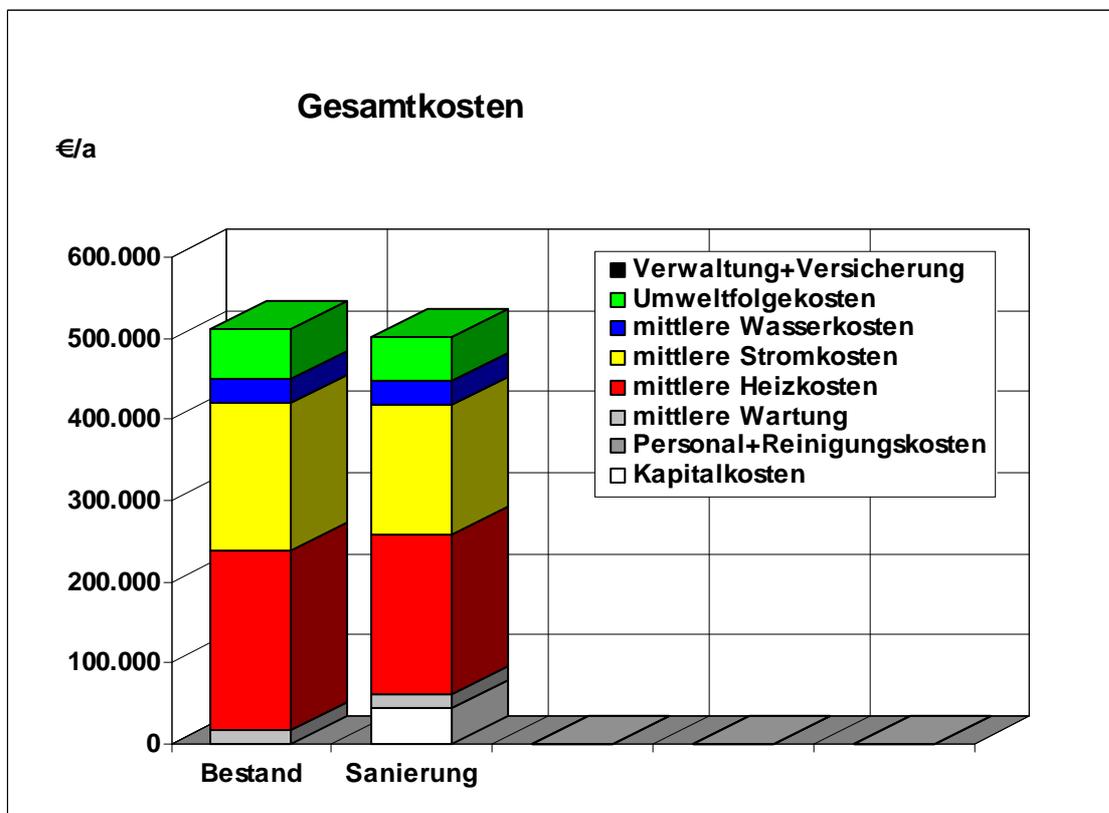
Es wurde der Einbau von dezentralen (insgesamt acht) Lüftungsanlagen untersucht. Diese werden auf den Dächern der Nebenräume installiert. Abluftstränge sind dort schon vorhanden, das Zulüftkanalnetz muss umgebaut werden, um eine WRG im Lüftungsgerät zu gewährleisten. Mittels Feuchte- und CO₂-Sensor erfolgt eine bedarfsgeregelte Lüftung der einzelnen Zonen. Dies führt zu einer Einsparung von mindestens 110.000 kWh Heizenergie im Wert von 7.700.- €/a. Zusätzlich wird bei entsprechend modernisierten Lüftungsanlagen eine deutliche Menge an Strom eingespart. Bei Investitionskosten von rund 130.000.- € beträgt der ROI rund 17 Jahre (ohne Berücksichtigung der Stromeinsparung).

Der gebäudeübergreifende Brandschutz ist überprüfen, da an Hand der Bestandspläne nicht abschließend zu klären.(Baugenehmigung) Das Kanalnetz könnte in der Lüftungszentrale zusammengefasst und an eine gemeinsame Anlage mit geregelten Zonen angeschlossen werden.

5.6.6 Gesamtkostenberechnung Lüftung

Die Gesamtkostenrechnung wurde für die Sanierung der Lüftungsanlage in den Nebenräumen sowie den Einbau der Dunkelstrahler in den Hallen durchgeführt (Invest 381.000.- €).

Diagramm 8 Gesamtkosten Lüftungssanierung



Es sind noch weiterführende Planungen notwendig, wie die Lüftungsanlagen für die Hallen gesteuert werden können. Die Kosten sind hier noch nicht betrachtet.

Die tabellarischen Daten sind in **Anlage 11** beigefügt.

Bei der Gesamtkostenberechnung ergibt sich eine Amortisationszeit von 8 Jahren für die Sanierung bei einem Zinssatz von 3 % und einer Preissteigerung von 5 % im Betrachtungszeitraum von 10 Jahren.

Die Ergebnisse der Berechnungen sind in Diagramm 8 dargestellt.

5.7 Beleuchtung

5.7.1 Beleuchtung Mehrzweckhalle und Leichtathletikhalle

In den Hallen beträgt die installierte Leistung im Mittel rund 16 W/m^2 . Daher erscheint ein Leuchtentausch sinnvoll. Die Leuchten in der Tennishalle wurden bereits 2008 ausgetauscht. Installiert sind nun T5-Leuchten mit EVG. In den beiden anderen Hallen sind noch HQL-Leuchten mit 400 W (LH) bzw. 250 W (MZH) installiert.

Die Amortisationszeit für einen Leuchtentausch für die Mehrzweck- und Leichtathletikhalle beträgt rund 11 Jahre.

Die Anzahl der Leuchten könnte von rund 428 Leuchten mit einer installierten Leistung von im Mittel rund 370 W pro Leuchte durch eine Sanierung auf ca. 220 W pro Leuchte gesenkt werden.

Die installierte Leistung sinkt damit auf 16 W/m^2 auf rund 10 W/m^2 . Es gibt dann nur noch 2 Schaltstufen für Wettkampf und Trainingsbetrieb.

Der Verbrauch sinkt von 175.000 kWh auf rund 140.000 kWh. Dies entspricht einer jährlichen Einsparung von rund 35.000 kWh oder 7.000.- €

Bei einer Investitionssumme von 77.000.- € rechnet sich die Maßnahme innerhalb von 11 Jahren.

Für die Berechnung wurde von folgenden Investitionskosten im Durchschnitt ausgegangen:

| | |
|----------------------|-------------|
| Leuchten mit EVG(LS) | 300 €/Stück |
|----------------------|-------------|

Die Kosten basieren auf Ausschreibungsergebnisse und Abrechnungen im Zuge des Beleuchtungsaustausches von 4 Sporthallen im Rahmen des stadtinternen Contractings im Jahre 2006 in Frankfurt. Die Kosten verstehen sich als Bruttokosten inkl. der Planungskosten.

5.7.2 Beleuchtung Nebenräume

In den Nebenräumen und Fluren inklusive der Eingangsbereiche sind bedingt durch die unterschiedliche Bestückung eine Leuchtenleistung von 5 bis 15 W/m^2 installiert. Der Tageslichtanteil ist recht gering, aber auch bei ausreichendem Tageslicht war die Beleuchtung bei den Begehungen teilweise eingeschaltet (insbesondere Foyer Tennishalle-Mehrzweckhalle). Die Duschen und Umkleieräume werden seltener genutzt als die Sporthalle und die Flure, da dort wenig Tageslicht vorhanden ist, ist die Beleuchtung aber häufig eingeschaltet. In den Fluren werden die Leuchten teilweise per Hand, überwiegend aber zentral eingeschaltet und festgestellt.

Ein bedarfsorientiertes Beleuchtungskonzept ist daher sinnvoll. Um die Beleuchtung nur während der tatsächlichen Benutzung zu gebrauchen, wird neben einer neuen Beleuchtung mit EVG und Spiegelrastreranbauleuchten teilweise auch der Einbau von Bewegungsmeldern (opto/akustisch) untersucht (wie z.B. Flur und Foyer Mehrzweckhalle). Dadurch lassen sich die Betriebszeiten auf deutlich weniger als 1000 Betriebsstunden vermindern. Ein Austausch der Leuchten erscheint aufgrund der überwiegenden Überdimensionierung der bestehenden Beleuchtung in einem Grossteil der Nebenräume als sinnvoll.

Die Anzahl der Leuchten könnte nach einer ersten überschlägigen Berechnung von rund 1020 Leuchten durch eine Sanierung auf ca. 850 Leuchten gesenkt werden. Die mittlere Anschlussleistung sinkt deutlich von rund 44 W/pro Leuchte auf rund 35 W/pro Leuchte

Die mittlere spezifische Leistung sinkt von rund 10 W/m² auf rund 6 W/m² nach der Sanierung. Für die Berechnung wurde von folgenden Investitionskosten im Durchschnitt ausgegangen:

| | |
|--|-------|
| Leuchten mit EVG | 100 € |
| Leuchten mit EVG und Tageslichtsperre (LS) | 250 € |
| Im Mittel: | 120 € |

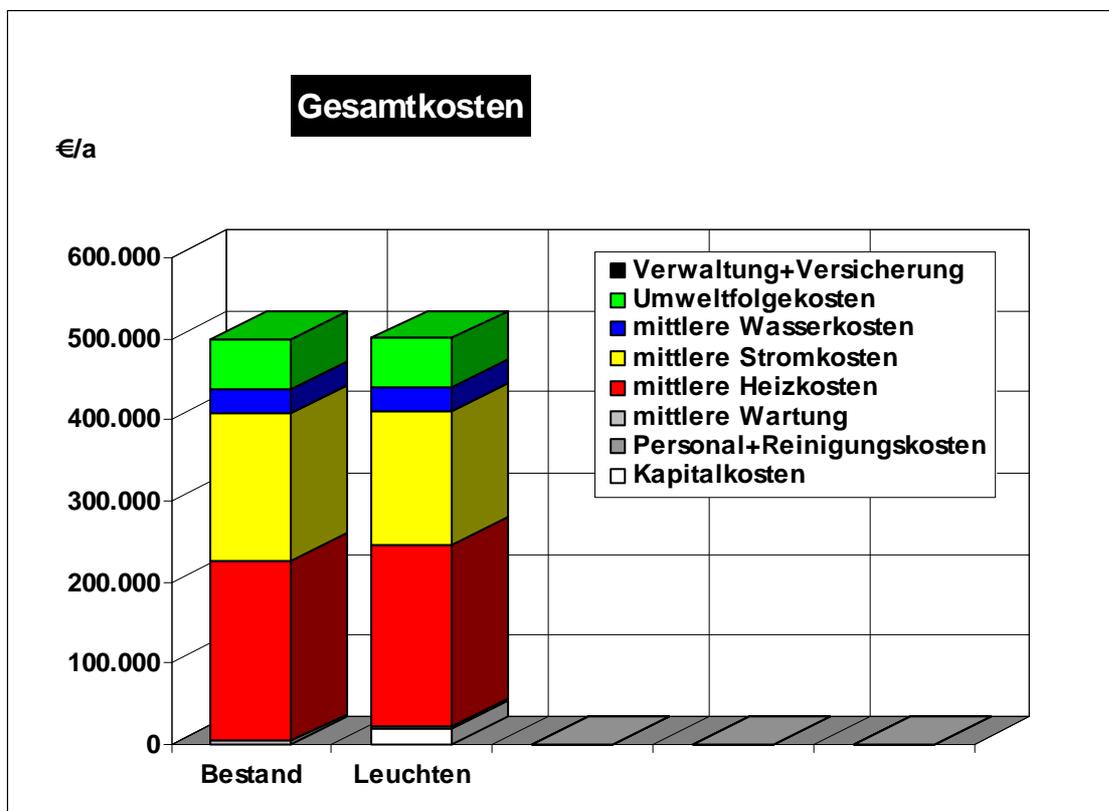
Die Kosten basieren auf Ausschreibungsergebnisse und Abrechnungen im Zuge des Beleuchtungsaustausches von 7 Schulen und zwei Sporthallen im Rahmen des stadinternen Contractings im Jahre 2006 in Frankfurt. Die Kosten verstehen sich als Bruttokosten inkl. der Planungskosten.

Bei angenommenen Betriebsstunden von rund 500 h/Jahr im Bestand und 400 h/Jahr bei der Tageslichtvariante, verringern sich die Stromkosten von rund 4.630 €/a auf rund 1850 €/a. Bei einer Investitionssumme von rund 84.000.- € amortisiert sich die Sanierungsvariante nach rund 30 Jahren.

5.7.3 Gesamtkostenberechnung Beleuchtung

Die Gesamtkostenrechnung wurde für die Sanierung der Beleuchtungsanlage von Sporthalle und Nebenräumen (Invest 160.000.- €). Die tabellarischen Daten sind in Anlage 12 beigefügt.

Diagramm 9 Gesamtkosten Leuchtentausch



Bei der Gesamtkostenberechnung ergibt sich eine Amortisationszeit von 11 Jahren für die Sanierung bei einem Zinssatz von 3 % und einer Preissteigerung von 5 % im Betrachtungszeitraum von 10 Jahren.

Die Ergebnisse der Berechnungen sind in Diagramm 9 dargestellt.

5.7.4 Gesamtkosten

Für die Gesamtkostenbetrachtung aller Maßnahmen wurden die Varianten:

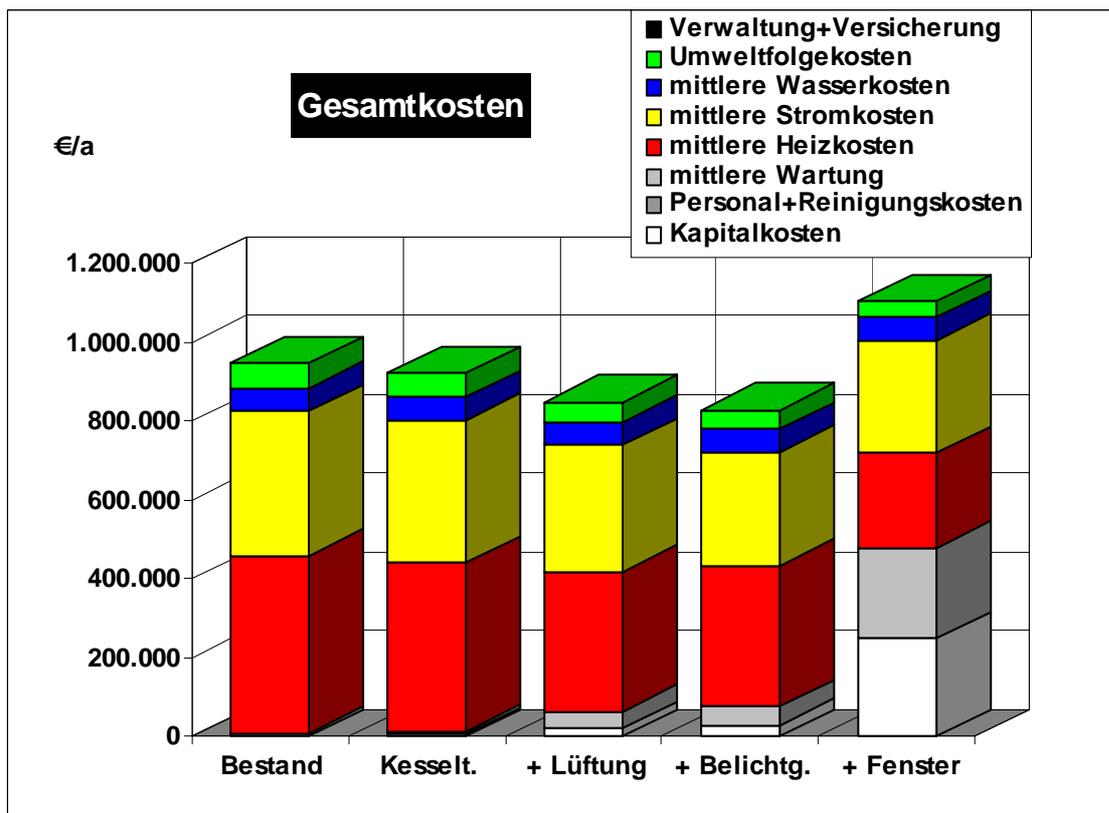
- Kesseltausch und Pumpentausch
- Kesseltausch und Pumpentausch, Lüftung
- Kesseltausch und Pumpentausch, Lüftung, Beleuchtung
- Kesseltausch und Pumpentausch, Lüftung, Beleuchtung plus Fenstertausch

in einer Gesamtkostenbetrachtung zusammengefasst. Der Gesamtzeitraum der Betrachtung umfasst 40 Jahre. (Anlage 13)

Die teuerste Einzelmaßnahme ist die bauphysikalische Sanierung mit rund 4,6 Mio. € incl. Nebenleistungen. Bei der Anlagentechnischen Sanierung von Heizung, Lüftung und Licht steigt die Investitionssumme auf rund 5,3 Mio. €.

Es ergibt sich eine Amortisationszeit von unter 5 Jahren für die anlagentechnischen Sanierungen bei einem Zinssatz von 3 % und einer Preissteigerung von 5 % im Betrachtungszeitraum von 40 Jahren. Die Gesamtsanierung rechnet sich nicht im Betrachtungszeitraum. Die Ergebnisse der Berechnungen sind in Diagramm 10 dargestellt.

Diagramm 10 Gesamtkosten



6 Organisatorisches/Sonstiges

6.1 Spülkästen

Die Reduzierung der Spülkästen auf 6 Liter spart rund 800 €/a bei einer Investition von rund 1.000 € ein. Der ROI liegt bei 1,3 Jahren.

6.2 Notbeleuchtung

Watch Outs im Reparaturfall auf LED umrüsten.

6.3 Regenwasserzisterne

Der Zähler Tennisverein Garage verzeichnet einen Wasserverbrauch von 987 m³ im Jahr 2008. Damit trägt er zu rund 17% zum Gesamtverbrauch bei. Da im Lastverlauf zu erkennen ist, dass der Wasserverbrauch fast nur im Sommer zu verzeichnen ist, gehen wir davon aus, dass diese Wassermenge fast nur zur Aussenbewässerung der Tennisplätze genutzt wird. Dies spricht dafür, Wasser aus einer Regenwasserzisterne zu nutzen. (Installation und Kosten sind noch zu klären)

6.4 PV Anlage

Die PV-Anlage aus 1992 zeigt einen ungewöhnlich niedrigen Ertrag von 681 kWh/kW_{peak}. Da der Wechselrichter anscheinend schon getauscht ist, wird eine Stringmessung empfohlen, um defekte Module oder Anschlussdosen zu identifizieren.

7 Zusammenfassung

Die drei Gebäude haben zusammen eine Energiebezugsfläche von rund 15.300 m².
Das beheizte Volumen beträgt rund 125.000 m³.

Für den Bezug von Heizenergie müssen insgesamt rund 120.000 €/a aufgewendet werden, für den Strombezug rund 83.000 €/a, für Wasser werden rund 22.000 €/a aufgewendet.

Der Heizenergieverbrauch beträgt **3.000 MWh/a**. Bezogen auf die Energiebezugsfläche ergeben sich spezifische Verbräuche für Wärme von **191 kWh/m²*a**.

Dieser Wert ist gemessen an der Bauwerksklasse hoch und darauf zurückzuführen, der Fensteranteil sehr hoch ist.

Die installierte Leistung von 1005 kW führt zu **2954** Benutzungsstunden

Dieser Wert ist günstig. Mit dem nicht mehr vorhandenen BHKW lag der Wert noch bei 2441 h (Der Richtwert beträgt 1500 - 2000h).

Der Stromverbrauch liegt bei rund 680 MWh im Jahr. Bezogen auf die Energiebezugsfläche ergeben sich spezifische Verbräuche für Strom von **44 kWh/m²*a**

Die installierte Leistung von 408 kW führt zu **1667** Benutzungsstunden
(Der Richtwert beträgt 2000h)

Der Wasserverbrauch liegt bei rund 5.750 m³/a bzw. 53 l/Pers,d. Auf die Fläche bezogen beträgt der Kennwert rund 374 Liter/m²*a. Damit liegt dieser Wert deutlich höher als bei vergleichbaren Gebäuden. Dies liegt insbesondere an dem für diese Gebäudegruppe untypischen Entmüdungsbecken und der Sauna, sowie der Aussenbewässerung (Tennisplätze)

Die energetischen Untersuchungen ergeben bauphysikalische und anlagentechnische Einsparpotentiale. Die Einzelmaßnahmen sind in der Tabelle 6 dargestellt.

Dabei sind die Prioritäten nach dem Quotienten mittlere Einsparung / Annuität der Investition sortiert. Je höher dieser Quotient, desto besser rechnet sich die Maßnahme bezogen auf das eingesetzte Kapital.

Es erfolgt zusätzlich eine Unterscheidung nach Sofortmaßnahmen, Sofortmaßnahmen aus dem Instandhaltungshaushalt, Maßnahmen aus dem Investitionshaushalt (über 100.000.- €) und baulichen Maßnahmen. Bei dem letzten Paket und allen Maßnahmen mit einem Quotienten kleiner 1 ist die Maßnahme dann durchzuführen, wenn das Bauteil oder die Anlage im Rahmen von Reparaturmaßnahmen angefasst werden.

Sofortmaßnahmen:

Ohne größere Investitionskosten sind die Nutzerbeteiligung EBN und die Umstellung der Spülkästen durchführbar. Dies könnte bereits über 18.000.- €/a sparen.

Maßnahmen aus dem laufendem Instandhaltungshaushalt:

Im Bereich der Heizungsanlage sind die Verbesserung der Regelung (20.000.- €), der hydraulische Abgleich (30.000.- €), Kessel (90.000.- €)- und Pumpentausch (18.000.- €) sinnvoll. Diese Maßnahmen sind zwar auch einzeln durchzuführen, machen aber im Paket Sinn, da die Rüstzeiten dann kürzer werden. Bis auf den Pumpentausch liegt die mittlere Einsparung zu Annuität immer deutlich über 1.

Die Investitionskosten im Paket betragen dann rund 158.000.- € und sparen dann rund 480.000 kWh Heizwärme im Wert von derzeit 33.000.- € pro Jahr (dann Investitionshaushalt!).

Der Leuchtentausch nur für die Hallen erfordert rund 77.000.- € und amortisiert sich bereits nach 11 Jahren. Diese Maßnahme spart rund 35.000 kWh Strom pro Jahr im Wert von rund 7.000.- €/a.

Die mittlere Einsparung zu Annuität liegt bei 1.

Die Lichtsanierung der Nebenräume rechnet sich aufgrund der höheren spezifischen Investitionen wesentlich langfristiger, sollte aber im Rahmen einer Gesamtsanierung mit durchgeführt werden, um ein einheitliches Gesamtbild zu erzielen. Allerdings sind die Investitionskosten mit über 80.000.- deutlich höher als für die Hallen. Die mittlere Einsparung zu Annuität liegt daher unter 1.

Investitionshaushalt:

Investitionen bis zu 380 T€ erfordert die Sanierung der Lüftungsanlagen. Allerdings liegt hier das größte Einsparpotential für Strom von rund 60.000 kWh/a allein für die Lüftungsanlagen der Hallen. In diesem Bereich amortisieren sich die Investitionskosten von 250.000.- € bereits nach 13 Jahren und die mittlere Einsparung zu Annuität liegt bei 1,4, für die Sanierung der Nebenräume bei 1.

Tabelle 6 Einzelmaßnahmen nach Priorität

| Beschreibung Maßnahme | Einsparung pro Jahr EUR 2.009 | Zeit Jahre a | mittl. Einsp pro Jahr EUR | Investition EUR | Annu. EUR | m.Einsp. zu Annuität Invest | Einsparung pro Jahr kWh |
|--|--|--------------------|---------------------------------|--------------------|--------------|--------------------------------------|-------------------------------|
| | | | 5,0% | | 3,1% | | |
| Hausverwalterverträge EBN | 17.200 | 5 | 19.899 | | | | 183.000 |
| Spülkasten auf 6 l | 800 | 5 | 926 | 1.000 | 219 | 4,2 | 0 |
| Heizungsregelung | 6.200 | 10 | 8.088 | 20.000 | 2.357 | 3,4 | 89.000 |
| Kesseltausch | 20.800 | 10 | 27.135 | 90.000 | 10.605 | 2,6 | 297.000 |
| Hydraulische Abstimmung | 6.200 | 10 | 8.088 | 30.000 | 3.535 | 2,3 | 89.000 |
| Leuchtentausch Leichtathletikhalle+ MZH | 7.000 | 10 | 9.132 | 77.000 | 9.073 | 1,0 | 35.000 |
| Pumpentausch Heizraum | 1.400 | 10 | 1.826 | 18.000 | 2.121 | 0,9 | 7.000 |
| Leuchtentausch Nebenräume/Bewegungsmelder | 2.800 | 10 | 3.653 | 84.000 | 9.898 | 0,4 | 14.000 |
| Dunkelstrahler in Hallen, Lüftungsred. (incl. Temperaturabs.) | 19.700 | 15 | 28.944 | 250.000 | 21.093 | 1,4 | 171.000 |
| Lüftung Nebenräume Umrüsten WRG | 7.700 | 15 | 11.313 | 131.000 | 11.053 | 1,0 | 110.000 |
| Fenster austausch Mehrzweckhalle | 8.500 | 40 | 22.221 | 682.000 | 29.984 | 0,7 | 122.000 |
| Fenster austausch Tennishalle | 14.000 | 40 | 36.599 | 1.072.000 | 47.130 | 0,8 | 199.000 |
| Fenster austausch Leichtathletikhalle | 34.000 | 40 | 88.884 | 2.907.000 | 127.805 | 0,7 | 485.000 |

Sanierung im Rahmen baulicher Maßnahmen:

Die höchsten Investitionen erfordern Maßnahmen an der Bauphysik mit insgesamt 4,6 Mio €.

Der Fenstertausch hat Priorität, weil trotz der hohen Investitionskosten hier die höchste Einsparung von 800 MWh Wärme erzielt wird. Allerdings liegen diese deutlich um oder über 80 Jahre, deshalb liegt die mittlere Einsparung zu Annuität auch deutlich unter 1. Durch die Verbesserung der Bauphysik Fenster (mit Passivhauskomponenten) lassen sich rund 48.000 €/a an Energiekosten sparen.

Die Verbesserung der Dach- und Wanddämmung sollten bei der nächsten Reparaturen mit durchgeführt werden. Hier ist besonders die an vielen Stellen defekte Wanddämmung zu ertüchtigen.

Neben den Einzelmaßnahmen wurden Maßnahmenpakete untersucht. Dabei wurden die Gesamtkosten nach den Rechenmodellen der Stadt Frankfurt ermittelt.

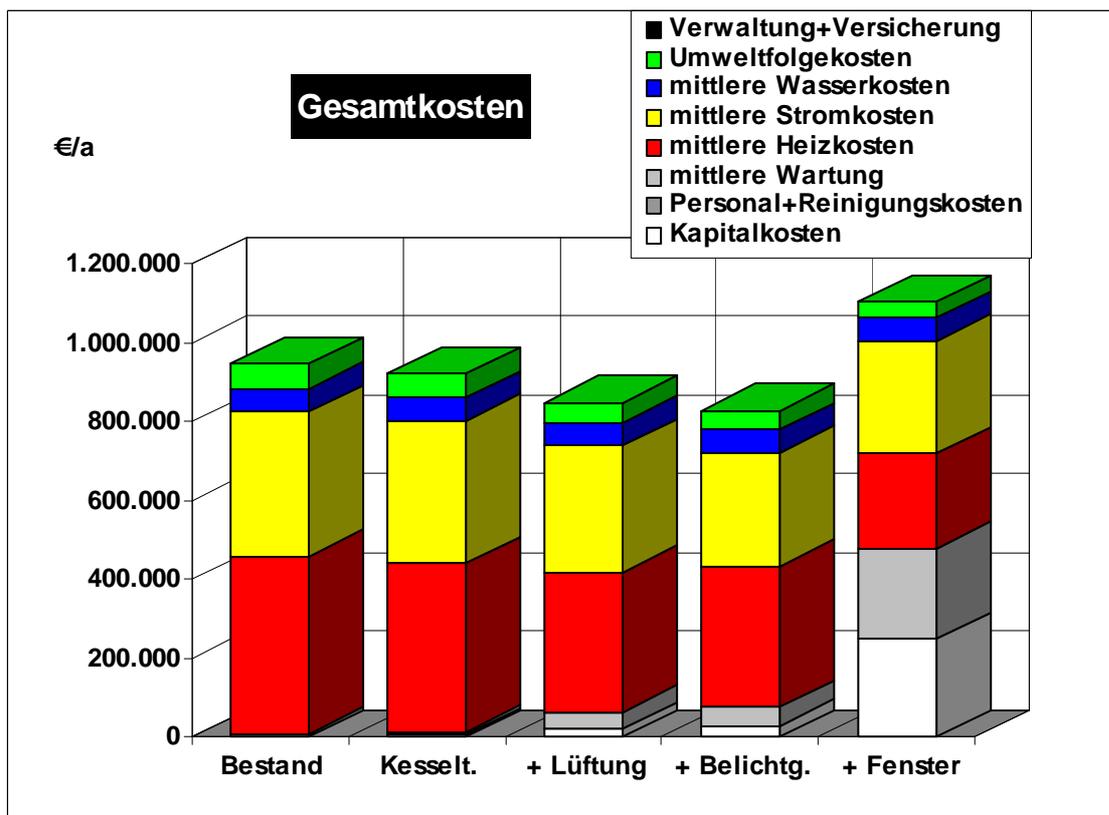
Im Gegensatz zur statischen Betrachtung der Einzelmaßnahmen wird hier die Verzinsung der Investitionskosten (bzw. günstige Kommunalkredite) und die Preissteigerung der Energiekosten berücksichtigt.

Die Gesamtsanierung besteht aus folgenden Maßnahmen und erfolgt über einen Betrachtungszeitraum von 40 Jahren:

- Verbesserung der Anlagentechnik Heizung (Kessel/Pumpentausch)
- Verbesserung der Anlagentechnik Lüftung
- Beleuchtungssanierung für Halle und Nebenräume.
- Austausch der Fenster (Passivhausstandard)

Auf anlagentechnischer Seite ergeben sich die größten Einsparpotentiale durch die Ertüchtigung der Heizung, der Lüftungsanlagen und der Beleuchtung der Sporthalle. Diese anlagentechnischen Maßnahmen erfordern Investitionen in Höhe von rund 700.000.- € und amortisieren sich nach rund 5 Jahren.

Diagramm 11 Gesamtkostenbetrachtung



Die Investitionskosten erhöhen sich durch den Fenstertausch auf 5,3 Mio €, allerdings ist keine Amortisation im Gesamtzeitraum gegeben. Hierzu müsste die Preissteigerung deutlich höher als 5% sein.

Durch die Maßnahmen sinkt der spezifische Stromverbrauch von 45 auf 33 kWh/m²a. der Heizwärmebedarf sinkt von 147 auf rund 72 kWh/m²a, der Heizenergiebedarf sinkt von über 180 kWh/m²a auf weniger als 90 kWh/m²a.

Die CO₂-Emissionen verringern sich von 74 auf 45 kg/m²a. (vgl. Anlage 13)

Die Energiekosten reduzieren sich bei einer Gesamtinvestition von rund 5,3 Mill. € bei heutigen Energiepreisen um rund 148.000 €/a, der Energieverbrauch sinkt von 3.650.000 kWh/a um rund 1.800.000 kWh/a auf rund 1.850.000 kWh.

Linter, den 13.7.09



Hans-Gerhard Kitzerow

Anlage 1 Daten auf einen Blick

| | | Summe | SFZ Kalbach |
|-------------------------|----------------------|-----------|----------------|
| Personen | - | 300 | 300 |
| Baujahr | - | | 1992 |
| Bauklasse/Typ | | | Leichtbau |
| EBF | m ² | 15.383 | 15.383 |
| Volumen | m ³ | 124.264 | 124.264 |
| mittlere Raumhöhe | m | | |
| Wärme | kWh/a | 2.968.434 | 2.968.434 |
| davon Warmwasser | kWh/a | | |
| spez. Wärmeverbrauch | kWh/m ² a | | 193 |
| spez. WW-verbrauch | kWh/m ² a | | |
| Art | | | Gas |
| Kosten per a | €/a | 120.867 | 120.867 |
| Kosten pro Einheit | ct/kWh | 4,07 | 4,07 |
| | | | |
| Strom | kWh/a | 682.128 | 682.128 |
| spez. Stromverbrauch | kWh/m ² a | | 44,3 |
| Kosten per a | €/a | 83.468 | 83.468 |
| Kosten pro Einheit | ct/kWh | 12,24 | 12,24 |
| | | | |
| Wasser | m ³ /a | 5.753 | 5.753 |
| | l/Pers,d | | 53 |
| Kosten per a | €/a | 22.138 | 22.138 |
| Kosten pro Einheit | €/m ³ | 3,85 | 3,85 |
| | | | |
| Energieverbrauch | | 3.650.563 | 3.650.563 |
| Kosten | | 226.472 | 226.472 |
| Kesselleistung | kW | | 1005 |
| Baujahr | a | | 1990 |
| Leistung/m ² | W/m ² | | 65 |
| Vollbenutzungsstunden | h/a | | 2954 |



Anlage 2 Verbräuche und Kosten

| Kosten pro Jahr | | | | | | | |
|------------------------|--------|--------|----------|--------|---------|-------|--------|
| | HT | NT | Leistung | Strom | Gas | Kanal | Wasser |
| | 133857 | 133857 | 185575 | Summe | Summe | Summe | Summe |
| | EUR/a | EUR/a | EUR/a | EUR/a | EUR/a | EUR/a | EUR/a |
| Mittelwert | | | | 83.468 | 120.867 | | 22.138 |
| Anteil an EK | | | | 37% | 53% | | 10% |
| 2002 | | | | 62.572 | 114.378 | | 24.369 |
| 2003 | | | | 69.166 | 115.037 | | 23.044 |
| 2004 | | | | 83.865 | 97.307 | | 19.627 |
| 2005 | | | | 92.654 | 114.806 | | 19.604 |
| 2006 | | | | 93.825 | 138.554 | | 23.246 |
| 2007 | | | | 98.724 | 145.120 | | 22.935 |
| 2008 | | | | | | | |

| Verbräuche pro Jahr | | | | | | | |
|----------------------------|-------|-------|----------|---------|-----------|-------|----------------|
| EBF | HT | NT | Leistung | Strom | Gas | Kanal | Wasser |
| | Summe | Summe | Summe | Summe | Summe | Summe | Summe |
| | kWh | kWh | kW | kWh | kWh | m3 | m ³ |
| Mittelwert | | | | 682.128 | 2.968.434 | ! | 5.753 |
| 2002 | | | | 606.859 | 3.655.267 | | 6.139 |
| 2003 | | | | 663.311 | 3.288.329 | | 6.097 |
| 2004 | | | | 762.102 | 2.766.148 | | 5.194 |
| 2005 | | | | 747.989 | 2.709.696 | | 5.151 |
| 2006 | | | 0 | 691.537 | 2.610.905 | | 6.139 |
| 2007 | | | | 620.972 | 2.780.261 | | 5.800 |
| 2008 | | | | | | | |

| spezifische Preise | | | | | | | |
|---------------------------|--------|--------|----------|--------|--------|--------------------|--------------------|
| | HT | NT | Leistung | Strom | Gas | Kanal | Wasser |
| | Summe | Summe | Summe | Summe | Summe | Summe | Summe |
| | ct/kWh | ct/kWh | EUR/kW,a | ct/kWh | ct/kWh | EUR/m ³ | EUR/m ³ |
| 2002 | | | | 10,31 | 3,13 | | 3,97 |
| 2003 | | | | 10,43 | 3,50 | | 3,78 |
| 2004 | | | | 11,00 | 3,52 | | 3,78 |
| 2005 | | | | 12,39 | 4,24 | | 3,81 |
| 2006 | | | | 13,57 | 5,31 | | 3,79 |
| 2007 | | | | 15,90 | 5,22 | | 3,95 |
| 2008 | | | | | | | |



Anlage 3 Heizwärme LAH

| Allgemeine Objektdaten | | Sport und Freizeitzentrum Kalbach | | | | Wetterdaten | |
|---|------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|-------------------|--------------------------------------|-------------------|
| Objektnummer | | | | | | Globalstrahlung: | |
| Objektbezeichnung | | Leichtathletikhalle | | | | Normtemperatur: | 4 |
| Objektteil | | | | | | Heizgrenze: °C | 15 |
| Straße, Nr. | | | | | | Min. Außentemp. °C | -12 |
| PLZ Ort | | | | | | Raumtemperatur °C | 18 |
| Energiebezugsfläche | 10211 m ² | | | | | Heizgradtage Kd/a* | 2940 |
| Variante | Basisvariante | | | | | Heizperiode d/a* | 219 |
| Leichtathletikhalle | | | | | | | |
| Transmission | Fläche m ² | u-Wert W/m ² K | Mind.- Faktor - | HGT*24/1000 kKh/a* | Verlust kWh/a* | Verlust/EBF kWh/m ² a* | |
| Dach gegen außen Sporthalle | 6486,48 | 0,3 | 1 | 70,6 | 137305,8 | 13,4 | |
| Dach gegen außen Verwaltung | 1517,86 | 0,3 | 1 | 70,6 | 32130,1 | 3,1 | |
| Oberste Geschoßdecke | | | 1 | 70,6 | 0,0 | 0,0 | |
| Wand gegen außen Sporthalle | 746,68 | 0,5 | 1 | 70,6 | 26342,9 | 2,6 | |
| Wand gegen außen Verwaltung | 784,71 | 0,5 | 1 | 70,6 | 27684,5 | 2,7 | |
| Türen | 10,22 | 2 | 1 | 70,6 | 1441,6 | 0,1 | |
| Wand gegen Erdreich Sporthalle | 119,69 | 0,5 | 0,5 | 70,6 | 2111,4 | 0,2 | |
| Wand gegen Erdreich Verwaltung | 98,43 | 0,5 | 0,5 | 70,6 | 1736,3 | 0,2 | |
| Wand gegen Keller Verwaltung | 128,00 | 0,5 | 0,5 | 70,6 | 2257,9 | 0,2 | |
| Boden gegen Erdreich Sporthalle | 7871,36 | 0,6 | 0,5 | 70,6 | 166621,1 | 16,3 | |
| Boden gegen Erdreich Verwaltung | 1517,86 | 0,6 | 0,5 | 70,6 | 32130,1 | 3,1 | |
| Fenster horizontal | 2066,40 | 2,8 | 1 | 70,6 | 408254,5 | 40,0 | |
| Fenster Süd | 896,02 | 2,7 | 1 | 70,6 | 170701,8 | 16,7 | |
| Fenster Ost | 727,71 | 2,7 | 1 | 70,6 | 138637,5 | 13,6 | |
| Fenster West | 605,19 | 2,3 | 1 | 70,6 | 98214,6 | 9,6 | |
| Fenster Nord | 549,74 | 2,7 | 1 | 70,6 | 104731,9 | 10,3 | |
| Summe Transmission | 24126,3 m ² | | | | 1350301,8 | 132,2 | |
| Lüftung | Volumen m ³ | Luftwechsel 1/h | sp. Wärme Wh/m ³ K | HGT*24/1000 kKh/a* | Verlust kWh/a* | Verlust/EBF kWh/m ² a* | |
| | 87128 | 0,35 | 0,33 | 70,6 | 710069,2 | 69,5 | |
| Bruttonutzwärmebedarf Heizung | (= Summe Transmission und Lüftung) | | | | | 2060371,0 | 201,8 |
| | | | | | | | a* := Heizperiode |
| | Personen | Stromverbrauch | Faktor fe | HT/365 | Gewinn | Gewinn/EBF | |
| | P | kWh/Pa | - | - | kWh/a* | kWh/m ² a* | |
| Abwärme Elektrizität | 50 | 700 | 0,7 | 0,6 | 14700,0 | 1,4 | |
| | Personen | Wärmeabgabe | Aufenthalt | HT | Gewinn | Gewinn/EBF | |
| | P | W/P | h/d | d/a* | kWh/a* | kWh/m ² a* | |
| Abwärme Personen | 50 | 100 | 16 | 219 | 17520,0 | 1,7 | |
| Solare Einstrahlung | Fläche | g-Wert | fr x fb | Globalstrahl. | Gewinn | Gewinn/EBF | |
| Energiekonzept Endbericht SFZ Kalbach 30-6-09 | | | | | | | |



| | m ² | - | - | kWh/m ² a | kWh/a* | kWh/m ² a | | |
|----------------------------------|--|----------------|------|----------------------|------------------|----------------------|-----------------------|--------------|
| horiz. Fenster | 2066,4 | 0,75 | 0,42 | 490 | 318948,8 | 31,2 | | |
| Süd-Fenster | 896,02 | 0,6 | 0,42 | 478 | 107930,5 | 10,6 | | |
| Ost-Fenster | 727,71 | 0,55 | 0,42 | 309 | 51943,2 | 5,1 | | |
| West-Fenster | 605,19 | 0,3 | 0,42 | 316 | 24096,1 | 2,4 | | |
| Nord-Fenster | 549,74 | 0,6 | 0,42 | 176 | 24382,0 | 2,4 | | |
| Summe Strahlung | 4845,1 | m ² | | | | 527300,7 | 51,6 | |
| Gewinnfaktor | 0,92 | | | | | | | |
| Wärmegewinn | = Abwärme Elektrizität + Personen + Strahlung * Gewinnfaktor | | | | 513937,16 | | 50,3 | |
| | | | | | kWh/a* | | kWh/m ² a* | |
| Heizwärmebedarf | = Bruttonutzwärmebedarf - Wärmegewinn | | | | 1546434 | | 151 | |
| Grenz-/Zielwerte | | | | | | | | |
| Grenzwert Heizwärmebedarf | | | | | | | kWh/m ² a* | 60 |
| Grenzwert erreicht ? | | | | | | | | nein |
| Zielwert Heizwärmebedarf | | | | | | | kWh/m ² a* | |
| Zielwert erreicht ? | | | | | | | | nein |
| Wärmebedarf nach DIN 4701 | | | | | | | kW | 963,1 |



Anlage 4 Heizwärme MZH

| Allgemeine Objektdaten | | Sport und Freizeitzentrum Kalbach | | | | Wetterdaten | |
|--------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|---------------------|----------------------|------------------------------|-----------------------|------|
| Objektnummer | | | | | | Globalstrahlung: | |
| Objektbezeichnung | | Mehrzweckhalle | | | | Normtemperatur: | 4 |
| Objektteil | | | | | | Heizgrenze: °C | 15 |
| Straße, Nr. | | | | | | Min. | |
| PLZ Ort | | | | | | Außentemp. °C | -12 |
| Energiebezugsfläche | 1846 m ² | | | | | Raumtemperatur °C | 18 |
| Variante | Basisvariante | | | | | Heizgradtage Kd/a* | 2940 |
| Mehrzweckhalle | | | | | | Heizperiode d/a* | 219 |
| Transmission | Fläche | u-Wert | Mind.-Faktor | HGT*24/1000 | Verlust | Verlust/EBF | |
| | m ² | W/m ² K | - | kKh/a* | kWh/a* | kWh/m ² a* | |
| Dach gegen außen Sporthalle | 1052,70 | 0,3 | 1 | 70,6 | 22283,6 | 12,1 | |
| Dach gegen außen Verwaltung | 530,50 | 0,3 | 1 | 70,6 | 11229,6 | 6,1 | |
| Oberste Geschoßdecke | | | 1 | 70,6 | 0,0 | 0,0 | |
| Wand gegen außen Sporthalle | 359,76 | 0,5 | 1 | 70,6 | 12692,3 | 6,9 | |
| Wand gegen außen Verwaltung | 198,01 | 0,5 | 1 | 70,6 | 6985,9 | 3,8 | |
| Türen | 6,85 | 2 | 1 | 70,6 | 966,4 | 0,5 | |
| Wand gegen Erdreich Sporthalle | 176,52 | 0,5 | 0,5 | 70,6 | 3113,9 | 1,7 | |
| Wand gegen Erdreich Verwaltung | | 0,5 | 0,5 | 70,6 | 0,0 | 0,0 | |
| Wand gegen Keller Verwaltung | 0,00 | 0,5 | 0,5 | 70,6 | 0,0 | 0,0 | |
| Boden gegen Erdreich Sporthalle | 1320,20 | 0,6 | 0,5 | 70,6 | 27946,0 | 15,1 | |
| Boden gegen Erdreich Verwaltung | 482,66 | 0,6 | 0,5 | 70,6 | 10216,9 | 5,5 | |
| Fenster horizontal | 465,30 | 2,8 | 1 | 70,6 | 91928,4 | 49,8 | |
| Fenster Süd | 173,58 | 2,7 | 1 | 70,6 | 33069,5 | 17,9 | |
| Fenster Ost | 0,00 | 2,7 | 1 | 70,6 | 0,0 | 0,0 | |
| Fenster West | 277,02 | 2,7 | 1 | 70,6 | 52775,6 | 28,6 | |
| Fenster Nord | 220,80 | 2,7 | 1 | 70,6 | 42065,0 | 22,8 | |
| Summe Transmission | 5263,9 m ² | | | | 315273,2 | 170,8 | |
| Lüftung | Volumen | Luftwechsel | sp. Wärme | HGT*24/1000 | Verlust | Verlust/EBF | |
| | m ³ | 1/h | Wh/m ³ K | kKh/a* | kWh/a* | kWh/m ² a* | |
| | 13234 | 0,35 | 0,33 | 70,6 | 107852,4 | 58,4 | |
| Bruttonutzwärmebedarf Heizung | (= Summe Transmission und Lüftung) | | | | 423125,5 | 229,2 | |
| | | | | | Anmerkung: a* := Heizperiode | | |
| Abwärme Elektrizität | Personen | Stromverbrauch | Faktor fe | HT/365 | Gewinn | Gewinn/EBF | |
| | P | kWh/Pa | - | - | kWh/a* | kWh/m ² a* | |
| | 50 | 700 | 0,7 | 0,6 | 14700,0 | 8,0 | |
| Abwärme Personen | Personen | Wärmeabgabe | Aufenthalt | HT | Gewinn | Gewinn/EBF | |
| | P | W/P | h/d | d/a* | kWh/a* | kWh/m ² a* | |
| | 50 | 100 | 12 | 219 | 13140,0 | 7,1 | |
| Solare Einstrahlung | Fläche | g-Wert | fr x fb | Globalstrahl. | Gewinn | Gewinn/EBF | |
| | m ² | - | - | kWh/m ² a | kWh/a* | kWh/m ² a | |
| horiz. Fenster | 465,3 | 0,75 | 0,42 | 490 | 71819,1 | 38,9 | |



| | | | | | | |
|----------------------------------|--|----------------|------|-----|------------------|-----------------------|
| Süd-Fenster | 173,58 | 0,65 | 0,42 | 478 | 22651,5 | 12,3 |
| Ost-Fenster | 0 | 0,75 | 0,42 | 309 | 0,0 | 0,0 |
| West-Fenster | 277,02 | 0,3 | 0,42 | 316 | 11029,8 | 6,0 |
| Nord-Fenster | 220,8 | 0,6 | 0,42 | 176 | 9792,9 | 5,3 |
| Summe Strahlung | 1136,7 | m ² | | | 115293,3 | 62,4 |
| Gewinnfaktor | 0,90 | | | | | |
| Wärmegewinn | = Abwärme Elektrizität + Personen + Strahlung * Gewinnfaktor | | | | 128607,70 | 69,7 |
| | | | | | kWh/a* | kWh/m ² a* |
| Heizwärmebedarf | = Bruttonutzwärmebedarf - Wärmegewinn | | | | 294518 | 160 |
| Grenz-/Zielwerte | | | | | | |
| Grenzwert Heizwärmebedarf | | | | | | kWh/m ² a* |
| Grenzwert erreicht ? | | | | | | 60 |
| Zielwert Heizwärmebedarf | | | | | | nein |
| Zielwert erreicht ? | | | | | | kWh/m ² a* |
| Wärmebedarf nach DIN 4701 | | | | | | nein |
| | | | | | | kW |
| | | | | | | 197,4 |

Anlage 5 Heizwärme TH

Allgemeine Objektdaten

Objektnummer

Objektbezeichnung

Objektteil

Straße, Nr.

PLZ Ort

Energiebezugsfläche

Variante

Tennishalle

Sport und Freizeitzentrum Kalbach

| |
|---------------------|
| |
| Tennishalle |
| |
| |
| |
| |
| 3237 m ² |
| Basisvariante |

Wetterdaten

Globalstrahlung:

Normtemperatur:

Heizgrenze: °C
Min.

Außentemp. °C

Raumtemperatur
°C

Heizgradtage
Kd/a*

Heizperiode d/a*

| |
|------|
| |
| 4 |
| 15 |
| -12 |
| 18 |
| 2940 |
| 219 |

Transmission

Dach gegen außen Sporthalle
Dach gegen außen Verwaltung
Oberste Geschoßdecke
Wand gegen außen Sporthalle
Wand gegen außen Verwaltung
Türen
Wand gegen Erdreich Sporthalle
Wand gegen Erdreich Verwaltung
Wand gegen Keller Verwaltung
Boden gegen Erdreich Sporthalle
Boden gegen Erdreich Verwaltung
Fenster horizontal
Fenster Süd
Fenster Ost
Fenster West
Fenster Nord
Summe Transmission

| Fläche m ² | u-Wert W/m ² K | Mind.- Faktor - | HGT*24/1000 kKh/a* | Verlust kWh/a* | Verlust/EBF kWh/m ² a* |
|--------------------------|------------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|--------------------------------------|
| 1741,50 | 0,3 | 1 | 70,6 | 36864,1 | 11,4 |
| 1212,60 | 0,3 | 1 | 70,6 | 25668,3 | 7,9 |
| | | 1 | 70,6 | 0,0 | 0,0 |
| 300,30 | 0,5 | 1 | 70,6 | 10594,7 | 3,3 |
| 463,28 | 0,5 | 1 | 70,6 | 16344,6 | 5,0 |
| 5,11 | 2 | 1 | 70,6 | 720,8 | 0,2 |
| 140,13 | 0,5 | 0,5 | 70,6 | 2471,9 | 0,8 |
| 566,52 | 0,5 | 0,5 | 70,6 | 9993,4 | 3,1 |
| | | 0,5 | 70,6 | 0,0 | 0,0 |
| 2091,18 | 0,6 | 0,5 | 70,6 | 44266,1 | 13,7 |
| 530,50 | 0,6 | 0,5 | 70,6 | 11229,6 | 3,5 |
| 606,30 | 2,8 | 1 | 70,6 | 119785,5 | 37,0 |
| 275,38 | 2,7 | 1 | 70,6 | 52463,7 | 16,2 |
| 485,16 | 2,7 | 1 | 70,6 | 92428,8 | 28,6 |
| 28,90 | 2,7 | 1 | 70,6 | 5505,8 | 1,7 |
| 390,50 | 2,7 | 1 | 70,6 | 74394,9 | 23,0 |
| 8837,4 | m ² | | | 502732,2 | 155,3 |

Lüftung

| Volumen m ³ | Luftwechsel 1/h | sp. Wärme Wh/m ³ K | HGT*24/1000 kKh/a* | Verlust kWh/a* | Verlust/EBF kWh/m ² a* |
|---------------------------|--------------------|-------------------------------------|-----------------------|-------------------|--------------------------------------|
| 23902 | 0,35 | 0,33 | 70,6 | 194792,5 | 60,2 |

Bruttonutzwärmebedarf Heizung

(= Summe Transmission und Lüftung)

| | |
|-----------------|--------------|
| 697524,7 | 215,5 |
|-----------------|--------------|

a* :=
Anmerkung: Heizperiode

Abwärme Elektrizität

| Personen P | Stromverbrauch kWh/Pa | Faktor fe - | HT/365 - | Gewinn kWh/a* | Gewinn/EBF kWh/m ² a* |
|---------------|--------------------------|----------------|-------------|------------------|-------------------------------------|
| 40 | 700 | 0,7 | 0,6 | 11760,0 | 3,6 |

Abwärme Personen

| Personen P | Wärmeabgabe W/P | Aufenthalt h/d | HT d/a* | Gewinn kWh/a* | Gewinn/EBF kWh/m ² a* |
|---------------|--------------------|-------------------|------------|------------------|-------------------------------------|
| 40 | 100 | 12 | 219 | 10512,0 | 3,2 |

Solare Einstrahlung

| Fläche m ² | g-Wert - | fr x fb - | Globalstrahl. kWh/m ² a | Gewinn kWh/a* | Gewinn/EBF kWh/m ² a |
|--------------------------|-------------|--------------|---------------------------------------|------------------|------------------------------------|
| 606,3 | 0,75 | 0,42 | 490 | 93582,4 | 28,9 |



| | | | | | | |
|-----------------|--------|----------------|------|-----|----------|------|
| Süd-Fenster | 275,38 | 0,65 | 0,42 | 478 | 35935,8 | 11,1 |
| Ost-Fenster | 485,16 | 0,4 | 0,42 | 309 | 25185,6 | 7,8 |
| West-Fenster | 28,9 | 0,75 | 0,42 | 316 | 2876,7 | 0,9 |
| Nord-Fenster | 390,5 | 0,4 | 0,42 | 176 | 11546,3 | 3,6 |
| Summe Strahlung | 1786,2 | m ² | | | 169126,8 | 52,2 |
| Gewinnfaktor | 0,92 | | | | | |

| | | | |
|----------------------|---|------------------|------|
| Wärmegegewinn | = Abwärme Elektrizität + Personen + Strahlung * Gewinnfaktor | 175643,01 | 54,3 |
|----------------------|---|------------------|------|

| | | | |
|------------------------|---|---------------|------------|
| Heizwärmebedarf | = Bruttonutzwärmebedarf - Wärmegegewinn | 521882 | 161 |
|------------------------|---|---------------|------------|

Grenz-/Zielwerte

| | | |
|----------------------------------|-----------------------|--------------|
| Grenzwert Heizwärmebedarf | kWh/m ² a* | 60 |
| Grenzwert erreicht ? | | nein |
| Zielwert Heizwärmebedarf | kWh/m ² a* | |
| Zielwert erreicht ? | | nein |
| Wärmebedarf nach DIN 4701 | kW | 325,5 |

Anlage 6 Installierte Beleuchtung

| Bauteil | Geschoss | Länge | Breite | Fläche | Leuchten | Leuchtmittel | Leuchtmittel | Vorschaltgerät | Leuchtenleistung | Gesamtleistung | spez. Leistung | Bh | Verbrauch |
|----------------|----------------------|-------|--------|----------------|-------------|--------------|--------------|----------------|------------------|----------------|------------------|--------------|-----------------|
| | | | | m ² | Stk | Anzahl | W | W | W | W | W/m ² | h | kWh/a |
| | | | | 15383 | 1448 | 190 | | | | 235147 | 15,3 | 880,3 | 206997,4 |
| Mehrzweckhalle | EG | | | | | | | | | | | | |
| M101 | Spielfeld | 27,50 | 45,5 | 1251,25 | 84 | 1 | 250 | 0 | 250 | 21000 | 16,8 | 700 | 14700 |
| M117 | Stuhllager | 5,41 | 4,73 | 25,59 | 2 | 1 | 58 | 13 | 71 | 142 | 5,5 | 200 | 28 |
| M116 | Geräteraum | 14,76 | 4,73 | 69,81 | 6 | 1 | 58 | 13 | 71 | 426 | 6,1 | 200 | 85 |
| M115 | Regie | 3,76 | 4,73 | 17,78 | 3 | 1 | 58 | 13 | 71 | 213 | 12,0 | 50 | 11 |
| M114 | Geräteraum | 14,76 | 4,73 | 69,81 | 4 | 1 | 58 | 13 | 71 | 284 | 4,1 | 100 | 28 |
| M113 | Podestlager | 3,16 | 4,73 | 14,95 | 2 | 1 | 58 | 13 | 71 | 142 | 9,5 | 500 | 71 |
| M112 | Flur | 2,01 | 4,73 | 9,51 | 1 | 1 | 60 | 0 | 60 | 60 | 6,3 | 300 | 18 |
| M150 | Umkleide Personal | 4,40 | 2,76 | 12,14 | 2 | 1 | 58 | 13 | 71 | 142 | 11,7 | 300 | 43 |
| M147 | NR | 2,90 | 1,76 | 5,10 | 1 | 1 | 58 | 13 | 71 | 71 | 13,9 | 300 | 21 |
| M146 | Du.Waschrum | 2,57 | 4,76 | 12,23 | 2 | 1 | 58 | 13 | 71 | 142 | 11,6 | 300 | 43 |
| M145 | Umkleide | 3,30 | 4,76 | 15,71 | 2 | 1 | 58 | 13 | 71 | 142 | 9,0 | 200 | 28 |
| M143 | Windfang | 2,00 | 1,88 | 3,75 | 1 | 1 | 18 | 1 | 19 | 19 | 5,1 | 500 | 10 |
| M148 | Vorraum WC | 1,75 | 1,52 | 2,66 | 1 | 1 | 18 | 11 | 29 | 29 | 10,9 | 500 | 15 |
| M149 | WC | 1,75 | 1,14 | 2,00 | 1 | 1 | 18 | 1 | 19 | 19 | 9,5 | 500 | 10 |
| M144 | Flur | 1,76 | 22,93 | 40,36 | 11 | 1 | 18 | 1 | 19 | 209 | 5,2 | 300 | 63 |
| M137 | Umkleide | 3,63 | 4,45 | 16,15 | 2 | 1 | 58 | 13 | 71 | 142 | 8,8 | 300 | 43 |
| M136 | DU/Wäsche | 4,87 | 4,75 | 23,13 | 8 | 1 | 29 | 11 | 40 | 320 | 13,8 | 500 | 160 |
| M135 | Umkleide | 3,63 | 4,45 | 16,15 | 2 | 1 | 58 | 13 | 71 | 142 | 8,8 | 300 | 43 |
| M142 | Betreuer | 2,62 | 4,30 | 11,27 | 2 | 1 | 38 | 12 | 50 | 100 | 8,9 | 300 | 30 |
| M141 | Schiri | 2,62 | 2,88 | 7,55 | 2 | 1 | 38 | 12 | 50 | 100 | 13,3 | 50 | 5 |
| M140 | Schiri | 2,62 | 2,88 | 7,55 | 2 | 1 | 38 | 12 | 50 | 100 | 13,3 | 300 | 30 |
| M138 | Vorraum WC | 1,75 | 1,52 | 2,66 | 1 | 1 | 18 | 11 | 29 | 29 | 10,9 | 200 | 6 |
| M139 | WC | 1,75 | 1,14 | 2,00 | 1 | 1 | 18 | 1 | 19 | 19 | 9,5 | 500 | 10 |
| M133 | Windfang | 2,00 | 1,88 | 3,75 | 1 | 1 | 18 | 1 | 19 | 19 | 5,1 | 300 | 6 |
| M134 | Flur | 1,76 | 12,99 | 22,86 | 7 | 1 | 18 | 1 | 19 | 133 | 5,8 | 300 | 40 |
| M131 | Vorraum WC | 1,75 | 1,52 | 2,66 | 1 | 1 | 18 | 11 | 29 | 29 | 10,9 | 300 | 9 |
| M132 | WC | 1,75 | 1,14 | 2,00 | 1 | 1 | 18 | 1 | 19 | 19 | 9,5 | 300 | 6 |
| M126 | Umkleide | 3,63 | 4,45 | 16,15 | 2 | 1 | 58 | 13 | 71 | 142 | 8,8 | 500 | 71 |
| M125 | DU/Wäsche | 4,87 | 4,75 | 23,13 | 8 | 1 | 29 | 11 | 40 | 320 | 13,8 | 500 | 160 |
| M124 | Umkleide | 3,63 | 4,45 | 16,15 | 2 | 1 | 58 | 13 | 71 | 142 | 8,8 | 200 | 28 |
| M130 | Betreuer | 2,62 | 4,30 | 11,27 | 3 | 1 | 43 | 12 | 55 | 165 | 14,6 | 500 | 83 |
| M129 | Betreuer | 2,62 | 4,30 | 11,27 | 3 | 1 | 43 | 12 | 55 | 165 | 14,6 | 300 | 50 |
| M127 | Vorraum WC | 1,75 | 1,52 | 2,66 | 1 | 1 | 18 | 11 | 29 | 29 | 10,9 | 500 | 15 |
| M128 | WC | 1,75 | 1,14 | 2,00 | 1 | 1 | 18 | 1 | 19 | 19 | 9,5 | 300 | 6 |
| M123 | Flur | 1,76 | 29,80 | 52,45 | 13 | 1 | 18 | 1 | 19 | 247 | 4,7 | 500 | 124 |
| M122 | Windfang | 2,00 | 1,88 | 3,75 | 1 | 1 | 18 | 1 | 19 | 19 | 5,1 | 300 | 6 |
| M121 | UV | 6,70 | 2,90 | 19,43 | 2 | 1 | 58 | 13 | 71 | 142 | 7,3 | 300 | 43 |
| M120 | Hallenwart | 6,70 | 2,70 | 18,09 | 2 | 1 | 58 | 13 | 71 | 142 | 7,8 | 300 | 43 |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| Tennishalle | OG | | | | | | | | | | | | |
| 201 | Club und Vereinsraum | 10,78 | 12,68 | 136,69 | 40 | 1 | 60 | 0 | 60 | 2400 | 17,6 | 300 | 720 |
| 202 | Flur | 3,23 | 3,25 | 10,50 | 4 | 1 | 60 | 0 | 60 | 240 | 22,9 | 1000 | 240 |



| | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|----------------------|-------|-------|---------|-----|-----|-----|----|------|-------|------|------|-------|
| | EG | | | | | | | | | | | | |
| M103 | Windfang | 3,76 | 6,25 | 23,50 | 6 | 1 | 18 | 1 | 19 | 114 | 4,9 | 1000 | 114 |
| M104 | Foyer | 9,76 | 10,46 | 102,09 | 48 | 1 | 58 | 13 | 71 | 3408 | 33,4 | 1000 | 3408 |
| M105 | Flur | 5,20 | 2,38 | 12,38 | 10 | 1 | 40 | 0 | 40 | 400 | 32,3 | 500 | 200 |
| M106 | WC Damen | 2,40 | 7,33 | 17,59 | 7 | 1 | 18 | 1 | 19 | 133 | 7,6 | 500 | 67 |
| M107 | WC Herren | 2,40 | 7,33 | 17,59 | 7 | 1 | 18 | 1 | 19 | 133 | 7,6 | 500 | 67 |
| M108 | WC Beh | 2,13 | 2,13 | 4,54 | 2 | 1 | 18 | 1 | 19 | 38 | 8,4 | 100 | 4 |
| M109 | Schleusse | 0,88 | 2,38 | 2,09 | 1 | 1 | 18 | 1 | 19 | 19 | 9,1 | 500 | 10 |
| M110 | Technikzentrale | 13,80 | 11,00 | 151,80 | 5 | 1 | 58 | 13 | 71 | 355 | 2,3 | 100 | 36 |
| M111 | Heizung | 5,00 | 7,00 | 35,00 | 4 | 1 | 18 | 11 | 29 | 116 | 3,3 | 100 | 12 |
| M102 | Kolleg | 11,01 | 5,75 | 63,31 | 6 | 1 | 100 | 0 | 100 | 600 | 9,5 | 300 | 180 |
| R106 | Restaurant | 11,00 | 9,00 | 99,00 | 15 | 1 | 15 | 1 | 16 | 240 | 2,4 | 700 | 168 |
| R107 | Windfang | 3,60 | 3,69 | 13,28 | 3 | 1 | 40 | 0 | 40 | 120 | 9,0 | 700 | 84 |
| R105 | Restaurant | 11,30 | 8,30 | 93,79 | 5 | 1 | 40 | 0 | 40 | 200 | 2,1 | 700 | 140 |
| R103 | Küche | 7,30 | 6,38 | 46,57 | 16 | 1 | 18 | 1 | 19 | 304 | 6,5 | 1000 | 304 |
| R101 | Treppe | 5,20 | 4,69 | 24,39 | 1 | 1 | 18 | 1 | 19 | 19 | 0,8 | 300 | 6 |
| R104 | Kühlraum | 2,02 | 2,13 | 4,30 | 1 | 1 | 58 | 13 | 71 | 71 | 16,5 | 200 | 14 |
| R102 | Personal | 4,00 | 5,10 | 20,40 | 4 | 1 | 58 | 13 | 71 | 284 | 13,9 | 500 | 142 |
| Tennishalle | EG | | | | | | | | | | | | |
| T119 | Trainer | 3,60 | 3,10 | 11,16 | 2 | 1 | 38 | 12 | 50 | 100 | 9,0 | 500 | 50 |
| T118 | Windfang | 1,75 | 2,74 | 4,80 | 1 | 1 | 18 | 1 | 19 | 19 | 4,0 | 700 | 13 |
| T117 | Empfang | 46,50 | 2,21 | 102,77 | 26 | 1,4 | 18 | 1 | 26,6 | 691,6 | 6,7 | 700 | 484 |
| T115 | Trainer | 3,93 | 3,10 | 12,18 | 3 | 1 | 18 | 1 | 19 | 57 | 4,7 | 500 | 29 |
| T113 | Hausmeister | 3,51 | 4,51 | 15,83 | 3 | 1 | 58 | 13 | 71 | 213 | 13,5 | 500 | 107 |
| T112 | UV | 2,76 | 3,51 | 9,69 | 2 | 1 | 58 | 13 | 71 | 142 | 14,7 | 300 | 43 |
| T111 | Dusche | 2,7 | 4,4 | 11,88 | 3 | 1 | 58 | 13 | 71 | 213 | 17,9 | 300 | 64 |
| T116 | WC | 2,9 | 2,9 | 8,41 | 4 | 1 | 38 | 11 | 49 | 196 | 23,3 | 300 | 59 |
| T110 | Umkleide | 4,13 | 7,19 | 29,69 | 6 | 1 | 58 | 13 | 71 | 426 | 14,3 | 500 | 213 |
| T109 | WC Vorraum | 1,76 | 1,39 | 2,44 | 1 | 1 | 18 | 11 | 29 | 29 | 11,9 | 300 | 9 |
| T108 | WC | 1,76 | 1,01 | 1,78 | 1 | 1 | 18 | 1 | 19 | 19 | 10,7 | 300 | 6 |
| T106 | WC Vorraum | 1,76 | 1,39 | 2,44 | 1 | 1 | 18 | 11 | 29 | 29 | 11,9 | 300 | 9 |
| T105 | WC | 1,76 | 1,01 | 1,78 | 1 | 1 | 18 | 1 | 19 | 19 | 10,7 | 300 | 6 |
| T104 | Lager | 3,76 | 3,64 | 13,69 | 2 | 1 | 58 | 13 | 71 | 142 | 10,4 | 300 | 43 |
| T103 | Umkleide | 4,13 | 7,19 | 29,69 | 6 | 1 | 58 | 13 | 71 | 426 | 14,3 | 500 | 213 |
| T102 | Dusche | 4,69 | 4,40 | 20,64 | 7 | 1 | 30 | 11 | 41 | 287 | 13,9 | 500 | 144 |
| T101 | Tennishalle | 48,47 | 41,20 | 1996,96 | 148 | 3 | 58 | 13 | 213 | 31524 | 15,8 | 1000 | 31524 |
| Tennishalle | UG | | | | | | | | | | | | |
| R008 | Vorraum | 4,76 | 4,05 | 19,28 | 3 | 1 | 58 | 13 | 71 | 213 | 11,0 | 200 | 43 |
| R014 | Vorraum | 2,00 | 2,70 | 5,40 | 1 | 1 | 58 | 13 | 71 | 71 | 13,1 | 200 | 14 |
| R015 | WC Damen | 2,05 | 4,40 | 9,02 | 6 | 1 | 18 | 1 | 19 | 114 | 12,6 | 200 | 23 |
| R012 | Vorraum | 2,80 | 1,50 | 4,20 | 1 | 1 | 18 | 1 | 19 | 19 | 4,5 | 200 | 4 |
| R011 | Urinal | 2,60 | 2,80 | 7,28 | 6 | 1 | 18 | 1 | 19 | 114 | 15,7 | 200 | 23 |
| R013 | WC Herren | 4,28 | 1,88 | 8,05 | 6 | 1 | 18 | 1 | 19 | 114 | 14,2 | 200 | 23 |
| R017 | Getränke Kühlraum | 3,13 | 3,08 | 9,64 | 1 | 1 | 58 | 13 | 71 | 71 | 7,4 | 200 | 14 |
| R010 | Kühlraum | 3,13 | 3,08 | 9,64 | 1 | 1 | 58 | 13 | 71 | 71 | 7,4 | 200 | 14 |
| R020 | Flur | 1,76 | 6,87 | 12,09 | 6 | 1 | 18 | 1 | 19 | 114 | 9,4 | 200 | 23 |
| R 001 | Treppe | 4,80 | 2,20 | 10,56 | 6 | 1 | 18 | 1 | 19 | 114 | 10,8 | 200 | 23 |
| R018 | Sanitär technik | 4,60 | 2,90 | 13,34 | 1 | 1 | 58 | 13 | 71 | 71 | 5,3 | 200 | 14 |
| R003 | WC Herren | 4,08 | 2,13 | 8,69 | 6 | 1 | 18 | 1 | 19 | 114 | 13,1 | 200 | 23 |
| R005 | WC Damen | 4,08 | 2,13 | 8,69 | 6 | 1 | 18 | 1 | 19 | 114 | 13,1 | 200 | 23 |
| R002 | Flur | 1,88 | 4,60 | 8,65 | 4 | 1 | 18 | 1 | 19 | 76 | 8,8 | 200 | 15 |
| R007 | Lager Küche | 6,30 | 4,30 | 27,09 | 6 | 1 | 58 | 13 | 71 | 426 | 15,7 | 200 | 85 |
| T001 | Putzraum | 4,10 | 2,20 | 9,02 | 1 | 1 | 58 | 13 | 71 | 71 | 7,9 | 200 | 14 |



| | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|--|--------|-------|---------|-----|------|-----|----|-----|--------|------|------|--------|
| Leichtathletikhalle | EG (Eingangsebene) | | | | | | | | | | | | |
| L101 | Clubraum | 10,60 | 11,00 | 116,60 | 70 | 1 | 60 | 0 | 60 | 4200 | 36,0 | 300 | 1260 |
| L102/1 | Presse | 3,40 | 2,46 | 8,37 | 1 | 1 | 80 | 0 | 80 | 80 | 9,6 | 300 | 24 |
| L102/2 | Presse | 3,40 | 3,21 | 10,92 | 2 | 1 | 80 | 0 | 80 | 160 | 14,7 | 300 | 48 |
| L102/3 | Presse | 3,40 | 3,79 | 12,88 | 3 | 1 | 80 | 0 | 80 | 240 | 18,6 | 300 | 72 |
| L103 | Kampfrichter | 3,40 | 5,56 | 18,91 | 4 | 1 | 80 | 0 | 80 | 320 | 16,9 | 300 | 96 |
| L104 | Hallenwart | 3,40 | 3,77 | 12,80 | 3 | 1 | 80 | 0 | 80 | 240 | 18,7 | 1000 | 240 |
| L105 | Flur | 2,01 | 17,37 | 34,91 | 8 | 1 | 18 | 1 | 19 | 152 | 4,4 | 700 | 106 |
| L106 | Treppenhaus | 6,50 | 4,26 | 27,69 | 6 | 1 | 18 | 1 | 19 | 114 | 4,1 | 700 | 80 |
| L107 | WC | 1,00 | 1,40 | 1,40 | 1 | 1 | 18 | 1 | 19 | 19 | 13,6 | 300 | 6 |
| L108 | Vorraum | 1,00 | 1,50 | 1,50 | 1 | 1 | 18 | 1 | 19 | 19 | 12,7 | 300 | 6 |
| L109 | WC | 1,00 | 1,40 | 1,40 | 1 | 1 | 18 | 1 | 19 | 19 | 13,6 | 300 | 6 |
| L110 | Vorraum | 1,00 | 1,40 | 1,40 | 1 | 1 | 18 | 1 | 19 | 19 | 13,6 | 300 | 6 |
| L111 | Windfang | 4,18 | 2,05 | 8,57 | 3 | 1 | 18 | 1 | 19 | 57 | 6,7 | 500 | 29 |
| L112 | Auswertung | 4,88 | 5,01 | 24,47 | 4 | 1 | 58 | 13 | 71 | 284 | 11,6 | 700 | 199 |
| L113 | Hallenwart/Personal | 3,05 | 5,01 | 15,28 | 2 | 1 | 58 | 13 | 71 | 142 | 9,3 | 1000 | 142 |
| L143 | Teeküche | 2,50 | 5,01 | 12,51 | 2 | 1 | 58 | 13 | 71 | 142 | 11,3 | 500 | 71 |
| L114 | Zuschauerverteilungs- bereich Punkt E-M | 63,28 | 9,00 | 569,52 | 64 | 1 | 100 | 0 | 100 | 6400 | 11,2 | 700 | 4480 |
| L115 | Nebenraum | 3,89 | 4,25 | 16,55 | 1 | 1 | 58 | 13 | 71 | 71 | 4,3 | 200 | 14 |
| L116 | treppenhaus | 7,60 | 3,90 | 29,64 | 6 | 1 | 18 | 1 | 19 | 114 | 3,8 | 500 | 57 |
| L117 | Kasse | 4,40 | 3,00 | 13,20 | 4 | 1 | 18 | 1 | 19 | 76 | 5,8 | 300 | 23 |
| L118 | in L114 drin | | | | | | | | | | | | |
| L119 | Treppenhaus | 6,50 | 4,40 | 28,60 | 6 | 1 | 18 | 1 | 19 | 114 | 4,0 | 500 | 57 |
| L120 | Umkleide | 6,60 | 3,02 | 19,93 | 3 | 1 | 58 | 13 | 71 | 213 | 10,7 | 500 | 107 |
| L122 | Betreuer | 4,89 | 2,51 | 12,27 | 2 | 1 | 58 | 13 | 71 | 142 | 11,6 | 300 | 43 |
| L123 | Wasch | 4,82 | 4,80 | 23,14 | 6 | 1 | 38 | 12 | 50 | 300 | 13,0 | 500 | 150 |
| L124 | Umkleide | 6,90 | 2,89 | 19,95 | 3 | 1 | 58 | 13 | 71 | 213 | 10,7 | 500 | 107 |
| L125 | WC | 1,40 | 1,00 | 1,40 | 1 | 1 | 18 | 1 | 19 | 19 | 13,6 | 300 | 6 |
| L126 | WC | 1,40 | 1,00 | 1,40 | 1 | 1 | 18 | 1 | 19 | 19 | 13,6 | 300 | 6 |
| L127 | Flur | 6,20 | 2,24 | 13,89 | 4 | 1 | 18 | 1 | 19 | 76 | 5,5 | 300 | 23 |
| L128 | WC | 1,40 | 1,00 | 1,40 | 1 | 1 | 18 | 1 | 19 | 19 | 13,6 | 300 | 6 |
| L129 | WC | 1,40 | 1,00 | 1,40 | 1 | 1 | 18 | 1 | 19 | 19 | 13,6 | 300 | 6 |
| L130 | Umkleide | 6,90 | 2,89 | 19,95 | 3 | 1 | 58 | 13 | 71 | 213 | 10,7 | 500 | 107 |
| L131 | Betreuer | 4,89 | 2,51 | 12,26 | 2 | 1 | 58 | 13 | 71 | 142 | 11,6 | 300 | 43 |
| L133 | Wasch | 4,70 | 4,70 | 22,09 | 6 | 1 | 38 | 12 | 50 | 300 | 13,6 | 500 | 150 |
| L134 | Umkleide | 6,90 | 2,89 | 19,95 | 3 | 1 | 58 | 13 | 71 | 213 | 10,7 | 500 | 107 |
| L135 | Treppenhaus | 6,50 | 4,40 | 28,60 | 6 | 1 | 18 | 1 | 19 | 114 | 4,0 | 500 | 57 |
| L136 | Umkleide | 6,90 | 2,89 | 19,95 | 3 | 1 | 58 | 13 | 71 | 213 | 10,7 | 500 | 107 |
| L137 | Betreuer | 4,89 | 2,51 | 12,26 | 2 | 1 | 58 | 13 | 71 | 142 | 11,6 | 300 | 43 |
| L139 | Wasch | 4,70 | 4,70 | 22,09 | 6 | 1 | 38 | 12 | 50 | 300 | 13,6 | 500 | 150 |
| L140 | Umkleide | 6,90 | 2,89 | 19,95 | 3 | 1 | 58 | 13 | 71 | 213 | 10,7 | 500 | 107 |
| L142 | Zuschauerverteilungs- ebene | 45,80 | 3,10 | 141,98 | 18 | 1 | 18 | 1 | 19 | 342 | 2,4 | 700 | 239 |
| Leichtathletikhalle | UG (Spielebene) | | | | | | | | | | | | |
| L 001 | Spielfeld | 135,00 | 57,45 | 7755,75 | 344 | 1 | 400 | 0 | 400 | 137600 | 17,7 | 1000 | 137600 |
| L 002 | Kraftraum | 12,83 | 10,45 | 134,05 | 14 | 2 | 58 | 13 | 142 | 1988 | 14,8 | 500 | 994 |
| L 003 | Kraftraum | 9,52 | 10,45 | 99,43 | 14 | 1,65 | 40 | 13 | 87 | 1224,3 | 12,3 | 500 | 612 |
| L 004 | Stützpunktleiter | 6,32 | 3,01 | 19,01 | 2 | 1 | 58 | 13 | 71 | 142 | 7,5 | 200 | 28 |
| L 005 | Nebenraum | 4,01 | 3,01 | 12,07 | 1 | 1 | 58 | 13 | 71 | 71 | 5,9 | 200 | 14 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|--------|--------------------------------------|--------|-------|--------|----|---|----|----|----|-----|------|------|-----|
| L 006 | Treppenhaus | 4,00 | 10,19 | 40,75 | 6 | 1 | 18 | 1 | 19 | 114 | 2,8 | 1500 | 171 |
| L 007 | Flur | 2,01 | 26,74 | 53,75 | 13 | 1 | 18 | 1 | 19 | 247 | 4,6 | 1500 | 371 |
| L 008 | Flur | 4,26 | 5,40 | 23,00 | 6 | 1 | 18 | 1 | 19 | 114 | 5,0 | 1500 | 171 |
| L 009 | Flur | 2,01 | 26,74 | 53,75 | 13 | 1 | 18 | 1 | 19 | 247 | 4,6 | 1500 | 371 |
| L 010 | WC Damen | 2,02 | 2,63 | 5,30 | 1 | 1 | 58 | 13 | 71 | 71 | 13,4 | 700 | 50 |
| L 011 | WC Vorraum | 2,00 | 1,24 | 2,48 | 1 | 1 | 18 | 11 | 29 | 29 | 11,7 | 700 | 20 |
| L 012 | WC Vorraum | 2,00 | 1,24 | 2,48 | 1 | 1 | 18 | 11 | 29 | 29 | 11,7 | 700 | 20 |
| L 013 | WC Herren | 2,00 | 3,10 | 6,20 | 1 | 1 | 58 | 13 | 71 | 71 | 11,5 | 700 | 50 |
| L 014 | Personal | 2,01 | 4,13 | 8,31 | 2 | 1 | 58 | 13 | 71 | 142 | 17,1 | 700 | 99 |
| L 015 | Personal | 2,01 | 4,01 | 8,06 | 2 | 1 | 58 | 13 | 71 | 142 | 17,6 | 700 | 99 |
| L 016 | Putzraum | 2,00 | 3,78 | 7,56 | 2 | 1 | 58 | 13 | 71 | 142 | 18,8 | 700 | 99 |
| L 017 | WC Herren | 2 | 3,15 | 6,30 | 1 | 1 | 58 | 13 | 71 | 71 | 11,3 | 700 | 50 |
| L 018 | WC Vorraum | 2,00 | 1,24 | 2,48 | 1 | 1 | 18 | 11 | 29 | 29 | 11,7 | 700 | 20 |
| L 019 | Azrt | 4,82 | 3,42 | 16,50 | 4 | 1 | 58 | 13 | 71 | 284 | 17,2 | 300 | 85 |
| L 020 | Arzt/Massage Entmüdungsbecke n | 4,82 | 3,87 | 18,67 | 6 | 1 | 58 | 13 | 71 | 426 | 22,8 | 300 | 128 |
| L 021 | Sauna; tauchbecken | 7,26 | 4,26 | 30,93 | 3 | 1 | 18 | 11 | 29 | 87 | 2,8 | 500 | 44 |
| L025 | WC Vorraum | 2,13 | 1,28 | 2,72 | 1 | 1 | 18 | 11 | 29 | 29 | 10,7 | 500 | 15 |
| L023 | Vorraum-WC | 2,13 | 0,80 | 1,70 | 1 | 1 | 18 | 11 | 29 | 29 | 17,0 | 500 | 15 |
| L023 | Dusche | 2,32 | 1,86 | 4,32 | 1 | 1 | 58 | 13 | 71 | 71 | 16,5 | 500 | 36 |
| L024 | Umkleide | 1,85 | 4,13 | 7,65 | 1 | 1 | 58 | 13 | 71 | 71 | 9,3 | 500 | 36 |
| L026 | WC Vorraum | 1,83 | 3,13 | 5,74 | 2 | 1 | 18 | 11 | 29 | 58 | 10,1 | 700 | 41 |
| L027 | WC | 6 | 3,13 | 17,55 | 6 | 1 | 18 | 11 | 29 | 174 | 9,9 | 700 | 122 |
| L028 | WC Vorraum | 2,00 | 1,24 | 2,48 | 1 | 1 | 18 | 11 | 29 | 29 | 11,7 | 500 | 15 |
| L029 | WC Damen | 2 | 2,77 | 5,55 | 1 | 1 | 58 | 13 | 71 | 71 | 12,8 | 500 | 36 |
| L030 | Material | 2 | 4,28 | 8,56 | 1 | 1 | 58 | 13 | 71 | 71 | 8,3 | 300 | 21 |
| L031 | WC Damen | 4,01 | 5,38 | 21,59 | 6 | 1 | 18 | 11 | 29 | 174 | 8,1 | 700 | 122 |
| L032 | WC Vorraum | 4,135 | 1,76 | 7,28 | 2 | 1 | 18 | 11 | 29 | 58 | 8,0 | 700 | 41 |
| L033 | Trainer Dusche/ Behinderte | 4,01 | 3,62 | 14,53 | 3 | 1 | 45 | 12 | 57 | 170 | 11,7 | 500 | 85 |
| L034 | Trainer | 1,988 | 2,13 | 4,23 | 1 | 1 | 58 | 13 | 71 | 71 | 16,8 | 300 | 21 |
| L035 | Trainer | 4,648 | 3,01 | 13,99 | 3 | 1 | 45 | 12 | 57 | 170 | 12,2 | 500 | 85 |
| L036 | WC behinderte | 1,995 | 2,01 | 4,01 | 1 | 1 | 58 | 13 | 71 | 71 | 17,7 | 300 | 21 |
| L037 | WC behinderte | 1,995 | 2,01 | 4,01 | 1 | 1 | 58 | 13 | 71 | 71 | 17,7 | 300 | 21 |
| L038 | WC | 1 | 1,42 | 1,42 | 1 | 1 | 18 | 11 | 29 | 29 | 20,4 | 300 | 9 |
| L039 | WC Vorraum | 1 | 1,42 | 1,42 | 1 | 1 | 18 | 11 | 29 | 29 | 20,4 | 300 | 9 |
| L040 | WC Vorraum | 1 | 1,42 | 1,42 | 1 | 1 | 18 | 11 | 29 | 29 | 20,4 | 300 | 9 |
| L041 | WC | 1 | 1,42 | 1,42 | 1 | 1 | 18 | 11 | 29 | 29 | 20,4 | 300 | 9 |
| L042 | ZBV | 4,728 | 5,38 | 25,44 | 4 | 1 | 58 | 13 | 71 | 284 | 11,2 | 300 | 85 |
| L043 | Maschinenr Umkleide | 2,13 | 2,26 | 4,81 | 1 | 1 | 18 | 11 | 29 | 29 | 6,0 | 300 | 9 |
| L044 | Behinderte | 1,995 | 3,00 | 5,99 | 1 | 1 | 58 | 13 | 71 | 71 | 11,9 | 300 | 21 |
| L045 | Damen Umkleide | 1,995 | 2,88 | 5,75 | 1 | 1 | 58 | 13 | 71 | 71 | 12,4 | 500 | 36 |
| L046 | Biomechanik | 4,718 | 5,13 | 24,20 | 4 | 1 | 58 | 13 | 71 | 284 | 11,7 | 300 | 85 |
| L046/A | Biomechanik | 1,576 | 4,26 | 6,71 | 1 | 1 | 58 | 13 | 71 | 71 | 10,6 | 300 | 21 |
| L047 | Treppenhaus | 4,00 | 10,19 | 40,75 | 6 | 1 | 18 | 11 | 29 | 174 | 4,3 | 1000 | 174 |
| L048/1 | Sportgeräte | 10,75 | 3,93 | 42,25 | 6 | 1 | 58 | 13 | 71 | 426 | 10,1 | 300 | 128 |
| L048/2 | Sportgeräte | 2,586 | 4,25 | 10,99 | 2 | 1 | 58 | 13 | 71 | 142 | 12,9 | 300 | 43 |
| L048/3 | Sportgeräte | 10,584 | 10,53 | 111,45 | 10 | 1 | 58 | 13 | 71 | 710 | 6,4 | 300 | 213 |
| L048/4 | Sportgeräte | 10,9 | 4,25 | 46,33 | 1 | 1 | 58 | 13 | 71 | 71 | 1,5 | 300 | 21 |
| L052 | Aufzug | 2,01 | 1,75 | 3,52 | 1 | 1 | 18 | 13 | 31 | 31 | 8,8 | 300 | 9 |
| L053 | Treppenhaus | 4,00 | 10,19 | 40,75 | 6 | 1 | 18 | 11 | 29 | 174 | 4,3 | 500 | 87 |
| L054 | Dusche Behinderte | 2 | 2,145 | 4,29 | 1 | 1 | 58 | 13 | 71 | 71 | 16,6 | 300 | 21 |



Anlage 7 Gesamtkosten Fenstertausch LAH

| 1. Gesamtkosten | | | | | | | |
|--|--|---------------------|------------------|-------------------|-------------------|----------------------|--|
| Konzeption und Gestaltung: Hochbauamt der Stadt Frankfurt, Abteilung Energiemanagement | | | | | | | |
| A. Allgemeine Daten | | | | | | | |
| A1 | Liegenschaftsbezeichnung | SFZ | | | A2 | KStB. | |
| A3 | Gebäudebezeichnung | Leichtathletikhalle | | | A4 | Str.-Nr. | |
| A5 | Straße | | | | A6 | Haus-Nr. | |
| A7 | Betrachtungszeitraum | 40 | a | A8 | Währung | € | |
| A9 | Kapitalzins* | 3,0% | | A10 | Annuitätsfaktor | 0,043 | |
| A11 | Preissteigerung | 5% | | A12 | Mittelwertfaktor | 2,63 | |
| B. Varianten | | | | | | | |
| | | Bezeichnung | | | | | |
| B0 | Bestand | Ist-Zustand | | | | | |
| B1 | Sanierung | Fensteraustausch | | | | | |
| B2 | Variante 3 | | | | | | |
| B3 | Variante 4 | | | | | | |
| B4 | Variante 5 | | | | | | |
| C. Kenngrößen | | | | | | | |
| | | Bestand | Sanierung | Variante 3 | Variante 4 | Variante 5 | |
| C1 | Bezugsfläche (NGF) | 10.211 | 10.211 | | | | |
| C2 | Personenzahl | 50 | 50 | | | | |
| C3 | spez. Heizwärmebedarf | 145 | 98 | | | | |
| C4 | Heizzahl Kessel+Verteilung | 90% | 89% | | | | |
| C5 | spez. Strombezug | 20 | 21 | | | | |
| C6 | spez. CO2-Emissionen | 57 | 46 | | | | |
| C7 | spez. Trinkwasserbezug | 12,67 | 12,67 | | | | |
| | | | | | | m ² | |
| | | | | | | P | |
| | | | | | | kWh/m ² a | |
| | | | | | | % | |
| | | | | | | kWh/m ² a | |
| | | | | | | kg/m ² a | |
| | | | | | | m ³ /P a | |
| D. Kapitalkosten | | | | | | | |
| | | Bestand | Sanierung | | | | |
| D1 | Investitionskosten (DIN 276) | 0 | 3.459.367 | | | € | |
| D2 | Zuschüsse/Erlöse | | | | | € | |
| D3 | Eigenkapitaleinsatz | 0 | 3.459.367 | | | € | |
| D4 | Kapitalkosten | 0 | 149.660 | | | €/a | |
| D5 | spez. Kapitalkosten | 0 | 15 | | | €/m ² a | |
| E. mittl. Betriebskosten | | | | | | | |
| | | Bestand | Sanierung | | | | |
| E1 | Personal+Reinigungskosten | | | | | €/a | |
| E2 | Wartung+Instandhaltung | 43.242 | 43.242 | | | €/a | |
| E3 | Heizkosten | 113.494 | 83.578 | | | €/a | |
| E4 | Stromkosten | 50.194 | 49.774 | | | €/a | |
| E5 | Wasserkosten | 2.391 | 2.391 | | | €/a | |
| E6 | Verwaltung+Versicherung | | | | | €/a | |
| E7 | heutige Betriebskosten | 209.321 | 178.986 | | | €/a | |
| E8 | mittl. Betriebskosten | 550.618 | 470.820 | | | €/a | |
| E9 | spez. Betriebskosten | 54 | 46 | | | €/m ² a | |
| F. Umweltfolgekosten | | | | | | | |
| | | Bestand | Sanierung | | | | |
| F1 | CO2-Emissionen (50 €/to) | 29.027 | 23.230 | | | €/a | |
| F2 | Trinkwasser (1 €/m ³) | 634 | 634 | | | €/a | |
| F3 | Umweltfolgekosten | 29.661 | 23.864 | | | €/a | |
| F4 | spez. Umweltfolgekost. | 3 | 2 | | | €/m ² a | |
| G. Gesamtkosten | | | | | | | |
| | | Bestand | Sanierung | | | | |
| G1 | Gesamtkosten | 580.279 | 644.345 | | | €/a | |
| G2 | spez. Gesamtkosten | 57 | 63 | | | €/m ² a | |
| G2 | Amortisationszeit (Basis: Variante 1) | #ZAHL! | | | | a | |
| (alle Kosten sind Bruttokosten incl. MWSt.) | | | | | | | |
| * aktuelle Kreditzinsen unter: http://www.kfw-formularsammlung.de/Konditionen/Konditionentabelle10.pdf | | | | | | | |



Anlage 8 Gesamtkosten Fenstertausch MZH

| 1. Gesamtkosten | | | | | | | |
|--|--|--------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--|
| Konzeption und Gestaltung: Hochbauamt der Stadt Frankfurt, Abteilung Energiemanagement | | | | | | | |
| A. Allgemeine Daten | | | | | | | |
| A1 | Liegenschaftsbezeichnung | SFZ | | | A2 | KStB. | |
| A3 | Gebäudebezeichnung | Mehrzweckhalle | | | A4 | Str.-Nr. | |
| A5 | Straße | | | | A6 | Haus-Nr. | |
| A7 | Betrachtungszeitraum | 40 | a | A8 | Währung | € | |
| A9 | Kapitalzins* | 3,0% | | A10 | Annuitätsfaktor | 0,043 | |
| A11 | Preissteigerung | 5% | | A12 | Mittelwertfaktor | 2,63 | |
| B. Varianten | | | | | | | |
| | | Bezeichnung | | | | | |
| B0 | Bestand | Ist-Zustand | | | | | |
| B1 | Sanierung | Fensteraustausch | | | | | |
| B2 | Variante 3 | | | | | | |
| B3 | Variante 4 | | | | | | |
| B4 | Variante 5 | | | | | | |
| C. Kenngrößen | | | | | | | |
| | | Bestand | Sanierung | Variante 3 | Variante 4 | Variante 5 | |
| C1 | Bezugsfläche (NGF) | 1.846 | 1.846 | | | | |
| C2 | Personenzahl | 50 | 50 | | | | |
| C3 | spez. Heizwärmebedarf | 152 | 78 | | | | |
| C4 | Heizzahl Kessel+Verteilung | 90% | 88% | | | | |
| C5 | spez. Strombezug | 58 | 65 | | | | |
| C6 | spez. CO2-Emissionen | 87 | 73 | | | | |
| C7 | spez. Trinkwasserbezug | 12,67 | 12,67 | | | | |
| D. Kapitalkosten | | | | | | | |
| | | Bestand | Sanierung | | | | |
| D1 | Investitionskosten (DIN 276) | 0 | 811.606 | | | € | |
| D2 | Zuschüsse/Erlöse | | | | | € | |
| D3 | Eigenkapitaleinsatz | 0 | 811.606 | | | € | |
| D4 | Kapitalkosten | 0 | 35.112 | | | €/a | |
| D5 | spez. Kapitalkosten | 0 | 19 | | | €/m²a | |
| E. mittl. Betriebskosten | | | | | | | |
| | | Bestand | Sanierung | | | | |
| E1 | Personal+Reinigungskosten | | | | | €/a | |
| E2 | Wartung+Instandhaltung | 10.145 | 10.145 | | | €/a | |
| E3 | Heizkosten | 22.733 | 14.353 | | | €/a | |
| E4 | Stromkosten | 22.453 | 22.034 | | | €/a | |
| E5 | Wasserkosten | 2.391 | 2.391 | | | €/a | |
| E6 | Verwaltung+Versicherung | | | | | €/a | |
| E7 | heutige Betriebskosten | 57.723 | 48.923 | | | €/a | |
| E8 | mittl. Betriebskosten | 151.840 | 128.693 | | | €/a | |
| E9 | spez. Betriebskosten | 82 | 70 | | | €/m²a | |
| F. Umweltfolgekosten | | | | | | | |
| | | Bestand | Sanierung | | | | |
| F1 | CO2-Emissionen (50 €/to) | 8.068 | 6.741 | | | €/a | |
| F2 | Trinkwasser (1 €/m³) | 634 | 634 | | | €/a | |
| F3 | Umweltfolgekosten | 8.702 | 7.375 | | | €/a | |
| F4 | spez. Umweltfolgekost. | 5 | 4 | | | €/m²a | |
| G. Gesamtkosten | | | | | | | |
| | | Bestand | Sanierung | | | | |
| G1 | Gesamtkosten | 160.542 | 171.179 | | | €/a | |
| G2 | spez. Gesamtkosten | 87 | 93 | | | €/m²a | |
| G2 | Amortisationszeit (Basis: Variante 1) | | 178,1 | | | a | |
| (alle Kosten sind Bruttokosten incl. MWSt.) | | | | | | | |
| * aktuelle Kreditzinsen unter: http://www.kfw-formularsammlung.de/Konditionen/Konditionentabelle10.pdf | | | | | | | |



Anlage 9 Gesamtkosten Fenstertausch TH

| 1. Gesamtkosten | | | | | | | |
|--|--|-------------------------|----------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------------|
| Konzeption und Gestaltung: Hochbauamt der Stadt Frankfurt, Abteilung Energiemanagement | | | | | | | |
| A. Allgemeine Daten | | | | | | | |
| A1 | Liegenschaftsbezeichnung | SFZ | | | A2 | KStB. | |
| A3 | Gebäudebezeichnung | Tennishalle | | | A4 | Str.-Nr. | |
| A5 | Straße | | | | A6 | Haus-Nr. | |
| A7 | Betrachtungszeitraum | 40 | a | A8 | Währung | € | |
| A9 | Kapitalzins* | 3,0% | | A10 | Annuitätsfaktor | 0,043 | |
| A11 | Preissteigerung | 5% | | A12 | Mittelwertfaktor | 2,63 | |
| B. Varianten | | | | | | | |
| | | Bezeichnung | | | | | |
| B0 | Bestand | Ist-Zustand | | | | | |
| B1 | Fenster | Fensteraustausch | | | | | |
| B2 | Variante 3 | | | | | | |
| B3 | Variante 4 | | | | | | |
| B4 | Variante 5 | | | | | | |
| C. Kenngrößen | | | | | | | |
| | | Bestand | Fenster | Variante 3 | Variante 4 | Variante 5 | |
| C1 | Bezugsfläche (NGF) | 3.237 | 3.237 | | | | m ² |
| C2 | Personenzahl | 40 | 40 | | | | P |
| C3 | spez. Heizwärmebedarf | 157 | 89 | | | | kWh/m ² a |
| C4 | Heizzahl Kessel+Verteilung | 90% | 89% | | | | % |
| C5 | spez. Strombezug | 38 | 42 | | | | kWh/m ² a |
| C6 | spez. CO ₂ -Emissionen | 74 | 59 | | | | kg/m ² a |
| C7 | spez. Trinkwasserbezug | 12,87 | 12,87 | | | | m ³ /P a |
| D. Kapitalkosten | | | | | | | |
| | | Bestand | Fenster | | | | |
| D1 | Investitionskosten (DIN 276) | 0 | 1.275.377 | | | | € |
| D2 | Zuschüsse/Erlöse | | | | | | € |
| D3 | Eigenkapitaleinsatz | 0 | 1.275.377 | | | | € |
| D4 | Kapitalkosten | 0 | 55.176 | | | | €/a |
| D5 | spez. Kapitalkosten | 0 | 17 | | | | €/m ² a |
| E. mittl. Betriebskosten | | | | | | | |
| | | Bestand | Fenster | | | | |
| E1 | Personal+Reinigungskosten | | | | | | €/a |
| E2 | Wartung+Instandhaltung | 15.942 | 15.942 | | | | €/a |
| E3 | Heizkosten | 40.120 | 26.357 | | | | €/a |
| E4 | Stromkosten | 27.066 | 26.647 | | | | €/a |
| E5 | Wasserkosten | 1.943 | 1.943 | | | | €/a |
| E6 | Verwaltung+Versicherung | | | | | | €/a |
| E7 | heutige Betriebskosten | 85.072 | 70.889 | | | | €/a |
| E8 | mittl. Betriebskosten | 223.780 | 186.472 | | | | €/a |
| E9 | spez. Betriebskosten | 69 | 58 | | | | €/m ² a |
| F. Umweltfolgekosten | | | | | | | |
| | | Bestand | Fenster | | | | |
| F1 | CO ₂ -Emissionen (50 €/to) | 12.030 | 9.598 | | | | €/a |
| F2 | Trinkwasser (1 €/m ³) | 515 | 515 | | | | €/a |
| F3 | Umweltfolgekosten | 12.545 | 10.113 | | | | €/a |
| F4 | spez. Umweltfolgekost. | 4 | 3 | | | | €/m ² a |
| G. Gesamtkosten | | | | | | | |
| | | Bestand | Fenster | | | | |
| G1 | Gesamtkosten | 236.325 | 251.761 | | | | €/a |
| G2 | spez. Gesamtkosten | 73 | 78 | | | | €/m ² a |
| G2 | Amortisationszeit (Basis: Variante 1) | | 111,4 | | | | a |
| (alle Kosten sind Bruttokosten incl. MWSt.) | | | | | | | |
| * aktuelle Kreditzinsen unter: http://www.kfw-formularsammlung.de/Konditionen/Konditionentabelle10.pdf | | | | | | | |



Anlage 10 Gesamtkosten Heizung

| 1. Gesamtkosten | | | | | | | |
|--|--|----------------|----------------|------------|------------------|------------|----------------------|
| Konzeption und Gestaltung: Hochbauamt der Stadt Frankfurt, Abteilung Energiemanagement | | | | | | | |
| A. Allgemeine Daten | | | | | | | |
| A1 | Liegenschaftsbezeichnung | SFZ | | | A2 | KStB. | |
| A3 | Gebäudebezeichnung | MZH, TH, LH | | | A4 | Str.-Nr. | |
| A5 | Straße | | | | A6 | Haus-Nr. | |
| A7 | Betrachtungszeitraum | 10 | a | A8 | Währung | € | |
| A9 | Kapitalzins* | 3,0% | | A10 | Annuitätsfaktor | 0,117 | |
| A11 | Preissteigerung | 5% | | A12 | Mittelwertfaktor | 1,31 | |
| B. Varianten | | | | | | | |
| B0 | Bestand | Bezeichnung | | | | | |
| B1 | Heizung | Ist-Zustand | | | | | |
| C. Kenngrößen | | | | | | | |
| | | Bestand | Heizung | Variante 3 | Variante 4 | Variante 5 | |
| C1 | Bezugsfläche (NGF) | 15.294 | 15.294 | | | | m ² |
| C2 | Personenzahl | 140 | 140 | | | | P |
| C3 | spez. Heizwärmebedarf | 147 | 148 | | | | kWh/m ² a |
| C4 | Heizzahl Kessel+Verteilung | 90% | 96% | | | | % |
| C5 | spez. Strombezug | 45 | 44 | | | | kWh/m ² a |
| C6 | spez. CO ₂ -Emissionen | 74 | 71 | | | | kg/m ² a |
| C7 | spez. Trinkwasserbezug | 41,97 | 41,97 | | | | m ³ /P a |
| D. Kapitalkosten | | | | | | | |
| | | Bestand | Heizung | | | | |
| D1 | Investitionskosten (DIN 276) | 0 | 119.000 | | | | € |
| D2 | Zuschüsse/Erlöse | | | | | | € |
| D3 | Eigenkapitaleinsatz | 0 | 119.000 | | | | € |
| D4 | Kapitalkosten | 0 | 13.950 | | | | €/a |
| D5 | spez. Kapitalkosten | 0 | 1 | | | | €/m ² a |
| E. mittl. Betriebskosten | | | | | | | |
| | | Bestand | Heizung | | | | |
| E1 | Personal+Reinigungskosten | | | | | | €/a |
| E2 | Wartung+Instandhaltung | 3.570 | 3.570 | | | | €/a |
| E3 | Heizkosten | 171.095 | 162.210 | | | | €/a |
| E4 | Stromkosten | 139.175 | 137.859 | | | | €/a |
| E5 | Wasserkosten | 22.174 | 22.174 | | | | €/a |
| E6 | Verwaltung+Versicherung | | | | | | €/a |
| E7 | heutige Betriebskosten | 336.013 | 325.813 | | | | €/a |
| E8 | mittl. Betriebskosten | 438.527 | 425.214 | | | | €/a |
| E9 | spez. Betriebskosten | 29 | 28 | | | | €/m ² a |
| F. Umweltfolgekosten | | | | | | | |
| | | Bestand | Heizung | | | | |
| F1 | CO ₂ -Emissionen (50 €/to) | 56.559 | 54.429 | | | | €/a |
| F2 | Trinkwasser (1 €/m ³) | 5.876 | 5.876 | | | | €/a |
| F3 | Umweltfolgekosten | 62.435 | 60.304 | | | | €/a |
| F4 | spez. Umweltfolgekost. | 4 | 4 | | | | €/m ² a |
| G. Gesamtkosten | | | | | | | |
| | | Bestand | Heizung | | | | |
| G1 | Gesamtkosten | 500.961 | 499.469 | | | | €/a |
| G2 | spez. Gesamtkosten | 33 | 33 | | | | €/m ² a |
| G2 | Amortisationszeit (Basis: Variante 1) | | 8,9 | | | | a |
| (alle Kosten sind Bruttokosten incl. MWSt.) | | | | | | | |
| * aktuelle Kreditzinsen unter: http://www.kfw-formularsammlung.de/Konditionen/Konditionentabelle10.pdf | | | | | | | |

Anlage 11 Lüftung - Heizung

| 1. Gesamtkosten | | | | | | | |
|--|--|--|----------------|------------|------------------|------------|----------------------|
| Konzeption und Gestaltung: Hochbauamt der Stadt Frankfurt, Abteilung Energiemanagement | | | | | | | |
| A. Allgemeine Daten | | | | | | | |
| A1 | Liegenschaftsbezeichnung | SFZ | | | A2 | KStB. | |
| A3 | Gebäudebezeichnung | MZH, TH, LH | | | A4 | Str.-Nr. | |
| A5 | Straße | | | | A6 | Haus-Nr. | |
| A7 | Betrachtungszeitraum | 10 | a | A8 | Währung | € | |
| A9 | Kapitalzins* | 3,0% | | A10 | Annuitätsfaktor | 0,117 | |
| A11 | Preissteigerung | 5% | | A12 | Mittelwertfaktor | 1,31 | |
| B. Varianten | | | | | | | |
| B0 Bestand | | Bezeichnung | | | | | |
| B1 Lüftung | | Ist-Zustand | | | | | |
| C. Kenngrößen | | WRG in Nebenräumen, Dunkelstrahler in Hallen | | | | | |
| | | Bestand | Lüftung | Variante 3 | Variante 4 | Variante 5 | |
| C1 | Bezugsfläche (NGF) | 15.294 | 15.294 | | | | m ² |
| C2 | Personenzahl | 140 | 140 | | | | P |
| C3 | spez. Heizwärmebedarf | 147 | 126 | | | | kWh/m ² a |
| C4 | Heizzahl Kessel+Verteilung | 90% | 89% | | | | % |
| C5 | spez. Strombezug | 45 | 37 | | | | kWh/m ² a |
| C6 | spez. CO ₂ -Emissionen | 74 | 63 | | | | kg/m ² a |
| C7 | spez. Trinkwasserbezug | 41,97 | 41,97 | | | | m ³ /P a |
| D. Kapitalkosten | | | | | | | |
| | | Bestand | Lüftung | | | | |
| D1 | Investitionskosten (DIN 276) | 0 | 380.800 | | | | € |
| D2 | Zuschüsse/Erlöse | | | | | | € |
| D3 | Eigenkapitaleinsatz | 0 | 380.800 | | | | € |
| D4 | Kapitalkosten | 0 | 44.641 | | | | €/a |
| D5 | spez. Kapitalkosten | 0 | 3 | | | | €/m ² a |
| E. mittl. Betriebskosten | | | | | | | |
| | | Bestand | Lüftung | | | | |
| E1 | Personal+Reinigungskosten | | | | | | €/a |
| E2 | Wartung+Instandhaltung | 12.079 | 12.079 | | | | €/a |
| E3 | Heizkosten | 171.095 | 151.172 | | | | €/a |
| E4 | Stromkosten | 139.175 | 123.685 | | | | €/a |
| E5 | Wasserkosten | 22.174 | 22.174 | | | | €/a |
| E6 | Verwaltung+Versicherung | | | | | | €/a |
| E7 | heutige Betriebskosten | 344.522 | 309.109 | | | | €/a |
| E8 | mittl. Betriebskosten | 449.631 | 403.415 | | | | €/a |
| E9 | spez. Betriebskosten | 29 | 26 | | | | €/m ² a |
| F. Umweltfolgekosten | | | | | | | |
| | | Bestand | Lüftung | | | | |
| F1 | CO ₂ -Emissionen (50 €/to) | 56.559 | 48.423 | | | | €/a |
| F2 | Trinkwasser (1 €/m ³) | 5.876 | 5.876 | | | | €/a |
| F3 | Umweltfolgekosten | 62.435 | 54.299 | | | | €/a |
| F4 | spez. Umweltfolgekost. | 4 | 4 | | | | €/m ² a |
| G. Gesamtkosten | | | | | | | |
| | | Bestand | Lüftung | | | | |
| G1 | Gesamtkosten | 512.066 | 502.355 | | | | €/a |
| G2 | spez. Gesamtkosten | 33 | 33 | | | | €/m ² a |
| G2 | Amortisationszeit (Basis: Variante 1) | | 8,0 | | | | a |
| (alle Kosten sind Bruttokosten incl. MWSt.) | | | | | | | |
| * aktuelle Kreditzinsen unter: http://www.kfw-formularsammlung.de/Konditionen/Konditionentabelle10.pdf | | | | | | | |



Anlage 12 Gesamtkosten Beleuchtung

| 1. Gesamtkosten | | | | | | | |
|--|--|---|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------------|
| Konzeption und Gestaltung: Hochbauamt der Stadt Frankfurt, Abteilung Energiemanagement | | | | | | | |
| A. Allgemeine Daten | | | | | | | |
| A1 | Liegenschaftsbezeichnung | SFZ | | | A2 | KStB. | |
| A3 | Gebäudebezeichnung | MZH, TH, LH | | | A4 | Str.-Nr. | |
| A5 | Straße | | | | A6 | Haus-Nr. | |
| A7 | Betrachtungszeitraum | 10 | a | A8 | Währung | € | |
| A9 | Kapitalzins* | 3,0% | | A10 | Annuitätsfaktor | 0,117 | |
| A11 | Preissteigerung | 5% | | A12 | Mittelwertfaktor | 1,31 | |
| B. Varianten | | | | | | | |
| | | Bezeichnung | | | | | |
| B0 | Bestand | Ist-Zustand | | | | | |
| B1 | Sanierung | Beleuchtungsaustausch Hallen und Nebenräume | | | | | |
| C. Kenngrößen | | | | | | | |
| | | Bestand | Sanierung | Variante 3 | Variante 4 | Variante 5 | |
| C1 | Bezugsfläche (NGF) | 15.294 | 15.294 | | | | m ² |
| C2 | Personenzahl | 140 | 140 | | | | P |
| C3 | spez. Heizwärmebedarf | 147 | 149 | | | | kWh/m ² a |
| C4 | Heizzahl Kessel+Verteilung | 90% | 90% | | | | % |
| C5 | spez. Strombezug | 45 | 41 | | | | kWh/m ² a |
| C6 | spez. CO ₂ -Emissionen | 74 | 72 | | | | kg/m ² a |
| C7 | spez. Trinkwasserbezug | 41,97 | 41,97 | | | | m ³ /P a |
| D. Kapitalkosten | | | | | | | |
| | | Bestand | Sanierung | | | | |
| D1 | Investitionskosten (DIN 276) | 0 | 160.650 | | | | € |
| D2 | Zuschüsse/Erlöse | | | | | | € |
| D3 | Eigenkapitaleinsatz | 0 | 160.650 | | | | € |
| D4 | Kapitalkosten | 0 | 18.833 | | | | €/a |
| D5 | spez. Kapitalkosten | 0 | 1 | | | | €/m ² a |
| E. mittl. Betriebskosten | | | | | | | |
| | | Bestand | Sanierung | | | | |
| E1 | Personal+Reinigungskosten | | | | | | €/a |
| E2 | Wartung+Instandhaltung | 2.410 | 2.410 | | | | €/a |
| E3 | Heizkosten | 171.095 | 172.201 | | | | €/a |
| E4 | Stromkosten | 139.175 | 125.877 | | | | €/a |
| E5 | Wasserkosten | 22.174 | 22.174 | | | | €/a |
| E6 | Verwaltung+Versicherung | | | | | | €/a |
| E7 | heutige Betriebskosten | 334.853 | 322.662 | | | | €/a |
| E8 | mittl. Betriebskosten | 437.012 | 421.101 | | | | €/a |
| E9 | spez. Betriebskosten | 29 | 28 | | | | €/m ² a |
| F. Umweltfolgekosten | | | | | | | |
| | | Bestand | Sanierung | | | | |
| F1 | CO ₂ -Emissionen (50 €/to) | 56.559 | 55.005 | | | | €/a |
| F2 | Trinkwasser (1 €/m ³) | 5.876 | 5.876 | | | | €/a |
| F3 | Umweltfolgekosten | 62.435 | 60.880 | | | | €/a |
| F4 | spez. Umweltfolgekost. | 4 | 4 | | | | €/m ² a |
| G. Gesamtkosten | | | | | | | |
| | | Bestand | Sanierung | | | | |
| G1 | Gesamtkosten | 499.447 | 500.815 | | | | €/a |
| G2 | spez. Gesamtkosten | 33 | 33 | | | | €/m ² a |
| G2 | Amortisationszeit (Basis: Variante 1) | | 10,9 | | | | a |
| (alle Kosten sind Bruttokosten incl. MWSt.) | | | | | | | |
| * aktuelle Kreditzinsen unter: http://www.kfw-formularsammlung.de/Konditionen/Konditionentabelle10.pdf | | | | | | | |



Anlage 13 Gesamtkosten alle Maßnahmen

1. Gesamtkosten

Konzeption und Gestaltung: Hochbauamt der Stadt Frankfurt, Abteilung Energiemanagement

A. Allgemeine Daten

| | | | | | |
|-----|--------------------------|--------------------|-----|------------------|-------|
| A1 | Liegenschaftsbezeichnung | SFZ Kalbach | A2 | KStB. | |
| A3 | Gebäudebezeichnung | MZH, TH, LH | A4 | Str.-Nr. | |
| A5 | Straße | | A6 | Haus-Nr. | |
| A7 | Betrachtungszeitraum | 40 a | A8 | Währung | € |
| A9 | Kapitalzins* | 3,0% | A10 | Annuitätsfaktor | 0,043 |
| A11 | Preissteigerung | 5% | A12 | Mittelwertfaktor | 2,63 |

B. Varianten

| | | |
|----|--------------------|--|
| B0 | Bestand | Ist-Zustand |
| B1 | Kesselt. | Kesseltausch inkl. Pumpentausch |
| B2 | + Lüftung | Variante 2 + WRG in Nebenräumen, Dunkelstrahler in Hallen |
| B3 | + Belichtg. | Variante 3 + Beleuchtungsaustausch |
| B4 | + Fenster | Variante 4 plus Fensteraustausch |

C. Kenngrößen

| | Bestand | Kesselt. | + Lüftung | + Belichtg. | + Fenster | | |
|----|----------------------------|----------|-----------|-------------|-----------|--------|-------|
| C1 | Bezugsfläche (NGF) | 15.294 | 15.294 | 15.294 | 15.294 | 15.294 | m² |
| C2 | Personenzahl | 140 | 140 | 140 | 140 | 140 | P |
| C3 | spez. Heizwärmebedarf | 147 | 147 | 118 | 119 | 72 | kWh |
| C4 | Heizzahl Kessel+Verteilung | 90% | 96% | 95% | 95% | 94% | % |
| C5 | spez. Strombezug | 45 | 44 | 37 | 33 | 33 | kWh |
| C6 | spez. CO2-Emissionen | 74 | 71 | 59 | 56 | 45 | kg/m² |
| C7 | spez. Trinkwasserbezug | 41,97 | 41,97 | 41,97 | 41,97 | 41,97 | m³/P |

D. Kapitalkosten

| | Bestand | Kesselt. | + Lüftung | + Belichtg. | + Fenster | | |
|----|------------------------------|----------|--------------|---------------|---------------|----------------|------|
| D1 | Investitionskosten (DIN 276) | 0 | 119.000 | 499.800 | 660.450 | 5.282.408 | € |
| D2 | Zuschüsse/Erlöse | | | | | | € |
| D3 | Eigenkapitaleinsatz | 0 | 119.000 | 499.800 | 660.450 | 5.282.408 | € |
| D4 | Kapitalkosten | 0 | 5.148 | 21.623 | 28.573 | 228.530 | €/a |
| D5 | spez. Kapitalkosten | 0 | 0 | 1 | 2 | 15 | €/m² |

E. mittl. Betriebskosten

| | Bestand | Kesselt. | + Lüftung | + Belichtg. | + Fenster | | |
|----|-------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------|
| E1 | Personal+Reinigungskosten | | | | | | €/a |
| E2 | Wartung+Instandhaltung | 3.570 | 3.570 | 15.649 | 18.058 | 87.388 | €/a |
| E3 | Heizkosten | 171.077 | 161.692 | 135.022 | 136.043 | 91.780 | €/a |
| E4 | Stromkosten | 139.175 | 137.859 | 122.369 | 109.072 | 108.515 | €/a |
| E5 | Wasserkosten | 22.174 | 22.174 | 22.174 | 22.174 | 22.174 | €/a |
| E6 | Verwaltung+Versicherung | | | | | | €/a |
| E7 | heutige Betriebskosten | 335.996 | 325.295 | 295.214 | 285.347 | 309.857 | €/a |
| E8 | mittl. Betriebskosten | 883.835 | 855.687 | 776.557 | 750.603 | 815.075 | €/a |
| E9 | spez. Betriebskosten | 58 | 56 | 51 | 49 | 53 | €/m² |

F. Umweltfolgekosten

| | Bestand | Kesselt. | + Lüftung | + Belichtg. | + Fenster | | |
|----|-------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|------|
| F1 | CO2-Emissionen (50 €/to) | 56.558 | 54.323 | 44.777 | 43.204 | 34.080 | €/a |
| F2 | Trinkwasser (1 €/m³) | 5.876 | 5.876 | 5.876 | 5.876 | 5.876 | €/a |
| F3 | Umweltfolgekosten | 62.434 | 60.198 | 50.652 | 49.080 | 39.956 | €/a |
| F4 | spez. Umweltfolgekost. | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | €/m² |

G. Gesamtkosten

| | Bestand | Kesselt. | + Lüftung | + Belichtg. | + Fenster | | |
|----|--|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------|------|
| G1 | Gesamtkosten | 946.269 | 921.033 | 848.832 | 828.255 | 1.083.561 | €/a |
| G2 | spez. Gesamtkosten | 62 | 60 | 56 | 54 | 71 | €/m² |
| G2 | Amortisationszeit (Basis: Variante 1) | | 4,2 | 4,6 | 4,9 | #ZAHL! | a |

(alle Kosten sind Bruttokosten incl. MwSt.)

* aktuelle Kreditzinsen unter: <http://www.kfw-formularsammlung.de/Konditionen/Konditionentabelle10.pdf>

Anlage 14 Abbildungen, Diagramme, Tabellen und Bilder

Verzeichnis der Abbildungen

| | |
|--|----|
| Abbildung 1 Lageplan SFZ | 5 |
| Abbildung 2 Luftbild SFZ | 5 |
| Abbildung 3 Energiekosten und Verteilung 2002-2007 | 18 |
| Abbildung 4 Wärmebilanz Leichtathletikhalle | 20 |
| Abbildung 5 Wärmebilanz Tennishalle | 21 |
| Abbildung 6 Wärmebilanz Mehrzweckhalle | 21 |
| Abbildung 7 Heizwärme und Endenergie | 23 |

Verzeichnis der Diagramme

| | |
|---|----|
| Diagramm 1 Monatserträge PV-Anlage 2008 | 15 |
| Diagramm 2 Stündlicher Wasserverbrauch | 17 |
| Diagramm 3 Kostenaufteilung Energieträger | 18 |
| Diagramm 4 Installierte Leistung nach Bereichen | 25 |
| Diagramm 5 Stromverbrauch nach Bereichen | 25 |
| Diagramm 6 Gesamtkostenbetrachtung Fensteraustausch MZH nach Passivhausstandard | 29 |
| Diagramm 7 Heizungssanierung | 31 |
| Diagramm 8 Gesamtkosten Lüftungssanierung | 34 |
| Diagramm 9 Gesamtkosten Leuchtentausch | 36 |
| Diagramm 10 Gesamtkosten | 37 |
| Diagramm 11 Gesamtkostenbetrachtung | 41 |

Verzeichnis der Tabellen

| | |
|---|----|
| Tabelle 1 Technische Daten Lüftung Zuluft | 10 |
| Tabelle 2 Technische Daten Lüftung Abluft | 10 |
| Tabelle 3 Technische Daten Heizungspumpen | 13 |
| Tabelle 4 Leistungen und Verbräuche Strom | 24 |
| Tabelle 5 Maßnahmen | 27 |
| Tabelle 6 Einzelmaßnahmen nach Priorität | 40 |

Verzeichnis der Bilder

| | |
|--|----|
| Bild 1 und Bild 2 Aussenfassade Leichtathletikhalle (LAH) | 6 |
| Bild 3 und Bild 4 Aussenfassade Mehrzweckhalle (MZH) | 7 |
| Bild 5 und Bild 6 Aussenfassade Tennishalle (TH) | 7 |
| Bild 7 Restaurant | 7 |
| Bild 8 und 9 Kessel 1 und 2 | 8 |
| Bild 10 und Bild 11 WW-Bereiter LAH und Thermostatische Mischstation WW-Bereiter | 9 |
| Bild 12 und Bild 13 Zuluftanlage LAH Nebenräume und Aussenluftgerät LAH | 9 |
| Bild 14 Sporthalle-Leuchten LAH und Bild 15 Leuchten TH | 11 |
| Bild 16 Leuchten MZH | 12 |
| Bild 17 und Bild 18 Leuchte Flure und Umkleideraum | 12 |
| Bild 19 Auszug Energiepass SFZ Kalbach | 16 |