



E B E R T - I N G E N I E U R E

Nürnberg München Frankfurt/H. Gera Berlin Leipzig Düsseldorf FÜRTH/Bay. Hamburg

Energiekonzept Hauptfriedhof Eckenheimer Landstraße 194-196 60320 Frankfurt am Main **Schlussbericht**

Beauftragt durch die

Stadt Frankfurt am Main



Erstellt und geprüft:

.....
Gerhard Braunmiller

freigegeben:

.....
Matthias Domke

gemäß Qualitätsmanagement-System nach DIN-ISO 9001

Projekt-Nr.: M 357/ UP 002 22.Juli 2003

Ebert-Ingenieure München
Hanauer Straße 85
80993 München
Tel.: 089/14 98 12-0
Fax: 089/12 98 12 10



Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	2
1 Einleitung	4
1.1 Aufgabenstellung	4
1.2 Vorgehensweise	5
1.3 Untersuchungsumfang.....	6
2 Ist-Analyse.....	7
2.1 Bestandsaufnahme.....	7
2.1.1 Wärmeversorgung	7
2.1.2 Stromversorgung	10
2.1.3 Wasserversorgung.....	12
2.2 Energie und Leistungsbilanz.....	14
2.2.1 Analyse und Bewertung der Wärmeversorgung	14
2.2.2 Analyse und Bewertung der Stromversorgung	23
2.2.3 Analyse und Bewertung des Trinkwassers	29
2.2.4 Energielieferverträge	31
2.2.5 Kostenbilanz	34
2.2.6 Übersicht Verbrauch und Kosten für Wärme, Strom und Wasser ...	35
3 Ermittlung der Wirtschaftlichkeit für Maßnahmen.....	36
3.1 Vorgehensweise	37
3.1.1 Definitionen.....	37
3.2 Maßnahmenüberblick über alle Gebäude.....	40
3.3 Energiesparmaßnahmen	41
3.3.1 Gebäudeübergreifende Maßnahmen, Gebäude 1	41
3.3.2 Maßnahmen im Bereich Krematorium mit Trauerhalle, Gebäude 2	49
3.3.3 Maßnahmen Verwaltung, neues Portal, Gebäude 3.....	52
3.3.4 Maßnahmen Betriebshof, Gebäude 4.....	53
3.3.5 Maßnahmen Altes Portal, Gebäude 5	57
3.3.6 Maßnahmen Umkleide Beistellerhof, Gebäude 6	60
3.3.7 Maßnahmen Pfortner Rat-Beil-Str., Gebäude 7	61
3.3.8 Maßnahmen Öffentliche Toiletten Friedhofsgelände, Gebäude 8 ...	61
3.3.9 Energiebeauftragten benennen	63
3.4 Sanierungsmaßnahmen	64
3.4.1 Sanierungsmaßnahmen im Bereich Krematorium mit Trauerhalle ..	64
3.4.2 Sanierungsmaßnahmen Gebäudeübergreifend	65
3.4.3 Sanierungsmaßnahmen Betriebshof	67



4	Zusammenfassung	70
4.1	Realisierungsvorschläge.....	70
4.2	Einsparungen und Investitionen	72
4.3	Vergleich des Ist-Zustandes mit den Einsparungen	73
4.4	Empfohlene Umsetzungspriorität der Maßnahmen	73
4.5	Hauptpotenzial der Kosteneinsparungen.....	74
4.6	Abschlussbemerkung	74
5	Anhang	75
5.1	Nichtinvestive, investive und organisatorische Maßnahmen	76
5.2	Empfehlung zur Umsetzungspriorität der Maßnahmen	77
5.3	Checkliste Nutzerverhalten.....	78



1 Einleitung

Rationeller Energieeinsatz gewinnt aus Gründen der Verringerung der Umweltbelastung und der Schonung fossiler Energieressourcen zunehmend an Bedeutung. Jedoch führten in der Vergangenheit eine gute Versorgungslage und stabile Energiepreise dazu, dass viele Energieeinsparmaßnahmen aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten nicht realisiert wurden und damit bedeutende Einsparpotenziale unausgeschöpft blieben. Die Stadt Frankfurt am Main beauftragte dieses Energiekonzept für den Hauptfriedhof, um Energieeinsparpotenziale aufzudecken. Betreiber von Energieumwandlungsanlagen - auch ein Krematorium zählt dazu - sind spätestens seit dem Beschluss der Bundesregierung, den CO₂-Ausstoß in Deutschland um 25 % zu reduzieren, in die Pflicht genommen, im Rahmen ihrer Möglichkeiten für eine rationelle Energieverwendung zu sorgen, um den Verbrauch an fossilen Energieträgern zu minimieren.

1.1 Aufgabenstellung

Ziel dieser Untersuchung ist die Erfassung und Analyse der derzeitigen Energiesituation im Hauptfriedhof Frankfurt am Main sowie das Aufdecken von Schwachstellen und Energieeinsparpotenzialen sowie Vorschlägen zu konkreten, wirtschaftlich tragfähigen Verbesserungsmaßnahmen.

1.2 Vorgehensweise

Die grundsätzliche Vorgehensweise der Untersuchung untergliedert sich in die nachfolgend aufgeführten Schritte, die in den folgenden Kapiteln näher erläutert werden.

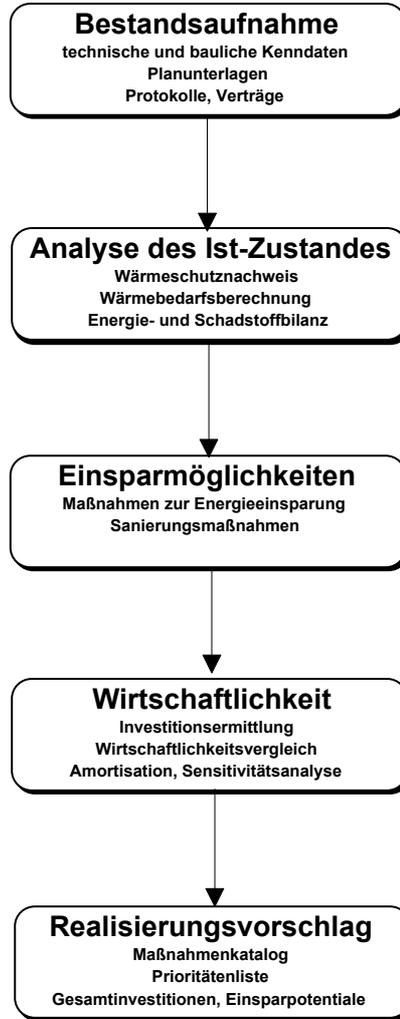


Abbildung 1 Vorgehensweise

1.3 Untersuchungsumfang

Gebäude

Die nachfolgende Aufstellung gibt einen Überblick über den Untersuchungsumfang der Gebäude.

- Krematorium und Trauerhalle
- Altes Portal
- Verwaltung neues Portal mit 3 Wohnungen
- Betriebshof
- Fahrzeughalle Beistellerhof
- Umkleide Beistellerhof
- Pförtnerhaus Eingang Rat-Beil-Str.
- Pförtnerhaus Eingang Versorgungsamt Eckenheimer Landstrasse
- Toiletten Marbachweg
- Ausgang Gruftenweg Rat-Beil-Str.

Tabelle 1.1 Gebäudeumfang

2 Ist-Analyse

2.1 Bestandsaufnahme

2.1.1 Wärmeversorgung

Zur Übersicht wird die Wärmeversorgungsstruktur in Abbildung 2 durch einen Plan dargestellt.

Die Wärmeversorgung des Hauptfriedhofs erfolgt durch ein Fernwärmenetz, das drei Gebäude versorgt, sowie über mehrere Erdgaskessel und einen Flüssiggaskessel (siehe Tabelle 2.1).

Die Wärmeerzeugungsanlage für die Fernwärme besteht aus vier Rauchgaswärmetauschern, welche die Abwärme der Rauchgase aus dem Verbrennungsprozess des Krematoriums nutzen. Von den Rauchgaswärmetauschern führt eine Fernwärmeleitung zu den Gebäuden Verwaltung mit neuem Portal und Fahrzeughalle Beistellerhof. Durch den 1-Schicht-Betrieb des Krematoriums steht die Wärme in der Heizzeit nicht kontinuierlich zur Verfügung. Zur Zwischenspeicherung der Wärme wurden Pufferspeicher in das System integriert.

Weiterhin sind erdgasbefeuerte Wärmeerzeuger auf dem Gelände vorhanden, die in Tabelle 2.1 aufgeführt sind. Die Mietbereiche an der Eckenheimer Landstraße neben dem Verwaltungsgebäude werden im weiteren nicht betrachtet.

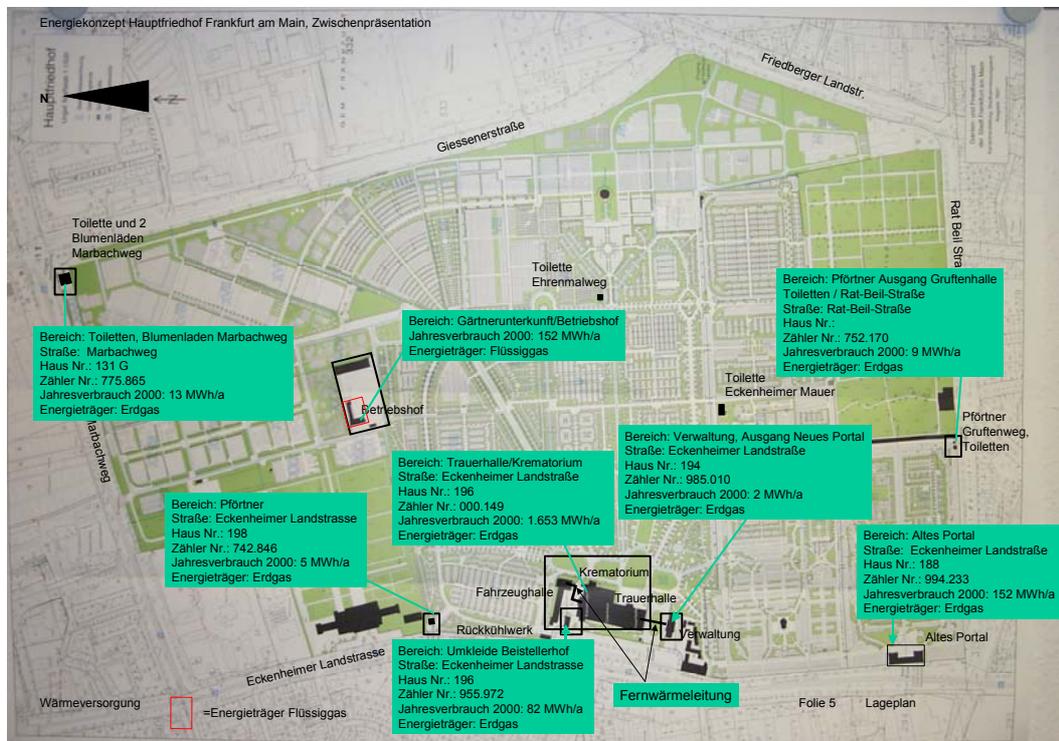


Abbildung 2 Lageplan Wärmeversorgung

2.1.1.1 Heizungstechnik

Wärmeerzeuger

Folgende Wärmeerzeuger sind auf dem Gelände des Hauptfriedhofes vorhanden.

Wärmeerzeuger Hauptfriedhof Erdgas

Wärmeerzeuger Hauptfriedhof	Einbauort	Wärmeleistung kW	Baujahr
1 Neues Portal Verwaltung	Gas-Brennwertgerät Wärmetauscher	70	1999 2002
2 Altes Portal	Gas-Brennwertgerät	105	1992
3 Krematorium	Rauchgaswärmetauscher Ofenbrenner	4*700 8*320	1993 1993
4 Umkleide Krematorium	3 E-Durchlauferhitzer	je 21	2*1990, 1*2003
5 Betriebshof	2 Kessel	116	K1975/B1990
6 Umkleide städt. Fahrdienst	Gas-Brennwertgerät WW-Speicher	ca. 30 11	2002 1980
7 Beheizung über Abwärme Krematorium	Trauerhalle Fahrbereitschaft Neues Portal Verwaltung		1993
8 Toilette Rat-Beil Straße	Gas- Heizgerät	2*2	1980
10 Pfortner Eingang, Eckenheimerstr.200		8,5	1970
11 Pfortnerhaus Eingang Gruftenweg/ Rat-Beil-Str.		3	1980
12 Mietwohnung Neues Portal	Gas- Heizgerät, Herd	10, 28	1990, 1985
13 Mietwohnung Neues Portal	Gas- Heizgerät, Herd	10, 28	1980, 1985

K= Kessel
B= Brenner

Tabelle 2.1 Wärmeerzeuger

Für das Neue Portal Verwaltung wurde im Jahr 1999 zusätzlich zum Fernwärmeanschluss ein Gaskessel eingebaut.

Als Wärmeverbraucher sind

- die statische Heizung,
- die raumluftechnischen Anlagen und
- die Trinkwarmwasserbereitung

anzuführen.

2.1.1.2 Regelungstechnik

Kesselregelung

Die (Gas-)Kessel werden durch die aufgesetzten Kesselsteuerungen betrieben und über ein Zeitprogramm in Betrieb genommen. Die Vorlauftemperatur im Betriebshof wird nicht über die Außentemperatur geregelt. Bei allen anderen Wärmeerzeugern erfolgt die Regelung der Vorlauftemperatur bedarfs- und außentemperaturabhängig.

Gebäudeautomation

Im Krematorium ist eine Gebäudeautomation mit Leitzentrale eingebaut (Baujahr 1996). Vorgesehen ist die Erfassung aller Energieströme und Wärmemengen, die im Krematorium verbraucht bzw. erzeugt werden. Bis zum Zeitpunkt der Ortsbegehung konnten jedoch keine Daten über Wärmemengen oder Gasverbrauch abgerufen werden.

Hydraulische Leitungsführung

Von den Wärmetauschern im Krematorium führen die Fernwärmeleitungen nach zwei Seiten aus dem Gebäude: in Richtung Norden zur Fahrzeughalle Beisteller (Fernwärmeübergabestation im Kellergeschoss, Büro Beisteller), in Richtung Süden zur Verwaltung Neues Portal. Der Leitungsverlauf wurde im Lageplan Wärmeversorgung, Abbildung 2, eingezeichnet.

Gebäude	Zähler
	Nr.
Gebäude:Altes Portal Eckenheimer Landstraße 188+180	994.223
Gebäude:Pförtner Ausgang Gruftenhalle Toiletten Rat-Beil-Straße	752.170
Verwaltung, Ausgang Neues Portal Eckenheimer Landstraße 194	985.010
Trauerhalle Krematorium Eckenheimer Landstraße 196	0000149
Umkleide Beistellerhof Eckenheimer Landstraße 196	955.972
Pförtner Eckenheimer Landstraße 200	742.846
Toiletten, Blumenladen Marbachweg	775.856
Gärtnerunterkunft (Flüssiggas)	

Tabelle 2.2 Wärmezähler

Die Position der Wärmezähler ist im Lageplan Wärmeversorgung, Abbildung 2, mit genauer Zählerbezeichnung, eingezeichnet. Die Zuordnung der Zähler mit den Verbrauchsdaten werden im Anhang unter Tafel 9.1.3 dargestellt.

2.1.2 Stromversorgung

Versorgungssysteme

Zur Übersicht wurde die Stromversorgungsstruktur in Abbildung 3 durch einen Lageplan dargestellt.

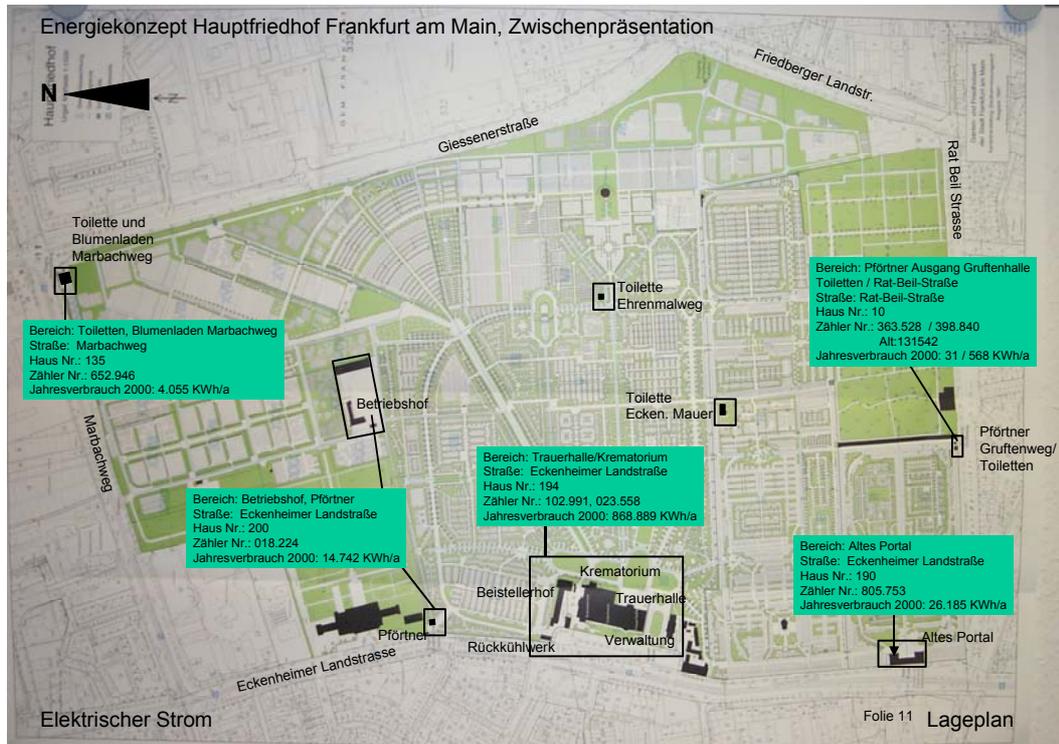


Abbildung 3 Lageplan Elektrischer Strom

Die Stromversorgung des Hauptfriedhofs erfolgt niederspannungsseitig aus dem Netz des Energieversorgungsunternehmens Mainova. Die Messung der Stromaufnahme erfolgt getrennt nach Hochtarif-, Niedertarif- und Blindstrom. Die Leistungsaufnahme des Hauptzählers am Krematorium wird gemessen und abgerechnet nach dem Mittelwert der drei Jahreshöchstspitzen. Für die weiteren Zähler (Tabelle 2.3) wird keine Leistung berechnet. Blindstrom wird erst berechnet, wenn er größer als 62% des HT-Verbrauchs ist. Dies war in den letzten Jahren nicht der Fall.

Als größte Stromverbraucher sind die Lüftungsanlagen in Trauerhalle und Leichenhaus aufzuführen. Eine Auflistung der Lüftungsgeräte ist im Anhang unter Geräteauflistung zu finden.



E B E R T - I N G E N I E U R E

Nürnberg München Frankfurt/H. Gera Berlin Leipzig Düsseldorf FÜRTH/Bay. Hamburg

Gebäude Straßeneingang	Zähler Nr.
Altes Portal Eckenheimer Landstraße 190	805.753
Trauerhalle Krematorium Eckenheimer Landstraße 194	102991, 023558
Pförtner Eingang mit Betriebshof Eckenheimerstr.200	18.224
Toiletten Marbachweg	652.946
Pförtner Ausgang Gruftenhalle Rat-Beil-Str.10	363.528
Pförtner Ausgang Gruftenhalle Rat-Beil-Str.10	398.840

Tabelle 2.3 Stromzähler

Die Position der Zähler ist dem Lageplan Elektrischer Strom Abbildung 3 zu entnehmen. Die Verbrauchsaufteilung über die einzelnen Zähler für das Jahr 2000 ist im Anhang, Tafel 9.2.2, aufgeführt.

2.1.3 Wasserversorgung

Der Lageplan Wasserversorgung in Abbildung 4 zeigt graphisch die Hauptleitungen der Wasserversorgung des Hauptfriedhofs. Es existieren vier Wasserversorgungseinspeisungen in den Hauptfriedhof. Von den Einspeisungen am Schwarzen Tor und am Marbachweg werden die Friedhofsbewässerungen gespeist, die den Hauptverbrauch an Wasser verursachen. Die Stadtwassereinspeisung an der Eckenheimer Landstraße sorgt für Friedhofsbewässerung und versorgt das Krematorium. Ein vierter Wassereingang ist am Alten Portal vorhanden, der das alte Friedhofsgelände und das Gebäude versorgt. Brunnen- oder Regenwasser wird nicht genutzt.

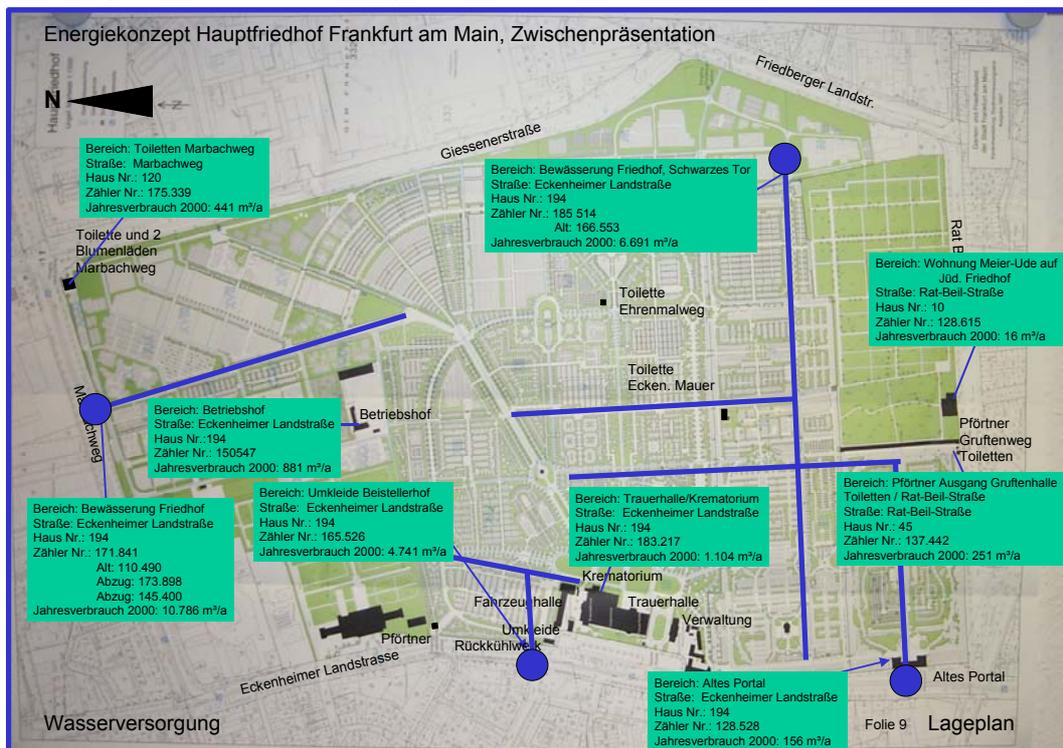


Abbildung 4 Lageplan Wasserversorgung

Als Wasserverbraucher sind anzuführen:

- die Friedhofsbewässerung,
- öffentliche WC-Anlagen,
- die Wasserverbraucher im Krematorium und
- die Zapfstellen in Wohnhäusern und Verwaltungsgebäuden.



Gebäude Straßeneingang	Zähler Nr.
Altes Portal Eckenheimer Landstraße 190	128.528
Pförtner Ausgang Gruftenhalle Toiletten / Rat-Beil-Straße	137.442
Trauerhalle/Krematorium Eckenheimer Landstraße 194	183.217
Umkleide Beistellerhof Eckenheimer 196	165.526
Betriebshof, Eckenheimer Landstraße 200	150.547
Toiletten Marbachweg	175.339
Bewässerung Friedhof "schwarzes Tor"	185.514
Im Friedhofsgelände "Marbachweg"	171.841
Wohnung Meier-Ude auf jüdischen Friedhof, Rat-Beil-Str. 10	128.615

Tabelle 2.4 Wasserzähler

Die Position der Wasserzähler ist in Abbildung 4 graphisch aufgezeigt. Im Anhang in Tafel 9.3 sind die Verbrauchswerte über die einzelnen Zähler für das Jahr 2000 aufgelistet. Eine zeitliche Bereinigung der Wasserverbräuche ist nicht notwendig, da jeweils der Verbrauch über ein ganzes Kalenderjahr gemessen wurde.

2.2 Energie und Leistungsbilanz

Die Ist-Analyse erfüllt folgenden Zweck:

- Identifikation von Verbrauchsschwerpunkten
- Vergleich und Bewertung der Gebäude durch Bildung von Kennwerten (Benchmarking)
- Hinweise auf Einsparpotenziale zu einzelnen Gebäuden (ABC-Analyse) zu zeigen
- die notwendigen Ausgangsdaten für die Erarbeitung und Bewertung von Einsparmaßnahmen bereitzustellen.

Für die Analyse der Verbrauchsdaten wurde das Jahr 2000 gewählt, da für die Jahre 2001 oder 2002 nur unvollständige Verbrauchs- und Abrechnungsunterlagen zur Verfügung stehen.

2.2.1 Analyse und Bewertung der Wärmeversorgung

Die Analyse des Wärmeverbrauchs erfolgt anhand der Abrechnungen des Energieversorgungsunternehmens und der Unterlagen des Hochbauamts der Stadt Frankfurt für das Jahr 2000. Die Berechnung der Gebäudegrundflächen und des Wärmeleistungsbedarfes wurde anhand der übergebenen Planunterlagen durchgeführt. Der Wärmeverbrauch wird auf den Folien 6 und 7 der Zwischenpräsentation mit einem Balkendiagramm dargestellt.

Für das Gebäude Krematorium lag eine Wärmebedarfsberechnung nach DIN 4701 vor, die im Rahmen der Techniksanie rung im Mai 1992 erstellt wurde.

Der Wärmebedarf für die Gebäude Altes Portal, Pförtnerhaus, Verwaltung Neues Portal, Umkleide Beistellerhof, Toiletten und Betriebshof wurde mit Hilfe einer Gebäudedatenbank ermittelt. Auf Grundlage der Gebäudegröße, der Baualtersklasse und gebäudespezifischer Besonderheiten, die im Rahmen der Bestandsaufnahme erfasst wurden, ist der Wärmeleistungsbedarf für Raumheizung anhand spezifischer Kennwerte ermittelt worden. Die spezifischen Kennwerte basieren auf der statistischen Auswertung aller vom Büro EBERT-Ingenieure bisher durchgeführten Detailstudien mit Berechnung des Wärmeleistungsbedarfes nach DIN 4701 (derzeit ca. 500 Gebäude). Aus den zur Verfügung gestellten Unterlagen wird hierzu die Energiebezugsfläche nach VDI 3807 ermittelt.

Wärmeleistungsbedarf

Die Tabelle 2.5 Wärmeleistungsbedarf enthält die Zusammenstellung der für den Bereich Raumheizung erforderlichen Wärmeleistung.

Gebäude	Fläche m ²	Wärme- leistungsbedarf Raumheizung kW	spez. Leistung W/m ²
Altes Portal	1090	92	84
Betriebshof	745	57	77
Fahrzeughalle Beistellerhof	628	61	97
Umkleide Beistellerhof	179	18	100
Krematorium und Trauerhalle	6070	341	56
Pförtnerhaus Eingang Rat-Beil-Str.	10	3	300
Verwaltung neues Portal, 4 Wohnungen	857	67	78
Pförtnerhaus Eingang Versorgungsamt Eckenheimer Landstrasse	11	2	182
Eingang Gruffenweg Rat-Beil-Str.	10	4	400
Toiletten Marbachweg	10	2	200
Summe Gesamt	9.609	647	

Tabelle 2.5 Wärmeleistungsbedarf

Es wird deutlich, dass das Krematorium einen Schwerpunkt des Wärmeleistungsbedarfes darstellt.

Aus den technischen Daten der Bestandsunterlagen ergeben sich die für übrigen Nutzungsbereiche anzusetzenden Leistungswerte. Die Warmwasserbereitung erfolgt in vielen Bereichen über elektrische Warmwasserbereiter.

Insgesamt ergeben sich folgende Werte (gerundet):

- **Wärmeleistungsbedarf Raumheizung** **650 kW**
- **Wärmeleistungsbedarf mechanische Lüftung** **300 kW**
- **Kälteerzeugung** **180°kW**
- **Netzverluste** **60°kW**

Die insgesamt zu installierende Wärmeerzeugerleistung ergibt sich demzufolge zu

- **Wärmeleistungsbedarf gesamt** **1.190 kW**

Wärmebilanz Hauptfriedhof

Der jährliche Wärmebedarf in den einzelnen Verbrauchsbereichen für sämtliche untersuchten Gebäude wird in folgender Tabelle dargestellt:

	Wärme- leistungsbedarf [kW]	Wärme-bedarf [MWh/a]
Raumheizung	647	786
Lüftung (RLT)	300	349
Brauchwarmwasser (BWW)	61	35
Kälte	185	215
Netzverluste	60	133
Bilanz:	1.250	1.500

Tabelle 2.6 Wärmebilanz gesamt

Diverse Wärmemengenzähler für einzelne Verbraucher (z.B. Absorptionskältemaschine) und das Rückkühlwerk sind zwar vorhanden, entsprechende Messungen stehen jedoch nicht zur Verfügung. Die Berechnung o.g. Wärmemengen erfolgte somit ausschließlich über die Leistungsdaten und Vollbenutzungsstunden. Im Kapitel 3 wird eine konkrete Maßnahme empfohlen, die eine Messung der Wärmemengen vorsieht.

Dem errechneten jährlichen Wärmebedarf steht folgende jährliche gemessene Wärmeerzeugung gegenüber:

- **jährlicher Erdgasverbrauch** **2.070 MWh/a**
- **jährliche Wärmeerzeugung** **2.660 MWh/a**

Gebäude	Erdgasverbrauch gemessen	Wärmeverbrauch aus gemessenen Erdgasverbrauch
	MWh/a	MWh/a
Altes Portal	152	137
Betriebshof	152	134
Fahrzeughalle Beistellerhof		0
Umkleide Beistellerhof	82	66
Krematorium und Trauerhalle	1.653	2.304
Pförtnerhaus Eingang Rat-Beil-Str.	5	4
Verwaltung neues Portal, 4 Wohnungen	2	2
Pförtnerhaus Eingang Versorgungsamt Eckenheimer Landstrasse	5	4
Eingang Gruftenweg Rat-Beil-Str.	4	3
Toiletten Marbachweg	13	10
Summe Gesamt	2.069	2.664

Gebäude	Fläche m ²	Erdgasverbrauch gemessen MWh/a	Wärmeverbrauch aus gemessenen Erdgasverbrauch MWh/a
Altes Portal	1090	152	137
Betriebshof	745	152	134
Fahrzeughalle Beistellerhof	628		0
Umkleide Beistellerhof	179	82	66
Krematorium und Trauerhalle	6070	1.653	2.304
Pförtnerhaus Eingang Rat-Beil-Str.	10	5	4
Verwaltung neues Portal, 4 Wohnungen	857	2	2
Pförtnerhaus Eingang Versorgungsamt Eckenheimer Landstrasse	11	5	4
Eingang Gruftenweg Rat-Beil-Str.	10	4	3
Toiletten Marbachweg	10	13	10
Summe Gesamt	9.609	2.069	2.664

Tabelle 2.7 Wärmeerzeugung gemessen

Durch den Einäscherungsvorgang der Leichen entsteht, wie in Tabelle 2.7 aufgeführt, im Krematorium ein höherer Wärmeverbrauch als vom Erdgas zugeführt. Als Differenz zwischen erzeugter Wärmemenge und Nutzwärmeverbrauch ergibt sich der

- **Bilanzrest** **1.160 MWh/a,**

entsprechend 43%, der folgendermaßen zuzuordnen ist:

- Wärmeabgabe über Rückkühlwerk
- Bereitschaftsverluste Warmwasserspeicher
- Zirkulationsverluste
- Raumwärmeverteilungsverluste

Wärmeangebot Krematorium

Die Wärmebilanz im Krematorium, von dem über Abgaswärmetauscher Heizwasser in drei weitere Gebäude als Fernwärme geleitet wird, soll nun detailliert betrachtet werden.

Die acht Brenner der Einäscherungsöfen (siehe Tabelle 2.1) des Krematoriums werden mit Erdgas betrieben. Im Krematorium existiert für diese Brenner ein eigener Gaszähler, der den Verbrauch ausschließlich für die Einäscherungsöfen registriert. Der Zähler des Krematoriums registrierte einen

- **Erdgasverbrauch im Jahr 2000 von** **1.653 MWh**

Die Anzahl der Einäscherungen im Jahr 2000 betrug 3.944. Bei rund 240 Betriebstagen entspricht dies durchschnittlich 16 Einäscherungen pro Betriebstag.

Aus dem Quotienten aus Erdgasverbrauch und Anzahl der Einäscherungen errechnet sich der

- **durchschnittlicher Erdgasverbrauch pro Einäscherung von** **0,4 MWh**

Laut Angabe des Ofenherstellers beträgt die

- **Wärmetauscherleistung während einer Einäscherung** **400 kW.**

Dies ist ein durchschnittlicher Wert pro Einäscherung, da in der Anheizphase und in der Nachverbrennung geringere Werte und während der Hauptverbrennung höhere Werte erzielt werden können.

Die vier Öfen werden im Einschichtbetrieb (6 Stunden pro Tag in Vollast) betrieben und nur zum Zweck der Einäscherungen. Die Gesamtbetriebszeit beträgt ca. 8,5 Stunden pro Tag (mit Teillastbetrieb in Aufheizphasen). Demzufolge errechnet sich:

- **Wärmeangebot des Krematoriums pro Tag** **10 MWh/d.**
- **Wärmeangebot des Krematoriums pro Jahr (240 d/a)** **2.300 MWh/a.**

Ein großer Teil der Wärmemenge wird über das Rückkühlwerk an die Umgebung abgeführt. Das liegt an dem geringen Wärmebedarf der Gebäude während der Sommermonate. In den Sommermonaten, in denen ausschließlich die Absorptionskältemaschine versorgt wird, muss die Restwärme des Krematoriums über das Rückkühlwerk ungenutzt an die Umgebung abgeführt werden. Für die Berechnung einer exakten Wärmebilanz, aus der sich die nicht genutzte Abwärme des Krematoriums (sowie der für die Gewährleistung der Auslegungskonditionen erforderliche zusätzliche Erdgasbedarf) quantitativ ergibt, wären Auswertungen des Bedarfsprofils und der bereitgestellten Wärmeleistung in Stundenschrittweite erforderlich.

Wärmeenergie Krematorium

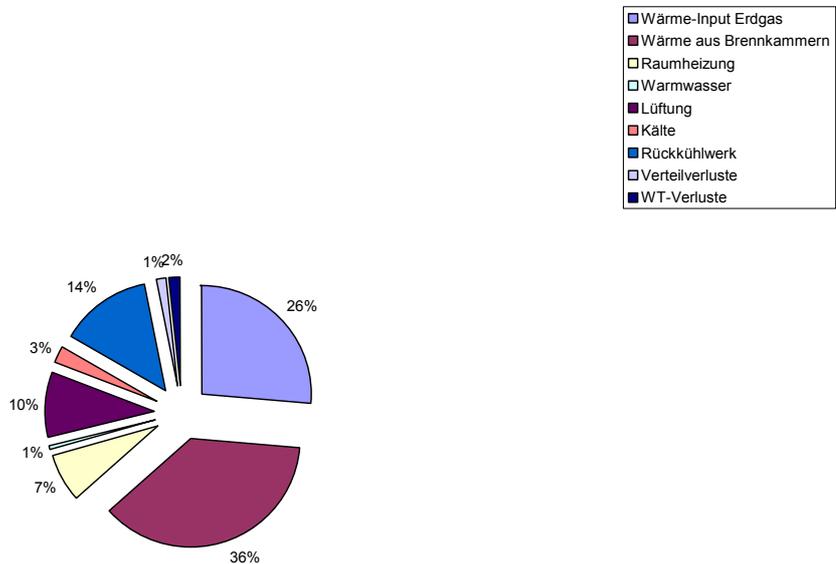


Abbildung 5 Wärmeenergie Krematorium



Bewertung der Fernwärmeversorgung

Während der Heizperiode ist zur Speicherung der Wärme in Zeiten außerhalb der Einäscherungen ein Pufferspeicher nötig.

Ein Vergleich der mittleren installierten Wärmeleistung ($4 \times 400\text{kW} \times 6\text{h} / 24\text{h} = 400\text{ kW}$) mit dem Wärmeleistungsbedarf der versorgten Gebäude (Raumheizung 469 kW , RLT 300 kW , s.o.) zeigt, dass im Auslegungsfall die benötigte Wärmeleistung durch das Krematorium nicht bereitgestellt werden kann.

	mittl.
mittl. Wärmeleistung	Wärmeleistung
Installiert	benötigt
kW	kW
400	769

Es liegt somit eine rechnerische Unterdimensionierung um fast 50% vor.

Erschwerend kommt hinzu, dass die Wärmekapazität der installierten Pufferspeicher im Auslegungsfall nur ausreicht, um max. 7 h Wärme liefern zu können. Der tageszeitliche Ausgleich würde jedoch eine Kapazität von $24\text{h} - 6\text{h} = 18\text{h}$ erforderlich machen und wird somit nicht gewährleistet.

Weiter ist zu berücksichtigen, dass die zusätzlich an die Fernwärmeversorgung angeschlossenen Gebäude nicht nur an Betriebstagen des Krematoriums (20 pro Monat), sondern an nahezu allen Tagen einen Wärmebedarf ausweisen.

Somit kann auch für das Neue Portal Fernwärme nicht in ausreichendem Maß zur Verfügung gestellt werden. Daraufhin wurde ein zusätzlicher Heizkessel eingebaut. Auch im Beistellerhof herrschen Montag morgens zeitweise unbehagliche Temperaturen. Maßnahmen zur Verbesserung der Situation werden in Kapitel 3 dargestellt.

Bewertung der Wärmeversorgung Flüssiggaskessel Betriebshof

Im Betriebshof im Hauptfriedhof sind zwei Heizkessel mit jeweils 116 kW Wärmeleistung installiert. Die Heizkessel, Baujahr 1975, wurden 1990 mit neuen Brennern ausgestattet und werden mit Flüssiggas betrieben.

Der jährliche Wärmebedarf für die vom Gaskessel versorgten Verbrauchsbereiche wird in folgender Tabelle dargestellt

	Wärme- leistungsbedarf	Wärmebedarf
	[kW]	[MWh/a]
Raumheizung	57	91
Brauchwarmwasser (BWW)	50	29
Netzverluste	10	22
	120	140

Tabelle 2.8 Wärmebilanz Flüssiggaskessel

- **Brennstoffverbrauch** **152 MWh/a**
- **Gesamtnutzungsgrad der Wärmeversorgung** **0,885**

Einem Wärmeleistungsbedarf von 120 kW steht eine installierte Kesselleistung von zweimal 116 kW gegenüber. Es ergibt sich somit eine

- **Überdimensionierung der Kesselanlage um den Faktor 1,9**

Eine konkrete Maßnahmenempfehlung wird in Kapitel 3 aufgeführt bzw. in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung erläutert.

ABC-Analyse Wärmeversorgung

Zur Bewertung der Einsparungen im Bereich Wärme wird die sog. „ABC-Analyse“ angewendet

Dabei wird aus dem gemessenen Heizwärmeverbrauch ein auf die beheizte Bruttogeschossfläche (BGF) bezogener Energieverbrauchskennwert Wärme berechnet und einem Vergleichskennwert Wärme gegenübergestellt. Die Vergleichskennwerte für die Gebäude werden der ages Studie 1999¹ und der VDI 3807² entnommen. Aus der Differenz dieser Kennwerte, multipliziert mit der BGF, ergibt sich ein rechnerischer Mehrverbrauch. Der Mehrverbrauch der

¹ Verbrauchskennwerte 1999 der ages GmbH, Münster

² VDI 3807, Energieverbrauchskennwerte für Gebäude

einzelnen Gebäude wird absteigend geordnet, wobei für jedes Gebäude der prozentuale Anteil am gesamten rechnerischen Mehrverbrauch ermittelt wird. Hieraus ergibt sich eine Klassifizierung in die drei Kategorien A, B und C. Ein Schwerpunkt der Einsparpotentiale ist bei den Gebäuden aus Kategorie A zu erwarten, weshalb diesen bei der Maßnahmenidentifikation (siehe Kap. 3) besondere Bedeutung zu kommt.

Gebäude	Energie- verbrauchs-kennwert Wärme kWh/m ² *a	Vergleichs-kennwert Wärme kWh/m ² *a	MWh/a	Rechnerischer Mehrverbrauch €/a	%	ABC-Analyse		
						A	B	C
Altes Portal	126	111	16	487	64	A		
Umkleide Beistellerhof	366	315	9	275	36	A		
Betriebshof	180	188	-6	(188)				
Pförtnerhäuser	109	111	0	(3)				
Fahrzeughalle Beistellerhof	0	89						
Verwaltung neues Portal	2	111						
Krematorium und Trauerhalle	380	n.v.						
Summe			3	762	100			

Tabelle 2.9 ABC-Analyse Wärme

Mit dieser Analyse können vier Gebäude bewertet werden. Zunächst sollen mögliche Ursachen des rechnerischen Mehrverbrauchs dieser Gebäude diskutiert werden.

Das *Alte Portal*, das als Verwaltungsgebäude genutzt wird, zeigt Mängel an der Heizungsregelung und Schwächen an der Gebäudehülle.

Die *Umkleide Beistellerhof* wurde vor wenigen Monaten mit einer neuen Kesselanlage ausgerüstet. Die alte Kesselanlage kann im betrachteten Jahr 2000 einen erhöhten Verbrauch verursacht haben.

Für die *Fahrzeughalle Beistellerhof*, die über einen Fernwärmeanschluss vom Krematorium mit Wärme versorgt wird, stehen von der Gebäudeleittechnik keine Verbrauchswerte zur Verfügung.

Der *Betriebshof* weist einen durchschnittlichen Energieverbrauchs-kennwert Wärme auf. Demnach arbeitet die alte Kesselanlage mit Regelungstechnik (Bj. 1975) und dem überdimensionierten alten Warmwasserbereiter (Bj. ca. 1950) relativ gut.

In der *Verwaltung neues Portal* ist neben dem Fernwärmeanschluss vom Krematorium noch einen Gas-Heizkessel installiert. Es konnten nur die Verbrauchsdaten vom Gas-Heizkessel erfasst werden.

Für das Gebäude *Krematorium mit Trauerhalle* ist weder ein Referenz-Kennwert verfügbar, noch liegt eine auf dieses Gebäude bezogene Verbrauchsmessung vor.

Die entwickelten Maßnahmen erscheinen unter Kapitel 3.

Witterungsbereinigung

Der Energieverbrauch für Heizen und Lüften ist von verschiedenen Einflussgrößen abhängig. Nicht beeinflussbar, jedoch wesentlich, ist die Witterung. Bei der Bereinigung des Heizenergieverbrauchs wird der Witterungseinfluss über die Gradtagszahlen erfasst. Die Bereinigung des Heizenergieverbrauches erfolgt auf Grundlage der Verbrauchsdaten des Jahres 2001 vom Hochbauamt Frankfurt, die im Internet veröffentlicht sind³. Der Mittelwert in Frankfurt aus den Jahren 1988 bis 2001 beträgt 3.185 Kd/a Die gemessene Jahresgradtagszahl für das Jahr 2000 beträgt 2.824 Kd/a. Da die Verteilung des Endenergieverbrauchs innerhalb der Gebäude nicht immer durch Unterzähler erfasst wird, wurde vereinfachend angenommen, dass die Energieträger Erdgas und Fernwärme stets zur Raumheizung eingesetzt werden. Im Anhang werden auf dem Blatt Gesamtverbrauch Wärme, Strom und Wasser, die Gradtagszahlen gezeigt.

Endenergieverbrauch * (mittlere Heizgradtage / Heizgradtage)				
Gradtagszahlen Frankfurt a.M. Hauptfriedhof in Kd/a				
	Erdgasverbrauch	Gtm	Gta	Bereinigt
	MWh	K*d/a	K*d	MWh/a
Gesamt 2000	2.069	3.185	2.824	2.333

Tabelle 2.10 Witterungsbereinigung

Die Witterungsbereinigung wurde in der Gegenüberstellung der Verbrauchswerte für die Jahre 1999 bis 2001 für Wärme Hauptfriedhof gesamt und für Flüssiggas durchgeführt (s. Anhang)

³ <http://www.stadt-frankfurt.de/energiemanagement/>

2.2.2 Analyse und Bewertung der Stromversorgung

Die Analyse des Stromverbrauchs erfolgt anhand der Abrechnungen von HT- und NT-Arbeit sowie Leistung für das Jahr 2000. Der Stromverbrauch wird auf den Folien 11 und 12 der Zwischenpräsentation mit einem Balkendiagramm dargestellt.

Zählernummer	Gebäude	Fläche m ²	Energieverbrauch Gemessen MWh/a
805.753	Altes Portal Eckenh. 188+180	1.090	26
102991, 023558	Trauerhalle Krematorium, Beistellerhof, Verwaltung Neues Portal Eckenheimerstr. 196	7.733	869
18.224	Pförtner Ausgang, Eckenheimerstr.200, Betriebshof	756	15
652.946	Toiletten Marbachweg	10	4
363.528	Rat-Beil-Str.10	10	0
398.840	Rat-Beil-Str.11		
131.542	Pförtner Ausgang, Rat-Beil-Str.	10	1
Summe Gesamt		9.609	914

Tabelle 2.11 Verbrauchszuordnung, elektrischer Strom

Elektrische Leistung

Die aus dem Netz bezogene Leistung wird nur für den Zähler 023558 mittels 1/4 h-Messung ermittelt und nach Jahreshöchstwert abgerechnet. Dabei wird ein Mittelwert der drei Monatshöchstleistung im Jahr ermittelt und abgerechnet. Es ergab sich im Jahr 2000 ein Mittelwert der

- **Höchstleistung von** **145 kW**

Elektrische Arbeit

Der Jahreswirkstromverbrauch betrug im Bezugszeitraum

- **HT und NT-Wirkstromverbrauch** **915 MWh/a**

Aus dem Mittelwert der bezogenen Höchstleistung und dem Jahreswirkstromverbrauch ergeben sich sehr hohe Vollbenutzungsstunden von 6.300 h/a. Das erklärt sich mit den ungewöhnlich hohen Anforderungen an die Lüftungstechnik, die meist als Dauerläufer (24 Stunden am Tag) betrieben werden. Die

leistungsstärksten Lüftungsgeräte sind in Aufbahrung und Sammelkühlräume installiert.

ABC-Analyse Stromversorgung

Wie im Kapitel Analyse und Bewertung der Wärmeversorgung soll zur Bewertung der Einsparungen im Bereich Strom die ABC-Analyse angewendet werden. Die Vergleichskennwerte für die Gebäude werden wieder der ages Studie 1999 und der VDI 3807 entnommen.

Gebäude	Energieverbrauchs- kennwert Strom kWh/m ² *a	Vergleichskennwert Strom kWh/m ² *a	Rechnerischer Mehrverbrauch		
			MWh/a	€/a	%
Altes Portal Eckenh. 188+180	24	18	7	397	54
Toiletten Marbachweg	400	18	4	231	31
Pförtner Ausgang, Eckenheimerstr.200, Betriebshof	20	18	1	84	11
Pförtner Ausgang, Rat-Beil-Str.	57	18	0	23	3
Trauerhalle Krematorium, Beistellerhof Eckenheimerstr. 196	112	n.v.			
Summe Gesamt			12	735	100

Tabelle 2.12 ABC-Analyse Strom

Mit dieser Analyse können alle Bereiche bis auf die Trauerhalle Krematorium (für die kein Referenz-Kennwert vorliegt, s.o.) bewertet werden. Jedoch wird in diesen Bereichen nur 5% des elektrischen Energieverbrauches benötigt. Zunächst sollen mögliche Ursachen des rechnerischen Mehrverbrauchs der Gebäude diskutiert werden. Die entwickelten Maßnahmen erscheinen unter Kapitel 3.

Im *Alten Portal* befindet sich die Haupt-Rechneranlage des Friedhofes. Das Warmwasser wird elektrisch mit Untertischgeräten und Durchlauferhitzer bereitet.

Die *Toiletten am Marbachweg* werden elektrisch beheizt.

Das Außengelände des *Betriebshofes* wird mit Flutlicht beleuchtet. Das Umkleide- und Aufenthaltsgebäude mit Beleuchtung wird stark genutzt.

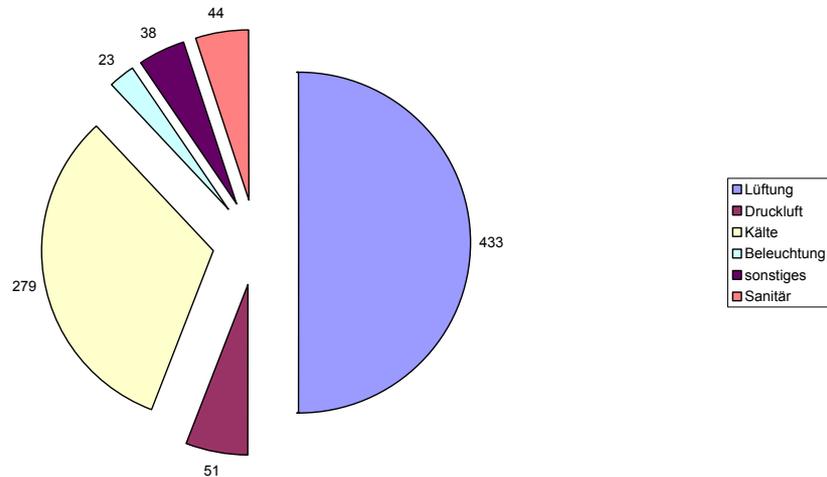
Abschätzung zur Aufteilung des elektr. Stromverbrauches Krematorium (MWh)


Abbildung 6 Aufteilung des el. Stromverbrauches Krematorium

Die Hauptverbraucher an elektrischer Energie befinden sich im Gebäude *Trauerhalle, Krematorium*, wie in Tabelle 2.11 gezeigt. Eine Auflistung der Verbraucher befindet sich im Anhang unter Geräteauflistung. Der Großteil der elektrischen Energie wird von den Lüftungs- und Kälteanlagen benötigt. Durch die speziellen Anforderungen in Räumen wie Sargvorbereitung und Leichensammelräume haben die Lüftungsanlagen hohe Betriebszeiten. Die regelungstechnische Ausstattung der Anlagen erlaubt in einigen Fällen die Anpassung der Luftmengen durch manuelle Zu- oder Abschaltung. Eine Maßnahmenempfehlung wird in 3 vorgestellt. Der Verbrauch *Trauerhalle, Krematorium* beinhaltet auch die Gebäude Beistellerhof, Rückkühlwerk und Verwaltung Neues Portal, da diese aufgrund der Zählerstruktur nicht separat ausgewiesen werden können.

Auswertung der Messdaten der elektrischen Leistungsaufnahme

Im Zeitraum 21. Februar 2003 bis 02. April 2003 wurden über die neu angebrachte Fernauslesung Messdaten der elektrischen Leistungsaufnahme für den Hauptfriedhof aufgezeichnet und ausgewertet.

Es wurde ein Messbereiche (Krematorium) aufgezeichnet

Kundennummer: 274
 Kundenname: Garten u. Friedhofsamt
 Eindeutige Kd.-Nr.: 1526
 Geräte ID: 12438047
 Kanalnummer: 1
 Liniennummer: 65537
 Linienbezeichnung: 12438047-1-1-1-LP
 Eindeutige Li.-Nr.: 7114
 Kennzahl: 1-1:1.9
 Einheit: kW
 Wandlerfaktor: 160
 Primärwerte berechnet: Ja
 MP-Dauer: 15

Tabelle 2.13 Daten zum Messpunkt von Mainova im Hauptfriedhof

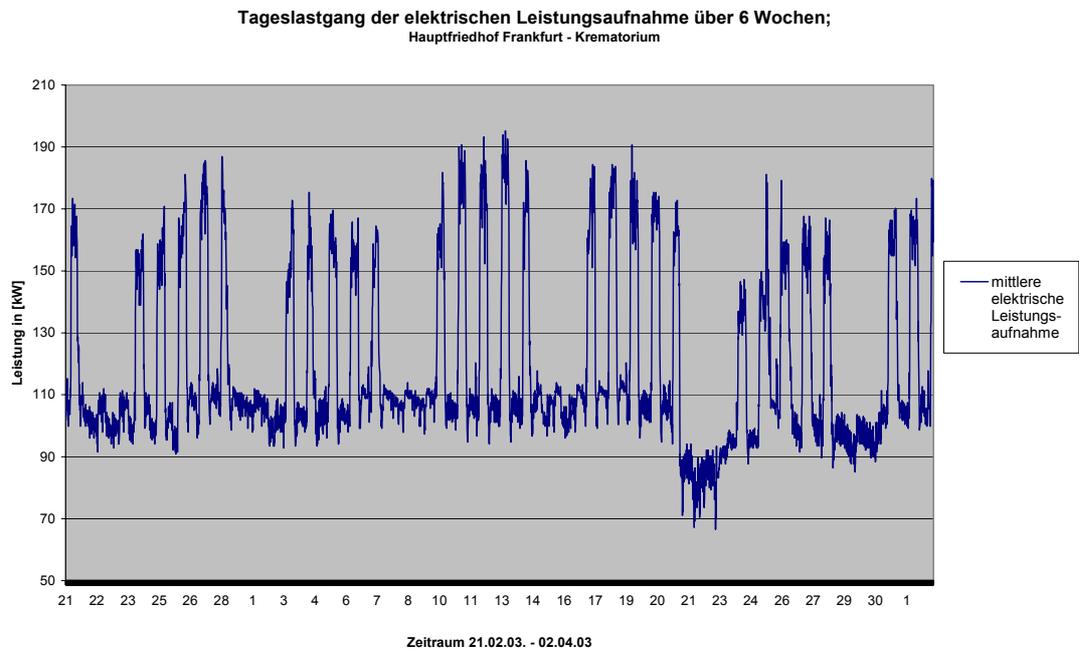


Abbildung 7 Tageslastgang der elektrischen Leistungsaufnahme

Der Zeitraum der Messung ging über 41 Tage. Die Betrachtung der Messreihe über den gesamten Zeitraum zeigt die relativ hohen Unterschiede der elektrischen Leistungsaufnahme zwischen Nutzungszeiten Montag bis Freitag. Die Tageshöchstlast liegt zwischen 160 und 195 kW. Ebenfalls ersichtlich ist während der Nacht der Rückgang der Leistungsaufnahme auf ein Niveau von ca. 90 - 100 kW, welches die Grundlast des Gebäudes beschreibt. Auffallend ist der Unterschied am Wochenende 21. März bis 23. März, an dem die Leistungsaufnahme gegenüber den vier vorherigen Wochenenden um ca. 20 kW niedriger war. Hier wurde über die Leitzentrale eine Störmeldung des Absorbers gemeldet. Dadurch kann die York-Kältemaschine mit Lösungsmittelpumpe und Kältemittelpumpe außer Betrieb genommen worden sein, was den

Leistungsabfall begründen könnte. Der Mittelwert der Lastaufnahmen über den gesamten Zeitraum beträgt 120 kW.

Tageslastgang der elektrischen Leistungsaufnahme übers Wochenende
Hauptfriedhof Frankfurt - Krematorium

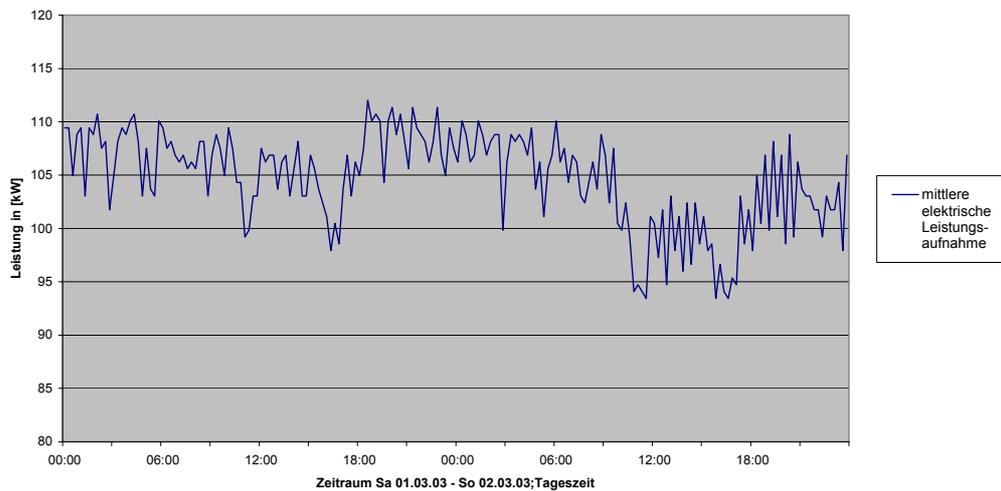


Abbildung 8 Tageslastgang der elektrischen Leistungsaufnahme

Am Wochenende Samstag (01.03.2003) und Sonntag (02.03.2003) findet eine konstante Lastabnahme statt, welche sich bei 105 kW einstellt.

Tageslastgang der elektrischen Leistungsaufnahme über 5 Tage
Hauptfriedhof Frankfurt - Krematorium

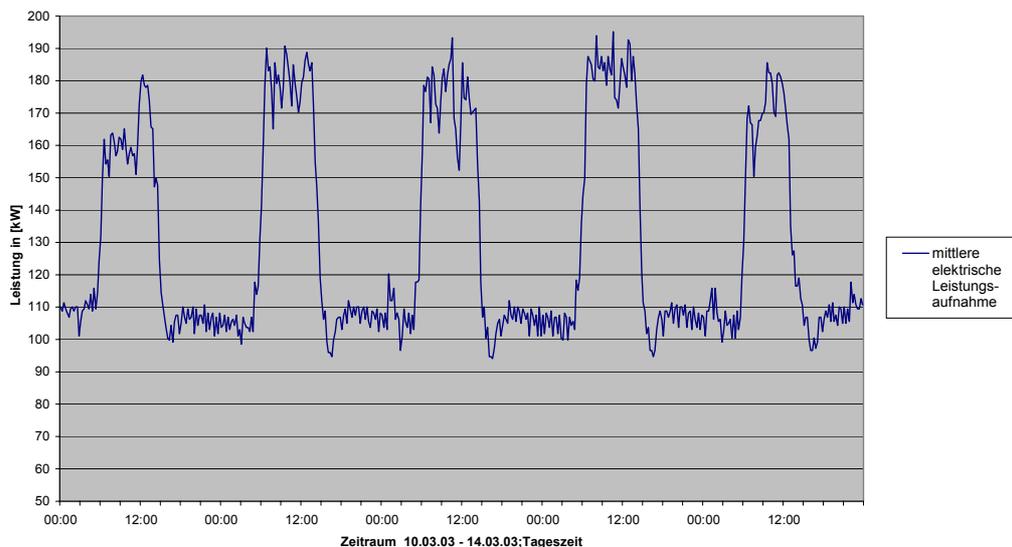


Abbildung 9 Tageslastgang der elektrischen Leistungsaufnahme

Bei der Betrachtung einer Woche (Mo 10.02.2003 – Fr 14.02.2003) erkennt man wieder deutlich die Höchstlasten von ca. 180 kW, die sich in der Nutzungszeit einstellen. Der Mittelwert der betrachteten 5 Tage beträgt 130 kW.

Wie oben ausgeführt wurde ein Mittelwert der drei Monatshöchstleistung im Jahr 2000 von 145 kW ermittelt. Im Jahr 2001 wurden die Höchstleistungen in den Monaten

Januar 148 kW

Mai 148 kW

Oktober 148 kW

ermittelt.

Das zeigt gegenüber der aktuellen Messung im Februar/März 2003 mit Höchstleistungen von ca. 190 kW, dass die elektrische Leistungsaufnahme um ca. 30% gegenüber den Jahren 2000 und 2001 zugenommen hat.

Aus den Messungen lässt sich erkennen:

1. Die Lastspitzen während der Werktage differieren um ca. 35 kW
2. Es zeigt sich eine sehr hohe Grundlast, was die bisherigen Analysen (s.o.) bestätigt
3. Die Grundlast am Wochenende des 22. März ist ca. 25 kW niedriger als im Regelfall (Störmeldung Absorptionskältemaschine).
4. Die mittleren Leistungsspitzen haben sich gegenüber den Vorjahren um ca. 30% erhöht

Eine Maßnahmenempfehlung erfolgt in Kap. 3.3.1.

2.2.3 Analyse und Bewertung des Trinkwassers

Die Versorgung des Hauptfriedhofs mit Stadtwasser wird durch vier Haupteinspeisungen von den drei Seiten Marbachweg, Eckenheimer Landstraße und Friedberger Landstraße sichergestellt. Daraus ergibt sich der Gesamtverbrauch. Unter Abbildung 4 werden die Einspeisepunkte mit den Hauptversorgungstrassen gezeigt. Der Wasserverbrauch wird auf der Folie 9 der Zwischenpräsentation mit einem Balkendiagramm dargestellt.

In den Gebäuden sind Wasserzähler installiert, die den Wasserverbrauch in den Gebäuden erfassen. Eine graphische Aufschlüsselung des Verbrauchs je Zähler und der Kosten wird im Anhang unter dem Blatt Wasserverbrauch 2000 vorgestellt.

Zählernummer	Gebäude / Bereiche	Fläche m ²	Wasserverbrauch Gemessen m ³ /a	Berechnete Abwassermenge m ³ /a
128.528	Altes Portal Eckenh. 188+180; HE	1090	156	156
183.217	Trauerhalle Eckenh. 196	6927	1.104	1.104
165.526	Umkleide Beistellerhof; HE	807	4.741	4.741
150.547	Betriebshof, Eckenheimer Landstr. 200	745	881	881
137.442	Pförtner gesamt	31	251	
175.339	Toiletten Marbachweg	10	441	
185.514	Im Friedhofsgelände "schwarzes Tor"; HE		6.691	
171.841	Im Friedhofsgelände "Marbachweg"; HE		10.786	
173.898	Abzug "Capri Pizza"		-1.747	
145.400	Abzug "Genossensch. Friedhofsgärtner"		-785	
128.615	Rat-Beil-Str. 10 Wohnung Meier-Ude auf jüdischen Friedhof		16	
Summe:		9.609	22.535	6.882

HE = Haupteinspeisung

Tabelle 2.14 Wasserverbrauch

Regelung der Abwassergebühr mit dem Wasserversorgungsunternehmen.

Die Verfahrensweise zur Bestimmung der Berechnung für Kanalgebühren auf Wasserzähler wird in Absprache geregelt. Das Entwässerungsamt der Stadt Frankfurt wird vom Grünflächenamt über Wasserstellen, die über keine Einleitung an das Kanalsystem verfügen, informiert. Daraufhin informiert das Entwässerungsamt das Wasserversorgungsunternehmen über die Abrechnungsstruktur (Berechnung Frischwasser und Abwasser) der vorhandenen Wasserzähler. Gemäß der Aufstellung in Tabelle 2.14 Wasserverbrauch, werden für vier der vorhandenen neun Wasserzähler Abwassergebühren berechnet.

Unter 3.3.1, Optimierung Energielieferverträge, werden Empfehlungen zur Vertragsgestaltung der drei Zähler mit den Nummern 185 514, 165 526, 171 841 und zur Abwasserverrechnung genannt

ABC-Analyse Wasserversorgung

Wie im Kapitel Analyse und Bewertung der Wärmeversorgung soll zur Bewertung der Einsparungen im Bereich Wasser die ABC-Analyse angewendet werden. Die Vergleichskennwerte für die Gebäude werden wieder der ages Studie 1999 und der VDI 3807 entnommen.

Gebäude	Verbrauchskennwert wasser l/m ² *a	Vergleichskennwert Wasser l/m ² *a	Rechnerischer Mehrverbrauch		
			m ³ /a	€/a	%
Betriebshof, Eckenheimer Landstr. 200	1.183	266	683	2527	96
Altes Portal Eckenh. 188+180	143	116	30	109	4
Trauerhalle Eckenh. 196	159	n.v.			
Umkleide Beistellerhof	5.877	n.v.			
Pförtner Ausgang, Rat-Beil-Str.	7.171	n.v.			
Toiletten Marbachweg	44.100	n.v.			
Im Friedhofsgelände "schwarzes Tor"		n.v.			
Im Friedhofsgelände "Marbachweg"		n.v.			
Abzug "Capri Pizza"		n.v.			
Abzug "Genossensch. Friedhofsgärtner"		n.v.			
Rat-Beil-Str. 10 Wohnung Meier-Ude auf jüdischen Friedhof		n.v.			
			712	2.636	100

Tabelle 2.15 ABC-Analyse Wasser

Mit dieser Analyse können die folgenden zwei Bereiche bewertet werden:

Der *Betriebshof* zeigt gegenüber dem Vergleichskennwert einen beträchtlichen rechnerischen Wassermehrverbrauch. Fahrzeugwaschanlagen, Stiefelwaschplätze und Umkleiden mit Duschen bilden die Haupt-Wasserverbraucher.

Im *Alten Portal*, das als Verwaltungsgebäude genutzt wird, wurden keine außergewöhnlichen Wasserverbraucher identifiziert.

Wie in Tabelle 2.14 Wasserverbrauch gezeigt, werden jedoch über die Zähler „Im Friedhofsgelände Marbachweg“, „Im Friedhofsgelände Schwarzes Tor“ und „Umkleide Beistellerhof“ die größten Wassermengen abgenommen. Über diese drei Zähler wird die gesamte Außenbewässerung des Friedhofes erfasst. Der Wasserverbrauch der o.g. zwei Gebäude ist demgegenüber sehr gering. Da sich das Leitungsnetz über viele Kilometer erstreckt und bislang nur teilweise erneuert wurde, ist mit einer hohen Leckwasserrate zu rechnen.

Eine Untersuchung des Grünflächenamtes, Innerer Betrieb am Hauptfriedhof, im Mai 2003 zeigte einen Verbrauch nachts innerhalb 8 Stunden von ca. 15 m³ Trinkwasser. Dabei wurden die Zähler mit den Nummern 185514, 165526, 171841 abends nach Schließung des Friedhofgeländes, und morgens vor Öffnung des Friedhofes abgelesen.

Die entwickelten Maßnahmen erscheinen unter Kapitel 3.3.1.

2.2.4 Energielieferverträge

Im folgenden werden die wesentlichen Rahmenbedingungen der Energie- und Trinkwasserlieferung für das Bezugsjahr 2000 aufgeführt und bewertet (alle Angaben brutto).

2.2.4.1 Erdgasliefervertrag

Wärme Erdgas Gebäude	Zählernummer Vertrag/Tarif	
Altes Portal Eckenheimer Landstraße 188	994.223	Zentralheizungsvertrag VH
Pförtner Ausgang Gruftenhalle Toiletten / Rat-Beil-Straße	752.170	VG 1
Verwaltung, Ausgang Neues Portal, Eckenheimer Landstraße 194	985.010	Zentralheizungsvertrag VH
Trauerhalle/Krematorium Eckenheimer Landstraße 196	000.149	VL
Umkleide Beistellerhof Eckenheimer Landstraße 196	955.972	VG 1
Pförtner Ausgang, Eckenheimer Landstraße 198	742.846	VG 1
Toiletten Marbachweg 131 G	775.865	Kleinverbrauchertarif

Tabelle 2.16 Erdgasverträge

Wie in Tabelle 2.16 gezeigt, existieren für die einzelnen Verbrauchsstellen unterschiedliche Verträge und Tarife. Der Hauptverbraucher, Trauerhalle/Krematorium wird über einen VL-Vertrag abgerechnet. Bei diesem Leistungstarif wird die Tageshöchstleistung zwischen 6 und 18 Uhr gemessen und mit der höchsten bezogene Wärmemenge je Tag berechnet. Dabei wurde ein Rabatt von 1% gewährt. Die restlichen Vertragsarten sind Sondertarifverträge, die über Nennwärmeleistung der angeschlossenen Geräte und der gemessenen Verbrauchsmenge berechnet werden. Für die Versorgung des Hauptfriedhofs mit Erdgas ist die Mainova Frankfurt zuständig. Sonderrabatt wird nicht gewährt.

2.2.4.2 Flüssiggasliefervertrag

Für die Versorgung des Hauptfriedhofs mit Flüssiggas ist die Firma Jordan und Kremer aus Mainz zuständig. Die sich im Jahresdurchschnitt ergebenden spezifischen Brennstoffkosten liegen bei 52 €/MWh. Rabatt wird nicht gewährt.

2.2.4.3 Stromliefervertrag

Strom

Gebäude	Zählernummer Vertrag/Tarif		Verbrauch
			Jahr 2000
			MWh
Altes Eckenheimer Landstraße 190	805.753	Business Plus	26
Pförtner Ausgang Gruftenhalle Toiletten / Rat-Beil-Str.	131.542	Business Classic	0
Trauerhalle Krematorium Eckenheimer Landstraße 194	102991, 023558	Sondervertrag	869
Betriebshof, Pförtner Eckenheimer Landstraße 200	18.224	Business Plus	15
Toiletten, Blumenladen Marbachweg 135	652.946	Business Plus	4
Pförtner Ausgang Gruftenhalle Toiletten / Rat-Beil- Straße 10	363.528	Business Classic	0
Pförtner Ausgang Gruftenhalle Toiletten / Rat-Beil- Straße 10	398.840	Business Classic	1

Tabelle 2.17 Stromverträge

Wie in Tabelle 2.17 gezeigt, existieren auch für die Stromverbraucher unterschiedliche Verträge und Tarife. Der Hauptverbraucher, Trauerhalle/Krematorium wird über einen Sondervertrag abgerechnet. Dabei wird die elektrische Leistungsaufnahme erfasst und verrechnet. Im Zeitraum vom 1.1.2000 bis 31.3.2001 wurde vom EVU eine Pauschalrückzahlung als Nachlass in Höhe von 12.268 € (23.993,20 DM) abgerechnet, der sich zeitlich, also auf Kalendermonate des Jahres 2000, nicht zuordnen lässt. Daher lässt sich weder rechnerisch noch auf Nachfrage bei Mainova eine exakte Einteilung in Tarife (HP1 und HP2) auf die Zähler 102991 und 023558 für das Jahr 2000 zuordnen. Seit 1.4.2001 wird innerhalb eines Rahmenvertrages ein Rabatt von 6% gewährt. Die restlichen Vertragsarten sind Sondertarifverträge für Gewerbekunden ohne Leistungsmessung. Die Stromversorgung des Hauptfriedhofs erfolgt durch die Mainova Frankfurt.

Seit Mitte des Jahres 2000 steigen die Strompreise. Es ist damit zu rechnen, dass das Preisniveau weiter steigt und den Wert von 1998 wieder erreicht. Die sich im Jahresdurchschnitt ergebenden spezifischen Stromkosten liegen mit 82 €/MWh in einem niedrigem Bereich. HT und NT-Strom wird mit gleichen Preisen verrechnet.

2.2.4.4 Wasserbezug

Wasser

Gebäude	Zählernummer	Vertrag/Tarif
Altes Portal Eckenheimer Landstraße 194	128.528	Aqua Classic
Pförtner Ausgang Gruffenhalle Toiletten / Rat-Beil-Straße	137.442	Aqua Classic
Trauerhalle/Krematorium Eckenheimer Landstraße 194	183.217	Aqua Classic
Umkleide Beistellerhof Eckenheimer Landstraße 194	165.526	Aqua Classic
Betriebshof Straße: Eckenheimer Landstraße 194	150.547	Aqua Classic
Toiletten Marbachweg 120	175.339	Aqua Classic
Bewässerung Friedhof, Schwarzes Tor Eckenheimer Landstraße 194	185.514	Aqua Classic
Bewässerung Friedhof Eckenheimer Landstraße 194	171.841	Aqua Classic
Abzug "Capri Pizza"	173.898	Aqua Classic
Abzug "Genossensch. Friedhofsgärtner"	145.400	Aqua Classic
Wohnung Meier-Ude auf Jüd. Friedhof Rat-Beil-Straße 10	128.615	Aqua Classic

Tabelle 2.18 Wasserlieferverträge

Tabelle 2.18 zeigt, dass für alle Wasserverbrauchsstellen mit einem Tarif verrechnet werden. Die Wasserversorgung erfolgt durch die Mainova Frankfurt. Im Jahr 2000 wurde ein Preis für die Frischwasserversorgung von 1,9 €/m³ erhoben. Auf den Wasserbezug wurde ein Rabatt von 10% gewährt. Eine Einleitung in die Kanalisation fand ebenfalls statt und wurde mit 1,8 €/m³ berechnet. Die sich im Jahresdurchschnitt ergebenden spezifischen Gesamtkosten betragen 2,44 €/m³. Im Vergleich zu anderen bundesdeutschen Städten liegt dieser Tarif für Frischwasserbezug in einem erhöhten Bereich, die Abwassergebühren in einem durchschnittlichen Bereich.⁴ Einzelabrechnungen der aufgeführten Wasserzähler existieren nicht. Dem Grünflächenamt liegen nur Jahresgesamtrechnungen vor.

Das Abwasser wurde wie in 2.2.3 genannt verrechnet. Die Verrechnung von Wasserzählerwerten richtet sich nach der vom Grünflächenamt angegebenen Zählern mit Kanalanschluss. Vertragsunterlagen liegen dem Stadtentwässerungsamt und der Mainova nicht vor.

⁴ Verband der Energieabnehmer 1999

2.2.5 Kostenbilanz

Die mit der bestehenden Wärme, Strom und Trinkwasserversorgung verbundenen Kosten (Bezugsjahr 2000, brutto) sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst:

Jahresgesamtkosten Wärmeversorgung:

- | | |
|--------------|------------|
| - Erdgas | 52.053 €/a |
| - Flüssiggas | 9.239 €/a |

Jahresgesamtkosten Strom: 75.251 €/a

Jahresgesamtkosten Wasser/Kanal 63.749 €/a

Summe Verbrauchskosten: 200.261 €/a

Spezifische Kosten:

Brennstoff (Durchschnitt)	30 €/MWh
Erdgas	29,9 €/MWh
Flüssiggas	52,4 €/MWh
Strom (Kraft/Licht):	82,4 €/MWh
Wasser/Kanal:	2,6 €/m ³
Kosten/Energiebezugsfläche Wärme	6,37 €/m ²
Kosten/Energiebezugsfläche Strom	7,84 €/m ²
Kosten/Wasserbezugsfläche	6,63 €/m ²



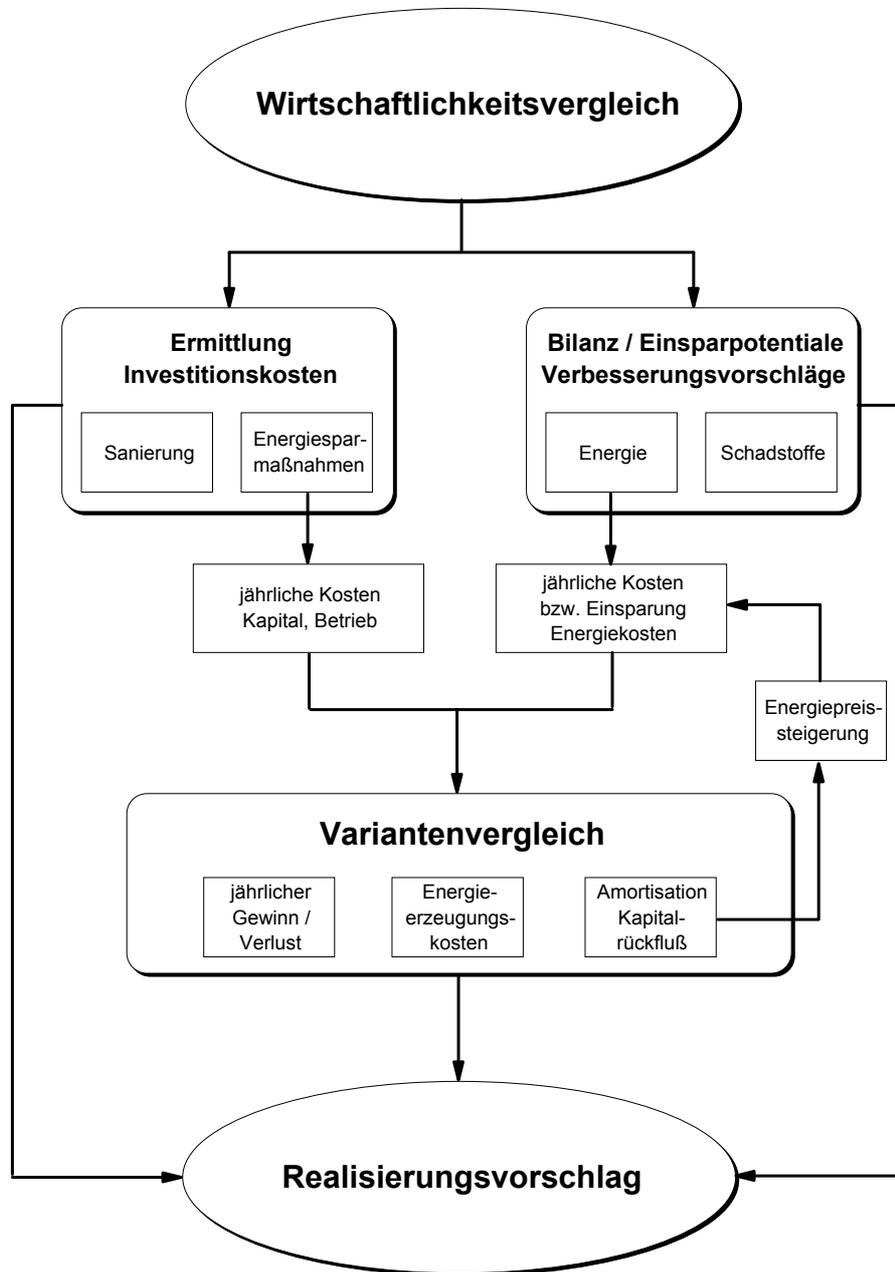
2.2.6 Übersicht Verbrauch und Kosten für Wärme, Strom und Wasser

Gebäude	Fläche	Wärme	Kosten	Strom	Kosten	Wasser	Kosten
	m ²	MWh/a	€	MWh/a	€	m ³ /a	€
Altes Portal	1.090	152	4.569	26	1.718	156	296
Betriebshof	745	637	7.904	enth.		881	1.674
Fahrzeughalle Beistellerhof	628	enth.		enth.		4.741	9.008
Umkleide Beistellerhof	179	82	2.459	enth.			
Krematorium und Trauerhalle	6.070	1.653	37.003	869	62.057	1.104	2.098
Pförtnerhaus Eingang Rat-Beil-Str.	10	5	150	enth.		251	477
Verwaltung neues Portal, 4 Wohnungen	857	2	55	enth.			
Pförtnerhaus Eingang Versorgungsamt Eckenheimer Landstrasse	11	5	144	15	885		
Eingang Gruftenweg Rat-Beil-Str.	10	4	148	1	34		
Toiletten Marbachweg	10	13	379	4	243	441	838
Im Friedhofsgelände						17.477	33.206
Abwasser							12.140
Abzugszähler						(2.532)	(4.811)
Summe Gesamt	9.600	2.600	52.800	900	64.900	22.500	54.900
Jahr 2000 Kosten Gesamt [€] netto			172.600				
Jahr 2000 Kosten Gesamt [€] brutto			200.200				

Tabelle 2.19 Übersicht Verbrauch und Kosten

Die Einzelsummen sind im Anhang (Tafel 9.1) jeweils zuzüglich ges. Mehrwertsteuer gelistet.

3 Ermittlung der Wirtschaftlichkeit für Maßnahmen



Hier werden sämtliche Maßnahmen beschrieben, die Energieverbrauch, Wasserverbrauch und Schadstoffausstoß senken bzw. zum Erhalt der baulichen oder technischen Substanz erforderlich sind. Dabei wird auf die Ansatzpunkte für Energieeinsparungen bzw. auf Ursachen von Mängeln und Schäden eingegangen und es werden gebäudebezogene Ausführungshinweise gegeben. In einem weiteren Schritt werden die Einsparpotentiale für Energie, Wasser, Schadstoffe und Verbrauchskosten detailliert errechnet. Auf der Basis einer Investitionsermittlung und einer Wirtschaftlichkeitsanalyse erfolgt eine Wertung der einzelnen Maßnahmen nach Prioritätenstufen.

3.1 Vorgehensweise

Von den untersuchten 10 Gebäuden im Hauptfriedhof Frankfurt am Main wurden in 8 Gebäuden Einsparpotenziale ermittelt und untersucht. Um einen Gesamtüberblick zu geben, wird in 3.2 vorgestellt, welche Maßnahmen in diesen 8 Gebäuden nachfolgend betrachtet werden.

Anschließend wird in 3.3 für jedes Gebäude eine detaillierte Beschreibung der Einzelmaßnahmen gegeben sowie eine Handlungsempfehlung zur Umsetzung ausgesprochen. Die gefundenen Sanierungsmaßnahmen werden in 3.4 erläutert.

In 5.1 werden nichtinvestive Maßnahmen, investive Maßnahmen und organisatorische Maßnahmen unterschieden. In 5.2 wird die zeitliche Empfehlung zur Umsetzung der Maßnahmen aufgeführt. Die Berechnung der Einsparpotenziale, Investitionen und Wirtschaftlichkeit je Gebäude und Maßnahme und ein Gesamtüberblick aller Einsparungen wird in 3.2 dargestellt.

Die Zusammenfassung unter 4 zeigt das Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung und des Energiekonzeptes in Kürze.

3.1.1 Definitionen

Einsparpotentiale

Die Einsparpotentiale sämtlicher Maßnahmen für Brennstoff-, Strom- und Wasserverbrauch sowie Schadstoffemissionen (Schwefeldioxid, Stickoxide und Kohlendioxid) werden in 5 und in der Zusammenfassung unter 4 ausgewiesen. In den Berechnungsblättern zur Ermittlung der

Investitionsermittlung

Die Investitionen werden im Anhang dokumentiert und nach Gebäuden aufgeteilt.

Als Sanierungsmaßnahmen gelten dabei solche Maßnahmen, die für den Erhalt der Bausubstanz und der technischen Einrichtungen notwendig sind. Sie werden also nicht primär aus energetischen Gründen realisiert, können aber durchaus beträchtliche Energieeinsparungen zur Folge haben. In diesem Zusammenhang ist zu beachten, dass viele Maßnahmen zur Energieeinsparung überhaupt erst im Zuge von Sanierungsmaßnahmen wirtschaftlich umgesetzt werden können.

Die Investitionen wurden auf der Grundlage von Ausschreibungsergebnissen, eigener Erfahrungen sowie Literaturwerten ermittelt.

Sämtliche Energiesparmaßnahmen werden anhand der Amortisationsmethode auf ihre Wirtschaftlichkeit hin untersucht. Für Sanierungsmaßnahmen, die dem Erhalt der Bausubstanz bzw. der technischen Anlagen dienen, wird keine Wirtschaftlichkeitsanalyse durchgeführt.



E B E R T - I N G E N I E U R E

Nürnberg München Frankfurt/H. Gera Berlin Leipzig Düsseldorf FÜRTH/Bay. Hamburg

Im Rahmen des vorliegenden Energiekonzeptes werden ausschließlich relevante energetische Maßnahmen berücksichtigt. Sie stellen nur einen Teil des gesamten Maßnahmenumfangs dar, der mit einer umfassenden baulichen und anlagentechnischen Sanierung des Hauptfriedhofs verbunden ist. Die im vorliegenden Energiekonzept aufgeführten Investitionssummen stellen daher keine erschöpfende „Kostenschätzung“ für die Sanierung oder für die Realisierung kompletter Teilpakete einer Sanierung dar.

Die Amortisationsmethode

ist ein Instrument zur Berechnung der Rückflussdauer des eingesetzten Kapitals. Wirtschaftlichkeitskriterium ist der Vergleich zwischen errechneter Amortisationszeit und anzusetzender Nutzungsdauer. Die Grundvoraussetzung für eine wirtschaftlich sinnvolle Investition lautet:

Amortisationsdauer < Nutzungsdauer

Der für die Berechnungen zugrundegelegte Kalkulationszins wird in Absprache mit dem Hochbauamt Frankfurt auf 6,0 % festgelegt. Die Berechnung der Amortisationszeit erfolgt unter Berücksichtigung der Wartung (soweit für die jeweiligen Maßnahmen relevant)⁵.

Bei nicht-investiven Maßnahmen und Sanierungsmaßnahmen erfolgt keine Angabe für die Amortisationszeit.

Spezifische Emissionen

Für die Berechnung der mit den Einsparmaßnahmen verbundenen Emissionsreduzierungen werden auf Wunsch des Auftraggebers die spezifischen Emissionen nach GEMIS (Gesamt-Emissions-Modell integrierter Systeme), Version 4.11 zu Grunde gelegt:

⁵ Die angesetzten Faktoren entsprechen den Angaben GK-Formular 3.1, HBA Stadt Frankfurt, Abteilung Energiemanagement, veröffentlicht im Internet unter <http://www.stadt-frankfurt.de/energiemanagement/>. Im Einzelfall wurden Faktoren aus den Angaben in VDI 2067 Blatt 1 verwendet.

3.2 Maßnahmenüberblick über alle Gebäude

Der folgende Überblick der Maßnahmen beinhaltet alle identifizierten Möglichkeiten zur Einsparung von Energie und Wasser im Hauptfriedhof Frankfurt am Main. Die Auflistung zeigt 8 Gebäude von insgesamt 10 Gebäuden des Untersuchungsumfanges. In den Gebäuden Fahrzeughalle Beistellerhof und, Pfortner Eckenheimer Landstraße wurden keine Einsparmaßnahmen gefunden.

	Gebäudeübergreifend, ganzes Gelände	Krematorium mit Trauerhalle	Verwaltung, neues Portal	Betriebshof	Altes Portal	Umkleide Beistellerhof	Pfortner Rat-Beil-Str.	Öffentliche Toiletten Friedhofsgelände
Kapitelnummer im Abschlussbericht	3.3.1	3.3.2	3.3.3	3.3.4	3.3.5	3.3.6	3.3.7	3.3.8
1 Änderung Heizzeiten				x	x			
2 Optimierter Betrieb Krematorium		x						
3 Abschalten Beheizung							x	
4 Optimierung Energielieferverträge	x							
5 Anpassung Raumtemperatur an Bedarf		x				x		x
6 Überprüfung Heizungsanlage					x			
7 Zutrittssperre für Heizanlage								x
8 Reduzierung der Beleuchtungsleistung				x	x			
9 Einsatz Energiesparlampen				x				
10 Nachrüsten Thermostatventile			x		x			
11 Reduzierung Zirkulationszeit						x		
12 Zeitschaltuhr Zirkulationspumpe				x				
13 Dämmung Armaturen / Leitungen				x			x	
14 Entfernen der Glasbausteine					x			
15 Einsatz Brennwärtekessel, Umstellung Energieträger				x				
16 Einsatz geregelter Pumpen				x				
17 Einsatz einer DDC-Regelung				x				
18 Dämmung oberste Geschoßdecke			x	x	x			
19 Einsatz GLT für Wasserverbrauchsmessung	x							
20 Erneuerung BWB-Bereiter				x				
21 Wassereinsparung WC				x	x			
22 Einsatz Lastmanagementsystem		x						
23 Einsatz Bewegungsmelder				x				x
24 Abstellen BWB Bereitung		x						
26 Feuchteschäden		x						
26 Erneuerung Armaturen				x				
27 Nutzung von Brunnenwasser	x							
28 Hauptwasserzufuhr zum Gelände nachts absperren	x							
29 Einsatz Selbstschlussarmaturen	x							
30 Anbindung an Fernwärme						x		
31 Nutzung von Regenwasser	x							
32 Weiterführende Untersuchung		x						
33 Energiebeauftragten benennen	x							
34 Sanierung Wasserleitungsnetz Friedhofsgelände	x							

Tabelle 3.1 Maßnahmenüberblick

Im folgenden wird untersucht, ob die aufgelisteten Maßnahmen unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten umgesetzt werden können.

3.3 Energiesparmaßnahmen

Die Wirtschaftlichkeitsberechnungen der Einzelmaßnahmen finden sich im Anhang.

3.3.1 Gebäudeübergreifende Maßnahmen, Gebäude 1

Empfehlung aus elektrischer Lastmessung aus Kapitel 2.2.2

Es sollten folgende Schritte unternommen werden:

- Am Samstag, 22.03.2003, wurden auffallend niedrige Leistungsaufnahmen gemessen (Abbildung 10 Tageslastgang der elektrischen Leistungsaufnahme). Die Ursache dafür ist gemäß Störmeldung der Ausfall der York-Absorptionskältemaschine. Es sollte geprüft werden, ob in dem Zeitraum tatsächlich die Absorptionskältemaschine ausgefallen war.

Die Idee wäre, diesen beschriebenen Ausnahmefall zum Regelfall zu machen, d.h. die Grundlast nachts immer auf das Niveau des 22.03.2003 (ca. 80 kW gegenüber ca. 100 kW) zu senken. Um die Grundlast zu senken, ist auch an ein gezieltes Abschalten der Kälteanlagen zu denken. Das wäre während der Woche, nachts, möglich. Die Kälteanlage könnte zwischen 21 Uhr und 4 Uhr täglich automatisiert außer Betrieb genommen werden. Im Vergleich zur Abschaltung am Wochenende ist eine Erwärmung der Räume wegen der verkürzten Abschaltzeit nur sehr begrenzt möglich. Dazu muss eine Testphase, mit Aufzeichnung der Temperaturen in den zu kühlenden Räumlichkeiten, gestartet werden.

- Es wurde die Erhöhung der mittleren Leistungsspitzen um ca. 30% gegenüber den Vorjahren festgestellt. Demgegenüber steht eine Erhöhung des elektrischen Energieverbrauches um 16%. Der Verbrauchsanstieg kann mit einer betriebsbedingten Verlängerung der Lüftungsanlage 9, Ofentechnik begründet werden. Die Erhöhung der Leistungsspitzen kann auf der Ursache gründen, dass im Jahr 2000 ein Umbau der Öfen nötig wurde, aufgrund verschärfter Anforderungen der Bundesimmissionsschutzverordnung. Dabei wurden zusätzliche Widerstände im Rauchgasweg eingesetzt, was einen stärkeren Antriebsmotor der Saugzuggebläse und einen weiteren Luftkompressor (11 kW) erforderte. Um die Lastspitzen zu senken wird die Einführung eines Lastmanagementsystems empfohlen. Die Beschreibung befindet sich unter 3.3.2, Maßnahmen im Bereich Krematorium mit Trauerhalle.

Optimierung Energielieferverträge

Maßnahmenbeschreibung

In Kapitel 2.2.4 wurden die Energielieferverträge erläutert.

Durch den liberalisierten Energiemarkt lassen sich für Energiekunden und Energielieferanten über Internetplattformen kostengünstig Energielieferverträge abschließen. Energiekunden können unter Festlegung von Preisschranken und Vertragsdauer Ihren Strombedarf online verbindlich versteigern. Dadurch eröffnet sich ein gewaltiger Markt und es ergeben sich vielfältige Möglichkeiten, um Energielieferverträge zu optimieren. Für große Immobilienbestände wie den der

Stadt Frankfurt ergeben sich Chancen, die über den gesamten Immobilienbestand betrachtet und optimiert werden. Nachfolgend werden die aktuellen Verträge mit dem Angebot innerhalb des Energieversorgungsunternehmens Mainova betrachtet und verglichen mit dem aktuellen Preisniveau am Energiemarkt.

Erdgasliefervertrag

Der Hauptverbraucher Trauerhalle/Krematorium wird über einen Sondervertrag (sog. VL-Vertrag) abgerechnet. Dabei wurde ein Rabatt von 1% gewährt. Die weiteren Wärmeerzeuger, mit Tarifverträgen ohne Rabattgewährung, wurden, sofern Leistungen berechnet wurden, korrekt mit den installierten Wärmeleistungen angesetzt.

Empfehlung

Der VL-Vertrag für den Hauptverbraucher Krematorium sollte mit der Zielgröße 3% neu verhandelt werden.

Flüssiggasliefervertrag

Für die Versorgung des Hauptfriedhofs mit Flüssiggas ist die Firma Jordan und Kremer aus Mainz zuständig. Die sich im Jahresdurchschnitt ergebenden spezifischen Brennstoffkosten liegen bei 52 €/MWh. Rabatt wird nicht gewährt.

Empfehlung

Aufgrund der beschriebenen Maßnahme unter 3.3.4, in der kurzfristig ein Wechsel des Energieträgers empfohlen wird, besteht kein Handlungsbedarf. Sollte sich eine Realisierung der genannten Maßnahme nicht ergeben, so wird die Aufnahme von Verhandlungen mit dem Flüssiggaslieferanten empfohlen. Zielgröße 3% Rabattgewährung.

Stromliefervertrag

Der Hauptverbraucher, Trauerhalle/Krematorium wird über einen Sondervertrag abgerechnet. Dabei wird die elektrische Leistungsaufnahme erfasst und verrechnet. Ein Nachlass wurde pauschal abgerechnet. Seit 1.4.2001 gilt ein Rahmenvertrag mit einem Rabatt in Höhe von 6%.

Empfehlung

Aufgrund der in 2.2.4.3 erwähnten Marktlage mit steigenden Preisen sollten erneute Vertragsverhandlungen mit dem Ziel eines Rabattes von 8% aufgenommen werden. Die Energieversorgungsunternehmen werden in dem schwierigen wirtschaftlichen Umfeld auf Kundenbedürfnisse reagieren.

Variantenvergleich

Verbrauchsvariante (kWh/a)	914.000	1.500.000	500.000
Business High Power 1	52.486	79.320	33.528
Business High Power 2	55.781	102.220	36.820

Leistung jeweils mit 145 kW berechnet

Erläuterung

Business High Power 1			Business High Power 2		
	ct/kWh	€/kW		ct/kWh	€/kW
bis 300000	6		die ersten 1000000	4,58	
ab 300000	5,24		die weiteren 9000000	3,92	
Leistung		57,6	alle weiteren Leistung	3,41	96

ohen Energiesteuer

mit Sonderrabatt auf HP1 von 0,6008 ct/kWh

alle Angaben netto

Tarife jeweilsgültig bis 31.12.2003

Tabelle 3.2 Tarifvergleich

Prognostiziert man einen sinkenden elektrischen Energieverbrauch, wie er sich nach Umsetzung der empfohlenen Maßnahmen einstellen sollte, dann wird künftig, wie auch mit den Verbrauchsdaten des Jahres 2000, der Tarif Business High Power 1 die günstigere Lösung sein. Nach Auskunft der Mainova wird ab 1.1.2004 die Tarifstruktur geändert. Die Staffelung der Verbrauchswerte mit den Kosten werden neu zugewiesen.

Wasserlieferverträge

Alle Wasserverbrauchsstellen werden mit einem Tarif verrechnet. Auf den Wasserbezug wurde ein Rabatt von 10% gewährt. Dem Grünflächenamt liegen nur Jahresgesamtrechnung vor.

Empfehlung

1. Frischwasserbezug:
Wir empfehlen eine Optimierung des Vertrages hinsichtlich der Unterscheidung der 3 Hauptwasserzähler (siehe unter Tabelle 2.14 Wasserverbrauch, Zähler Nummer: 185514, 165526, 171841), diese sollten mit günstigeren Konditionen (Rabattgewährung 15%) versehen werden.
2. Abwasserverrechnung:
Die Änderung der Abwassergebühr sollte auf folgende Wasserzähler durchgeführt werden Für Zähler 175.339, Toiletten Marbachweg und Zähler 137.442, Pförtner müssen Abwassergebühren entrichtet werden. Für den Zähler 165.526, Umkleide Beistellerhof ist nur anteilig Abwassergebühr zu verrechnen, da das Leitungsnetz (Anschluss Eckenheimer Landstraße) gemäß Bestandsplan (Plan wurde dem Grünflächenamt bei Abschluss dieses Energiekonzeptes übergeben) außer einem Anschluss für den Beistellerhof und für die Beregnung des Kühlturmes viele weitere Anschlüsse im Bereich des Friedhofgeländes zeigt.

Empfehlung: Die Abwassergebühr für diesen Zähler 165.526 reduzieren, entweder prozentual (10%) von der Frischwassersumme oder durch Einbau eines Zählers im Gebäude Umkleide Beistellerhof. Damit ergibt sich folgende empfohlene Abrechnungsstruktur:

Gebäude Straßeneingang	Zähler Nr.	Verbrauch Wasser [m³] Quelle:HBA	Verrechnung Abwasser Ist-Zustand	Verrechnung Abwasser Sol-Zustand
Altes Portal Eckenheimer Landstraße 194	128.528	156	x	x
Pförtner Ausgang Gruftenhalle Toiletten / Rat-Beil-Straße	137.442	251		x
Trauerhalle/Krematorium Eckenheimer Landstraße 194	183.217	1.104	x	x
Umkleide Beistellerhof Eckenheimer Landstraße 194	165.526	4.741	x	
Betriebshof Eckenheimer Landstraße 194	150.547	881	x	x
Toiletten Marbachweg 120	175.339	441		x
Bewässerung Friedhof, Schwarzes Tor Eckenheimer Landstraße 194	185.514	6.691		
Bewässerung Friedhof Eckenheimer Landstraße 194	171.841	10.786		
Abzug "Capri Pizza"	173.898	-1.747		
Abzug "Genossensch. Friedhofsgärtner"	145.400	-785		
Wohnung Meier-Ude auf Jüd. Friedhof Rat-Beil-Straße 10	128.615	16		
Summe:		22.535	6.882	2.833

Tabelle 3.3 Empfehlung Abrechnungsstruktur Abwasser

Grundsätzliche Empfehlung

Vereinbaren Rabatte der Energielieferung über Strom, Wärme und Wasser sollten dem Grünflächenamt mitgeteilt werden, um die Transparenz zu erhöhen.

Einsatz GLT für Wasserverbrauchsmessung

Maßnahmenbeschreibung

Die vorhandene Gebäudeautomation (GA) sollte die Haupt-Wasserverbraucher erfassen und aufzeichnen. Die dadurch gewonnene Transparenz ermöglicht eine genaue Zuweisung der Verbrauchsstellen und eine gezielte Verbrauchs- und Kostenoptimierung. Gut lässt sich das in eigener Regie (Kontroll-Maßnahmen) regeln. D.h. den einzelnen Verbrauchsstellen wird regelmäßig (monatlich) ein Blatt mit den Verbrauchswerten zugestellt. Dazu die Vergleichswerte der Vormonate, um die Differenz zu zeigen. Das Erkennen von plötzlich auftretenden Wasserverbrauch durch Rohrbruch wird dadurch sehr schnell ermöglicht. Um die Kontrollmöglichkeiten zu erhöhen, sollte auch das Hochbauamt über Impulsverdoppler aufgeschaltet werden. Die Kostenschätzung wurde ohne Erdarbeiten für die Verlegung von Kabel angesetzt, da entweder Batterieversorgung oder el. Versorgung vom Stromnetz möglich ist.

Zähler 185514: Bewässerung Friedhof, Schwarzes Tor Eckenheimer Landstraße 194. Elektrischer Anschluss über Batterieversorgung, da kein Gebäude mit Stromversorgung in der Nähe ist.

Zähler 165526: Umkleide Beistellerhof Eckenheimer Landstraße 194. Elektrischer Anschluss über Gebäude Rückkühlwerk

Zähler 171841: Bewässerung Friedhof Marbachweg Eckenheimer Landstraße 194. Elektrischer Anschluss über Batterieversorgung, da kein Gebäude mit Stromversorgung in der Nähe ist.

Daten zu Wirtschaftlichkeitsberechnung und Investitionen:

<u>Investitionen</u>	
Zähler	3.000 €
Anschluss	500 €
Batterie	2.000 €
GLT	500 €

Empfehlung

Die vorhandene Gebäudeautomation (umfangreiche Funktionen möglich) sollte mit der Erfassung des Wasserverbrauchs der Hauptverbraucher aufgerüstet werden. Mit externer Unterstützung sollte eine Verbrauchsauswertung, Verbrauchserklärung, Zielvereinbarung und Abweichungskontrolle durchgeführt werden.

Nutzung von Brunnenwasser

Maßnahmenbeschreibung

Der derzeitige Wasserverbrauch über die beschriebenen Haupteinspeisungen beträgt ca. 23.000 m³/Jahr. Die Nutzung des Wassers auf dem Friedhofgelände beschränkt sich auf die frostfreie Zeit des Jahres (ca. 7 Monate). Damit ergibt sich ein Tagesverbrauch von ca. 110 m³ Trinkwasser/Tag.

Es besteht ein alter Brauchwasserbrunnen, der jedoch wegen der geringen Tiefe von ca. 6 m und einem Durchmesser von ca. 1 m nur eine geringe Ergiebigkeit verspricht. Eine Reaktivierung erscheint nicht lohnend.

Somit kommt nur ein Neubau in Betracht. Mit neuen Brunnen könnte die Friedhofsbewässerung zu einem Teil mit Brunnenwasser realisiert werden. Im Vorfeld muss dazu Kontakt mit der zuständigen Wasserbehörde aufgenommen werden. Um mögliche Standorte der Brunnen auf dem 70 ha großen Gelände zu ermitteln, sind Probebohrungen und Pumpversuche nötig, um die Ergiebigkeit der Brunnen zu testen.

Für diese Maßnahme wurde in den letzten Jahren vom Hochbauamt der Stadt Frankfurt bereits ein Konzept erstellt und umfangreiche Vorarbeit geleistet. Es liegt bereits eine Genehmigung für einen Pumpversuch gemäß hessischem Wassergesetz vor.

Da es sich um größere Grundwasserentnahmemengen handelt sollte der Pegelstand während der Pumpversuche beobachtet werden. Zusätzlich werden Informationen zur Wasserdurchlässigkeit und Mächtigkeit des Aquifers und damit zur möglichen Wasserentnahmemenge bzw. Dimensionierung der Brunnen, sowie zur Grundwasserqualität gewonnen.

Die im folgenden dargestellten Schritte müssen zur Realisierung der Maßnahme durchgeführt werden. Bereits durchgeführte Schritte sollten auf Aktualität der Daten geprüft werden. Insbesondere Veränderung von behördlichen Vorschriften und durchgeführte Kostenermittlungen.

Empfehlung

1. Feststellung der Eignung zur Errichtung von Brunnen durch Probebohrung und Pumpversuch.
2. Dimensionierung der Anlagen
3. Bau von neuen Brunnen mit Brunnenwasserspeicher und Pumpenschächte. Anbindung der elektrischen Stromversorgung für Pumpen.

Die Wirtschaftlichkeit der Brunnennutzung ist letztlich von der Ergiebigkeit des Brunnens abhängig, über die erst nach einem Pumpversuch exakte Aussagen getroffen werden können. Für die vorliegende Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurde unterstellt, dass 50% des derzeitigen Wasserverbrauchs des Friedhofsgeländes über den neuen Brunnen abgedeckt werden können.

Zapfstellen sollen direkt an den Brunnen vorgesehen werden. Die ca. 60 Fremdfirmen zur Grabpflege werden dann angewiesen, nur an diesen Zapfstellen die Tankfahrzeuge mit Brauchwasser zu befüllen. Eine Einspeisung in das vorhandenen Trinkwassernetz ist z.Zt. nicht vorgesehen.

Daten zu Wirtschaftlichkeitsberechnung und Investitionen:

Investitionen	EP	Meter	Summe	
Gebäude	15.000	2	30.000	€
Erdarbeiten	130	100	14.000	€
Rohrleitungen, Druckkessel	20	600	13.000	€
Pumpen, Filter	3.000	2	8.000	€
Pumpversuch	20000	1	20.000	€
Elektroanschluss	10000	1	10.000	€
Summe			95.000	€

Nutzung von Regenwasser

Maßnahmenbeschreibung

Das Regenwasser der Dachfläche des Krematoriums sollte mit einer Regenwasserzisterne, die im Bereich Krematorium/Fahrzeughalle oberirdisch oder unterirdisch errichtet werden könnte, genutzt werden. Das gesammelte Regenwasser kann zur Versorgung der nächstliegenden Entnahmestelle von Brauchwasser (Gießwasser zur Friedhofsbewässerung) verwendet werden.

Daten zu Wirtschaftlichkeitsberechnung und Investitionen:

Jahresniederschlag	744 l/m ²
Dachgrundfläche	1000 m ²
Abflußbeiwert	0,3
Speicher 20m ³ , Pumpe	3500 €
Filter, Rohrltg, Graben, Leitungen	2000 € 1500 €

Empfehlung

Nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten kann die Maßnahme, unter Einbezug der aktuellen Energiepreissituation, nicht zur Umsetzung empfohlen werden.

Hauptwasserzufuhr zum Gelände nachts absperren

Maßnahmenbeschreibung

Eine Untersuchung des Grünflächenamtes, Innerer Betrieb am Hauptfriedhof, im Mai 2003, zeigte einen Verbrauch nachts innerhalb 8 Stunden von ca. 15 m³ Trinkwasser. Unter der Annahme, dass es sich um keine umfassenden Rohrbrüche handelt, sondern um viele kleine Undichtigkeiten im Leitungsnetz, (feststellbar bei Beobachtung der Wasserzähler nach Öffnen der Absperrung morgens durch Menge des nachfließenden Wassers) sollten nachts und außerhalb der Öffnungszeiten des Hauptfriedhofs immer die drei Haupteinspeisungen zur Bewässerung des Friedhofgeländes (Zähler Nummer: 185514, 165526, 171841) geschlossen werden.

Daten zu Wirtschaftlichkeitsberechnung und Investitionen:

<u>Investition</u>	
Absperrventile	300 €
Solarstromversorgung	2.500 €
sonstiges	2.000 €

Empfehlung

Es sollte umgehend die Menge des nachfließenden Wassers, nach Öffnen der Absperrungen morgens gemessen werden. Dadurch ergeben sich Hinweise auf die Ursachen der Undichtigkeiten im Wasserleitungsnetz.

Durch Einbau neuer Absperrklappen mit elektrischer Fernbedienung (Stromversorgung über Batterie) in die Hauptwasserzuleitungen (Zähler Nummer: 185514, 165526, 171841) sollten die Leckwasserverluste reduziert werden. Die Fernsteuerung sollte über Funksignal von zentraler Stelle ausgelöst werden. Zusätzlich könnte die Steuerung automatisiert werden, d.h. zu bestimmten Zeiten

morgens 7 Uhr und abends 18 Uhr den Stellbefehl senden und damit die Klappen öffnen bzw. schließen.

Einsatz Selbstschluss-Armaturen

Maßnahmenbeschreibung



Abbildung 11 Schöpfbecken

Auf dem Friedhofsgelände sind ca. 180 Schöpfbecken für das Befüllen von Gießkannen verteilt. Das Öffnen und Schließen des Wasserstromes ist durch ein unbequem zu erreichendes Handrad an der Außenseite des Schöpfbeckens möglich. Es wurde des öfteren beobachtet, dass die Wasserzufuhr der Becken von den Friedhofsbesuchern nicht geschlossen wurde, was dazu führte, dass tage- und nächtelang Wasser ungenutzt verbraucht wurde.

Daten zu Wirtschaftlichkeitsberechnung und Investitionen:

Investition		
Stück	€	Gesamt
180	100	18.000

Empfehlung

Es sollte durch den Einbau von Selbstschlussventilen in die Wasserzuleitung der Becken der Wasserstrom nach einer Zeit von 3 Minuten automatisch unterbrochen werden. Folgendes ist bei dieser Armatur zu beachten:

- Witterungsbeständigkeit (Edelstahl)
- Kein Sieb am Ausfluss, um Verstopfungen am Auslauf zu vermeiden
- Während des Winters soll die Auslaufarmatur komplett abgeschraubt und frostfrei eingelagert werden können.

3.3.2 Maßnahmen im Bereich Krematorium mit Trauerhalle, Gebäude 2

RLT-Betrieb niedrigere Stufe

Aus den Bestandsunterlagen der Lüftungsanlagen wurden die unterschiedlichen Betriebszeiten der Lüftungsanlagen mit den Nutzungszeiten verglichen. Dazu werden folgende Empfehlungen gegeben:

Empfehlung

Lüftungsanlagen

- Abschaltung von folgenden Anlagen:

Große/Kleine Trauerhalle	Betriebszeit jetzt: 9 Stunden/Tag
	Empfohlene Betriebszeit; 7 bis 10 Uhr, 12 bis 15 Uhr
Kellerräume	Betriebszeit jetzt: 9 Stunden/Tag
	Empfohlene Betriebszeit; 7 bis 10 Uhr, 12 bis 15 Uhr
Sozialbereich	Betriebszeit jetzt: 9 Stunden/Tag
	Empfohlene Betriebszeit; 7 bis 10 Uhr, 12 bis 15 Uhr

Daten zu Wirtschaftlichkeitsberechnung und Investitionen:

Es wurde eine Laufzeitverkürzung von 6 Stunden je Tag angesetzt.

Einsatz Frequenzumformer

In die Anlage 9 sollte ein Frequenzumformer zur Regelung der Drehzahl eingesetzt werden.

Dämmung Geschossdecke

Die Wärmedämmung des Daches Krematorium sollte mit einfachen Maßnahmen verbessert werden, um Aufheizung der Räume durch Sonneneinstrahlung zu minimieren. Möglich ist dies durch Anbringen von Wärmedämmplatten an den Decken des Krematoriums.

Anpassung Raumtemperatur an Bedarf

Maßnahmenbeschreibung

Im Sozialbereich, Umkleiden und Waschräume, die im Moment der Ortsbegehung nicht genutzt waren, sind Temperaturen von ca. 25°C gemessen worden. Um eine bedarfsorientierte Beheizung der Räume zu sichern sollten auf eine abgesenkte Raumtemperatur außerhalb der Nutzungszeiten von ca. 18°C geachtet werden. Während der Nutzungszeiten sollte die Raumtemperatur auf 23°C begrenzt werden.

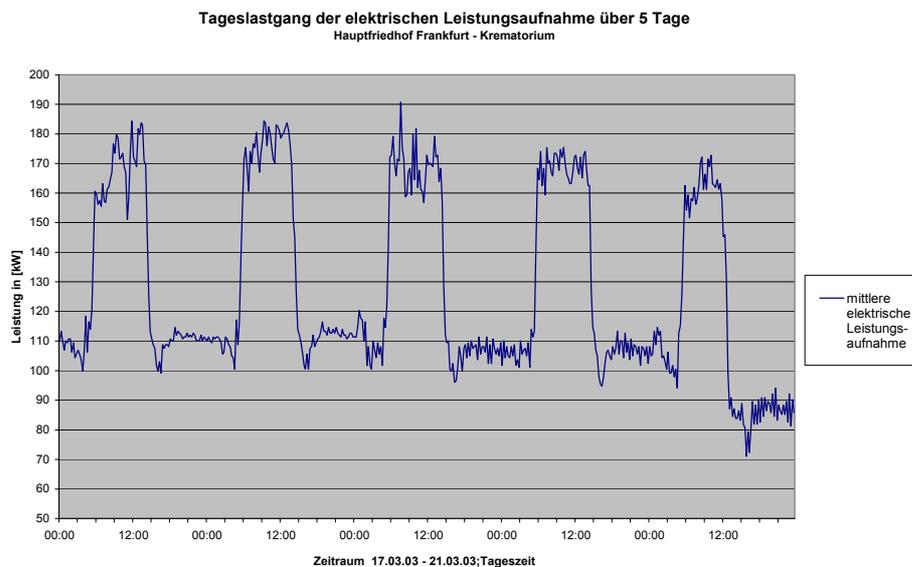
Empfehlung

Es sollten Thermostatventile eingesetzt werden, die eine maximale Begrenzung der einstellbaren Raumtemperatur auf der Skala des Thermostatkopfes vorgeben (Begrenzt auf Stufe 4). Den Nutzern sollte erklärt werden, dass die Thermostatventile generell auf einer mittleren Einstellung (Stufe 3) bleiben sollten. In der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung werden die Einsparungen an Wärme

auf 0 gesetzt, da in diesem Fall die Wärme des Wärmetauschers Krematorium nicht eingespart werden kann.

Einsatz Lastmanagementsystem

Maßnahmenbeschreibung



Durch Untersuchung der Spitzen der maximalen elektrischen Leistungsaufnahme können diese Spitzen gesenkt werden, indem während einer kurzzeitigen Spitzenlast Verbraucher vorübergehend abgeschaltet werden.

Empfehlung

Nach Auswertung der Lastprofil-Analyse sollte eine Betriebsaufnahme durchgeführt werden, mit dem Ziel, bei allen relevanten Elektrizitäts-Verbrauchseinrichtungen (Anlage Geräteauflistung im Anhang) die technischen Schaltmöglichkeiten zu erfassen. Gemeinsam mit dem Betriebsleiter wird dann festgelegt, bei welcher dieser Einrichtungen eine kurzzeitige Unterbrechung der Versorgung zur Reduzierung der maximalen Bezugsleistung möglich wäre. Eine Reduzierung der maximalen Leistungsaufnahme von ca. 12 kW würde sich die Maßnahme bereits in 8 Jahren amortisieren.

Die vorhandene Gebäudeautomation sollte genutzt werden, um ein Lastabwurfsystem zu realisieren.

Lüftungsanlagen Krematorium Hauptfriedhof			Wellenleistung el.	Lastabwurfsystem
			kW	Reihenfolge
Anlage				
5	Zuluft	Aufbahrung	7,1	3
	Abluft		4,3	
8		Sammelkühlräume	6,1	4
9	Zuluft	Ofentechnik	13,9	2
	Abluft		6,8	
19		Saugzuggebläse Krematorium	30	1

Bei der empfohlenen Reihenfolge des Lastabwurfes sollten generell, morgens bei Betriebsbeginn, die acht Geräte (Zuggebläse und Frischluft) zeitversetzt, im 5 Minuten-Abstand, in Betrieb genommen werden. Die Anlagen Aufbahrung und

Sammelkühlräume sollten auf 15 Minuten begrenzt, außer Betrieb genommen werden, um einen Temperaturanstieg in den Räumen zu verhindern.

Abstellen Brauchwarmwasser-Bereitung

Maßnahmenbeschreibung

Das Warmwasser im Gebäude Krematorium wird ausschließlich mit elektrischem Strom bereit. Dazu sind 28 Untertischspeicher zur Warmwasserversorgung von Waschbecken und zwei Durchlauferhitzer für Duschen installiert.

Empfehlung

Es sollte zunächst kritisch überprüft werden, ob an allen Waschbecken ein Warmwasseranschluss benötigt wird. Zum Teil zwingen auch betriebsbedingte Abläufe im Krematoriumsbetrieb zum Bereitstellen von Warmwasser. Werden Waschbecken entdeckt, bei denen der Warmwasseranschluss nicht nötig ist, dann sollten die Untertischspeicher demontiert und zur Verwendung als Ersatzteil eingelagert werden.

Weiterführende Untersuchung „Unzureichende Funktion Pufferspeicher und Fernwärmeversorgung“

Maßnahmenbeschreibung

Wie unter 2.1.1 beschrieben, führt von den Rauchgaswärmetauschern eine Fernwärmeleitung zu den Gebäuden Verwaltung mit neuem Portal und Fahrzeughalle Beistellerhof. Zur Zwischenspeicherung der Wärme wurden Pufferspeicher in das System integriert. In 2.2.1 wurde beschrieben, dass eine rechnerische Unterdimensionierung der Fernwärmeversorgung durch die Abwärme des Krematoriums um fast 50% vorliegt, deshalb wurden konventionelle Heizkessel nachgerüstet. Nach Sichtung der Planunterlagen der Fernwärmeversorgung unter hydraulischen Gesichtspunkten wurden an einigen Stellen des Heizungsnetzes Ansatzpunkte entdeckt, die zu Leistungsminderungen im System führen könnten. Zudem zeigen die Pufferspeicher bei einer ersten Nachrechnung der Speicherkapazität des Wärmespeichers eine Unterdimensionierung.

Empfehlung

Für eine detaillierte Aussage zu konkreten Maßnahmen für eine Optimierung des Fernwärmenetzes ist eine genauere Überprüfung des Heizungssystems notwendig. Es wird empfohlen, eine weiterführende Untersuchung des Fernwärmeverteilsystems durchführen zu lassen, mit dem Ziel, die Leistung des vorhandenen Heizungssystems optimal zu nutzen sowie Wärmeverluste zu minimieren. Diese Untersuchung soll beinhalten:

1. Bestandaufnahme
2. Erstellung eines Schemas (Bestandsschema zeigt starke Abweichungen vom Ist-Zustand)
3. Technische Analyse
4. Maßnahmenbeschreibung

Daten zu Wirtschaftlichkeitsberechnung und Investitionen:

Eine Investitions- und Einsparungsabschätzung ist hier problematisch und wird unter folgenden Randbedingungen angegeben:

Untersuchungsumfang ca. 70 Stunden, Materialkosten ca. 2.000 €. Das Einsparpotenzial wird mit 25 % Verbesserung bezogen auf die Wärmeleistung des Gebäudes Verwaltung Neues Portal berechnet. Das entspricht eine Einsparung Brennstoff von 25 MWh/a oder ca. 830 €/a.

3.3.3 Maßnahmen Verwaltung, neues Portal, Gebäude 3

Nachrüsten Thermostatventile

Maßnahmenbeschreibung

Thermostatventile regeln die Heizkörpertemperatur in Abhängigkeit der Raumlufttemperatur. Durch diese bedarfsorientierte Regelung der Wärmeabgabe der Heizkörper verringert sich der Heizenergieverbrauch. Mehrere Heizkörper werden jetzt ungeregelt betrieben.

Im Gebäude versorgt ein Heizungsabgang Wohn- und Büronutzung. Dadurch ist ein nutzungsgerechtes Absenken der Vorlauf- und Raumtemperatur nicht möglich, da unterschiedliche Nutzungszeiten dies nicht zulassen. Durch programmierbare Heizkörperventilaufsätze kann die Raumtemperaturabsenkung individuell je Raum geregelt werden. Damit kann die Raumtemperatur des Verwaltungsbereiches mit den wesentlich kürzeren Nutzungszeiten frühzeitig abgesenkt werden, was zur Vermeidung von Wärmeverlusten führt.

Empfehlung

Die noch vorhandenen mechanischen Heizkörperventile sollten kurzfristig durch voreinstellbare Thermostatventile ersetzt werden. Alle Heizkörperventile in den Räumen der Verwaltung sollten mit programmierbaren Ventilaufsätzen ausgerüstet werden. Die Einstellung der Heizzeiten sollten zusammen mit den Nutzern vereinbart werden. Der Absenkbetrieb kann ca. 45 Minuten vor Nutzungsende des Gebäudes einsetzen.

Dämmung oberste Geschossdecke

Maßnahmenbeschreibung

Aufgrund der hohen Wärmeverluste über die an unbeheiztem Dachraum grenzende Decke wird als Einsparmaßnahme die Verlegung einer Wärmedämmung auf dem bestehenden Deckenaufbau vorgeschlagen. Sofern der Dachraum nicht begehbar sein muss (z.B. als Lagerraum), genügt das Auflegen eines Hartschaum- oder Faserdämmstoffs.

Empfehlung

Die Energieeinsparverordnung fordert in §9 eine Dämmung von nicht begehbaren aber zugänglichen obersten Geschossdecken über beheizten Räumen bis 31.12.2005. Der U-Wert der Geschossdecke darf 0,3 W/m²K nicht überschreiten. Die Realisierung sollte mittelfristig durchgeführt und damit Energiesparpotenziale genutzt werden.

3.3.4 Maßnahmen Betriebshof, Gebäude 4

Änderung Heizzeiten

Maßnahmenbeschreibung

Die Heizzeiten sollten nach Absprache mit dem Nutzer reduziert werden. Die Betriebszeiten (Mo 2-15 Uhr, Di bis Fr 4-15 Uhr) sollten an die Nutzungszeiten (Sommer und Winter unterschiedlich) angepasst werden. Um die Restwärme zu nutzen, die in den Speichermassen des Gebäudes tagsüber eingebracht wurde, können die Heizzeiten ohne Komfortverlust in der Nutzungszeit reduziert werden.

Empfehlung

Änderung der Heizzeiten für den Heizkreis Radiatoren auf Mo 2-14 Uhr, Di bis Fr 4-14 Uhr. Die kurzfristige Umsetzung wird empfohlen.

Reduzierung der Beleuchtungsleistung

Maßnahmenbeschreibung

Die Beleuchtungsleistung Obergeschoss, EDV-Bereich, erscheint zu hoch. Je nach Tätigkeit und Raumart muss ausreichende Beleuchtung vorgesehen werden. Die Mindest – Beleuchtungsstärke in Räumen allgemein beträgt 100 Lux, auf Verkehrswegen (auch im Freien) 30 Lux. In der DIN 5034 (Anforderungen an Beleuchtungsstärke am Arbeitsplatz) sind Beleuchtungsstärken für ausgewählte Arbeitsplätze angegeben. Für Büroräume mit größerer Raumtiefe und/oder Abendbetrieb wird ein Wert von 500 Lux beschrieben.

Empfehlung

Durch einfaches Entfernen von Leuchten sollte die Beleuchtungsleistung soweit reduziert werden, bis der Richtwert von 500 Lux erreicht wird. Nach einer Probephase sollte durch Befragung der Nutzer die Verträglichkeit der reduzierten Beleuchtung geprüft werden.

Einsatz Energiesparlampen

Maßnahmenbeschreibung

Energiesparlampen leisten im Normalbereich ca. 10.000 Betriebsstunden ab. Wegen der hohen Lebensdauer und dem niedrigeren Energieverbrauch sind Energiesparlampen gegenüber Glühlampen zu bevorzugen. In der Gesamtkostenbilanz ist die Energiesparlampe deutlich wirtschaftlicher.

Empfehlung

Die Modernisierung mit Energiesparleuchten wird als kurzfristige Maßnahme empfohlen. Die Glühlampen im Bereich der Toiletten sollten kurzfristig ausgetauscht werden.

Zeitschaltuhr Zirkulationspumpe

Maßnahmenbeschreibung

Im Warmwasserverteilnetz wird eine Zirkulationspumpe ohne Zeitschaltuhr eingesetzt. Die Zirkulationspumpe fördert Warmwasser durch Zirkulations- und Warmwasserleitung, um eine geeignete Warmwassertemperatur an den Zapfstellen sicherzustellen. Dies ist nur während der Nutzungszeiten des Gebäudes erforderlich. Jetzt wird die Umwälzpumpe durchgehend betrieben.

Empfehlung

Für die Zirkulationspumpe sollte eine Zeitschaltuhr eingebaut werden, die einen Betrieb nur während der Nutzungszeiten des Gebäudes erlaubt.

Dämmung Armaturen / Leitungen

Maßnahmenbeschreibung

Die Wärmedämmung der Warmwasser- und Heizungsleitungen im Kellerbereich fehlt. Das führt zu unkontrollierter Beheizung und unnötigen Wärme- und Abstrahlverlusten. Zur Wärmeversorgung der Häuser sind Radiatoren installiert, so dass die Abwärme der Rohrleitungen keine Heizwecke erfüllt. Durch eine Dämmung werden die Verteilungsverluste reduziert.

Empfehlung

Die Energieeinsparverordnung schreibt vor, dass ungedämmte heiztechnische Anlagen und Wärmeverteilungen in nicht beheizten Räumen bis 2005 zu dämmen sind. Die Realisierung der Maßnahme sollte im Sinne eines rationellen Umgangs mit den Energieressourcen jedoch kurzfristig durchgeführt werden.

Daten zu Wirtschaftlichkeitsberechnung und Investitionen:

100m Rohrleitung, 10 Armaturen

Einsatz Brennwertkessel-Pelletkessel, Umstellung Energieträger

Die beiden in der Heizzentrale befindlichen Heizkessel (Baujahr 1975; Brenner BJ 1990) haben die rechnerische Nutzungsdauer gemäß VDI 2067, Blatt 1 (20 Jahre bzw. für Brenner 12 Jahre) bereits überschritten. Überdies sprechen noch weitere Gründe für die Erneuerung der Kesselanlage:

- Neue Kesselanlagen verfügen über deutlich verbesserte Kesselwirkungsgrade, bessere spezifische Werte wie Bereitschaftsverluste etc. und weisen einen deutlich geringeren Schadstoffausstoß auf.
- Derzeit liegen die Abgastemperaturen in einem hohen Bereich (190 bzw. 230°C), was auf eine ungünstige Brennereinstellung deutet.
- Die Sanierung von Teilkomponenten, wie beispielsweise der Brenner muss in Kürze durchgeführt werden.
- Die Energieeinsparverordnung (ENEV) schreibt in §9 vor, dass Heizkessel diesen Alters bis 2006 auszutauschen sind.

Jetzt werden die Heizkessel mit Flüssiggas betrieben. Alle anderen Wärmeerzeuger im Hauptfriedhof werden mit Erdgas versorgt. Es bieten sich nun zwei Möglichkeiten:

1. Umstellung Energieträger auf Erdgas:

Die Umstellung der Wärmeversorgung durch Anschluss an das Erdgasnetz der Mainova, das ca. 300 Meter in Richtung Eckenheimer Landstraße entfernt endet, ist möglich. Die Umstellung des Energieträgers auf Erdgas ist wirtschaftlich. Es werden dabei in einer ersten Abschätzung die Investitionen des Rohrleitungsbaues den Einsparungen der Erdgasversorgung gegenüber Flüssiggasversorgung angesetzt.

Daten zu Wirtschaftlichkeitsberechnung und Investitionen:

<u>Investitionen:</u>	Erdgaskessel 77 kW	8.000 €
	Armaturen, Pumpen	2.000 €
	Leitungen Gas 300 m HDPE	<u>39.000 €</u>
	Summe	49.000 €

2. Umstellung Energieträger auf Holz (Pellet):

Die Pellet oder Holzfeuerung erfordert keine Leitungsverlegung zur Förderung des Energieträgers. Nach Umweltgesichtspunkten ist der Holzfeuerung eine CO₂-neutrale Verbrennung zuzuschreiben, da Holz im Laufe der Zeit CO₂ bindet und nur diese Menge bei der Verbrennung wieder abgibt. Zu einer Pellet-Anlage sind erhöhte Investitionskosten für Lager- und Förder- und Filteranlagen nötig, die mit dem günstigeren Rohstoffpreis gegen zurechnen sind.

Daten zu Wirtschaftlichkeitsberechnung und Investitionen:

<u>Investitionen:</u>	Pelletkessel 77 kW	18.000 €
	Brennstofflager	8.000 €
	Fördersystem	3.000 €
	Armaturen, Pumpen	<u>4.000 €</u>
	Summe	33.000 €

Empfehlung

Die Kesselanlage sollte komplett erneuert werden. Die ENEC schreibt eine Durchführung bis 2006 vor. Im Sinne der rationellen Energieverwendung und – Erzeugung sollte diese Maßnahme mittelfristig durchgeführt werden.

Unter Umweltschutzbetrachtung ist der Holzbefuerung eindeutig der Vorrang gegenüber einer Erdgasversorgung zu geben. In diesem Fall, wegen der nötigen Investition für die Erdgasleitung, ist auch wirtschaftlich ein Vorteil für die Holzbefuerung erkennbar.

Deshalb sollte ein Pelletkessel zum Einsatz kommen.

Dabei ist ein Heizkessel erforderlich (gemäß AMEV-Richtlinien ist erst bei einer Gesamtnennwärmeleistung von größer als 250 kW eine Aufteilung auf zwei Wärmeerzeuger erforderlich). Folgende Vorgehensweise wird empfohlen:

1. Dimensionierung, Planung und Ausschreibung der Kesselanlage (Brennstofflager möglich in der Nische bei jetzigem Standort des

Warmwasserbereiters, Brennstoffzufuhr zu Kesselstandort bei Kaminanlage über Förderschnecke).

2. Montage und Inbetriebnahme

Der Ersatz der vorhandenen Regelungstechnik wird im Zuge der Erneuerung der Heizungsanlage empfohlen. Da diese Regelungstechnik technisch noch funktionsfähig ist und nicht selbstverständlich in eine Heizungsmodernisierung eingeschlossen ist, wird diese Maßnahme separat unter 3.4.3 Sanierungsmaßnahmen Betriebshof aufgeführt.

Einsatz geregelter Pumpen

Maßnahmenbeschreibung

Bei den jetzt eingebauten zwei bzw. dreistufigen Pumpen wird bei Einbau eine Leistungsstufe eingestellt und diese, unabhängig von den wechselnden Druckanforderungen, während der gesamten Pumpenlaufzeit konstant betrieben. Durch den Einbau einer stufenlosen Differenzdruckregelung kann die Pumpenleistung der tatsächlich benötigten Förderleistung angepasst werden, wodurch Einsparungen an elektrischem Strom realisierbar sind. Im Vorlaufverteiler sind zwei Umwälzpumpen für Heizkreise mit wechselnden Druckanforderungen eingebaut.

Empfehlung

Es wird empfohlen, mittelfristig die beiden Pumpen durch geregelte Pumpen zu ersetzen.

Dämmung oberste Geschossdecke

Maßnahmenbeschreibung

Aufgrund der hohen Wärmeverluste über die an unbeheizten Dachraum grenzende Decke wird als Einsparmaßnahme die Verlegung einer Wärmedämmung auf dem bestehenden Deckenaufbau vorgeschlagen. Sofern der Dachraum nicht begehbar sein muss (z.B. als Lagerraum), genügt das Auflegen eines Hartschaum- oder Faserdämmstoffs.

Empfehlung

Die Energieeinsparverordnung fordert in §9 eine Dämmung von nicht begehbaren aber zugänglichen obersten Geschossdecken über beheizten Räumen bis 31.12.2005. Der U-Wert der Geschossdecke darf 0,3 W/m²K nicht überschreiten. Die Realisierung sollte mittelfristig durchgeführt und damit Energiesparpotenziale genutzt werden.

Wassereinsparung WC

Maßnahmenbeschreibung

Der Wasserverbrauch durch die WC-Spülung ist ein Hauptverbraucher in Gebäuden. Durch die Möglichkeit der Unterbrechung des Spülvorganges kann Trinkwasser eingespart werden. Die am Markt erhältlichen Modelle von WC-Spülkästen bieten diese Form der Spülstromunterbrechung durch die Start-Stopp-Funktion.

Empfehlung

Im Toilettenbereich sollten die vorhandenen 9-Liter-Spülkästen am WC ohne Spülstromunterbrechung durch Spülkästen mit Start-Stopp-Funktion mittelfristig ersetzt werden.

Einsatz Bewegungsmelder

Maßnahmenbeschreibung

Bewegungsmelder steuern die Beleuchtung durch Sensoren, die Bewegungen registrieren und Schaltfunktionen auslösen. Dadurch wird die Beleuchtung im Erfassungsbereich der Sensoren bedarfsabhängig, bei Anwesenheit von Personen, gesteuert.

Empfehlung

In den Fluren im Untergeschoss und im Außenbereich der Lager sollte mittelfristig durch den Einsatz von Bewegungsmeldern die Betriebszeit der Beleuchtung reduziert werden. Dazu sollten jeweils Sensoren in den Bereichen langfristig installiert werden.

3.3.5 Maßnahmen Altes Portal, Gebäude 5

Änderung Heizzeiten

Maßnahmenbeschreibung

Die Heizzeiten sollten nach Absprache mit dem Nutzer reduziert werden. Die Betriebszeiten (6-22 Uhr) sollten an die Nutzungszeiten (6-17 Uhr) angepasst werden. Die Wochenendabsenkung sollte programmiert und aktiviert werden. Um die Restwärme zu nutzen, die in den Speichermassen des Gebäudes tagsüber eingebracht wurde, können die Heizzeiten ohne Komfortverlust in der Nutzungszeit reduziert werden.

Empfehlung

Änderung der Heizzeiten für den Heizkreis Radiatoren auf 6 bis 17 Uhr. Wochenendabsenkung aktivieren, die kurzfristige Umsetzung wird empfohlen.

Überprüfung Heizungsanlage

Maßnahmenbeschreibung

Am Abgasrohr der Heizkesselanlage im Keller tritt sichtbar Kondensat aus. Das deutet auf ungünstige Einstellung der Verbrennung hin. Ein Brennwertkessel

erreicht erst durch Nutzung der Kondensationswärme im Abgas einen hohen Wirkungsgrad. Tritt Kondensat im oberen Bereich des Abgasrohres auf, zeigt dies, dass die Kondensationswärme nicht genutzt wird.

Empfehlung

Die Funktion der Brennwertnutzung des Kessels sollte kurzfristig überprüft, und Betriebseinstellungen angepasst werden.

Reduzierung der Beleuchtungsleistung

Maßnahmenbeschreibung

Die Beleuchtungsleistung Obergeschoss, EDV-Bereich, erscheint zu hoch. Je nach Tätigkeit und Raumart muss ausreichende Beleuchtung vorgesehen werden. Die Mindest – Beleuchtungsstärke in Räumen allgemein beträgt 100 Lux, auf Verkehrswegen (auch im Freien) 30 Lux. In der DIN 5034 (Anforderungen an Beleuchtungsstärke am Arbeitsplatz) sind Beleuchtungsstärken für ausgewählte Arbeitsplätze angegeben. Für Büroräume mit größerer Raumtiefe und/oder Abendbetrieb wird ein Wert von 500 Lux beschrieben.

Empfehlung

Kurzfristig sollte durch einfaches Entfernen von Leuchten die Beleuchtungsleistung soweit reduziert werden, bis der Richtwert von 500 Lux erreicht wird. Nach einer Probephase sollte durch Befragung der Nutzer die Verträglichkeit der reduzierten Beleuchtung geprüft werden.

Nachrüsten Thermostatventile

Maßnahmenbeschreibung

Thermostatventile regeln die Heizkörpertemperatur in Abhängigkeit der Raumlufttemperatur. Durch diese bedarfsorientierte Regelung der Wärmeabgabe der Heizkörper verringert sich der Heizenergieverbrauch. Im Erdgeschoss, Eingangsbereich wurde ein unregelmäßiger Heizkörper entdeckt, der jetzt auf voller Leistung betrieben wird.

Empfehlung

Das vorhandene mechanische Heizkörperventil sollte kurzfristig durch ein voreinstellbares Thermostatventil ersetzt werden.

Entfernen der Glasbausteine

Maßnahmenbeschreibung

Der Dachaufbau besteht im Bereich des Treppenaufganges und der Toiletten aus Glasbausteinen. Dadurch gelangt natürliches Tageslicht in das Gebäude.



Die Wärmedurchgangskoeffizienten der Glasbausteine sind jedoch relativ ungünstig, so dass erhöhte Heizwärmeverluste auftreten.

Empfehlung

Nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten kann ein Austausch der Glasbausteine, unter Einbezug der aktuellen Energiepreissituation, nicht zur Umsetzung empfohlen werden.

Daten zu Wirtschaftlichkeitsberechnung und Investitionen:

Fläche 30 m², Innentemperatur 20°C

Dämmung oberste Geschossdecke

Maßnahmenbeschreibung

Aufgrund der hohen Wärmeverluste über die an unbeheizten Dachraum grenzende Decke wird als Einsparmaßnahme die Verlegung einer Wärmedämmung auf dem bestehenden Deckenaufbau vorgeschlagen. Sofern der Dachraum nicht begehbar sein muss (z.B. als Lagerraum), genügt das Auflegen eines Hartschaum- oder Faserdämmstoffs.

Empfehlung

Die Energieeinsparverordnung fordert in §9 eine Dämmung von nicht begehbaren aber zugänglichen obersten Geschossdecken über beheizten Räumen bis 31.12.2005. Der U-Wert der Geschossdecke darf 0,3 W/m²K nicht überschreiten. Die Realisierung sollte mittelfristig durchgeführt und damit Energiesparpotenziale genutzt werden.

Wassereinsparung WC

Maßnahmenbeschreibung

Der Wasserverbrauch durch die WC-Spülung ist ein Hauptverbraucher in Gebäuden. Durch die Möglichkeit der Unterbrechung des Spülvorganges kann Trinkwasser eingespart werden. Die am Markt erhältlichen Modelle von WC-Spülkästen bieten diese Form der Spülstromunterbrechung durch die Start-Stopp-Funktion.

Empfehlung

Im Obergeschoss des Gebäudes, Toiletten, sollten die vorhandenen 9-Liter-Spülkästen am WC ohne Spülstromunterbrechung durch Spülkästen mit Start-Stopp-Funktion mittelfristig ersetzt werden.

3.3.6 Maßnahmen Umkleide Beistellerhof, Gebäude 6

Reduzierung Zirkulationszeit

Maßnahmenbeschreibung

Die Zirkulationspumpe fördert Warmwasser durch Zirkulations- und Warmwasserleitung, um eine geeignete Warmwassertemperatur an den Zapfstellen sicherzustellen. Dies ist nur während der Nutzungszeiten des Gebäudes erforderlich. Die Laufzeiten der Pumpe sollte auf die Betriebszeiten angepasst werden.

Empfehlung

Die Betriebszeit der Zirkulationspumpe sollte nach Absprache mit den Nutzern kurzfristig von jetzt täglich Mo bis Fr 5-21 Uhr auf Mo bis Fr 6-15 Uhr reduziert werden.

Anpassung Raumtemperatur an Bedarf

Maßnahmenbeschreibung

Es wurden Temperaturen von ca. 24°C festgestellt. Durch zu hohe Einstellung der Raumtemperatur wird mehr Heizenergie an den Raum abgegeben als erforderlich wäre. Es erhöhen sich die Wärmeverluste durch Transmission und Lüftung.

Empfehlung

Die Raumtemperatur sollte kurzfristig durch Behördenventile fest eingestellt und fixiert werden.

Anbindung an Fernwärme

Maßnahmenbeschreibung

Das Gebäude Umkleide Beistellerhof befindet sich neben dem Krematorium. Daher sollte betrachtet werden, ob die nebenliegende Fernwärmeversorgung für dieses Gebäude verwendet werden sollte. Dagegen spricht die unter 2.2.1 ermittelte Unterdimensionierung der Fernwärmeversorgung. Diese Unterdimensionierung stützt sich auf Extrembedingungen im Auslegungsfall und vor allem auf die unzureichende Heizwärmeversorgung außerhalb der Betriebszeiten des Krematoriums und an den Wochenenden. Für das Gebäude Umkleide Beistellerhof sind die Nutzungszeiten gleich mit den Betriebszeiten des Krematoriums, daher sind Einschränkungen der Beheizung, wie im Sozialbereich der Fahrzeughalle Beistellerhof, nur Montag morgens zu erwarten. Realisierbar ist die Nutzung des Fernwärmeanschlusses nur bei paralleler Nutzung der vorhandenen Heizanlage in Zeiten, in denen sich die unzureichende Heizversorgung auswirkt.

Empfehlung

In Verbindung mit der parallelen Nutzung der vorhandenen Heizanlage sollte die Anbindung an das Fernwärmenetz langfristig realisiert werden. Die unter 3.3.2 genannte Maßnahme Weiterführende Untersuchung der Fernwärmeversorgung könnte Schwachstellen im Fernwärmenetz reduzieren und damit eine Beheizung über die gesamte Nutzungszeit sichern.

3.3.7 Maßnahmen Pförtner Rat-Beil-Str., Gebäude 7

Dämmung Armaturen / Leitungen

Maßnahmenbeschreibung

Die Wärmedämmung der Trinkwasserleitungen und Armaturen an Wasserzähler und Absperrventilen fehlt.

Empfehlung

Zur Sicherung vor Frostschäden sollte die Dämmung der Trinkwasserleitungen im Pförtnerhaus Rat-Beil-Straße kurzfristig frostsicher hergestellt werden.

Abschalten Beheizung

Maßnahmenbeschreibung

Das Pförtnerhaus wird seit geraumer Zeit nicht mehr benutzt. Eine Beheizung wurde zur Frostsicherung der Trinkwasserleitung beibehalten. Durch frostsichere Dämmung der Trinkwasserleitungen wie unter 3.3.7 beschrieben kann die Beheizung zukünftig abgestellt werden.

Empfehlung

Die Gasheizung sollte sofort nach Dämmung der Trinkwasserleitung abgestellt werden.

3.3.8 Maßnahmen Öffentliche Toiletten Friedhofsgelände, Gebäude 8

Anpassung Raumtemperatur an Bedarf

Maßnahmenbeschreibung

In der öffentlichen Toilette Rat-Beil-Straße wurden Temperaturen von ca. 20°C festgestellt. Durch zu hohe Einstellung der Raumtemperatur wird mehr Heizenergie an den Raum abgegeben als erforderlich wäre. Es erhöhen sich die Wärmeverluste durch Transmission und Lüftung.

Empfehlung

Die Raumtemperatur sollte kurzfristig auf Frostschutz fest eingestellt und fixiert werden.

Zutrittssperre für Heizanlage (Alternativ Schließung der Toilettenanlage im Winter)

Maßnahmenbeschreibung



Die Temperatureinstellung des Gasheizgerätes ist für die Nutzer der öffentlichen Toilettenanlage frei zugänglich. Durch Betätigung des Drehknopfes kam es bereits mehrmals zur unnötigen Aufheizung der Toilettenanlage.

Empfehlung

Die frei zugänglichen Gasheizgeräte in den öffentlichen WC-Anlagen sollten kurzfristig mit Abdeckungen versehen werden.

Zusatzbemerkung

Als öffentliche Toilettenanlagen sind jetzt die Anlagen am Marbachweg und an der Rat-Beil-Straße ganzjährig in Betrieb. Zusätzlich haben Besucher noch die Möglichkeit neben dem Betriebshof (Montag bis Sonntag), vor der Verwaltung Altes Portal oder in der Trauerhalle (zu Betriebszeiten) beheizte Toiletten zu benutzen. Die unbeheizten Toiletten an der Eckenheimer Mauer und am Ehrenmalweg sind im Winter nicht benutzbar.

Diskutiert werden soll nun, ob öffentliche Toiletten am Marbachweg und an der Rat-Beil-Straße im Winter stillgelegt werden können.

Die **Toiletten am Marbachweg** liegen am nördlichen Friedhofsausgang. Die nächste Toilettenanlage befindet sich neben dem Betriebshof (Abstand ca. 500 m). Diese Anlage wird im Moment behindertengerecht umgebaut und sollte in Betrieb bleiben, um behinderten Menschen im Winter die Toilettenbenutzung zu ermöglichen.

Die Entfernung der **Toilettenanlage in der Rat-Beil-Straße** zur nächsten Toilettenanlage im Alten Portal beträgt ca. 250 m. Da diese nur zu den Betriebszeiten Montag bis Freitag nutzbar ist muss die Toilettenanlage vor dem Neuen Portal betrachtet werden. Die Entfernung zur Rat-Beil-Straße beträgt ca. 500 m. Da sich bis zur Friedberger Landstraße keine weitere beheizte Toilette im Gelände befindet muss diese Entfernung (ca. 1000 m) im ungünstigsten Fall betrachtet werden. Die zumutbare Erreichbarkeit für die Friedhofsbesucher sollte gewährleistet sein. Zunächst soll in einer Testphase (Sperrung der Toilettenanlage) im kommenden Winter die Reaktion der Besucher ermittelt

werden. Sollte sich dies als durchführbar zeigen, so kann die Toilettenanlage im Winter geschlossen und der Gasanschluss abgemeldet werden.

Eine elektrische Begleitheizung der Wasserleitung anstelle der gasversorgten Heizung kann nicht empfohlen werden, da bei Benutzung der Toiletten im Winter eine Raumbeheizung auf Mindesttemperaturen gewährleistet sein sollte. Dazu wäre bei Einsatz einer Rohrbegleitheizung zusätzlich ein Elektroheizstab notwendig. Damit entstehen Kosten für Anschaffung, Anschlussleistung, Energieverbrauch und Demontage der vorhandenen Anlage. Eine wirtschaftliche Umsetzung dieser Variante ist nicht zu erwarten und wird daher nicht weiter untersucht.

Daten zu Wirtschaftlichkeitsberechnung und Investitionen:

Im Bereich Pfortner Ausgang Gruftenhalle Toiletten / Rat-Beil-Straße werden jährlich 10 MWh Heizwärmeverbrauch abgerechnet. Dabei ergeben sich Verbrauchskosten in Höhe von ca. 300 €. In dieser Summe ist der Toilettenanlage und das Pfortnerhaus enthalten, da kein separater Zähler vorhanden ist. Es ergibt sich somit ein maximales Einsparpotenzial an Verbrauchskosten von 300 € jährlich, wenn die Heizanlage für Toiletten und Pfortner abgeschaltet wird. Dieser maximale Wert wurde in die Wirtschaftlichkeitsberechnung eingetragen.

Einsatz Bewegungsmelder

Maßnahmenbeschreibung

Bewegungsmelder steuern die Beleuchtung durch Sensoren, die Bewegungen registrieren und Schaltfunktionen auslösen. Dadurch wird die Beleuchtung im Erfassungsbereich der Sensoren bedarfsabhängig, bei Anwesenheit von Personen, gesteuert.

Empfehlung

Nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten kann die Maßnahme, unter Einbezug der aktuellen Energiepreissituation, nicht zur Umsetzung empfohlen werden.

3.3.9 Energiebeauftragten benennen

Ansatzpunkte für Einsparmöglichkeiten

Entscheidenden Einfluss auf die Höhe des tatsächlichen Energieverbrauches hat ein energiebewusstes Nutzerverhalten. Selbst die beste Technik zur Energieeinsparung ist nur so gut wie Fähigkeit und Wille ihres Benutzers, sie zweckgemäß einzusetzen. Voraussetzung hierfür ist nicht nur Information, sondern auch eine umfassende Motivation aller Nutzer.

Ziel ist einerseits, einen bewussten Umgang mit den Ressourcen zu vermitteln; andererseits sollte dadurch auch der Heizenergie-, Elektroenergie- und der Wasserverbrauch gesenkt, und damit ein Beitrag zur Klima- und Haushaltsentlastung geleistet werden.

Die Stadt Frankfurt hat bereits in anderen Liegenschaften ein Modell zur Beteiligung der Liegenschaften an deren jährlichen Energieeinsparungen vorbildlich eingeführt.

Ein Hauptpunkt des Konzeptes ist die Benennung eines Energiebeauftragten, der Verantwortung für den rationellen Umgang mit Energie und Wasser übernimmt. Eine zentrale Aufgabe am Anfang des Projektes ist es, die verhaltensbedingten Einsparungen zu quantifizieren. Dafür werden Bemessungsgrößen für Elektroenergie, Heizenergie und Wasser gebildet. Diese Grundlage der Datenerfassung ist mit diesem Energiekonzept gegeben, worauf sich die Einführung eines Projektes“ Energieeinsparung im Hauptfriedhof mit Unterstützung der Mitarbeiter“ anbietet.

Empfehlung

Die Verfolgung dieses Beteiligungsmodells wird nachhaltig den Energieverbrauch und die Betriebskosten verringern und sollte auf den Hauptfriedhof übertragen werden. Eine ausführliche Beschreibung und Anleitung zur Einführung des Modells liegt dem Hochbauamt der Stadt Frankfurt vor.

Zusätzlich zu dem Vorhaben des Beteiligungsmodells sollte noch auf folgende Optimierungsmöglichkeiten der Gebäudetechnik geachtet werden:

- Verlängerung der Temperaturabsenkzeiten für die Raumheizung
- Optimierung des Lüftungsverhaltens durch Vermeidung von Lüften mittels gekippten Fensters während der Heizperiode
- noch konsequentere Abschaltung der Beleuchtung, sobald kein Bedarf mehr besteht.

Im Anhang befindet sich zusätzlich eine Checkliste als Empfehlung für das optimale Nutzerverhalten. Durch Beeinflussung der Nutzer ist erfahrungsgemäß ein Einsparpotenzial zwischen 3 und 10 % möglich. In der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurden 3% Einsparungen berücksichtigt.

3.4 Sanierungsmaßnahmen

Die Analyse der bei der Bestandsaufnahme festgestellten baulichen Mängel und Schäden ist eine wichtige Voraussetzung für die Planung von Sanierungs- und Einsparungsmaßnahmen. Durch die Behebung von vorhandenen Bauschäden können einerseits häufig mit nur geringem Mehraufwand Maßnahmen zur Verbesserung der Wärmedämmung von Bauteilen verbunden werden, andererseits dient eine bauliche Sanierung zu der Erhaltung der Bausubstanz und oft zur Schaffung eines behaglichen Raumklimas.

Bauliche Maßnahmen, die eine Reduzierung des Heizwärmebedarfs mit sich führen, erfordern grundsätzlich eine angepasste Einstellung der Regelung für Heizung und evtl. Lüftungsanlagen an die neuen Randbedingungen. Nur so kann sichergestellt werden, dass die Einsparpotentiale auch voll ausgeschöpft werden.

3.4.1 Sanierungsmaßnahmen im Bereich Krematorium mit Trauerhalle

Feuchteschäden

Maßnahmenbeschreibung

Im Keller sind an den Wänden deutliche Feuchteschäden zu erkennen. Durch die erhöhte Wärmeleitfähigkeit aufgrund der Feuchtigkeit in den Wänden führt dies zu Wärmeverlusten.

Empfehlung

Im Rahmen einer Sanierungsmaßnahme sollten die Schäden beseitigt werden.

3.4.2 Sanierungsmaßnahmen Gebäudeübergreifend

Sanierung Wasserleitungsnetz Friedhofsgelände

In 3.3.1 wurde unter Hauptwasserzufuhr zum Gelände nachts absperrern beschrieben, dass innerhalb 8 Stunden von ca. 15 m³ Trinkwasser als Leckverlust abfließen. An einem Tag ergeben sich so 45 m³ Leckwasserverlust. Bei einem Tagesverbrauch von ca. 110 m³ ist das eine Leckwasserrate von ca. 40%. Ein Gesamtkonzept, das die Erneuerung des gesamten Netzes und die Überprüfung der Anzahl der Schöpfbecken und Wasserentnahmestellen erscheint am sinnvollsten. Dabei muss die Rohrleitung nicht in frostsicherer Tiefe verlegt werden, (nur Sommerbetrieb) Schwerlastverkehr auf dem Gelände muss aber berücksichtigt werden. Eine Möglichkeit zum Aufbau neuer Verteilnetze wäre eine phasenweise Vorgehensweise zum Aufbau des Leitungsnetzes, aufgeteilt nach praktikablen Streckenabschnitten. Der erste Schritt dazu ist die Erstellung eines Plankonzeptes.

Der Leckwasserverlust, ausgehend von o.a. Messung mit 45 m³ je Tag über sieben Monate Nutzungszeit, ergibt Kosten von:

€/m ³	m ³ /d	d/a	€/a
1,9	45	210	17.955

Diese Kosten von 17.955 € entstehen jedes Jahr aufgrund von Leckverlusten im Leitungsnetz. Nun kann ein Plankonzept beauftragt werden, das eine Erneuerung des Leitungsnetzes in Abschnitten vorsieht. Dabei kann das Netz analog zu den drei Hauptwasserzählern in drei Abschnitte eingeteilt werden.

Abschnitt 1: Zähler 165526, Umkleide Beistellerhof Eckenheimer Landstraße 194

Abschnitt 2: Zähler 185514, Bewässerung Friedhof, Schwarzes Tor Eckenheimer Landstraße 194.

Abschnitt 3: Zähler 171841, Bewässerung Friedhof Marbachweg Eckenheimer Landstraße 194

Investitionen zur Erneuerung des Wasserleitungsnetzes, mit Erdarbeiten, ohne Demontage der alten Leitungen, eingeteilt in Abschnitte, dabei wurden die Leitungslängen abgeschätzt.

In dieser Massenermittlung wurden alle Haupt und Nebenstrecken gemäß Bestandsplan aufgenommen. Möglich ist auch nur die Sanierung der Hauptleitungen zuerst durchzuführen. Bei den Kosten wurde ein Abschlag von 25% angesetzt, da zum einen die Verlegung der Leitungen nicht auf frostsichere Tiefe erfolgen muss und sich somit Aushubarbeiten reduzieren. Zum anderen wird sich die Länge des Leitungsnetzes reduzieren, da bei der Neuplanung mit geringeren Leitungslängen (Reduzierung der Zapfstellen) zu rechnen ist.

Sanierung Abschnitt 1 Hauptleitungen und Nebenleitungen:

Abschnitt 1 Gesamt
Umkleide Beistellerhof
Investitionen

	EP	Meter	Summe
DN 50	130	1.000	130.000 €
DN 100	200	500	100.000 €
			<u>230.000 €</u>
Abzüglich 25%			<u>57.500</u>
Summe			172.500

Sanierung Abschnitt 1 Hauptleitungen:

Abschnitt 1 Hauptleitungen
Umkleide Beistellerhof
Investitionen

	EP	Meter	Summe
DN 50	130	-	- €
DN 100	200	500	100.000 €
			<u>100.000 €</u>
Abzüglich 25%			<u>25.000</u>
Summe			75.000

Sanierung Abschnitt 2 Hauptleitungen und Nebenleitungen:

Abschnitt 2 Gesamt
Bewässerung Friedhof, Schwarzes Tor
Investitionen

	EP	Meter	Summe
DN 50	130	1.100	143.000 €
DN 100	200	600	120.000 €
			<u>263.000 €</u>
Abzüglich 25%			<u>65.750</u>
Summe			197.250

Sanierung Abschnitt 2 Hauptleitungen:

Abschnitt 2 Hauptleitungen
Bewässerung Friedhof, Schwarzes Tor
Investitionen

	EP	Meter	Summe
DN 50	130	-	- €
DN 100	200	600	120.000 €
			<u>120.000 €</u>
Abzüglich 25%			<u>30.000</u>
Summe			90.000

Sanierung Abschnitt 3 Hauptleitungen und Nebenleitungen:

Abschnitt 3 Gesamt
 Bewässerung Friedhof Marbachweg
 Investitionen

	EP	Meter	Summe
DN 50	130	1.000	130.000 €
DN 80-100	200	450	90.000 €
			<u>220.000 €</u>
Abzüglich 25%			55.000
Summe			<u>165.000</u>

Sanierung Abschnitt 3 Hauptleitungen:

Abschnitt 3 Hauptleitungen
 Bewässerung Friedhof Marbachweg
 Investitionen

	EP	Meter	Summe
DN 50	130	-	- €
DN 80-100	200	450	90.000 €
			<u>90.000 €</u>
Abzüglich 25%			22.500
Summe			<u>67.500</u>

Gesamtsummen:

Summe Sanierung Gesamt	534.750 €
Summe Sanierung Hauptleitungen	232.500 €

Dabei wurde ein HDPE Rohr mit Erdarbeiten angesetzt. Es sind unterschiedliche Techniken zur Erneuerung des Leitungsnetzes möglich, die mit unterschiedlichen Kosten zu berücksichtigen sind. Eine weitere Ausarbeitung mit Kostenermittlung ist in einem Planungskonzept durchzuführen. Zu den genannten Leitungslängen müssen noch Zapfstellen, Wasserzähler, Absperrungen und evtl. Unterflurhydranten erneuert werden, die in dem zu erstellenden Plankonzept zu berücksichtigen sind.

3.4.3 Sanierungsmaßnahmen Betriebshof

Erneuerung Brauch-Warmwasserbereiter

Maßnahmenbeschreibung

Der Warmwasserbereiter (Baujahr ca. 1960) verursacht hohe Wärmeverluste. Dies wird verursacht durch die veraltete und teilweise defekte Wärmedämmung, und die vielfache Überdimensionierung des Behälters.



Empfehlung

Der Austausch des Warmwasserbereiters wird im Zuge der Heizungserneuerung vorgeschlagen.

Investitionen

Speicher	2.000 €
Armaturen, Leitungen	300 €
Dämmung	200 €
Demontage	1.500 €
<u>Summe</u>	<u>4.000 €</u>

Die Notwendigkeit der Demontage des bestehenden Warmwasserbereiters ist abhängig vom Raumbedarf und Aufstellungsplanes der neuen Kesselanlage. Bei der Neuplanung der Anlage sollte entschieden werden, ob eine Demontage des alten Warmwasserbereiters nötig ist. Unter Umständen entfallen diese angesetzten Demontagekosten.

Einsatz einer DDC-Regelung

Maßnahmenbeschreibung

Die Heizungsregelung steuert den effizienten Einsatz von Heizenergie in Gebäuden und gibt Steuer- und Regelsignale an Stellglieder, in Abhängigkeit von Sollwerten, weiter. Die Heizungsregelung im Betriebshof ist veraltet.

Empfehlung

Die rechnerische Nutzungsdauer der vorhandenen Regelungstechnik ist bei weitem überschritten. Mit einem Ausfall der Regelungstechnik ist zu rechnen. Es wird deshalb der Einsatz einer neuen Regelungstechnik (DDC) empfohlen. Das Einsparpotenzial wurde in der Maßnahme Einsatz Brennwertkessel-Pelletkessel (3.3.4) eingerechnet.

Erneuerung Armaturen

Maßnahmenbeschreibung

Bei Zweigriffarmaturen in öffentlichen zugänglichen Bereichen und Waschbereichen werden häufig Ventile nicht sorgfältig geschlossen. Dann fließt,



E B E R T - I N G E N I E U R E

Nürnberg München Frankfurt/H. Gera Berlin Leipzig Düsseldorf FÜRTH/Bay. Hamburg

meist über längere Zeit, Trinkwasser ungenutzt zum Abfluss. Dies kann durch Einsatz von selbstschließenden Ventilen verhindert werden.

Empfehlung

Die meist alten Armaturen sollten im Zuge einer Sanierung gegen Selbstschlussventile ersetzt werden. Die Mehrkostenbetrachtung zeigt, dass bei einer notwendigen Erneuerung (Sanierung) Armaturen mit Selbstschlussventil der Vorzug gegenüber Armaturen mit Zweigriffbedienung gegeben werden sollte.

4 Zusammenfassung

4.1 Realisierungsvorschläge

Ausgehend von der vorangegangenen technischen, ökologischen und ökonomischen Bewertung werden folgende der im Kapitel 3.3 detailliert beschriebenen Maßnahmen zur Realisierung vorgeschlagen. Dabei werden die vorgestellten Einsparmaßnahmen allein aus Gründen der Verbrauchseinsparung durchgeführt, während die in Kapitel 3.4 genannte Sanierungsmaßnahme primär zum Erhalt der baulichen bzw. gebäudetechnischen Substanz erforderlich ist. Diese führen in den meisten Fällen ebenfalls zu einer erheblichen Reduzierung von Energieverbrauch, Schadstoffemissionen und Kosten. Häufig ist eine wirtschaftliche Umsetzung von Einsparpotentialen überhaupt erst im Rahmen von ohnehin fälligen Sanierungsmaßnahmen möglich.

Die Vorschläge im einzelnen:

	Gebäudeübergreifend, ganzes Gelände	Krematorium mit Trauerhalle	Verwaltung, neues Portal	Betriebshof	Altes Portal	Umkleide Beistellhof	Pförtner Rat-Beil-Str.	öffentliche Toiletten Friedhofsgelände
1 Änderung Heizzeiten				x	x			
3 Abschalten Beheizung							x	
4 Optimierung Energielieferverträge	x							
5 Anpassung Raumtemperatur an Bedarf		x				x		x
6 Überprüfung Heizungsanlage					x			
8 Reduzierung der Beleuchtungsleistung				x	x			
11 Reduzierung Zirkulationszeit						x		
24 Abstellen BWW Bereitung		x						
28 Hauptwasserzufuhr zum Gelände nachts absperren	x							
33 Energiebeauftragten benennen	x							

Tabelle 4.1 Nichtinvestive und organisatorische Maßnahmen

	Gebäudeübergreifend, ganzes Gelände	Krematorium mit Trauerhalle	Verwaltung, neues Portal	Betriebshof	Altes Portal	Umkleide Beistellhof	Pförtner Rat-Beil-Str.	öffentliche Toiletten Friedhofsgelände
2 RLT-Betrieb niedrigere Stufe		x						
7 Zutrittssperre für Heizanlage (Alternativ Schließung der Toilettenanlage im Winter)								x
9 Einsatz Energiesparlampen				x				
10 Nachrüsten Thermostatventile			x		x			
12 Zeitschaltuhr Zirkulationspumpe				x				
13 Dämmung Armaturen / Leitungen				x			x	
14 Entfernen der Glasbausteine					x			
15 Einsatz Brennwärtekessel, Umstellung Energieträger				x				
16 Einsatz geregelter Pumpen				x				
17 Einsatz einer DDC-Regelung				x				
18 Dämmung oberste Geschoßdecke		x	x	x	x			
19 Einsatz GLT für Wasserverbrauchsmessung	x							
20 Erneuerung BWB-Bereiter				x				
21 Wassereinsparung WC				x	x			
22 Einsatz Lastmanagementsystem		x						
23 Einsatz Bewegungsmelder				x				x
25 Feuchteschäden		x						
26 Erneuerung Armaturen				x				
27 Nutzung von Brunnenwasser	x							
29 Einsatz Selbstschlussarmaturen	x							
30 Anbindung an Fernwärme						x		
31 Nutzung von Regenwasser	x							
32 Weiterführende Untersuchung „Unzureichende Funktion Pufferspeicher und Fernwärmeversorgung“		x						
34 Sanierung Wasserleitungsnetz Friedhofsgelände	x							
35 Einsatz Frequenzumformer		x						

Tabelle 4.2 Investive Maßnahmen

4.3 Vergleich des Ist-Zustandes mit den Einsparungen

Den im Kapitel 2.2.5 aufgeführten Zahlen des Ist-Zustandes kann nun durch erzielbare Energie- und Verbrauchskosteneinsparungen ein Soll-Zustand gegenübergestellt werden.

	Wärme		Strom			Wasser	
	Verbrauch	Kosten	Verbrauch	Leistung	Kosten	Verbrauch	Kosten
	MWh	€	MWh	kW	€	m ³	€
Summe Ist-Zustand 2000	2.100	52.800	900	914	64.900	22.500	54.900
Einsparpotenzial	300	9.000	10	10	1.740	15.000	39.000
%	14	17	1	1	3	67	71
Summe Soll-Zustand	1.800	43.800	890	904	63.160	7.500	15.900

Tabelle 4.4 Soll-Ist-Vergleich, Verbrauch und Kosten

Unter Abzug der nicht empfohlenen Maßnahmen könnte die Summe der Verbrauchskosten im Jahr 2000 von 172.000,- € um ca. 50.000,- €/a auf ca. 122.000,- €/a reduziert werden.

Daraus ergeben sich Einsparungen der Energie- und Wasserkosten von 28%. Die mittlere Amortisationszeit errechnet sich zu 5 Jahren.

Bei Realisierung der Einsparpotenziale ergeben sich Emissionseinsparungen von:

- 42 kg/a NO_x
- 14 kg/a SO₂
- 73 t/a CO₂

4.4 Empfohlene Umsetzungspriorität der Maßnahmen

Die Bewertung der Maßnahmen hinsichtlich der Priorität ihrer Realisierung erfolgt nach folgenden Kriterien:

- Kosten/Nutzen-Verhältnis als Maßstab für die Effizienz des eingesetzten Kapitals. Die frühzeitige Realisierung von Maßnahmen mit hoher Effizienz eröffnet finanziellen Handlungsspielraum für die Durchführung weiterer - evtl. weniger effizienter - Maßnahmen.
- Emissionsverminderung als Maßstab für die ökologische Wirksamkeit einer Maßnahme.
- Sanierungsbedarf je nach Dringlichkeit einer Maßnahme zum Erhalt der baulichen oder technischen Substanz.
- Gesetzliche Vorschriften, die eine befristete Umsetzung der Maßnahmen erfordern.

Eine Auflistung der Maßnahmen nach den genannten Kriterien folgt im Anhang unter 5.2. In einer separaten Datei Wirtschaftlichkeit werden alle Maßnahmen mit Kosten, Einsparpotenzial und Verweise auf diesen Bericht gelistet, so dass eine Maßnahmenplanung ermöglicht wird.

4.5 Hauptpotenzial der Kosteneinsparungen

Der Hauptteil der ermittelten Einsparungen kann durch eine Maßnahme realisiert werden. Es handelt sich um Maßnahme Nr. 27 „Nutzung von Brunnenwasser“ (siehe unter 3.3.1). Durch diese Maßnahme werden 44 % der Verbrauchskosteneinsparungen erreicht. Zur Realisierung sind jedoch sehr hohe Investitionen erforderlich. Zudem ist zu bemerken, dass die Abschätzung der Investitionen und möglichen Einsparungen an Trinkwasser mit großen Unsicherheiten behaftet ist (Maßnahmenbeschreibung unter 3.3.1).

4.6 Abschlussbemerkung

Die Ermittlung von Einsparpotenzialen durch ein Energiekonzept ist der erste Schritt. Für den Hauptfriedhof haben sich erfreuliche Ergebnisse gezeigt: insgesamt ca. 28 % Energie- und Kosteneinsparungen, davon ein Teil durch nichtinvestive Maßnahmen, zu realisieren. Damit ist der erste Schritt zur Energie- und Kosteneinsparung sowie zur Umweltentlastung durchgeführt.

Der entscheidende und wichtigste Schritt ist nun die Realisierung und Durchführung der empfohlenen Maßnahmen. Die Realisierung der Maßnahmen stellt intern an das Hochbauamt Frankfurt und das Personal des Hauptfriedhofes wesentliche Anforderungen.

Das Hochbauamt Frankfurt muss nun intern eine Machbarkeitskontrolle durchführen und dem strategischen Plan die Ressourcen gegenüberstellen. Dazu zählen Finanzierungsmittel und Personalkapazitäten. Gegenüber Besuchern und Öffentlichkeit sollten die Aktivitäten und Anstrengungen, welche die Stadt Frankfurt unternimmt, kommuniziert werden, um eine positive Außenwirkung zu erreichen. Die Stadt Frankfurt nimmt dabei aktiv ihre Vorbild- und Multiplikatorfunktion im ökologischen Bereich wahr. Die Themen Energieeinsparung und Schutz unserer natürlichen Lebensgrundlagen werden im Vordergrund positioniert.

5 Anhang

Hier finden sich folgende Anlagen:

- Analyse Energie- und Wasserverbrauch
- Präsentationsfolien Zwischenbericht
- Nichtinvestive, investive und organisatorische Maßnahmen
- Empfehlung zur Umsetzungspriorität der Maßnahmen
- Checkliste Nutzerverhalten
- Wirtschaftlichkeitsberechnung der Einzelmaßnahmen je Gebäude
- Gesamtüberblick der Investitionen und Einsparungen
- Verbrauchs- und Kostenerläuterung
- Geräteauflistung
- Energielieferverträge
- Rechnungen

5.1 Nichtinvestive, investive und organisatorische Maßnahmen

	Gebäudeübergreifend, ganzes Gelände	Krematorium mit Trauerhalle	Verwaltung, neues Portal	Betriebshof	Altes Portal	Umkleide Beistellerhof	Pförtner Rat-Beil-Str.	öffentliche Toiletten Friedhofsgelände
1 Änderung Heizzeiten				x	x			
3 Abschalten Beheizung							x	
4 Optimierung Energielieferverträge	x							
5 Anpassung Raumtemperatur an Bedarf		x				x		x
6 Überprüfung Heizungsanlage					x			
8 Reduzierung der Beleuchtungsleistung				x	x			
11 Reduzierung Zirkulationszeit						x		
24 Abstellen BWW Bereitung		x						
28 Hauptwasserzufuhr zum Gelände nachts absperren	x							
33 Energiebeauftragten benennen	x							

Tabelle 5.1 Nichtinvestive und organisatorische Maßnahmen

	Gebäudeübergreifend, ganzes Gelände	Krematorium mit Trauerhalle	Verwaltung, neues Portal	Betriebshof	Altes Portal	Umkleide Beistellerhof	Pförtner Rat-Beil-Str.	öffentliche Toiletten Friedhofsgelände
2 RLT-Betrieb niedrigere Stufe		x						
7 Zutrittssperre für Heizanlage (Alternativ Schließung der Toilettenanlage im Winter)								x
9 Einsatz Energiesparlampen				x				
10 Nachrüsten Thermostatventile			x		x			
12 Zeitschaltuhr Zirkulationspumpe				x				
13 Dämmung Armaturen / Leitungen				x			x	
14 Entfernen der Glasbausteine					x			
15 Einsatz Brennwertkessel, Umstellung Energieträger				x				
16 Einsatz geregelter Pumpen				x				
17 Einsatz einer DDC-Regelung				x				
18 Dämmung oberste Geschoßdecke		x	x	x	x			
19 Einsatz GLT für Wasserverbrauchsmessung	x							
20 Erneuerung BWW-Bereiter				x				
21 Wassereinsparung WC				x	x			
22 Einsatz Lastmanagementsystem		x						
23 Einsatz Bewegungsmelder				x				x
25 Feuchteschäden		x						
26 Erneuerung Armaturen				x				
27 Nutzung von Brunnenwasser	x							
29 Einsatz Selbstschlussarmaturen	x							
30 Anbindung an Fernwärme						x		
31 Nutzung von Regenwasser	x							
32 Weiterführende Untersuchung „Unzureichende Funktion Pufferspeicher und Fernwärmeverversorgung“		x						
34 Sanierung Wasserleitungsnetz Friedhofsgelände	x							
35 Einsatz Frequenzumformer		x						

Tabelle 5.2 Investive Maßnahmen



5.2 Empfehlung zur Umsetzungspriorität der Maßnahmen

	Umsetzungspriorität (1=sehr, 3=mäßig)	Gebäudeübergreifend, ganzes Gelände	Krematorium mit Trauerhalle	Verwaltung, neues Portal	Betriebshof	Altes Portal	Umkleide-Baistellhof	Pförtner Rat-Bell-Str.	öffentliche Toiletten Friedhofsgelände
<i>Kapitelnummer im Abschlussbericht</i>	0	3.3.1	3.3.2	3.3.3	3.3.4	3.3.5	3.3.6	3.3.7	3.3.8
1 Änderung Heizzeiten	1				x	x			
2 RLT-Betrieb niedrigere Stufe	1		x						
3 Abschalten Beheizung	1							x	
4 Optimierung Energielieferverträge	1	x							
28 Hauptwasserzufuhr zum Gelände nachts absperren	1	x							
33 Energiebeauftragten benennen	1	x							
5 Anpassung Raumtemperatur an Bedarf	1		x				x		x
6 Überprüfung Heizungsanlage	1					x			
7 Zutrittsperre für Heizanlage (Alternativ Schließung der Toilettenanlage im Winter)	1								x
8 Reduzierung der Beleuchtungsleistung	1				x	x			
9 Einsatz Energiesparlampen	1				x				
10 Nachrüsten Thermostatventile	1			x		x			
11 Reduzierung Zirkulationszeit	1						x		
12 Zeitschaltuhr Zirkulationspumpe	1				x				
13 Dämmung Armaturen / Leitungen	1				x			x	
14 Entfernen der Glasbausteine	2					x			
32 Weiterführende Untersuchung „Unzureichende Funktion Pufferspeicher und Fernwärmeversorgung“	2		x						
35 Einsatz Frequenzumformer	2		x						
15 Einsatz Brennwertkessel, Umstellung Energieträger	2				x				
16 Einsatz geregelter Pumpen	2				x				
17 Einsatz einer DDC-Regelung	2				x				
18 Dämmung oberste Geschoßdecke	2		x	x	x	x			
19 Einsatz GLT für Wasserverbrauchsmessung	2	x							
20 Erneuerung BWW-Bereiter	2				x				
21 Wassereinsparung WC	2				x	x			
22 Einsatz Lastmanagementsystem	2		x						
23 Einsatz Bewegungsmelder	2				x				x
24 Abstellen BWW Bereitung	3		x						
25 Feuchteschäden	3		x						
29 Einsatz Selbstschlussarmaturen	3	x							
30 Anbindung an Fernwärme	3						x		
31 Nutzung von Regenwasser	3	x							
34 Sanierung Wasserleitungsnetz Friedhofsgelände	3	x							
26 Erneuerung Armaturen	3				x				
27 Nutzung von Brunnenwasser	3	x							

Abbildung 12 Umsetzungspriorität der Maßnahmen

5.3 Checkliste Nutzerverhalten

Maßnahmen/Empfehlungen	Zuständigkeit	
	Haustechnik	Nutzer
RAUMTEMPERATUREN überprüfen und ggf. an den Heizkörperthermostatventilen oder den Heizungsreglern entsprechend korrigieren. Nach AMEV sollen folgende Raumtemperaturen eingehalten werden: - Umkleiden/Duschen/Waschräume: 22°C - Flure/Treppenhäuser: 12-15°C - Werkstätten: 17°C - Toiletten: 15°C Eine Überschreitung dieser Werte um nur 1 Grad im Verlauf des Jahres hat einen Energiemehrverbrauch von 6-7 % zur Folge.	x	
THERMOSTATVENTILE beim Lüften der Räume möglichst schließen (die einströmende kalte Luft bewirkt, daß der Fühler das Thermostatventil zu 100 % öffnet; dadurch wird der Heizkörper in der Phase der Raumlüftung unnötig aufgeheizt, was zu vermeidbaren Wärmeverlusten führt)	x	x
SCHALTZEITEN der vorhandenen Regelungsanlagen den erforderlichen Raumtemperaturen anpassen (Tagbetrieb sowie Nacht- und Wochenendabsenkung an den Schaltuhren entsprechend einstellen.)	x	
BELEUCHTUNGSSTÄRKE überprüfen und ggf. reduzieren. Gemäß DIN 5035 der Richtlinie über die Innenraumbelichtung in öffentlichen Gebäuden und Schulen des Bundesministers für Raumordnung und Städtebau sind folgende Nennbeleuchtungsstärken ausreichend: - Umkleide-, Waschräume: 100 LUX (6 W/m²) - Toilettenräume: 100 LUX (6 W/m²) - Pausenhalle, Eingangsbereich: 200 LUX (12 W/m²) - Flure, Treppenhäuser: 100 LUX (6 W/m²)	x	
WARTUNG der haustechnischen Anlagen sicherstellen, insbesondere regelmäßige Wartung der Lüftungsanlagen sowie der Brenner und Heizkessel (Wartungsverträge mit Fachfirmen empfehlenswert).	x	
PROTOKOLLIERUNG wichtiger Werte: - Verbrauchswerte Brennstoff, Strom, Wasser (täglich) - Temperaturwerte Hauptvor- und rücklauf, Außentemperatur, Brauchwassertemperatur (wöchentlich) - Brennerlaufzeiten, Störungen, Unregelmäßigkeiten, Wartungsarbeiten	x	
LÜFTUNGSGERÄTE nur bei Bedarf einschalten.	x	
Haupteingangstüren nach Möglichkeit geschlossen halten um die Lüftungswärmeverluste zu verringern (evtl. automatische Türschließer einbauen)	x	x

Abbildung 13 Checkliste Nutzerverhalten