



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 Palmengarten
Siesmayerstr. 61
60323 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 001 5. Juni 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	9
2.1.3 Wasserversorgung.....	11
2.2 Energie und Leistungsbilanz.....	13
2.2.1 Analyse und Bewertung der Wärmeversorgung	13
2.2.2 Analyse und Bewertung der Stromversorgung	22
2.2.3 Analyse und Bewertung des Trinkwassers	29
2.2.4 Energielieferverträge	30
2.2.5 Kostenbilanz	31
2.2.6 Übersicht für Verbrauch und Kosten Wärme, Strom, Wasser	32
3 Ermittlung der Wirtschaftlichkeit für Maßnahmen.....	34
3.1 Vorgehensweise	35
3.1.1 Definitionen.....	35
3.2 Maßnahmenüberblick über alle Gebäude.....	37
3.3 Energiesparmaßnahmen	38
3.3.1 Gebäudeübergreifende Maßnahmen.....	38
3.3.2 Maßnahmen im Bereich Anzucht.....	41
3.3.3 Maßnahmen Blütengalerie.....	43
3.3.4 Maßnahmen Nordstern	45
3.3.5 Maßnahmen Südstern	46
3.3.6 Maßnahmen Botanische Sammlung.....	46
3.3.7 Maßnahmen Historisches Schauhaus	48
3.3.8 Maßnahmen Betriebsgebäude	49
3.3.9 Maßnahmen Haus Leonhardsbrunn	51
3.3.10 Maßnahmen Verwaltungsgebäude.....	52
3.3.11 Maßnahmen Personalwohnhaus	54
3.3.12 Maßnahmen Wohnhaus bei Anzucht.....	55
3.3.13 Maßnahmen Musikpavillon	55
3.3.14 Maßnahmen Victoria Regia Becken	57



3.3.15	Maßnahmen Becken am Historischen Schauhaus	58
3.3.16	Lieferverträge.....	59
3.3.17	Nutzerverhalten	60
3.4	Sanierungsmaßnahmen	60
3.4.1	Sanierungsmaßnahmen Verwaltungsgebäude.....	61
3.4.2	Sanierungsmaßnahmen Wohnhaus bei Anzucht	61
3.4.3	Sanierungsmaßnahmen Musikpavillon.....	62
4	Zusammenfassung	63
4.1	Realisierungsvorschläge.....	63
4.2	Einsparungen und Investitionen	65
4.3	Vergleich des Ist-Zustandes mit den Einsparungen	66
4.4	Empfohlene Umsetzungspriorität der Maßnahmen	66
4.5	Hauptpotenzial der Kosteneinsparungen.....	67
4.6	Abschlussbemerkung	67
5	Anhang	68
5.1	Analyse Energie- und Wasserverbrauch	69
5.2	Präsentationsfolien Zwischenbericht	69
5.3	Nichtinvestive, investive und organisatorische Maßnahmen	69
5.4	Empfehlung zur Umsetzungspriorität der Maßnahmen	70
5.5	Checkliste Nutzerverhalten.....	71
5.6	Wirtschaftlichkeitsberechnung der Einzelmaßnahmen je Gebäude	72
5.7	Gesamtüberblick der Investitionen und Einsparungen	72



1 Einleitung

Die Gartenbauerhebung von 1994¹ sagt aus, dass der Energieverbrauch zur Beheizung von Gewächshäusern in Deutschland bei einem Äquivalent von 7,28 Mio. MWh/m² liegt. Der Durchschnittsverbrauch beträgt 21 Liter Heizöl EL/m² oder 210 kWh/m² Gewächshausfläche. Das Heizöl EL ist dabei mit 60 %, Erdgas mit 24% und Kohle mit 11 % beteiligt. Der Anteil des Heizenergieverbrauchs im Gartenbau am Primär-Energieverbrauch Deutschlands beträgt 0,3 %.

Vorrangiges Ziel muss es sein, durch technische Maßnahmen am Gewächshaus, an der Heizung und anderen Bauteilen des Betriebes den Brennstoffverbrauch und damit die Heizkosten zu reduzieren.

Einige Maßnahmen können mit geringem finanziellen Aufwand durchgeführt werden bzw. rechnen sich sehr schnell. Diese Maßnahmen sind vorrangig bzw. sofort zu realisieren.

1.1 Aufgabenstellung

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

¹ Landesamt für Datenverarbeitung und Statistik (1994): Statistische Berichte Gartenbauerhebung im Land Brandenburg 1994

1.2 Vorgehensweise

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

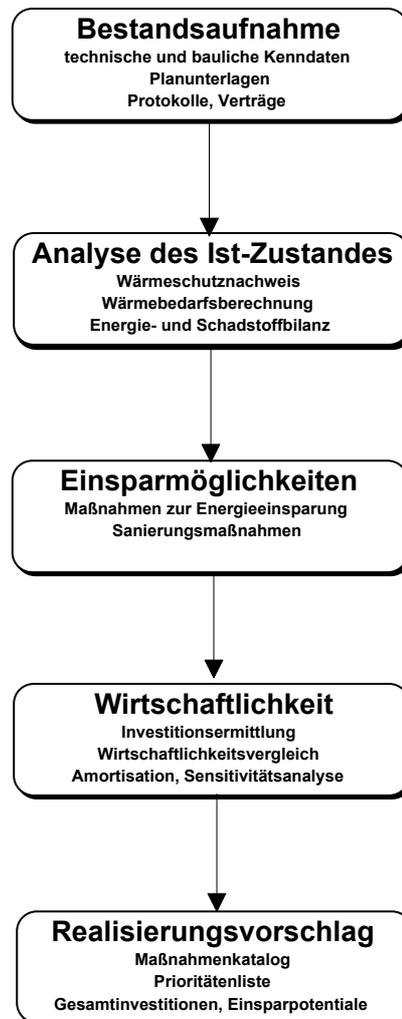


Abbildung 1 Vorgehensweise

1.3 Untersuchungsumfang

Die nachfolgende Aufstellung gibt einen Überblick über den Untersuchungsumfang der Gebäude. Hierzu ist im Anhang auf Folie 4 ein Lageplan eingefügt.

Gebäude

Bereich Nord

Betriebsgebäude
 Garagen
 Haus Leonhardsbrunn
 Überwinterung Palmen
 Wohnhaus bei Anzucht
 Bereich Anzucht

Bereich Süd

Südstern
 Nordstern
 Victoria Regia Becken
 Becken am Hist. Schauhaus
 Personalwohnhaus
 Hist. Schauhaus
 Verwaltungsgebäude
 Bot. Sammlung
 Kassengebäude
 Musikübungssaal
 Subantarktisches Gew.-Haus

Bereich Palmenhaus

Blütengalerie
 Gesellschaftshaus

Tabelle 1.1 Gebäudeumfang

Dabei unterteilt sich der Bereich Anzucht in folgende Gewächshäuser:

Anzucht Haus 6-13
 Anzucht Haus 14-16
 Anzucht Haus 18
 Anzucht Altbau Haus 1-5
 Anzucht Azalenhaus
 Anzucht Nordhalle
 Anzucht Blütenhaus Südhalle

Der Bereich Haus Leonhardsbrunn unterteilt sich in

Schauhaus
 Berufsschule Gärtner

2 Ist-Analyse

2.1 Bestandsaufnahme

2.1.1 Wärmeversorgung

2.1.1.1 Heizungstechnik

Zur Übersicht wurde die Wärmeversorgungsstruktur im Anhang, Folie 5, durch einen Plan dargestellt. Die Wärmeversorgung des Palmengartens erfolgt größtenteils durch Fernwärme über ein Fernwärmenetz und Erdgaskessel. Die Wärmeerzeugungsanlage für die Fernwärme besteht aus einem Blockheizkraftwerk (BHKW) des Energieversorgungsunternehmens Mainova, das im Untergeschoss des Gebäudes Südstern untergebracht ist. Dieses BHKW versorgt auch Teilbereiche der östlich des Palmengartens gelegenen Universität. Weiterhin sind erdgasbefeuerte Wärmeerzeuger auf dem Gelände vorhanden, die das Palmenhaus, Wohnhäuser und die Villa Leonardi mit Heizenergie versorgen. Die Villa Leonardi und das Gesellschaftshaus wurden nicht in den Untersuchungsumfang dieses Energiekonzeptes aufgenommen.

Wärmeerzeuger Palmengarten

Wärmeerzeuger	Einbauort	Wärmeleistung kW	Baujahr
BHKW Mainova (Anteil Palmengarten)			
3 Wärmetauscher Südstern	Südstern	4800	1996
2 Wärmetauscher Betriebsgebäude	Betriebsgebäude	1900	1996
2 Gaskessel Palmenhaus	Palmenhaus	3140	K1985/B1980
Erdgas Therme, WWB	Wohngebäude bei Anzucht	24	1987
Erdgas Kessel	Wohngebäude bei Bot. Sammlung	24	2001
Erdgas Therme	Haus Leonhardsbrunn Wohnung	24	1994
Erdgas Kessel	Villa Leonardi	125	K+B1988

K=Heizkessel

B=Brenner

Tabelle 2.1 Wärmeerzeuger

Als Wärmeverbraucher sind

- die statische Heizung,
- die raumlufthechnischen 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 Regelung der Vorlauftemperatur erfolgt bedarfs- und außentemperaturabhängig.

Hydraulische Leitungsführung

Hydraulisch führen von der Fernwärme-Erzeugung als Sekundärnetz zwei Heizsysteme (zweimal Vor- und Rücklauf) im Eigentum des Palmengartens, mit unterschiedlichem Temperaturniveau (Hochtemperatur (90/70°C) und Niedertemperatur (60/40°C)) aus der Zentrale. Dieses Leitungsnetz führt vom BHKW nach Süden in Richtung Historisches Schauhaus, bei dem dieses Fernwärmenetz endet. Von der Fernwärme-Erzeugung (BHKW) führt nach Norden ein Leitungspaar im Eigentum des Energieversorgungsunternehmens. als Primärnetz bis zum Wärmetauscher im Betriebsgebäude. Ab dem Verteiler im Betriebsgebäude werden die Gebäude, vom Bereich Nord (Tabelle 1.1 Gebäudeumfang) mit Heizungswasser (Hochtemperatur 90/70°C) versorgt. Graphisch wird der Leitungsverlauf im Anhang in Folie 5a gezeigt.

Heizkreisregelung

Die Heizkreisregelung für die Gebäude Nord ist bei dem Wärmetauscher im Betriebsgebäude untergebracht. Die Heizkreisregelungen der fernwärmeversorgten Gebäude Süd sind zum Teil bei der Wärmeherzeugung im Südstern als auch in den Unterverteilungen der Gebäude (Historisches Schauhaus).

Wärmezähler

Wärme

Zählernummer	Einzelbereiche
Bereich Nord	
FW280052	Betriebsgebäude Garagen Haus Leonhardsbrunn Berufsschule Leonhardsbrunn Schauhaus Leonhardsbrunn (12°C) Überwinterung Palmen (8°C) Wohnhaus bei Anzucht Anzucht Anzucht Haus 6-13 (13°C) Anzucht Azalenhause (13°C) Anzucht Haus 14-16 (14°C) Anzucht Haus 18 (14°C) Anzucht Altbau Haus 1-5 (24°C)
Bereich Süd	
FW280053	Südstern (18°C) Nordstern (20°C) Victoria Regia Becken Becken am Hist. Schauhaus
FW280053+EG945765	Personalwohnhaus Hist. Schauhaus (15°C) Verwaltungsgebäude Bot. Sammlung (20°C) Subantarktisches Gew.-Haus (5°C)
Bereich Palmenhaus	
EG75002749	Gesamt (16°C) Palmenhaus (16°C) Blütengalerie (16°C)

Tabelle 2.2 Wärmehähler mit durchschnittlichen Temperaturangaben der Gebäude

In Tabelle 2.2 Wärmehähler, wurde neben den Gebäudebezeichnungen der Gewächshäuser die mittlere Raumtemperatur der Häuser, in Abstimmung mit der Betriebstechnik Palmengarten, angegeben. In diesen Gewächshäusern, die jeweils aus mehreren Abteilen bestehen, unterscheidet sich die Raumlufttemperatur und die Raumluftfeuchte, abhängig von den untergebrachten Pflanzen, von Abteil zu Abteil. Besonders ausgeprägte Temperaturunterschiede finden sich in Nordstern, Südstern und Botanischer Sammlung. Im Anhang werden zu den aufgeführten Zählern Vertragsart und Adressbezeichnung aufgeführt.

Die Position der Zähler sind dem Lageplan Wärmeversorgung, Folie 5, im Anhang zu entnehmen. Die Verbrauchsaufteilung über die drei Hauptwärmehähler FW 280.053, 280.052 und EG 75002749 ist im Anhang auf dem Blatt Wärmeverbrauch 2001, Palmenhaus, Tropicarium, Betriebsgebäude Nord dargestellt.

Für das Gesellschaftshaus befindet sich noch ein weiterer Erdgasanschluss im Gebäude. Dieser Verbrauch wird nicht über den oben aufgeführten Zähler EG 75002749 erfasst, da eine separate Zuleitung vor dem Zähler EG 75002749 abzweigt. Der Erdgasverbrauch dieser Leitung wird über einen separaten Zähler erfasst und nimmt den Wärmeverbrauch des Pächters für Wärmeerzeugung von Wohnungen und Warmwassererzeugung für den Küchenbereich im Gesellschaftshaus auf. Der Betriebstechnik Palmengarten liegen keine Aufzeichnungen zu diesem Verbrauchszähler vor. Der Verbrauch ist in dieser Untersuchung nicht berücksichtigt, da das Gesellschaftshaus, wie erwähnt, nicht Bestandteil dieser Untersuchung ist und Auswirkungen auf die Entdeckung von Einsparmaßnahmen nicht erwartet werden.

2.1.2 Stromversorgung

Zur Übersicht wurde die Stromversorgungsstruktur im Anhang, Folie 11, durch einen Plan dargestellt. Die Stromversorgung des Palmengartens Frankfurt am Main erfolgt aus dem Netz des Energieversorgungsunternehmens Mainova. Die Messung der Stromaufnahme erfolgt getrennt nach Hochtarif-, Niedertarif- und Blindstrom. Ferner wird die Leistungsaufnahme gemessen und abgerechnet nach dem Mittelwert der drei Jahreshöchstspitzen. Blindstrom wird erst berechnet, wenn er größer als 62% vom HT-Verbrauch ist. Das kam in den letzten Jahren nicht vor. Der gesamte Palmengarten wird über zwei Hauptzähler und einen weiteren Zähler für das Palmenhaus erfasst. Die monatliche Verbrauchsaufzeichnung dieser drei Zähler ist im Anhang auf den Folien 12 bis 14 dargestellt.

Ein Hauptzähler erfasst die Gebäude im Bereich Nord (Gebäude lt. Tabelle 1.1). Im Bereich Nord befindet sich ein weiterer Zähler für die Umwälzpumpen der Fernwärmeversorgung. Der aufgezeichnete Energieverbrauch dieses Zählers wird dem Hauptzähler Nord abgezogen. Der zweite Hauptzähler erfasst die Gebäude im Bereich Süd (Gebäude lt. Tabelle 1.1).

Eine zeitliche Bereinigung für Stromverbräuche ist nicht notwendig, da jeweils der Verbrauch über ein ganzes Kalenderjahr gemessen wurde.

Als wichtigste Stromverbraucher sind zu nennen:

Gebäude	Beleuchtung	Lüftung	Heizung/Pumpen/ Maschinen	Summe
	Leistung kW	Leistung kW	Leistung kW	Leistung kW
Bereich Nord				
Betriebsgebäude	4		25	40
Garagen	3		10	13
Haus Leonhardsbrunn	3	4	8	24
Überwinterung Palmen	1		6	8
Wohnhaus bei Anzucht			3	5
Bereich Anzucht	35	45	66	204
Bereich Süd				
Südstern	24	32	18	101
Nordstern	37	50	35	153
Victoria Regia Becken			4	8
Becken am Hist. Schauhaus			3	8
Personalwohnhaus			2	5
Hist. Schauhaus	7	4	5	30
Verwaltungsgebäude	2		4	11
Bot. Sammlung	14	4	82	114
Kassengebäude			5	5
Musikübungssaal			10	13
Subantarktisches Gew.-Haus	7	2	1	18
Blütengalerie				150
Summe				910

Tabelle 2.3 Stromverbraucher

Im Anhang wird die Aufteilung der wesentlichen Elektrischen Energieverbraucher je Gebäude dargestellt. Da im Rahmen dieses Energiekonzeptes keine Bestandaufnahme aller Anlagen durchgeführt wurde, sind die genannten Daten in Tabelle 2.3 Stromverbraucher, als Anhaltswerte zu betrachten.

In Tabelle 2.12 Elektrischer Energiebedarf, wird der gemessene Gesamtstromverbrauch durch überschlägig ermittelte Leistungsbedarfswerte und Vollbenutzungsstunden auf die einzelnen Gebäude verteilt.

Strom

**Zähler-
nummer**

Einzelbereiche

Bereich Nord

31028 Hauptzähler Betr. Nord Miguelalle

829.086 Abzug Umwälzpumpe Fernwärme

Bereich Süd

6095 Sießmayerstr. Licht u. Drehstrom

Bereich Blütengalerie

21860 Licht und Kraft Gesellschaftshaus

Tabelle 2.4 Stromzähler

Die Position der Zähler sind dem Lageplan Elektrischer Strom, Folie 11, im Anhang zu entnehmen. Die Verbrauchsaufteilung über die drei Stromzähler ist im Anhang auf Folie 12 bis 14, Elektrische Energie HT/NT 2001, dargestellt. Im Anhang werden zu den aufgeführten Zählern Vertragsart und Adressbezeichnung aufgeführt.

2.1.3 Wasserversorgung

Der Lageplan Wasserversorgung im Anhang, Folie 9, zeigt eine graphische Darstellung der Struktur der Wasserversorgung. Die Versorgung des Palmengartens mit Stadtwasser besteht aus sieben Haupteinspeisungen von den drei Seiten Zeppelinallee, Palmengartenstraße und Siesmayerstraße, wofür jeweils Zähler vorhanden sind. Sechs Stadtwassereinspeisungen führen in eine Ringleitung, aus der alle Gebäude im Palmengarten mit Wasser versorgt werden. Weitere Unterzähler für einzelne Gebäude gibt es nur für die Villa Leonardi, das Gesellschaftshaus sowie die WC-Anlagen. Die siebte Stadtwassereinspeisung versorgt nur das Verwaltungsgebäude.

Es wird Brunnenwasser mit vier Pumpen gefördert. Das Brunnenwasser wird größtenteils und für das Bewässern der Pflanzen in den Außenanlagen verwendet. Bei Bedarf dient das Brunnenwasser auch zur Nachspeisung des Weihers an der Zeppelinallee. Eine Verwendung des Brunnenwassers als Trinkwasser ist ohne Wasseraufbereitung nicht möglich, da die Gesamthärte gemäß Wasseranalyse vom 5. Juli 1990 mit 34,7° dH gemessen wurde. Ein Teil des Brunnenwassers wird jedoch über die Pumpstation in das Ringleitungssystem eingespeist. Das geschieht über einen offenen Behälter und einer Druckerhöhungsanlage in der Siesmayerstraße (siehe Lageplan Wasserversorgung Folie 9). Dort wird das Brunnenwasser mit dem Stadtwasser verschnitten und als Trinkwasser verwendet. Die genutzten Mengen an Brunnenwasser sind im Anhang in Folie 3, Gesamtverbrauch Wärme, Strom und Wasser, aufgeführt. Regenwasser wird an acht Stellen (siehe Lageplan Wasserversorgung Folie 9) durch zahlreiche Behälter und Tanks gesammelt und für Pflanzenbewässerung verwendet. Das Regenwasserspeichervolumen beträgt insgesamt 673 m³. Dabei wird das Regenwasser der Behälter am Nord- und Südsterne sowie an der Botanischen Sammlung über einen Wärmetauscher auf ca. 22°C für Pflanzenbewässerung vorgewärmt. Das gesammelte Regenwasser der restlichen Behälter wird ohne Vorwärmung genutzt.

Als Wasserverbraucher sind anzuführen:

- die Pflanzenbewässerung,
- öffentliche WC-Anlagen,
- die Waschanlage im Betriebshof und
- die Zapfstellen in Wohnhäusern und Verwaltungsgebäuden



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

Wasser

Zähler- nummer	Einzelbereiche
-------------------	----------------

Mainova-Zähler

212832	Palmengartenstr. 11
212833	Palmengartenstr. 37
185595	Siesmayerstr.61
185596	Siesmayerstr.91
212353	Zeppelinallee 40
212352	Zeppelinallee 46
169788	Verwaltungsgebäude

Unterzähler

19771975	WC-West
19771978	WC-Ost
2037881	Terasse Ost
1532504	Terasse West
114150295	Abzug Villa Leonardi
3604764	Abzug Gaststätte
126464	Abzug Gesellschaftshaus
3605505	Brunnen 1
3605513	Brunnen 2
7601725	Brunnen 3

Tabelle 2.5 Wasserzähler

Die Position der Zähler ist dem Lageplan Wasserversorgung im Anhang zu entnehmen. Die Verbrauchsaufteilung über die sieben Wasserzähler der Mainova ist im Anhang auf dem Blatt Wasserverbrauch 2001, Folie 10, dargestellt. Im Anhang werden zu den aufgeführten Zählern Vertragsart und Adressbezeichnung, soweit vorhanden, aufgeführt.

Eine zeitliche Bereinigung für Wasserverbräuche ist nicht notwendig, da jeweils der Verbrauch über ein ganzes Kalenderjahr gemessen wurde. Eine Grundwasserabgabe, die im Jahr 2000 mit 0,25€/m³ und im Jahr 2001 mit 0,12 €/m³ für das Brunnenwasser berechnet wurde, ist in den folgenden Ausführungen nicht in den Wasserkosten berücksichtigt, da diese Gebühren voraussichtlich zukünftig entfallen. Ein Vergleich der Wasserverbrauchskosten dieses Konzeptes mit zukünftigen Wasserverbrauchskosten ist somit deutlicher durchführbar.

2.2 Energie und Leistungsbilanz

2.2.1 Analyse und Bewertung der Wärmeversorgung

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)

Da die Fernwärmelieferung der Mainova nur durch zwei Wärmezähler erfasst wird, die Wärme jedoch auf viele Gebäude aufgeteilt wird, ist eine Aufteilung des Wärmeverbrauchs auf die einzelnen Gebäude durch gemessene Daten nicht möglich. Dazu wurde unter 3.3.1 eine Maßnahme entwickelt. Für eine Bewertung des Wärmeverbrauchs wurde der gemessene Wärmeverbrauch über die beiden Fernwärmezähler nun auf die einzelnen Gebäude näherungsweise aufgeteilt. Als Kriterien dieser Verbrauchszuordnung für die Gewächshäuser wurde die durchschnittliche Raumtemperatur und die Fläche herangezogen. Daraufhin wurde den Häusern Vollbenutzungsstunden zugeteilt. Die Vollbenutzungsstunden wurden mit dem Wärmeleistungsbedarf gemäß der am 11.10.2002 übergebenen Unterlagen der Betriebstechnik Palmengarten multipliziert und ergaben den rechnerisch ermittelten Heizwärmebedarf. Dieser wurde mit dem gemessenen Wärmeverbrauch der Fernwärmezähler verglichen und angepasst. Der den einzelnen Gebäuden zugeteilte, rechnerische Heizwärmebedarf stellt somit einen Näherungswert dar. Diese Werte werden zum besseren Erkennen der Verbrauchsschwerpunkte und zum Aufzeigen von Einsparpotenzialen und Maßnahmen genutzt. Diese Aufteilung des gemessenen Heizwärmeverbrauchs auf die einzelnen Gebäude wird in Tabelle 2.6 vorgestellt.

Zunächst wurde aus dem Wärmeleistungsbedarf für Raumheizung von den übergebenen Unterlagen der Betriebstechnik Palmengarten sowie den jährlichen Vollbenutzungsstunden (gem. VDI 2067 Blatt 2 und Erfahrungswerten) der jährliche Heizwärmebedarf berechnet. Die Flächen aller Gebäude wurden aus den übergebenen Planunterlagen durch Messung entnommen.

Es ergibt sich der nachfolgend aufgeführte jährliche Heizwärmebedarf.

	Fläche m ²	Wärme- leistungs-bedarf Raumheizung kW	VBH h/a	Heizwärme- bedarf Raumheizung Berechnet MWh/a	Wärme- verbrauch Gemessen MWh/a
Bereich Nord					
Betriebsgebäude	1.258	94	1.800	197	
Garagen	307	18	200	4	
Berufsschule Leonhardsbrunn	708	50	1.750	102	
Schauhaus Leonhardsbrunn (12°C)	239	57	600	40	
Überwinterung Palmen (8°C)	235	38	500	22	
Wohnhaus bei Anzucht	263	20	2.000	47	
Anzucht	5.983	1.615			
Anzucht Haus 6-13 (13°C)	516	162	600	113	
Anzucht Azalenhaus (13°C)	743	162	650	122	
Anzucht Haus 14-16 (14°C)	3.188	485	800	451	
Anzucht Haus 18 (14°C)	342	162	600	113	
Anzucht Altbau Haus 1-5 (24°C)	1.195	646	900	676	
Summe Bereich Nord	8.993	1.892		1.886	2.285
Bereich Süd					
Südstern (18°C)	2.469	743	1.550	1.339	
Nordstern (20°C)	3.163	891	1.300	1.347	
Personalwohnhaus	310	27	2.000	64	
Hist. Schauhaus (15°C)	1.385	321	1.000	374	
Verwaltungsgebäude	372	30	1.850	63	
Bot. Sammlung (20°C)	1.492	340	1.400	554	
Subantarktisches Gew.-Haus (5°C)	276	80	800	74	
Victoria Regia Becken		50	7.500	436	
Becken am Hist. Schauhaus		30	5.000	174	
Summe Bereich Süd	9.466	2.642		4.426	4.987
Bereich Palmenhaus					
Gesamt (16°C)	3.217	1.000	850	989	
Palmenhaus (16°C)	1.691	--			
Blütengalerie (16°C)	1.526	--			
Gesellschaftshaus		500	1.300	756	
Summe Palmenhaus	3.217	1.500		1.745	1.947
Summe Gesamt	21.676	6.035		8.057	9.219

Tabelle 2.6 Heizwärmebedarf

Der Wärmeleistungsbedarf von den Gebäuden der Anzucht wurde über die Fläche ermittelt. Mit einem Faktor wurde die bekannte Gesamtleistung der Anzucht auf die einzelnen Gebäude verteilt. Dieser Faktor berücksichtigt zum einen die Größe und zum anderen die Betriebstemperaturen der einzelnen Gebäude. Der Wärmeleistungsbedarf der Blütengalerie wurde mit der installierten Leistung des Südsterns ermittelt. Für das Gesellschaftshaus wurde ein geschätzter Wärmeleistungsbedarf angesetzt. Dieses Gebäude ist, wie erwähnt, nicht im Untersuchungsumfang, soll der Vollständigkeit halber jedoch hier aufgeführt werden.

Wie erläutert, stellt der berechnete Heizwärmebedarf für die Einzelgebäude jeweils einen Näherungswert dar, der dem Zweck dient, auch ohne Vorhandensein einer entsprechend detaillierten Zählerstruktur Verbrauchsschwerpunkte aufzuzeigen.

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 erfolgte auf Grundlage der Verbrauchsdaten des Jahres 2001 vom Hochbauamt Frankfurt, die im Internet veröffentlicht wurden². Der Mittelwert in Frankfurt aus den Jahren 1988 bis 2001 beträgt 3.185 Kd/a, der Mittelwert aus den Jahren 1998 bis 2000 wurde mit 2.960 Kd/a ermittelt. Die gemessene Jahresgradtagszahl für das Jahr 2001 beträgt 3.166 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 wird auf Folie 3, Gesamtverbrauch Wärme, Strom und Wasser, die Gradtagszahlen gezeigt.

Witterungsbereinigung für Heizenergieverbrauch Erdgas

	Endenergieverbrauch * (mittlere Heizgradtage / Heizgradtage) Gradtagszahlen Frankfurt a.M. Palmengarten in Kd/a			
	Erdgasverbrauch kWh	Gtm K*d/a	Gta K*d	Bereinigt kWh/a
Gesamt 1998-2000	9.234	3.185	2.960	9.936
Gesamt 2001	9.219	3.185	3.166	9.274

Tabelle 2.7 Witterungsbereinigung

Wärmeleistungsbedarf

Die Tabelle 2.6 Heizwärmebedarf enthält die Zusammenstellung der für den Bereich Raumheizung erforderlichen Wärmeleistung (Zahlen gerundet).

Es ergibt sich der Wert:

- **Wärmeleistungsbedarf Raumheizung** **6.000 kW**

Aus den technischen Daten der Lüftungsanlagen und durch Befragungen ergab sich, dass die Lüftungsanlagen im wesentlichen als Umluftanlagen betrieben werden. Nachfolgend sind nur die Außenluftanlagen berücksichtigt. Daher beträgt der Wert:

- **Wärmeleistungsbedarf mechanische Lüftung** **300 kW**
- **Brauchwarmwasser** **200°kW**
- **Netzverluste** **200°kW**

Die insgesamt zu installierende Wärmeerzeugerleistung ergibt sich demzufolge zu

- **Wärmeleistungsbedarf gesamt** **6.700 kW**

² <http://www.stadt-frankfurt.de/energiemanagement/>

Dabei wurde das Gesellschaftshaus, das nicht im Untersuchungsumfang beinhaltet ist, mit 500 kW Wärmeleistungsbedarf berücksichtigt. Diese Leistung wird von dem aufgeführten Erdgaskessel im Palmenhaus (siehe Tabelle 2.6) bereitgestellt.

Wärmeverbrauch

Der jährliche Wärmebedarf in den einzelnen Verbrauchsbereichen wird in folgender Tabelle dargestellt:

	Wärme- leistungsbedarf [kW]	jährlicher Wärmebedarf [MWh/a]
Raumheizung	6.000	8.057
Lüftung (RLT)	300	174
Brauchwarmwasser (BWW)	200	116
Netzverluste	150	331
Bilanz:	6.700	8.700

Tabelle 2.8 Wärmebilanz gesamt

Dem errechneten jährlichen Wärmebedarf steht der jährliche gemessene Wärmeverbrauch von

- **jährlicher Wärmeverbrauch** **9.200 MWh/a**

gegenüber.

Als Differenz zwischen erzeugter Wärmemenge und Nutzwärmeverbrauch ergibt sich der

- **Bilanzrest** **500 MWh/a,**

entsprechend 5%, der folgendermaßen zuzuordnen ist:

- Bereitschaftsverluste Warmwasserspeicher
- Zirkulationsverluste
- Raumwärmeverteilungsverluste

Bewertung der Fernwärmeversorgung

Der Wärmeleistungsbedarf der an die Fernwärme angeschlossenen Gebäude beträgt 5.150 kW. Die Vorhalteleistung setzt sich aus den Anteilen von 1.900 kW für den Bereich Nord und 3.200 kW für den Bereich Süd (Summe=5.100 kW) zusammen, und ist somit gut bemessen.

Bewertung der Wärmeversorgung Gaskessel Palmenhaus

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

	Wärme- leistungsbedarf [kW]	jährlicher Wärmebedarf [MWh/a]	Brennstoff- bedarf [MWh/a], Hu
Raumheizung	1.500	1.947	2291
Lüftung (RLT)	50	29	34
Brauchwarmwasser (BWW)	30	17	21
Netzverluste	20	44	52
Bilanz:	1.600	2.040	2400

Tabelle 2.9 Wärmebilanz Gaskessel

Dabei ist zu beachten, dass die Leistung des Gesellschaftshauses mit 500 kW angenommen wurde. Mit dieser Wärmeleistung und 1.300 Vollbenutzungsstunden errechnet sich, zusammen mit der Blütengalerie im Palmenhaus, für die 850 Vollbenutzungsstunden im Jahr gerechnet wurden, die gemessene jährliche Wärmemenge.

Einem Wärmeleistungsbedarf von 1.600 kW steht eine installierte Kesselleistung von zweimal 1.570 kW gegenüber. Es ergibt sich somit eine

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

Diese Überdimensionierung wird auch aus der Betrachtung der Vollbenutzungsstunden ersichtlich:

- **Jahresvollbenutzungsstunden der Feuerungsanlage 585 h/a**

Eine konkrete Maßnahmenempfehlung wird in Kapitel 3.3.3 aufgeführt bzw. in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung erläutert.

Für die Bewertung der gesamten bestehenden Wärmeversorgung werden folgende Kennwerte gebildet:

Jährlicher Brennstoffverbrauch	Wert	Kommentar
Bereich Nord (Fernwärme)	254kWh/m ² a	mittel bis hoch
Bereich Süd (Fernwärme)	526 kWh/m ² a	hoch
Gesellschaftshaus (Gas)	605 kWh/m ² a	hoch

Die Auswertung zeigt, dass der Brennstoffverbrauch in einem mittlerem bis hohen Bereich liegt. Der Vergleich des Kennwertes von Bereich Nord mit dem Kennwert eines Friedhofsgebäudes, das einen Mittelwert von 158 kWh/m²a sowie einer Gewächshausnutzung (300 kWh/m²a), belegt diesen überhöhten Wert. Der Bereich Süd, der von der Gewächshausnutzung dominiert wird, weist einen hohen Verbrauchskennwert auf. Das Gesellschaftshaus, das in Kürze renoviert wird, weist einen hohen Verbrauch auf, wenn man diesen mit



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

Veranstaltungsgebäuden ($146 \text{ kWh/m}^2\text{a}$) und einer Gewächshausnutzung ($300 \text{ kWh/m}^2\text{a}$) vergleicht.



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	Wärmeleistungs- bedarf Raumheizung kW	VBH h/a	Heizwärme-bedarf Raumheizung Berechnet MWh/a	Energie- bedarfskennwert Wärme kWh/m ² *a	Vergleichskennwert Wärme kWh/m ² *a	MWh/a	Rechnerischer Mehrverbrauch €/a	%	ABC-Analyse		
									A	B	C
Südstern (18°C)	743	1.550	1.339	542	300	599	25.144	36	A		
Nordstern (20°C)	891	1.300	1.347	426	300	398	16.726	24	A		
Anzucht Altbau (24°C)	646	900	676	566	300	318	13.342	19	A		
Bot. Sammlung (20°C)	340	1.400	554	371	300	106	4.453	6	A		
Palmenhaus / Blütengalerie (16°C)	1.000	850	989	307	300	23	985	1		B	
Anzucht Haus 6-13 (13°C)	162	600	113	330	150	61	2.581	4		B	
Anzucht Haus 18 (14°C)	162	600	113	218	150	35	1.483	2		B	
Subantarktisches Gew.-Haus (5°C)	80	800	74	270	150	33	1.390	2			C
Berufsschule Leonhardsbrunn	50	1.750	102	144	115	20	856	1			C
Personalwohnhaus	27	2.000	64	206	146	18	776	1			C
Betriebsgebäude	94	1.800	197	156	143	17	708	1			C
Verwaltungsgebäude	30	1.850	63	171	132	14	606	1			C
Anzucht Azalenhaus (13°C)	162	650	122	164	150	11	449	0,6			C
Wohnhaus bei Anzucht	20	2.000	47	180	146	9	380	0,5			C
Schauhaus Leonhardsbrunn (12°C)	57	600	40	167	150	4					
Überwinterung Palmen (8°C)	38	500	22	94	150	-13					
Anzucht Haus 14-16 (14°C)	485	800	451	141	150	-27					
Hist. Schauhaus (15°C)	321	1.000	374	270	300	-42					
Garagen	18	200	4	14	n.v.						
Victoria Regia Becken	50	7.500	436	n.v.	n.v.						
Becken am Hist. Schauhaus	30	5.000	174	n.v.	n.v.						
Summe						1.664	69.878	100			

Tabelle 2.10 Beurteilung durch Kennwerte Wärme

Tabelle 2.10 zeigt eine Bewertung der Gebäude bezüglich des Wärmeverbrauchs anhand von Vergleichskennwerten. Für folgende Gebäude wurden Vergleichskennwerte aus der ages Studie 1999³ und aus VDI 3807⁴ entnommen: Betriebsgebäude, Haus Leonhardsbrunn Schulhaus, Wohnhaus bei Anzucht, Personalwohnhaus, Verwaltungsgebäude.

Aus einer umfangreichen Studie zum Energieverbrauch im Gartenbau in NRW⁵ und der Landesinitiative Zukunftsenergien des Landes Nordrhein-Westfalen⁶ aus dem Jahr 2000 liegt der jährliche Heizwärmebedarf bei ca. 100 kWh/m²a für Eriken, ca. 150 kWh/m² für Beet- und Balkonpflanzen und 300 kWh/m²a für Warmhauspflanzen. Nach Rücksprache mit dem Personal der Betriebstechnik im Palmengarten kann folgende Zuordnung zwischen Pflanzen und Umgebungstemperatur getroffen werden:

	kWh/m ² a	°C
Eriken	100	5 bis 8
Beet- und Balkonpflanzen	150	10 bis 15
Warmhauspflanzen	300	18-22

Daher werden diese drei Verbrauchskennwerte als Vergleich für die Gewächshäuser im Palmengarten angesetzt. Diese Werte stellen keine optimalen Werte dar, sondern ein Mittelmaß. Die Berechnung und Beurteilung der Gebäudesubstanz wird, zusammen mit der Analyse der Wärmeversorgung in 2.2.1 gezeigt.

Zur Bewertung der Einsparungen im Bereich Wärme wurde die ABC-Analyse angewendet (Tabelle 2.10 Beurteilung durch Kennwerte Wärme). Dabei wurde aus dem berechneten Heizenergiebedarf ein Heizenergie-Bedarfskennwert, bezogen auf die beheizte Bruttogeschossfläche (BGF) berechnet und einem Vergleichskennwert Wärme gegenübergestellt. Aus der Differenz dieser Kennwerte, multipliziert mit der BGF, ergibt sich ein rechnerischer Mehrverbrauch. Dieser Mehrverbrauch wurde absteigend geordnet, jedem Gebäude zugeordnet und je Gebäude ein prozentualer Anteil vom gesamten rechnerischen Mehrverbrauch errechnet. Da sich der berechnete Heizwärmebedarf auf Näherungswerte (siehe 2.1.1.2) bezieht, sind die o.g. Einsparpotenziale ebenfalls Näherungswerte, die das Einsparpotenzial mit einer gewissen Unschärfe darstellt.

Anschließend wurde klassifiziert in A, B und C. In die Kategorie A wurden vier Gebäude eingeteilt. Mit diesen vier Gebäuden werden 82 % des gesamten rechnerischen Mehrverbrauchs erfasst. Das bedeutet, dass ein Schwerpunkt der Einsparmaßnahmen bei diesen Gebäuden zu finden sein sollte. Da der wesentliche Heizenergiemehrverbrauch wahrscheinlich durch diese vier Gewächshäuser verursacht wird, und der überwiegende Teil des Wärmeverbrauches durch die Gewächshausanlagen auf dem Gelände verbraucht wird, ist nachfolgend der Focus auf die Gewächshäuser gerichtet.

³ Verbrauchskennwerte 1999 der ages GmbH, Münster

⁴ VDI 3807, Energieverbrauchskennwerte für Gebäude

⁵ Energieverbrauch im Gartenbau in NRW [© 2002 Landwirtschaftskammer Westfalen-Lippe]

⁶ Arbeitskreis Betriebswirtschaft im Gartenbau e. V. Hannover (1999): Kennzahlen Neue Bundesländer Auswertung zu Heft 43

Den Gebäuden, die in Kategorie A eingeteilt wurden, werden bei der Maßnahmenentwicklung 3) besondere Beachtung gegeben. Zunächst soll eine Begründung des Mehrverbrauchs dieser Gebäude diskutiert werden.

Nordstern und Südstern:

Auffallend gegenüber anderen Gewächshäusern ist die Tatsache, dass Nord- und Südstern aufgrund der Pflanzen eine Beheizung im Winter und im Sommer erfordert. Eine relativ hohe, erforderliche Raumlufftemperatur von durchschnittlich ca. 22°C erfordert viel Heizenergiezufuhr. Der wichtigste Aspekt, der einen Mehrverbrauch plausibel erscheinen lässt, ist die Gebäudegeometrie. Die Raumhöhe von ca. 12 Metern ist außergewöhnlich hoch für Gewächshäuser und erfordert mehr Heizenergie als durchschnittlich hohe Gewächshäuser. Der angesetzte Vergleichskennwert von 300 kWh/m²*a aus o.g. Studie kann daher nur beschränkt gelten.

Weiterhin ist die Beheizung des Viktoria Regia Beckens und des Beckens am Hist. Schauhaus im Außenbereich zu nennen, die ganzjährig auf ca. 10°C beheizt werden. Für diese Becken wurde in Tabelle 2.10 ein Energiebedarf ermittelt, um die relevante Größe des Verbrauchs darzustellen. Ein Einsparpotenzial wird aufgrund des fehlenden Vergleichskennwerte für beheizte Freibecken im Nutzungsbereich Gärtnerei an dieser Stelle nicht genannt. Die Einsparmöglichkeiten zu den Becken Viktoria Regia und des Beckens am Historischem Schauhaus sind im Rahmen von Maßnahmen im Kapitel Wirtschaftlichkeitsberechnung des Schlussberichtes 3.3.14 aufgeführt

Altes Gewächshaus:

Das alte Gewächshaus befindet sich im Bereich Anzucht. Der hohe Wärmeverbrauch lässt sich dadurch begründen, dass das Gewächshaus mit dem Baujahr um 1950 mit Einfachverglasung ausgestattet ist und mit Raumlufftemperaturen von ca. 24°C für Orchideenhaltung genutzt wird. Maßnahmen sind im Kapitel Wirtschaftlichkeitsberechnung des Schlussberichtes 3.3.2 aufgeführt

Botanische Sammlung:

Auch die Botanische Sammlung wird im Winter und im Sommer beheizt. Hohe Raumlufftemperaturen von ca. 22°C und hohe Raumlufffeuchten erfordern hohe Wärmeenergiezufuhr.

Die erarbeiteten Maßnahmen sind in Kapitel 3.3 beschrieben.

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 2001.

Zähler- nummer	Einzelbereiche	Verbrauch	Kosten
		Jahr 2001	Jahr 2001
		MWh	€
Bereich Nord			
31028	Hauptzähler Betr. Nord Miguelalle	414	41.080
829.086	Abzug Umwälzpumpe Fernwärme		
Bereich Süd			
6095	Sießmayerstr. Licht u. Drehstrom	1.202	93.846
Bereich Blütengalerie			
21860	Licht und Kraft Gesellschaftshaus	90	8.013
		1.706	142.938

Tabelle 2.11 Zählerübersicht, Verbrauchs-und Kostenzuordnung

Elektrische Leistung

Die aus dem Netz bezogene Leistung wird mittels 1/4 h-Messung ermittelt und der Jahreshöchstwert abgerechnet. Dabei wird ein Mittelwert der drei Monatshöchstleistung im Jahr ermittelt und abgerechnet. Es ergab sich im Jahr 2001 einen Mittelwert der

- **elektr. Höchstleistung von 471 kW**

Dabei wurden gemäß Abrechnung keine Einzelwerte der beiden o.g. Zähler vermerkt, sondern nur der Gesamtwert von 471 kW.

Elektrische Arbeit

Der Jahreswirkstromverbrauch betrug im Bezugszeitraum

- HT-Wirkstromverbrauch 930 MWh/a
- NT-Wirkstromverbrauch 775 MWh/a
- **Summe 1706 MWh/a**

Zähler-nummer	Gebäude	Fläche m ²	Leistungsbedarf Berechnet kW	Mittelwert der Monats- höchstleistung Gemessen kW	VBH h/a	Energiebedarf Berechnet MWh/a	Energieverbrauch Gemessen MWh/a	Energiebedarfs- kennwert Strom kWh/m ² *a	Vergleichskennwert Strom kWh/m ² *a
Bereich Verteilung Miguellallee									
31028	Betriebsgebäude	1.258	40		2.000	93		74	21
	Garagen	307	22		200	5		17	n.v.
	Berufsschule Leonhardsbrunn	708	6		1.500	10		15	21
	Schauhaus Leonhardsbrunn	239	19		1.000	22		93	
	Überwinterung Palmen	235	20		400	9		40	n.v.
	Wohnhaus bei Anzucht	263	3		1.700	6		23	28
	Henssler Gew.-Haus	516	20		800	19		36	n.v.
	Anzucht Azalenhaus	743	29		700	24		32	
	Anzucht Haus 14-16	3.188	123		1.100	157		49	
	Anzucht Altbau	1.195	46		1.000	53		45	
	Anzucht Haus 18	342	13		900	14		40	
	Summe	8.047	341			413	414		
Bereich Trafostation Siesmayerstr.									
6095	Südstern	2.469	100		1.800	209		85	n.v.
	Nordstern	3.163	180		1.900	398		126	n.v.
	Personalwohnhaus	310	2		1.700	4		13	28
	Hist. Schauhaus	1.385	20		1.300	30		22	n.v.
	Musikpavillon	239	15		1.400	24		102	n.v.
	Verwaltungsgebäude	372	10		1.300	15		41	28
	Botanische Sammlung	1.492	120		1.700	237		159	n.v.
	Subantarktisches Gew.-Haus	276	10		500	6		21	n.v.
	Blütengalerie	3.217	150		1.600	279		87	n.v.
	Palmenhaus	-	--						
	Blütengalerie	-	--						
	Summe	12.923	607			1.203	1.202		
Bereich Blütengalerie									
21860	Licht und Kraft Gesellschaftshaus					90		90	
Summe Gesamt		20.970		471		1.706	1.706		

Tabelle 2.12 Elektrischer Energiebedarf und -verbrauch

Für den Verbrauch an elektrischer Energie alle Gebäude im Palmengarten wurden drei Verbrauchszähler installiert (siehe Tabelle 2.4 Stromzähler). Die Aufteilung des Bedarfes an elektrischer Energie zu den einzelnen Gebäuden wurde über Leistungswerte und geschätzter Vollbenutzungsstunden näherungsweise zugeordnet. Wie im Bereich Wärme dient diese Verbrauchszuordnung zur näherungsweisen Beurteilung der Gebäude hinsichtlich des Verbrauches an elektrischer Energie. Der o.a. berechnete Energiebedarf dient der Orientierung und beruht nicht auf Messung.

Bewertung des Stromverbrauchs

Folgende Gesamtkennwerte für den Stromverbrauch konnten gebildet werden:

	Wert	Kommentar
Bereich Nord, Verteilung Miguelallee	50 kWh/m ² a	Mittel
Bereich Süd Siesmayerstr.	90 kWh/m ² a	Hoch

Die Auswertung zeigt, dass im Vergleich zu ähnlichen Objekten im Bereich Nord ein durchschnittlicher Wert ermittelt wurde. Die zeigt ein Vergleich mit einer Berufsfeuerwehr, der aufgrund der ähnlichen Nutzung (Hallen und Werkstätten) als Vergleich herangezogen wird. Der Mittelwert der Berufsfeuerwehren liegt bei 37 kWh/m²a. Beachtet man noch die Sondernutzungen der Gärtnerei, so ist der Wert im Bereich Nord vergleichbar mit diesem Mittelwert. Der Bereich Siesmayerstraße erfasst zum größten Teil Gewächshäuser

Zunächst soll eine Begründung der Kennwerte der elektrischen Energie von Gebäuden bei 100 kWh/m²*a diskutiert werden.

Nordstern

Die erhöhten Bedarfswerte für den Nordstern lassen sich den Verbrauch für die erhebliche Anzahl der Umwälzpumpen für Heizung und Gießwasser sowie der Druckluftkompressor und der speziellen Kakteenbeleuchtung zuordnen.

Musikpavillon

Der Verbrauch des Musikpavillons lässt sich durch die elektrische Beheizung des Gebäudes erklären. Hierzu sind Maßnahmen unter 3.3.13.

Botanische Sammlung

In der Botanischen Sammlung sind viele Pflanzbeete mit elektrischer Beetbeheizung ausgestattet. Die Maßnahmen sind unter 3.3.6.

Auch die Blütengalerie zeigt mit 87 kWh/m²*a einen hohen Bedarfswert, da sehr viele Halogenstrahler installiert sind, die teils zur Pflanzenbeleuchtung und teilweise für Präsentationszwecke eingesetzt werden. Diese Strahler werden an vielen Stunden betrieben, zum Teil auch abends, wenn Veranstaltungen im Palmenhaus durchgeführt werden. Den Gebäuden mit hohen spezifischen Bedarfskennwerten werden bei der Maßnahmenentwicklung (siehe Kap. 3) besondere Beachtung gegeben.

Für Gewächshäuser wird in der Fachliteratur kein Vergleichskennwert angegeben. Der rechnerische Mehrverbrauch kann nur für Betriebs- und Verwaltungsgebäude angegeben werden. Für alle genannten Gebäude werden in Kapitel 3.3 konkrete Maßnahmen genannt.

Zählernummer	Gebäude	Rechnerischer Mehrverbrauch		
		MWh/a	€/a	%
Bereich Verteilung Miguellallee 31028	Betriebsgebäude	67	4024	93
Bereich Trafostation Siesmayerstr. 6095	Verwaltungsgebäude	5	284	7
Summe Gesamt		71	4308	100

Tabelle 2.13 Rechnerischer Mehrverbrauch, Elektrische Energie

Der rechnerische Mehrverbrauch stellt einen Näherungswert dar, da wie in oben erläutert, der Verbrauch aufgrund von Näherungswerten den einzelnen Gebäuden zugeordnet wurde.

Vor kurzem wurde im Auftrag des Hochbauamtes Frankfurt durch ein externes Ingenieurbüro ein Leistungsverzeichnis zur Erneuerung der Regelungstechnik der Gewächshäuser erstellt. Das Leistungsverzeichnis der Ausschreibung Regelungstechnik für die neue MSR - Technik im Palmengarten wurde gesichtet und auf folgende Inhalte überprüft:

- Öffnen bzw. Schließen des Schirmes nach Energiesparprogramm einstellbar
- bedarfsabhängige Regelung RLT
- Aktivierung der Bewässerung soll wahlweise über Zeitvorgabewerte, Lichtintensität oder Tensiometer erfolgen
- Licht- oder/und zeitabhängige Steuerung

Diese wichtigen Anforderungen sind in dem Leistungsverzeichnis enthalten.

Auswertung der Messdaten der elektrischen Leistungsaufnahme

Im Zeitraum 11. Februar 2003 bis 23. Februar 2003 wurden über die neu angebrachte Fernauslesung Messdaten der elektrischen Leistungsaufnahme für den Palmengarten aufgezeichnet und ausgewertet.

Dabei wurden vier Messbereiche aufgezeichnet: Zähler 6095 (Siesmayerstr.), Zähler 31028 (Betriebsgebäude Nord), Zähler 21860 (Gesellschaftshaus) und der Blindstromverbrauch Zähler Betriebsgebäude Nord.

Tageslastgang der elektrischen Leistungsaufnahme über 9 Tage;
Palmengarten Frankfurt am Main - alle Zähler

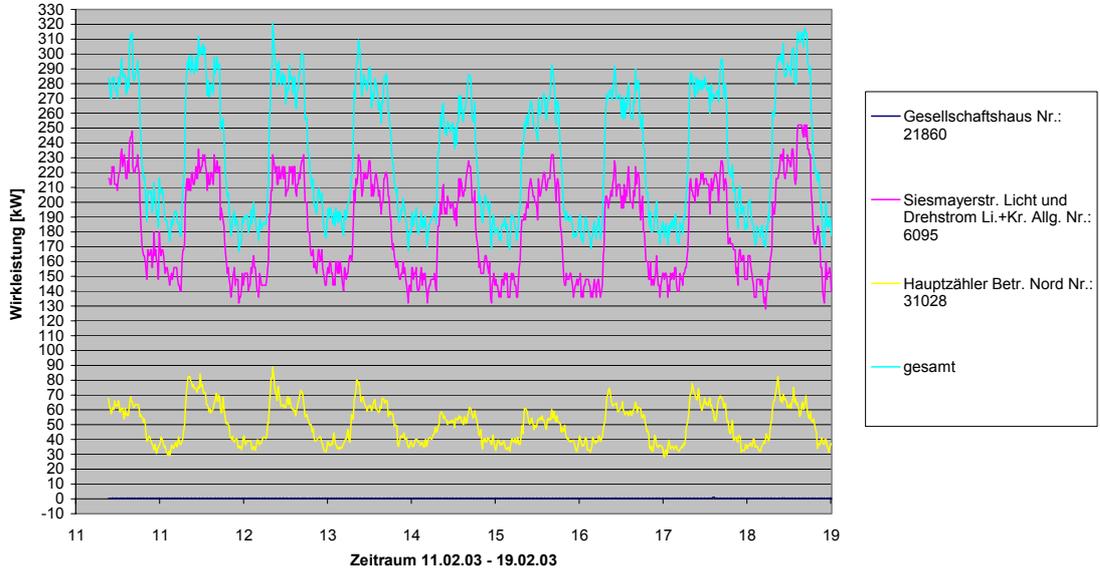


Abbildung 2: Tageslastgang der elektrischen Leistungsaufnahme

Tageslastgang der elektrischen Leistungsaufnahme über 9 Tage;
Palmengarten Frankfurt am Main - Hauptzähler Betr. Nord Nr.: 31028

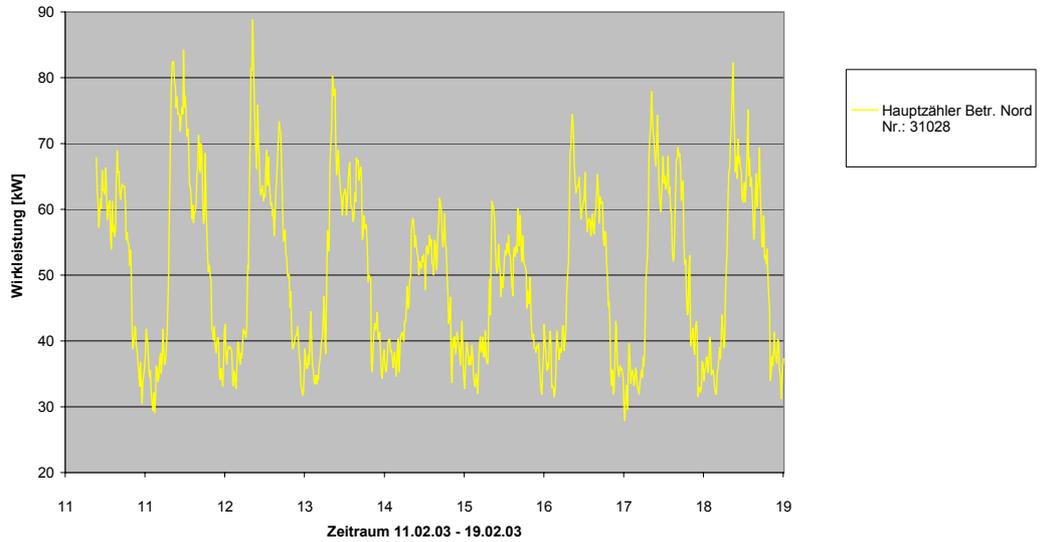


Abbildung 3: Tageslastgang der elektrischen Leistungsaufnahme, Hauptzähler Betriebsgebäude Nord Nr. 31028

Tageslastgang der elektrischen Leistungsaufnahme über 13 Tage;
 Palmengarten Frankfurt am Main - Siesmayerstr. 61 Hauptmessung Nr.: 47792

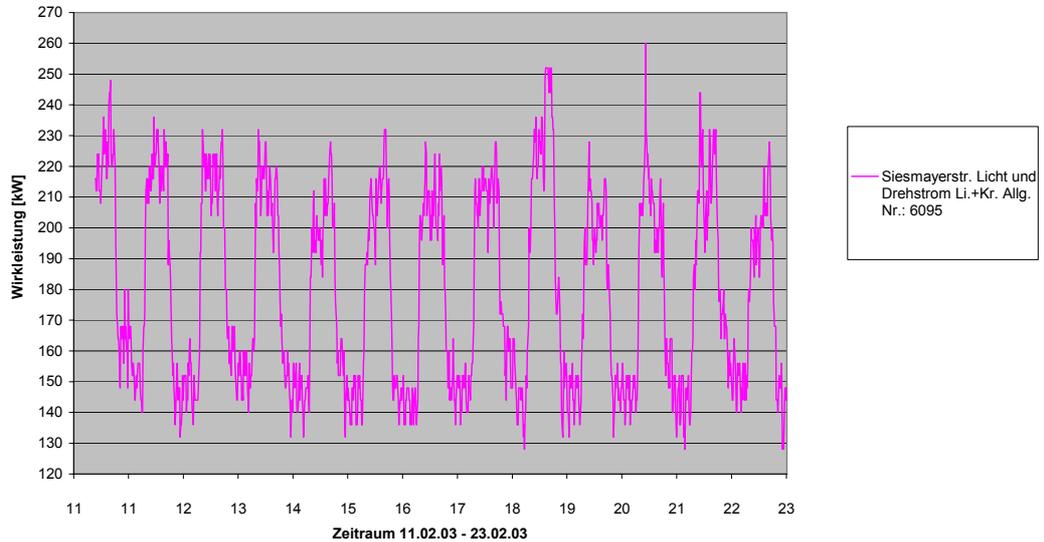


Abbildung 4: Tageslastgang der elektrischen Leistungsaufnahme, Siesmayerstr. 61, Hauptmessung Nr. 47792

Tageslastgang der elektrischen Leistungsaufnahme über 1 Tag;
 Palmengarten Frankfurt am Main - Gesellschaftshaus Nr.: 21860

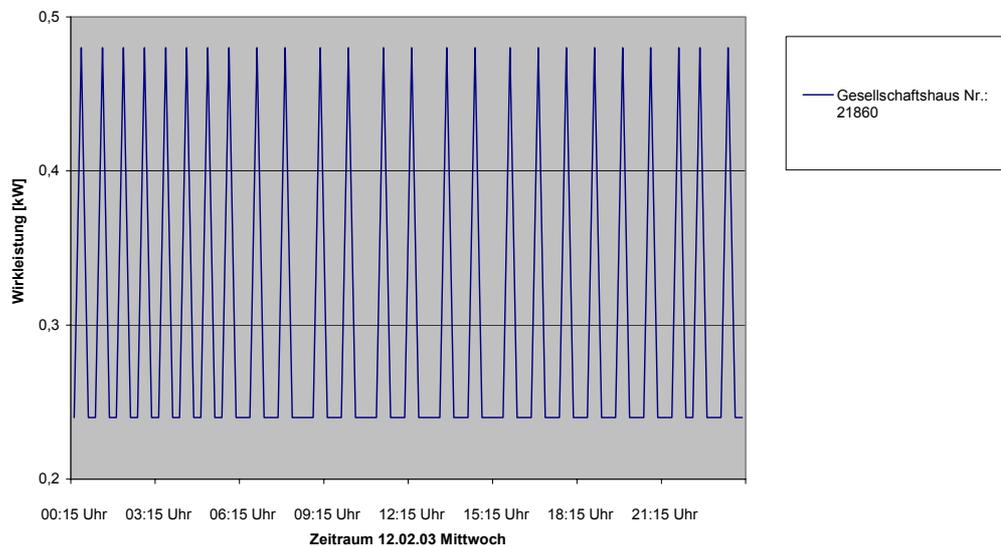


Abbildung 5: Tageslastgang der elektrischen Leistungsaufnahme, Gesellschaftshaus Nr. 21860

Die Messungen des Gesellschaftshauses (Zähler Nr.: 21860) zeigen nur zwei Werte (0,24 und 0,48 kW). Die Messwerte sind impulsabhängig. Es wird davon ausgegangen, dass es sich um sehr kleine Verbraucher handelt. Dies lässt sich damit erklären, dass zum Zeitpunkt der Messung das Gebäude nicht betrieben

wurde, da die Pächter des Gesellschaftshauses den Pachtvertrag kündigten und damit das Haus leer steht.

Tageslastgang der elektrischen Leistungsaufnahme über 9 Tage;
Palmengarten Frankfurt am Main - Hauptzähler Betr. Nord Nr.: 31028

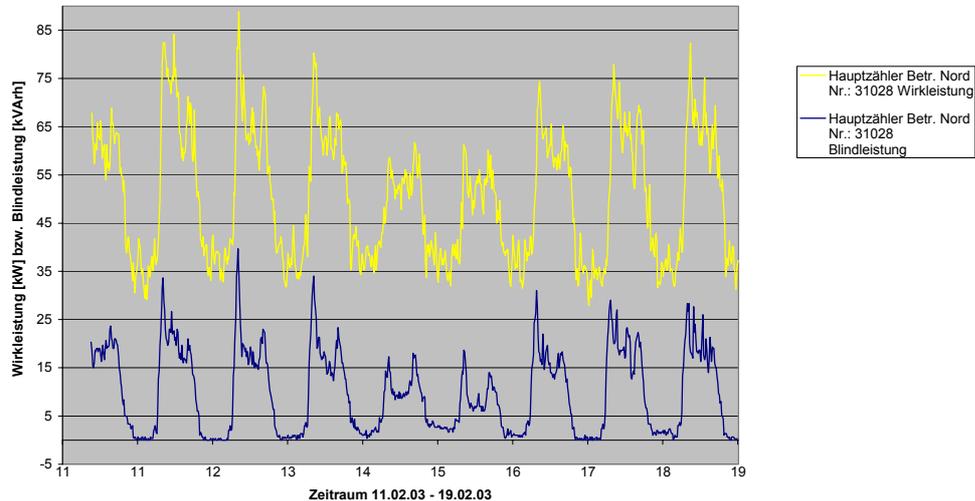


Abbildung 6, Tageslastgang der elektrischen Leistungsaufnahme, Wirkleistung, Blindleistung

Die Auswertung der Messung zur mittleren elektrischen Leistungsaufnahme zeigt eine hohe Grundlast nachts von ca. 170 kW. Der Hauptanteil dieser Grundlast wurde am Zähler 6095 (Siesmayerstr.) gemessen. Wie in Kapitel 2.2.2 aufgeführt, sind die Grundlastverbraucher den Sondernutzungen der Gärtnerei zuzurechnen. In Tabelle 2.3 Stromverbraucher, werden Leistungszuweisungen zu den Verbrauchern gezeigt. Die Grundlast wird in den Bereiche Teilklimaanlagen, Umwälzpumpen und elektrische Beheizung liegen. Der annähernd gleichbleibende Anstieg der elektrischen Leistungsaufnahme an den Wochenenden tagsüber und in ein markantes Absenken von betriebsbedingten Tagesspitzen gegenüber der Nachtzeiten ist zu erkennen.

Bei dieser Messung wurden Leistungsspitzen von ca. 320 kW mittlere Leistungsaufnahme gemessen (Zähler 6095 und 31028). Dagegen wurde, wie aufgezeigt, im Jahr 2001 eine Lastspitze von 471 kW verrechnet.

Das Jahr 2001 zeigte folgende höchste Abrechnungsleistungen im Monat

Januar	438 kW
Februar	397 kW
März	578 kW

Mögliche Ursachen der Abweichung:

- Teillastbetrieb vieler Verbraucher
- Abschaltung vieler Verbraucher
- Sommerbetrieb mit veränderten Betriebsbedingungen
- Messfehler von Energieversorgungsunternehmen

Die Suche nach der Abweichungsursache sollte höchste Priorität zugeordnet werden.

Daraus lässt sich erkennen:

1. Die Spitzen der Lastgänge der Hauptzähler sind nicht außergewöhnlich hoch. Es zeigt sich ein ausgeglichenes Lastprofil.
2. Die Grundlast der Leistungsaufnahme ist sehr hoch.
3. Die Abweichung der gemessenen Spitze zur abgerechneten mittleren Spitze (320 kW zu 471 kW) beträgt 47% und ist damit sehr hoch.

Empfehlung

Es sollten folgende Schritte unternommen werden:

1. Eine Beobachtung des Lastprofils über Jahresverlauf durch Aufzeichnung und Auswertung über mehrere Monate.
Ziel: -Erkennen der Ursachen für die Grundlast.
-Überprüfen der verrechneten Leistung.

Um die Verursacher der Grundlast zu ermitteln sollten Messungen über einen längerer Beobachtungszeitraum durchgeführt werden. Ein kontinuierlich durchzuführender Vergleich und eine Analyse der Messergebnisse mit betriebs- oder witterungsbedingten Einflüssen auf die Spitzenmessungen ergeben Erkenntnisse zur Ursache des Anstiegs. Nach 6-monatiger Überwachung sollten Handlungsempfehlungen möglich sein.

2. Durchführen einer Bestandsaufnahme

Eine Bestandsaufnahme (Näherungswerte liefert Tabelle 2.3 Stromverbraucher) sollte erfolgen, mit dem Ziel, alle relevanten Elektrizitäts-Verbrauchseinrichtungen in Anzahl und Anschlussleistung zu erfassen. Damit kann die Plausibilitätsprüfung durchgeführt werden.

Die Handlungsempfehlung wurde in Kapitel Gebäudeübergreifende Maßnahmen 3.3.1 übernommen.

2.2.3 Analyse und Bewertung des Trinkwassers

Der jährliche Trinkwasserverbrauch im Jahr 2001 lag bei

- **Trinkwasserverbrauch** **59.990 m³/a**

Wie in Kap. 2.1.3 erläutert, wird die Versorgung des Palmengartens mit Stadtwasser durch sechs Haupteinspeisungen von den drei Seiten Zeppelinallee, Palmengartenstraße und Siesmayerstraße sichergestellt. Daraus ergibt sich der Gesamtverbrauch. Eine graphische Aufschlüsselung des Verbrauchs je Zähler wird im Anhang unter Wasserverbrauch 2001, Folie 10, vorgestellt. Wird dieser Gesamtverbrauch mit der Gesamtnutzfläche der Gebäude betrachtet, ergibt sich ein Kennwert von 2,8 m³/m². Brunnenwasser und Regenwasser werden gut genutzt. Obwohl hier keine Daten von vergleichbaren Objekten im Gewächshausbereich vorliegen, liegt der Verbrauch in einem - für die Größe des Objektes - durchschnittlichen Bereich, was jedoch nutzungsbedingt durch den hohen Verbrauchsanteil für die Pflanzenbewässerung begründet wird. Im Vergleich mit Friedhofsgebäude ist dieser Wert von 2,8 m³/m² realistisch.

2.2.4 Energielieferverträge

Im folgenden werden die wesentlichen Rahmenbedingungen der Energie- und Trinkwasserlieferung aufgeführt und bewertet.

2.2.4.1 Erdgasliefervertrag

Für die Versorgung des Palmengartens mit Erdgas ist die Mainova Frankfurt zuständig. Die sich im Jahresdurchschnitt ergebenden spezifischen Nutzwärmekosten liegen mit 25,5 €/MWh brutto in einem durchschnittlichen Bereich. Auf den aktuellen Rechnungen des Energieversorgungsunternehmens ist ein Rabatt nicht ersichtlich. Durch Vergleich der aktuellen Tarife mit den Rechnungstarifen errechnet sich eine Rabatt von ca. 5%.

2.2.4.2 Fernwärmeliefervertrag

Für die Versorgung des Palmengartens mit Fernwärme ist die Mainova Frankfurt zuständig. Die sich im Jahresdurchschnitt ergebenden spezifischen Nutzwärmekosten liegen mit 40,4 €/MWh in einem guten Bereich. Rabatt wird in Höhe von 10% für Arbeit und 6% für Leistung gewährt. Für die Vorhalteleistung, die sich aus 1.900 kW für den Bereich Nord und 3.200 kW für den Bereich Süd auf 5.100 kW summiert, wird ein Preis von 15,4 €/kW bezahlt.

2.2.4.3 Stromliefervertrag

Die Stromversorgung des Objektes erfolgt durch die Mainova Frankfurt.

Die elektrischen Leistungsaufnahme der oben aufgeführten Hauptzähler wird erfasst und verrechnet. Die sich im Jahresdurchschnitt ergebenden spezifischen Stromkosten liegen mit 84 €/MWh in einem niedrigen Bereich. Blindstromverbrauch wird nur berechnet, wenn dieser mehr als 62% des HT-Verbrauchs beträgt. Das kam in den letzten Jahren nicht vor. HT und NT-Strom wird mit gleichen Preisen verrechnet, was keinen Nachteil bringt, denn beide Anteile liegen etwa gleich hoch. Der Rabatt beträgt 6%.

2.2.4.4 Wasserbezug

Die Wasserversorgung erfolgt durch die Mainova Frankfurt.

Im Jahr 2001 wurde ein Preis für die Frischwasserversorgung von 1,84 €/m³ erhoben. Auf den Wasserbezug wurde ein Rabatt von 10 % gewährt. Eine Einleitung in die Kanalisation fand ebenfalls statt und wurde mit 1,76 €/m³ Abwassergebühren berechnet. Die sich im Jahresdurchschnitt ergebenden spezifischen Gesamtkosten betragen 2,41 €/m³. Im Vergleich zu anderen bundesdeutschen Städten liegt dieser Tarif für Frischwasserbezug in einem erhöhten Bereich, die Abwassergebühren in einem durchschnittlichen Bereich.⁷

⁷ Quelle Bundesverband der Energieabnehmer 1999

2.2.5 Kostenbilanz

Die mit der bestehenden Wärme, Strom und Trinkwasserversorgung verbundenen Kosten sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst (Bezugsjahr 2001):

Jahresgesamtkosten Wärmeversorgung:	469.953 €/a
- Erdgas	57.575 €/a
- Fernwärme	412.377 €/a
Jahresgesamtkosten Strom:	142.938 €/a
Jahresgesamtkosten Wasser/Kanal	144.324 €/a
Summe Verbrauchskosten:	757.215 €/a

Spezifische Kosten:

Nutzwärme gesamt	52 €/MWh
Brennstoffpreis ⁸ Erdgas	25,5 €/MWh
Brennstoffpreis Fernwärme	40,4 €/MWh
Strom (Kraft/Licht):	84 €/MWh
Wasser/Kanal:	2,4 €/m ³
Wärmekosten/Wärmebezugsfläche	22 €/m ²
Stromkosten/Strombezugsfläche	7 €/m ²
Wasserkosten/Wasserbezugsfläche	7 €/m ²

⁸ Brennstoffpreis Erdgas und Fernwärme ohne Leistungspreis

2.2.6 Übersicht für Verbrauch und Kosten Wärme, Strom, Wasser

Wärme

Zählernummer	Einzelbereiche	Verbrauch	Kosten
		Jahr 2001	Jahr 2001
		MWh	€
Bereich Nord			
FW280052	Betriebsgebäude	2.285	135.092
	Garagen		
	Haus Leonhardsbrunn		
	Berufsschule Leonhardsbrunn		
	Schauhaus Leonhardsbrunn (12°C)		
	Überwinterung Palmen (8°C)		
	Wohnhaus bei Anzucht		
	Anzucht		
	Anzucht Haus 6-13 (13°C)		
	Anzucht Azalenhaus (13°C)		
	Anzucht Haus 14-16 (14°C)		
	Anzucht Haus 18 (14°C)		
	Anzucht Altbau Haus 1-5 (24°C)		
Bereich Süd			
FW280053	Südstern (18°C)	4.987	277.329
	Nordstern (20°C)		
	Victoria Regia Becken		
	Becken am Hist. Schauhaus		
FW280053+EG945765	Personalwohnhaus		
	Hist. Schauhaus (15°C)		
	Verwaltungsgebäude		
	Bot. Sammlung (20°C)		
	Subantarktisches Gew.-Haus (5°C)		
Bereich Palmenhaus			
EG75002749	Gesamt (16°C)	1.947	57.575
	Palmenhaus (16°C)		
	Blütengalerie (16°C)		
Summe		9.219	469.996



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

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

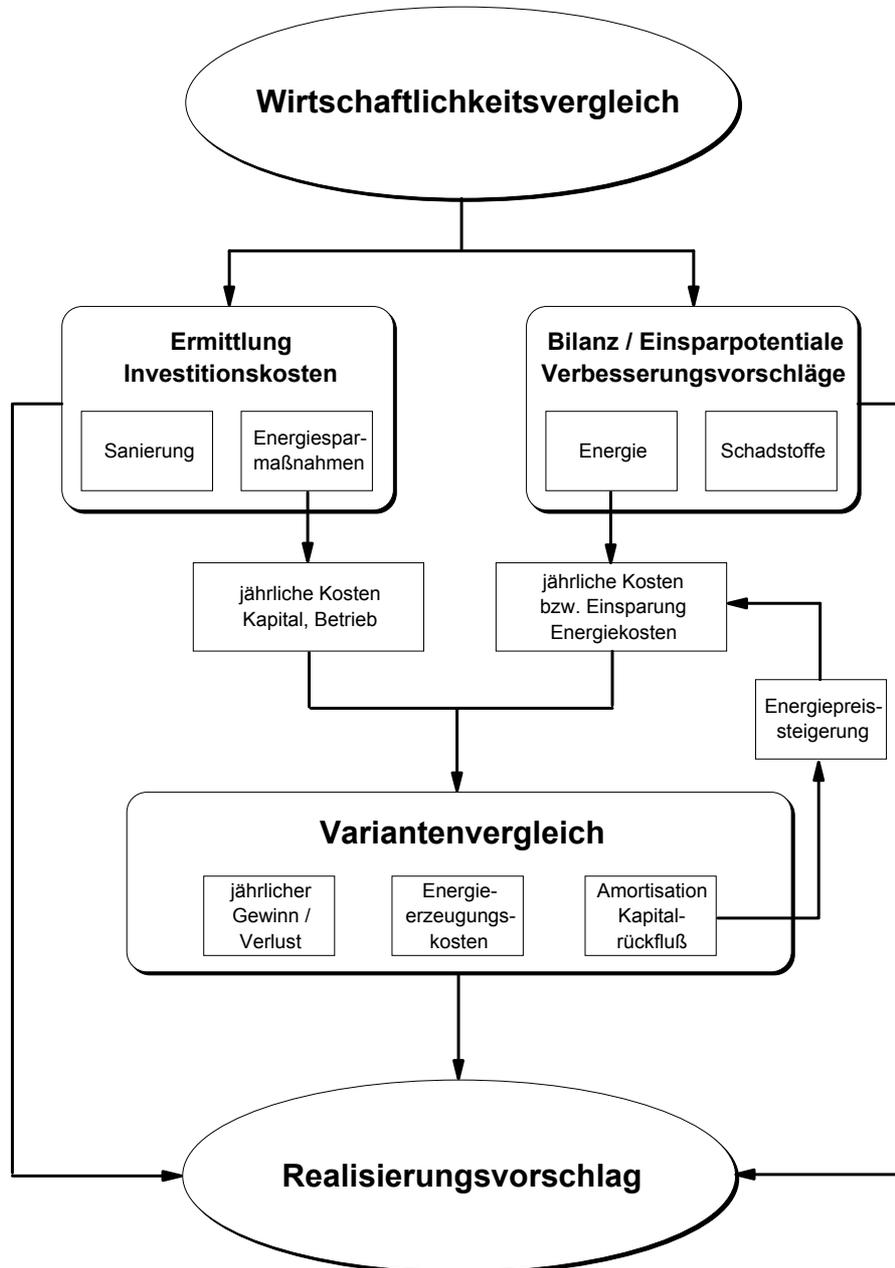
Strom

Zähler- nummer	Einzelbereiche	Verbrauch	Kosten
		Jahr 2001	Jahr 2001
		MWh	€
Bereich Nord			
31028	Hauptzähler Betr. Nord Miguelalle	414	41.080
829.086	Abzug Umwälzpumpe Fernwärme		
Bereich Süd			
6095	Sießmayerstr. Licht u. Drehstrom	1.202	93.846
Bereich Blütengalerie			
21860	Licht und Kraft Gesellschaftshaus	90	8.013
Summe		1.706	142.938

Wasser

Zähler- nummer	Einzelbereiche	Verbrauch	Kosten
		Jahr 2001	Jahr 2001
		m ³	€
Mainova-Zähler			
212832	Palmengartenstr. 11	12430	45.440
212833	Palmengartenstr. 37	14282	37.129
185595	Siesmayerstr.61	13325	25.260
185596	Siesmayerstr.91	17899	33.931
212353	Zeppelinallee 40	4608	10.357
212352	Zeppelinallee 46	1874	4.212
169788	Verwaltungsgebäude	148	649
Unterzähler			
19771975	WC-West	51	
19771978	WC-Ost	478	
2037881	Terasse Ost	33	
1532504	Terasse West	5	
114150295	Abzug Villa Leonardi	1440	
3604764	Abzug Gaststätte	2701	10.051
126464	Abzug Gesellschaftshaus	1001	2.602
3605505	Brunnen 1	3891	
3605513	Brunnen 2	1201	
7601725	Brunnen 3	1158	
Summe		59.991	144.324

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 18 Gebäuden im Palmengarten Frankfurt am Main wurden in 15 Gebäuden Einsparpotenziale ermittelt und untersucht. Um einen Gesamtüberblick zu geben, wird in 3.2 vorgestellt, welche Maßnahmen in diesen 15 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 5.4 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 5.7 dargestellt.

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

3.1.1 Definitionen

Einsparpotenziale

Die Einsparpotenziale sämtlicher Maßnahmen für Brennstoff-, Strom- und Wasserverbrauch sowie Schadstoffemissionen (Schwefeldioxid, Stickoxide und Kohlendioxid) werden in 4.3 ausgewiesen.

Investitionsermittlung

Die Investitionen werden in 3.3 und 5.6 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 und der Kapitalwertmethode auf ihre Wirtschaftlichkeit hin untersucht. Für Sanierungsmaßnahmen, die dem Erhalt der Bausubstanz bzw. der technischen Anlagen dienen, wird keine Wirtschaftlichkeitsanalyse durchgeführt.

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)⁹.

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:

⁹ 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 Palmengarten Frankfurt am Main. Die Auflistung zeigt 15 Gebäude von insgesamt 18 Gebäuden des Untersuchungsumfanges. In den Gebäuden Subarktisches Gewächshaus, Überwinterung Palmen und Kasse Nord und Süd wurden keine Einsparmaßnahmen ermittelt.

Maßnahmen-Nummer	Gebäudeübergreifend														
	3.3.1.	3.3.2.	3.3.3.	3.3.4.	3.3.5.	3.3.6.	3.3.7.	3.3.8.	3.3.9.	3.3.10.	3.3.11.	3.3.12.	3.3.13.	3.3.14.	3.3.15.
Kapitelnummer im Abschlussbericht															
1 Änderung Heizzeiten								x				x			
2 Änderung Vorlauftemperatur	x														
3 Abschaltung Heizung									x						
4 Überprüfung der Führungsgröße Raumtemperatur					x										
5 Anpassung Raumtemperatur an Bedarf									x						
6 Einbau Absperrorgane		x											x		
7 Ersatz elektrischer Beheizungen		x					x								
8 Umnutzung Gewächshaus		x													
9 Abdichten von Scheiben		x													
10 Einsatz Wasserzähler	x														
11 Einsatz Wärmemengenzähler	x														
12 Einsatz dezentraler Stromzähler	x														
13 Erneuerung Heizkessel			x												
14 Reduzierung Speichertemperatur												x			
15 Zeitschaltuhr für Elektroboiler										x					
16 Nachrüsten Thermostatventile							x	x	x						
17 Einsatz Luft-Wasser-Wärmetauscher				x		x									
18 Einsatz geregelter Pumpen				x	x				x					x	x
19 Entfernen elektrischer Heizungen															
20 Erneuerung von Leuchten durch Energiesparbeleuchtung							x	x							
21 Dämmung oberste Geschoßdecke									x	x	x	x	x		
22 Einsatz Bewegungsmelder								x	x	x	x				
23 Erneuerung einer defekten Regelung										x					
24 Wärmedämmung im Bereich Stehwände und der Giebel, Neuverglasung		x					x								
25 Dämmung Armaturen / Leitungen		x									x				
26 Umstellung auf Fernwärme			x												
27 Anschluss von Heizkörper an Warmwasserheizung											x				
28 Wassereinsparung WC									x						
29 Absenkung Wassertemperatur Beckenheizungen															
30 Aufteilung der Stromkreise für Beleuchtung				x											
31 Einsatz Treppenhauseinschalter										x					
32 Einsatz Helligkeitssensoren	x														
33 Einsatz Intelligente Raumregelung für el. Beheizung													x		
34 Austausch Einfachverglasung											x		x		
35 Feuchteschäden												x			
36 Abdeckung vor Verglasung				x											
37 Abbau Beckenheizungen														x	x
38 Einsatz automatisierter Klimaregelung im Gewächshaus	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 unter 5.6 Anhang.

3.3.1 Gebäudeübergreifende Maßnahmen, Gebäude 1

Zu den gebäudeübergreifenden Maßnahmen ist auch die Handlungsempfehlung zu nennen, die aus der Lastganganalyse der elektrischen Leistungsaufnahme in Kapitel 2.2.2 hervorgeht. Der Text zur Handlungsempfehlung ist nachfolgend nochmals aufgeführt.

Empfehlung zur Maßnahmenbeschreibung

Es sollten folgende Schritte unternommen werden:

3. Eine Beobachtung des Lastprofils über Jahresverlauf durch Aufzeichnung und Auswertung über mehrere Monate.
Ziel: -Erkennen der Ursachen für die Grundlast.
-Überprüfen der verrechneten Leistung.

Um die Verursacher der Grundlast zu ermitteln sollten Messungen über einen längerer Beobachtungszeitraum durchgeführt werden. Ein kontinuierlich durchzuführender Vergleich und eine Analyse der Messergebnisse mit betriebs- oder witterungsbedingten Einflüssen auf die Spitzenmessungen ergeben Erkenntnisse zur Ursache des Anstiegs. Nach 6-monatiger Überwachung sollten Handlungsempfehlungen möglich sein.

4. Durchführen einer Bestandsaufnahme

Eine Bestandsaufnahme (Näherungswerte liefert Tabelle 2.3 Stromverbraucher) sollte erfolgen, mit dem Ziel, alle relevanten Elektrizitäts-Verbrauchseinrichtungen in Anzahl und Anschlussleistung zu erfassen. Damit kann die Plausibilitätsprüfung durchgeführt werden.

2 Änderung Vorlauftemperatur

Maßnahmenbeschreibung

Die optimale Vorlauftemperatur hängt vom Außenluftzustand, von der Art der Beheizung und von der Gebäudeart ab.

Damit muss am Heizungsregler die passende Heizkurve eingestellt werden, um die richtige Abhängigkeit zwischen Außen- und Vorlauftemperatur zu erhalten. Diese Abhängigkeit richtig einzuschätzen ist schwierig und kann nur durch Erprobung herausgefunden werden (kontinuierlicher Verbesserungsprozess). Eine Veränderung der Heizkurve zur Reduzierung der Vorlauftemperatur bewirkt, dass Räume langsamer aufgeheizt werden, da die Temperatur der Heizflächen reduziert wird. Der Einspareffekt liegt u.a. darin, dass die Abstrahlverluste der gesamten Wärmeverteilung reduziert werden.

Die Heizkurve lässt sich hinsichtlich ihrer Steilheit oder ihrer Parallelverschiebung verändern. Im vorliegenden Fall sollte die Heizkurve in Ihrer Steilheit um –10 K gegenüber der momentanen Stellung verändert werden. Dann sollte in einer Probephase während der Heizzeit die Auswirkung der Veränderung für die

Nutzer beobachtet werden. Bei Beschwerden muss die Heizkurve auf -5 K verändert werden. Werden keine Beschwerden laut, kann versucht werden, die Heizkurve um -15 K zu verändern.

Empfehlung

Die Maßnahme sollte kurzfristig umgesetzt werden.

12 Einsatz dezentraler Stromzähler

Maßnahmenbeschreibung

Aufgrund der vorliegenden Auftrennung der Stromverteilung des gesamten Palmengartens in die Bereiche Siesmayerstraße Zähler 6095 und Betriebsgebäude Nord Zähler 31.028 empfiehlt es sich, für weitere Bereiche eine Stromerfassung über Stromzähler vorzunehmen. Hierdurch wäre dem Bedienungspersonal eine gute Kontrollmöglichkeit über den Stromverbrauch gegeben. Dabei sollten nur die vier größten Verbraucher - die Gebäude Nordstern, Südstern, Blütengalerie und Botanische Sammlung - mit eigenen Zählern erfasst werden. Jeweils an den Unterverteilungen (Gebäudeeingang Strom) sollten Stromzähler eingebaut werden. Die Zähler sollten mit Impulsausgängen für den Anschluss einer Datenfernauslesung ausgerüstet werden. Ebenso sollte der Anschluss der vorhandenen Gebäudeleittechnik vorgesehen bzw. durchgeführt werden.

Eine Stromeinsparung dieser Maßnahme wird mit 5% angesetzt. Untersuchungen haben gezeigt, dass durch verbrauchsabhängige Messungen Energieeinsparungen von durchaus 10% möglich sind.

Empfehlung

Der Einbau von Zählern ist eine mittelfristig erforderliche Maßnahme, die zur Transparenz des Energieverbrauches und zur Untersuchung und Ermittlung von den Treibern übermäßigen Energieverbrauches notwendig ist. Auf Grundlage von empirisch ermittelten Daten über Messungen lässt sich sicher und dauerhaft rationeller oder verschwenderischer Energieverbrauch ermitteln und Verbrauchern zuweisen.

10 Einsatz Wasserzähler

Maßnahmenbeschreibung

Durch die Versorgung der einzelnen Gebäude mit Trinkwasser über eine Ringleitung ist eine Verbrauchszuordnung des Trinkwassers zu einzelnen Zapfstellen nicht möglich. Da der größte Wasserverbrauch der Pflanzenbewässerung zuzuordnen ist und diese über die Brunnen bereits erfasst werden, würde der Einbau von zusätzlichen Wasserzählern in den Gebäuden nur einen geringen Teil des Wasserverbrauches erfassen und damit unwesentlich zur Transparenz und Zuweisung der Wasserverbraucher beitragen. Die Verbrauchsaufteilung auf die einzelnen Verbraucher bleibt jedoch ohne Wasserzähleinrichtungen völlig unklar.

Empfehlung

Diese Maßnahme wird aus Sicht der Wasserverbrauchseinsparung nicht zur Umsetzung empfohlen.

11 Einsatz Wärmemengenzähler

Maßnahmenbeschreibung

Die vorliegenden Aufrennung der Heizungsverteilung in die Bereiche Tropicarium Zähler 280.053, Betriebsgebäude Nord Zähler 280.052 und Palmenhaus SF 75.002.749 ist zu wenig detailliert. Es empfiehlt sich, für weitere Bereiche eine Verbrauchserfassung über Wärmehzähler vorzunehmen, um den Verbrauch durch empirisch ermittelte Daten einzelnen Verbrauchsstellen zuordnen zu können.

Dadurch wäre dem Bedienungspersonal eine gute Kontrollmöglichkeit über den Wärmeverbrauch gegeben. Für die größten Wärmeverbraucher im Palmengarten - Bereich Anzucht, Nordstern, Südstern und Botanische Sammlung - sollten Wärmemengenzähler eingebaut und monatlich ausgewertet werden. Durch die monatliche Vorlage des Energieverbrauches an die einzelnen Nutzer ist mit einer Sensibilisierung für den Energieverbrauch zu rechnen, was sich meist verbrauchsmindernd auswirkt.

Als Einbauort für die Zähler in den Gebäuden Nordstern, Südstern und der Botanischen Sammlung sollten die Hauptabgänge gewählt werden. Für die Anzucht sollte der Leitungsabgang in der Heizungszentrale im Betriebsgebäude gewählt werden.

Eine Brennstoffeinsparung dieser Maßnahme wird mit 3% angesetzt. Untersuchungen haben gezeigt, dass durch verbrauchsabhängige Messungen Energieeinsparungen von durchaus 10% möglich sind.

Empfehlung

Der Einbau von Zählern ist eine mittelfristig erforderliche Maßnahme, die zur Transparenz des Energieverbrauches und zur Untersuchung und Ermittlung von Verursachern übermäßigen Energieverbrauches notwendig ist. Auf Grundlage von empirisch ermittelten Daten über Messungen lässt sich sicher und dauerhaft rationeller oder verschwenderischer Energieverbrauch ermitteln und Verbrauchern zuweisen.

32 Einsatz Helligkeitssensoren

Maßnahmenbeschreibung

Durch den Einsatz von Helligkeitssensoren für die Beleuchtung der Außenanlagen sollte die künstliche Beleuchtung nur betrieben werden, wenn über die Sensoren unzureichendes Tageslicht gemessen wird. Dadurch soll die Betriebszeit der Beleuchtung reduziert werden. Zur Zeit wird die Außenbeleuchtung zentral über die Gebäudeautomation gesteuert.

Empfehlung

Da die Gebäudeautomation eine Steuerung der Außenbeleuchtung übernimmt, und die Einstellungen automatisiert an die Jahreszeit angepasst werden können, ist mit einem geringen Einsparpotenzial zu rechnen. Daher wird diese Maßnahme nicht zur Umsetzung empfohlen.

3.3.2 Maßnahmen im Bereich Anzucht, Gebäude 2

6 Einbau Absperrorgane

Maßnahmenbeschreibung

Vom Gewächshaus Altbau bis zum Wohnhaus bei der Anzucht wurden im Erdboden zwei Heizungsrohre zur Wärmeversorgung des Wohnhauses verlegt. Der Zugang zu diesen Rohren ist vom Bodenschacht im Gewächshaus Altbau, Ausgang West, möglich. In diesem Schacht sollte für Vor- und Rücklauf je ein Absperrventil (mit Umgehungsleitung) eingebaut werden. Durch Absperrung der Leitungen im Sommer können dadurch Zirkulationsverluste über die Verteilleitungen vermieden werden. Die Warmwassererwärmung im Wohnhaus ist durch Erdgasversorgung sichergestellt.

Empfehlung

Die Absperrventile sollten kurzfristig eingebaut werden.

7 Ersatz elektrischer Beetbeheizung

Maßnahmenbeschreibung

Im Bereich der Anzucht werden drei Pflanzenbeete mit elektrischer Tischheizung betrieben. Eine Beheizung mit elektrischer Energie ist grundsätzlich und energetisch betrachtet ungünstig, da elektrische Energie für hochwertigere Nutzungen als zur Beheizung verwendet werden sollte.

Als Forderung an das Heizungssystem für Pflanzen der Beetanlagen sollten eine gute Regelbarkeit, schnelle Anpassung an den Wärmebedarf (geringer Wasserinhalt) und eine gleichmäßige Verteilung der Wärme im Pflanzenbestand

(pflanzennahe Heizung) vorhanden sein. Ein heizwassergespeistes Hebe-/ Senk-Heizsystem mit variabler Höhenanbringung ermöglicht eine gute Anpassung an die Pflanzengröße bzw. Höhe des Pflanzenbestandes und bietet eine gleichmäßige Temperaturverteilung im Gewächshaus. Die Anbindung der Heizsysteme an die Warmwasserheizung ist aufgrund der an den Decken offen verlegten Heizleitungen unproblematisch. Der Aufwand wird sich jedoch von Beet zu Beet unterscheiden.

Empfehlung

Langfristig wird eine Umsetzung der Maßnahme empfohlen. Es sollte jeweils eine pflanzennahe, niedrige Rohrheizung als Ersatz für die drei elektrischen Tischheizungen installiert werden. Eine variable Höhenverstellung der Heizung sollte vorgesehen werden.

8 Umnutzung Gewächshaus

Maßnahmenbeschreibung

Das Gewächshaus Altbau ist jetzt mit verschiedenen Orchideen bestückt, die eine relativ hohe Lufttemperatur fordern. Das Gewächshaus Altbau stammt aus dem Jahr 1950, ist mit Einfachverglasung konstruiert und ist das älteste bestehende Gewächshaus im Bereich der Anzucht. Zugleich wird in diesem Gewächshaus das höchste Temperaturniveau gefordert, wobei die Wärmeschutzqualität als sehr ungünstig einzustufen ist. Verbesserungsmaßnahmen zum Wärmeschutz an diesem Gebäude sind aufgrund des Gebäudealters nicht rentabel. Daher wird eine Umnutzung dieses Gewächshauses vorgeschlagen. Die Orchideen sollten in Absprache mit dem Bauherrenamt Palmengarten in anderen, vorhandenen und beheizten Gewächshäusern der Anzucht untergebracht werden, die einen wesentlich besseren Wärmeschutz bieten. Der Altbau sollte nur noch als Kalthaus genutzt werden. Für diese Umnutzung wurden 30% des bisherigen Wärmeverbrauchs in die Wirtschaftlichkeitsberechnung aufgenommen.

Empfehlung

Die Umsetzung dieser organisatorischen Maßnahme wird für Sommer 2003 empfohlen, um die Einsparungen bereits im Winter 2003/2004 realisieren zu können.

9 Abdichten von Scheiben

Maßnahmenbeschreibung

Im Haus 18, Ostseite der Anzucht, sind schadhafte Verkittungen der Scheiben vorhanden. Durch diese Undichtigkeiten entstehen Wärme- und Energieverluste.

Empfehlung

Eine fachgerechte Abdichtung der Scheiben in diesem Bereich wird empfohlen.

24 Wärmedämmung im Bereich Stehwände und der Giebel, Neuverglasung

Maßnahmenbeschreibung

Durch das Anbringen von Noppenfolien an Giebel- und Stehwänden, außen, kann bei sachgerechter Installation der Energieverbrauch merklich gesenkt

werden. Daher sollten am Haus 9-13, Süd- und Westseite, und an der Südhalle, Süd- und Westseite des Warmhauses, Noppenfolien an Steh- und Giebelwänden, außen, angebracht werden. Auf eine sichere Befestigung der Folie mit Spezialhalterungen oder Klemmprofilen sollte geachtet werden.

Empfehlung

Die Umsetzung dieser Maßnahme sollte mittelfristig erfolgen.

25 Dämmung Armaturen / Leitungen

Maßnahmenbeschreibung

Die Wärmedämmung der in den Bodenkanälen der Anzucht geführten Heizungsleitungen ist zu Teil zerstört und sollte in den Teilstücken erneuert werden, in denen die Dämmung sichtbar zerstört wurde. Im Deckenbereich wurden die Heizleitungen nicht wärmegeklämt. Das führt zu unkontrollierter Beheizung und unnötigen Wärmeverlusten. Zur Wärmeversorgung der Häuser sind Radiatoren installiert. 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. Da das Gewächshaus beheizt ist, fällt diese Maßnahme nicht in den Bereich der Vorschrift. Wegen der einfachen Realisierung der Maßnahme sollte sie im Sinne eines rationellen Umgangs mit den Energieressourcen jedoch kurzfristig durchgeführt werden.

38 Einsatz automatisierter Klimaregelung im Gewächshaus

Durch den Einsatz neuer Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik in den Gewächshäusern kann die Wärme-, Strom- und Lichtzufuhr entsprechend den Nutzungsanforderungen exakt geregelt werden.

Die Regelungstechnik zur Steuerung von Wärme und Licht in den Gewächshäusern der Anzucht wurde bereits zu ca. 50% erneuert. Der restliche Bereich sollte in gleicher Weise kurzfristig modernisiert werden

3.3.3 Maßnahmen Blütengalerie, Gebäude 3

13 Erneuerung Heizkessel

Maßnahmenbeschreibung

Die beiden in der Heizzentrale befindlichen Heizkessel (Baujahr 1980) haben die rechnerische Nutzungsdauer gemäß VDI 2067, Blatt 1 (20 Jahre bzw. für Brenner 12 Jahre) bereits erreicht bzw. überschritten. Überdies sprechen noch weitere Gründe für die Erneuerung der Kesselanlage:

- Die installierte Kesselleistung beträgt 3.140 kW. An Wärmebedarf werden jedoch nur 1.500 kW benötigt, womit eine deutliche Überdimensionierung der Kesselanlage gegeben ist.
- Eine separate Wärmezählung von Gesellschaftshaus und Blütengalerie erfordert ohnehin eine Umbaumaßnahme.

- Häufige Instandsetzungen und Ausfallzeiten der Kesselanlage, dadurch entstehen höhere Wartungs- und Instandsetzungskosten.
- 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 (ca. 200°C), was mit auf eine ungünstige Brennereinstellung deutet.
- Die Reduzierung der Kesselleistung reduziert den Grundpreis beim Gasbezug.
- Die Sanierung von Teilkomponenten, wie beispielsweise der Brenner muss in Kürze durchgeführt werden.

Es sollten zwei moderne Gas-Spezialkessel zum Einsatz kommen. Diese werden über eine Kesselfolgeschaltung betrieben, so dass ein Kessel die Grundlast abdeckt und der zweite Kessel sich nur bei Bedarf zuschaltet. Da in der Regel zu ca. 70% der Zeit nur ein Kessel in Betrieb ist, können in dieser Zeit die Abgas- und Bereitschaftsverluste des anderen Kessels komplett eingespart werden. Durch zwei neue Kessel mit jeweils geringerer Leistung und verbessertem Wirkungsgrad lassen sich erhebliche Energieeinsparungen erzielen. Die Brennstoffeinsparung gegenüber dem Ist-Zustand ergibt sich insbesondere aus

- dem besseren Wirkungsgrad der Kessel,
- der besser angepassten Leistung der Kessel,
- einer geringeren Bereitschaftszeit, geringeren Bereitschaftsverlusten

Empfehlung

Die Kesselanlage sollte komplett erneuert werden. Dabei sind zwei Heizkessel erforderlich (gemäß AMEV-Richtlinien ist bei einer Gesamtnennwärmeleistung von größer als 250 kW eine Aufteilung auf zwei Wärmeerzeuger erforderlich). Da das Gesellschaftshaus nicht im Untersuchungsumfang dieses Energiekonzeptes eingebunden wurde, und somit auch keine Wärmebedarfsermittlung erstellt wurde, wurde ein geschätzter Wärmeleistungsbedarf angesetzt (s. auch 2.1.1.1).

Folgende Vorgehensweise wird empfohlen:

1. Berechnung des Wärmebedarfs für Gesellschaftshaus und Blütengalerie.
2. Dimensionierung, Planung und Ausschreibung der Kesselanlage
3. Montage und Inbetriebnahme

26 Umstellung auf Fernwärme

Maßnahmenbeschreibung

Zur Diskussion steht gegenüber der vorgenannten Maßnahme „Erneuerung Heizkessel“ eine Umstellung der Wärmeversorgung durch Anschluss an das Fernwärmenetz der Mainova, das bereits einen Teil der Gebäude im Palmengarten versorgt. Es werden dabei in einer ersten Abschätzung keine Investitionen für den Fernwärmeanschluss angesetzt. Somit wird der Wärmepreis für Fernwärme über die Nutzungszeit von 20 Jahren den Investitions- und Betriebskosten o.a. Maßnahme „Erneuerung Heizkessel“ gegenübergestellt.

Empfehlung

Aus wirtschaftlicher Sicht wird eine Umstellung auf Fernwärme nicht empfohlen.

30 Aufteilung der Stromkreise für Beleuchtung

Maßnahmenbeschreibung

Die Blütengalerie wird jetzt über einen Lichtkreis gesteuert. Eine Beleuchtung von Teilbereichen ist somit nicht möglich. Da die Nutzung häufig nur in Teilbereichen stattfindet, ist eine Nachrüstung einer separaten Schaltmöglichkeit sinnvoll. Der Nord-Ost-Bereich und der Nord-West-Bereich sollte unabhängig beleuchtet werden können.

Empfehlung

Die Nachrüstung auf drei Lichtkreise sollte durchgeführt werden. Unter der Annahme, dass geteilte Zuleitungen vorhanden sind, ist die Durchführung der Maßnahme nicht aufwendig und wird zur kurzfristigen Umsetzung empfohlen.

36 Abdeckung Heizkörper vor Verglasung

Maßnahmenbeschreibung

Im Flur der Blütengalerie befinden sich Radiatoren direkt vor der Außenverglasung. Dadurch entstehen erhöhte Wärmestrahlungsverluste nach außen. Durch Montage einer Abdeckung zwischen Heizkörper und Verglasung lassen sich diese Wärmestrahlungsverluste erheblich reduzieren

Empfehlung

Der Einbau einer Abdeckung wird mittelfristig zur Umsetzung empfohlen.

3.3.4 Maßnahmen Nordstern, Gebäude 4

17 Einsatz Luft-Wasser-Wärmetauscher

Maßnahmenbeschreibung

Für die Pflanzenbewässerung wird Regenwasser in Zisternen gesammelt. Das Regenwasser muss vor der Verwendung auf ca. 22°C erwärmt werden. Momentan wird die Erwärmung über einen Wärmetauscher (100 kW) über das Hochtemperaturheiznetz im UG durchgeführt. Die Suche nach einer Abwärmequelle, die eine Erwärmung auf dieses niedrige Temperaturniveau ermöglicht, führte zum Fortluftschacht des BHKW-Aufstellungsraumes. Die Ablufttemperatur wurde mit ca. 30°C gemessen. Dieses Temperaturniveau muss noch über die Strecke von ca. 50 m in den begehbaren unterirdischen Rohrkanälen bis zu den Zapfstellen, bzw. Wärmetauscher geführt werden.

Empfehlung

Durch die relativ große Entfernung der Abwärmequelle und das geringe Temperaturniveau dieser Quelle ist eine Nutzung für die Erwärmung des Regenwassers nicht wirtschaftlich umzusetzen. Diese Maßnahme wird daher nicht empfohlen.

18 Einsatz geregelter Pumpen

Maßnahmenbeschreibung

Die jetzt eingebauten zwei bzw. dreistufigen Pumpen werden einmal auf eine Leistungsstufe eingestellt und werden, 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. Die fünf Vorlaufverteiler enthalten jeweils sieben Doppelpumpen, wovon fünf 600 Watt und zwei 1.450 Watt elektrische Leistung aufnehmen.

Empfehlung

Es wird empfohlen, mittelfristig die beiden Pumpen je Verteiler mit 1.450 Watt elektrischer Leistung durch geregelte Pumpen zu ersetzen.

3.3.5 Maßnahmen Südstern, Gebäude 5

4 Überprüfung der Führungsgröße Raumtemperatur

Maßnahmenbeschreibung

Mit der geplanten Klimaregelung ist es möglich, verschiedene Regelbereiche im Gewächshaus zu verknüpfen und auch komplexe Klimaregelstrategien zu realisieren. Dabei ist die Positionierung der Messfühler entscheidend für die fehlerfreie Klimamessung. Dabei ist es wichtig, die Temperatur- und Feuchtefühler möglichst nahe am Pflanzenbestand platzieren.

Im Südstern wurden Messfühler in einer Höhe von ca. 4 m installiert, wobei sich die Mehrheit der Pflanzen in niedrigeren Höhen befindet.

Empfehlung

Die Fühler sollten in nächster Nähe zu den Pflanzen angebracht werden. Die Temperatureinstellungen sollten dann in Absprache mit dem Gärtnerpersonal überprüft werden.

18 Einsatz geregelter Pumpen

Maßnahmenbeschreibung

Die jetzt eingebauten zwei bzw. dreistufigen Pumpen werden einmal auf eine Leistungsstufe eingestellt und werden, unabhängig von den wechselnden Druckanforderung, 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. Die drei Vorlaufverteiler enthalten jeweils fünf Doppelpumpen, wovon drei 600 Watt und zwei 1.450 Watt elektrische Leistung aufnehmen.

Empfehlung

Es wird empfohlen, mittelfristig die beiden Pumpen je Verteiler mit 1.450 Watt elektrischer Leistung durch geregelte Pumpen zu ersetzen.

3.3.6 Maßnahmen Botanische Sammlung, Gebäude 6

7 Ersatz elektrischer Beetbeheizung

Maßnahmenbeschreibung

Im Bereich der Anzucht werden 18 Pflanzenbeete mit elektrischer Tischheizung betrieben. Eine Beheizung mit elektrischer Energie ist grundsätzlich und energetisch betrachtet ungünstig, da elektrische Energie für hochwertigere Nutzungen als zur Beheizung verwendet werden sollte.

Als Forderung an das Heizungssystem für Pflanzen der Beetanlagen sollte eine gute Regelbarkeit, schnelle Anpassung an den Wärmebedarf (geringer Wasserinhalt) und eine gleichmäßige Verteilung der Wärme im Pflanzenbestand (pflanzennahe Heizung) vorhanden sein. Ein heizwassergespeistes Hebe-/ Senk-Heizsystem mit variabler Höhenanbringung ermöglicht eine gute Anpassung an die Pflanzengröße bzw. Höhe des Pflanzenbestandes und bietet eine gleichmäßige Temperaturverteilung im Gewächshaus. Die Anbindung der Heizsysteme an die Warmwasserheizung ist aufgrund der an den Decken offen verlegten Heizleitungen unproblematisch. Der Aufwand wird sich jedoch von Beet zu Beet unterscheiden.

Empfehlung

Langfristig wird eine Umsetzung der Maßnahme empfohlen. Es sollte jeweils eine pflanzennahe, niedrige Rohrheizung als Ersatz für die 18 elektrischen Tischheizungen installiert werden. Eine variable Höhenverstellung der Heizung sollte vorgesehen werden.

17 Einsatz Luft-Wasser-Wärmetauscher

Maßnahmenbeschreibung

Für die Pflanzenbewässerung wird Regenwasser in Zisternen gesammelt. Das Regenwasser muss vor der Verwendung auf ca. 22°C erwärmt werden. Momentan wird die Erwärmung über einen Wärmetauscher (50 kW) über das Hochtemperaturheiznetz im UG durchgeführt. Die Suche nach einer Abwärmequelle, die eine Erwärmung auf dieses niedrige Temperaturniveau ermöglicht, führte zum Fortluftschacht des BHKW-Aufstellungsraumes. Die Ablufttemperatur wurde mit ca. 30°C gemessen. Dieses Temperaturniveau muss noch über die Strecke von ca. 80 m in den begehbaren unterirdischen Rohrkanälen bis zu den Zapfstellen, bzw. Wärmetauscher geführt werden.

Empfehlung

Durch die relativ große Entfernung der Abwärmequelle und das geringe Temperaturniveau dieser Quelle ist eine Nutzung für die Erwärmung des Regenwassers nicht wirtschaftlich umzusetzen. Diese Maßnahme wird daher nicht empfohlen.

24 Wärmedämmung im Bereich Stehwände und der Giebel, Neuverglasung

Maßnahmenbeschreibung

Durch das Anbringen von Wärmeschutzschichten an Giebel- und Stehwänden, außen, kann bei sachgerechter Installation der Energieverbrauch merklich gesenkt werden. Aufgrund des regen Publikumsverkehrs im Bereich der botanischen Sammlung ist die Montage von Noppenfolien nicht möglich. Durch

Montage einer zweiten Glasscheibe an den Stehwänden kann der Wärmeschutz wesentlich verbessert werden.

Empfehlung

Die Stehwände der Westseite der Botanischen Sammlung sollte mit einer zweiten Glasscheibe verkleidet werden. Die Umsetzung dieser Maßnahme sollte mittelfristig durchgeführt werden.

3.3.7 Maßnahmen Historisches Schauhaus, Gebäude 7

1 Änderung Heizzeiten

Maßnahmenbeschreibung

Die Heizzeiten am Schaltschrank in der Unterverteilung Heizung betragen derzeit für den Heizkreis Radiatoren 6 bis 19 Uhr, für den Heizkreis Fußbodenheizung 6 bis 18 Uhr. Zur Nutzung der Restwärme, 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.
Änderung der Heizzeiten für den Heizkreis Fußbodenheizung auf 6 bis 16 Uhr.
Die kurzfristige Umsetzung wird empfohlen.

16 Nachrüsten Thermostatventile

Maßnahmenbeschreibung

In verschiedenen Räumen des Historischen Schauhauses befinden sich an den Heizkörpern noch Heizkörperventile ohne Thermostatsteuerung. Thermostatventile regeln die Heizkörpertemperatur in Abhängigkeit der Raumlufttemperatur. Durch diese bedarfsorientierte Regelung der Wärmeabgabe der Heizkörper verringert sich der Heizenergieverbrauch.

Empfehlung

Kurzfristig sollten an sechs Heizkörpern die Heizkörperventile gegen Thermostatventile ausgetauscht werden.

22 Einsatz Bewegungsmelder

Maßnahmenbeschreibung

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

Empfehlung

Die Allgemeinbeleuchtung in den Ausstellungsräumen im Obergeschoss des Historischen Schauhauses und die Flurbeleuchtung des Verwaltungstraktes im Erdgeschoss sollten durch Bewegungsmelder gesteuert werden.

3.3.8 Maßnahmen Betriebsgebäude, Gebäude 8

3 Abschaltung Heizung Garage

Maßnahmenbeschreibung

In den Garagen neben dem Betriebsgebäude befinden sich mehrere Deckenluftheritzer und Radiatoren zur Beheizung der Garagen. In den Garagen werden Baumaterialien, Werkzeuge und Fahrzeuge für den Gärtnereibetrieb gelagert und untergestellt. Nutzungsbedingt müssen die vier Meter hohen Doppelflügeltore während der Betriebszeit häufig geöffnet werden. Das führt zu häufigem Ansprechen der Deckenluftheritzer, auch bei niedrig eingestellten Solltemperaturen.

Empfehlung

Da sich in den Garagen kein Arbeitsplatz und auch keine frostsicher zu haltenden Materialien befinden, sollte der Heizkreis „Luftheritzer Garagen“ in der Unterverteilung Heizung im Betriebsgebäude zunächst probeweise abgeschaltet werden. Ebenso sollte dabei die Umwälzpumpe des Heizkreises außer Betrieb genommen werden. Dabei ist die Beheizung der Waschhalle neben den Garagen auf Frostschutz sicherzustellen. Nach einer Probephase sollte die (soziale) Verträglichkeit dieser Maßnahme in Absprache mit den Nutzern überprüft werden.

5 Anpassung Raumtemperatur an Bedarf

Maßnahmenbeschreibung

Im Kellerflur des Betriebsgebäudes wurde eine Raumtemperatur von 20°C gemessen. Durch die kurze Aufenthaltszeit von Personen im Bereich des Kellerflures kann die Raumtemperatur in diesem Bereich ohne Komforteinbuße reduziert werden.

Empfehlung

Die Heizkörperventile im Flur des Kellers sollten auf die Skaleneinstellung 1,5 unverstellbar justiert werden.

16 Nachrüsten Thermostatventile

Maßnahmenbeschreibung

Im Untergeschoss des Betriebsgebäudes wurden an zwei Heizkörpern Heizkörperventile ohne Thermostatkopf gefunden. Eine Funktion der Ventile ist ohne Thermostatkopf nicht möglich, so dass die Heizkörper jetzt ungerregelt auf voller Leistung betrieben werden.

Empfehlung

Kurzfristig sollten feste Fühler an die vorhandenen Unterteile der Thermostatventile montiert werden.

18 Einsatz geregelter Pumpen

Maßnahmenbeschreibung

Die jetzt eingebauten zwei bzw. dreistufigen Pumpen werden einmal auf eine Leistungsstufe eingestellt und werden, 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.

Für den Bereich Anzucht ist jetzt eine Sockelpumpe als Doppelpumpe mit 1,5 kW Anschlussleistung installiert. Am Vorlaufverteiler sind Doppelpumpen für die Heizkreise Haus Leonhardsbrunn, Wohnung, Kantine, Büroräume und Garagen vorhanden.

Empfehlung

Es wird empfohlen, für die Sockelpumpe, die den Bereich Anzucht versorgt, kurzfristig eine elektronische Steuerung der Drehzahl einzubauen. Am Vorlaufverteiler sollte für den Heizkreis Haus Leonhardsbrunn mit 1.300 Watt elektrischer Leistungsaufnahme eine elektronische Pumpenregelung mittelfristig nachgerüstet werden.

21 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 zugänglichen, obersten Geschossdecken über beheizten Räumen bis 31.12.2005. Die Realisierung sollte mittelfristig durchgeführt und damit Energiesparpotenziale genutzt werden. Über dem Wohnbereich sollte eine Dämmung mit 12 bis 16 cm eingebracht werden, um den Wärmeverlust zu reduzieren.

22 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

Die Beleuchtungen in den WC-Anlagen des Betriebsgebäudes sollten durch Bewegungsmelder gesteuert werden. Dazu sollten Sensoren in diesen Bereichen mittelfristig installiert werden.

28 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 Untergeschoss des Betriebsgebäudes, Herrentoilette, sollte der vorhandene 9-Liter-Spülkasten am WC ohne Spülstromunterbrechung durch einen Spülkasten mit Start-Stopp-Funktion mittelfristig ersetzt werden.

3.3.9 Maßnahmen Haus Leonhardsbrunn, Gebäude 9

16 Nachrüsten Thermostatventile

Maßnahmenbeschreibung

Thermostatventile regeln die Heizkörpertemperatur in Abhängigkeit der Raumlufttemperatur. Durch diese bedarfsorientierte Regelung der Wärmeabgabe der Heizkörper verringert sich der Heizenergieverbrauch. Es wurden Ventile ohne Thermostatkopf entdeckt. Eine Funktion der Ventile ist ohne Thermostatkopf nicht möglich, so dass die Heizkörper jetzt ungerregelt auf voller Leistung betrieben werden.

Empfehlung

Kurzfristig sollten im Bereich der Berufsschule im Obergeschoss an zwei Heizkörpern die Thermostatventile mit je einem Thermostatkopf nachgerüstet werden.

21 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 zugänglichen, obersten Geschossdecken über beheizten Räumen bis 31.12.2005. Die Realisierung sollte mittelfristig durchgeführt und damit Energiesparpotenziale genutzt werden. Über dem Schulbereich (Hauptgebäude) sollte eine Dämmung mit 12 bis 16 cm eingebracht werden, um den Wärmeverlust zu reduzieren.

31 Einsatz Treppenhausschalter

Maßnahmenbeschreibung

Durch „Treppenhausschalter“, die über ein zeitgesteuertes Relais einen Schaltvorgang auslösen, wird die Beleuchtung im Bereich des gesteuerten Lichtkreises zeitabhängig ausgeschaltet. In öffentlichen Bereichen ist diese Form

der Beleuchtungssteuerung sinnvoll und führt zu einer Reduzierung der Beleuchtungszeit.

Empfehlung

Für den Bereich der Treppenhäuser im Schulhaus sollten Zeitschaltrelais nachgerüstet werden. Die Zeiteinstellung je Schaltvorgang sollte 5 Minuten nicht überschreiten. In den Fluren sollten Bewegungsmelder installiert werden.

3.3.10 Maßnahmen Verwaltungsgebäude, Gebäude 10

15 Zeitschaltuhr für Elektroboiler

Maßnahmenbeschreibung

Elektrisch beheizte Untertisch-Warmwasserbereiter erhitzen den Inhalt des Behälters (hier: 5 Liter) auf eine eingestellte Wassertemperatur und halten diese Temperatur durch Nachheizen konstant. Wird kein Warmwasser benötigt, muss wegen der Wärmeverluste nachgeheizt werden. Durch Einbau einer Zeitschaltuhr kann außerhalb der Nutzungszeit (nachts und Wochenende) die Nachheizung verhindert werden.

Empfehlung

Für den 5-Liter-Untertischboiler sollte eine Zeitschaltuhr montiert werden, die einen Betrieb nur während der Nutzungszeiten des Gebäudes zulässt.

21 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 zugänglichen, obersten Geschossdecken über beheizten Räumen bis 31.12.2005. Die Realisierung sollte mittelfristig durchgeführt und damit Energiesparpotenziale genutzt werden. Im Dachzwischenraum sollte eine Dämmung mit 12 bis 16 cm eingebracht werden, um den Wärmeverlust zu reduzieren.

23 Erneuerung einer defekten Heizungsregelung

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 Verwaltungsgebäude ist defekt.

Empfehlung

Kurzfristig wird der Ersatz der defekten Regelungsanlage in der Unterverteilung empfohlen

25 Dämmung Armaturen / Leitungen

Maßnahmenbeschreibung

Ungedämmte Wärmeverteilungen führen zu unkontrollierter Beheizung und unnötigen Wärmeverlusten. Durch eine Dämmung werden die Verteilungsverluste reduziert. Im Keller wurden beschädigte Dämmschalen an Heizleitungen und ungedämmte Heizungsarmaturen festgestellt, die Wärmeverluste verursachen.

Empfehlung

Die Dämmung der Armaturen und der Erneuerung der beschädigten Schalendämmung sollte, im Sinne eines rationellen Umgangs mit den Energieressourcen, kurzfristig durchgeführt werden.



Keller Verwaltungsgebäude

27 Anschluss von Heizkörper an Warmwasserheizung

Maßnahmenbeschreibung

Im Obergeschoss des Verwaltungsgebäudes wurde im WC ein Elektro-Heizkörper eingebaut. Die hochwertige elektrische Energie sollte nicht für Heizzwecke eingesetzt werden. Durch Montage und Anschluss eines Radiators an die Warmwasserheizung ist die Einsparung von elektrischer Energie möglich. Im nebenliegenden Dachraum enden die Heizungsleitungen der Warmwasserheizung. Von dort sollte der Anschluss des Heizkörpers durchgeführt werden.

Empfehlung

Aufgrund der baulichen Umbaukosten ist eine Amortisation dieser Maßnahme erst in 25 Jahren zu erwarten. Die Substitution der elektrischen Energie ist langfristig sinnvoll, deshalb wird diese Maßnahme langfristig empfohlen.



19 Zentrale BW-Bereitung (Ersatz Durchlauferhitzer)

Maßnahmenbeschreibung

Im Obergeschoss wurde für die Dusche ein elektrischer Durchlauferhitzer installiert. Durch die Montage eines Warmwasserbereiters im Dachraum, mit Anschluss an der Warmwasserheizung, könnte das Warmwasser ohne den Verbrauch von elektrischer Energie erwärmt werden.

Empfehlung

Der Montageaufwand und der Umfang an baulichen Maßnahmen werden als erheblich eingeschätzt. Daher wird diese Maßnahme nicht zur Realisierung vorgeschlagen.

3.3.11 Maßnahmen Personalwohnhaus, Gebäude 11

1 Änderung Heizzeiten

Maßnahmenbeschreibung

Die Heizzeiten am Schaltschrank in der Unterverteilung Heizung betragen derzeit für den Heizkreis Radiatoren 6 bis 22.30 Uhr. 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 21.30 Uhr. Die kurzfristige Umsetzung wird empfohlen.

21 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 zugänglichen, obersten Geschossdecken über beheizten Räumen bis 31.12.2005. Die Realisierung sollte mittelfristig durchgeführt und damit Energiesparpotenziale genutzt werden. Im Dachzwischenraum sollte eine Dämmung mit 12 bis 16 cm eingebracht werden, um den Wärmeverlust zu reduzieren.

3.3.12 Maßnahmen Wohnhaus bei Anzucht, Gebäude 12

14 Reduzierung Speichertemperatur

Maßnahmenbeschreibung

Der Warmwasserbereiter im Heizraum, Kellergeschoss, zeigt eine Warmwassertemperatur von 70°C. Die Warmwassertemperatur ist für Wohnnutzung mit 55°C ausreichend. Eine höhere Temperatur verursacht erhöhte Wärmeverluste an den Verteilleitungen.

Empfehlung

Die Warmwassertemperatur sollte auf max. 55°C reduziert werden.

21 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 zugänglichen, obersten Geschossdecken über beheizten Räumen bis 31.12.2005. Die Realisierung sollte mittelfristig durchgeführt und damit Energiesparpotenziale genutzt werden. Im Dachzwischenraum sollte eine Dämmung mit 12 bis 16 cm eingebracht werden, um den Wärmeverlust zu reduzieren.

3.3.13 Maßnahmen Musikpavillon, Gebäude 13

5 Anpassung Raumtemperatur an Bedarf

Maßnahmenbeschreibung

Im Lagerraum für Musikinstrumente wurden Temperaturen von ca. 25°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

In Abstimmung mit den Nutzern sollte die max. erforderliche Raumtemperatur festgelegt und an der Regelung fixiert werden.



Lagerraum Musikpavillon

33 Einsatz intelligenter Raumregelung für elektrische Beheizung

Maßnahmenbeschreibung

Die elektrische Fußbodenheizung sollte mit einer leistungsfähigen Regeltechnik ausgestattet werden. Sämtliche Regelungsparameter (z.B. Nutzungszeiten, Sollwerte) sollten vorgegeben und damit jederzeit einfach an geänderte Nutzungsbedingungen angepasst werden können. Dazu sollte es möglich sein, dass Optimierungsfunktionen (z.B. Zeitkataloge, optimale Zu- und Abschaltung nach Außen- und Gebäudeinnentemperatur) durchgeführt werden können, wodurch sich im Vergleich zum Ist-Zustand Einsparpotentiale ergeben.

Empfehlung

Der Austausch der Regelungstechnik ist eine Maßnahme, die zum Erhalt einer sicheren und rationellen Energieversorgung - besonders im Fall einer nicht vermeidbaren elektrischen Beheizung - notwendig ist. Eine mittelfristige Durchführung der Maßnahme wird empfohlen.



Übungsraum Musikpavillon

3.3.14 Maßnahmen Victoria Regia Becken, Gebäude 14

29 Absenkung Wassertemperatur Beckenheizungen

Maßnahmenbeschreibung

Das Victoria Regia Becken befindet sich im Außenbereich vor dem Nordstern und wird, wegen der darin befindlichen Pflanzen, ganzjährig beheizt. In dem Becken (bis 1,3 m tief, bis 10 m breit, ca. 30 m lang) sind ca. 1.200 Meter Heizschlauch verlegt. Das Heizsystem wird an allen Tagen des Jahres mit voller Leistungsstufe über das Hochtemperaturnetz und einen Wärmetauscher betrieben. In den Sommermonaten sollte durch eine Temperaturregelung die Wassertemperaturen von jetzt ca. 25°C auf 18°C gesenkt werden.

Empfehlung

Diese Maßnahme wird nur empfohlen, wenn die folgende Maßnahme „Abbau Beckenheizungen“ nicht realisiert wird.

18 Einsatz geregelter Pumpen

Maßnahmenbeschreibung

Die beiden jetzt eingebauten dreistufigen Pumpen wurden auf die höchste Leistungsstufe eingestellt und werden, unabhängig von wechselnden Druckanforderungen, während der gesamten Pumpenlaufzeit konstant betrieben. Durch den Einbau einer stufenlosen Differenzdruckregelung in Kombination mit dem Einbau einer Temperaturregelung des Beckenwassers kann die Pumpenleistung der tatsächlich benötigten Förderleistung angepasst werden, wodurch Einsparungen an elektrischem Strom realisierbar sind. Die Primärpumpe, mit 460 W und die Sekundärpumpe mit 290 W max. Anschlussleistung sind jetzt vorhanden.

Empfehlung

Es wird empfohlen, für die Primärpumpe eine elektronische Steuerung der Drehzahl einzubauen. Diese Maßnahme wird nur empfohlen, wenn die folgende Maßnahme „Abbau Beckenheizungen“ nicht realisiert wird.

37 Abbau Beckenheizungen

Maßnahmenbeschreibung

Durch eine Abschaltung der Beckenheizung sind erhebliche Einsparungen realisierbar. Mit einem Beckenwasservolumen von über 200 m³ werden erhebliche Mengen an Heizenergie für die Wassertemperierung und elektrische Energie für den Betrieb der Umwälzpumpen benötigt. Durch die Abschaltung der Beheizung des Beckenwassers stellt sich eine natürliche Temperatur des Beckenwassers zwischen 15 und 0°C ein. Das bedeutet für den Gärtnereibetrieb, dass Pflanzen mit höheren Anforderungen an die Wassertemperatur aus dem Becken entfernt werden müssen. Die Durchführung dieser organisatorischen Maßnahme muss mit dem Bauherrenamt des Palmengartens und allen Beteiligten abgestimmt werden.

Empfehlung

Eine Umsetzung dieser Maßnahme wird aus energetischer und wirtschaftlicher Sicht kurzfristig empfohlen.

3.3.15 Maßnahmen Becken am Historischen Schauhaus, Gebäude 15

29 Absenkung Wassertemperatur Beckenheizungen

Maßnahmenbeschreibung

Das Becken am Hist. Schauhaus befindet sich im Außenbereich am Historischem Schauhaus und wird, wegen der darin befindlichen Pflanzen, im Winter beheizt. In dem Becken (Durchmesser ca. 7 m, Tiefe ca. 0,9 m) sind Heizschläuche verlegt. Das Heizsystem wird an den Wintertagen des Jahres mit voller Leistungsstufe über das Hochtemperaturnetz und einen Wärmetauscher betrieben.

Empfehlung

Durch eine Temperaturregelung sollten die Wassertemperaturen von jetzt ca. 18°C auf 15°C gesenkt werden. Diese Maßnahme wird nur empfohlen, wenn die folgende Maßnahme „Abbau Beckenheizungen“ nicht realisiert wird.

18 Einsatz geregelter Pumpen

Maßnahmenbeschreibung

Die beiden jetzt eingebauten dreistufigen Pumpen wurden auf die höchste Leistungsstufe eingestellt und werden, unabhängig von wechselnden Druckanforderungen, während der gesamten Pumpenlaufzeit konstant betrieben. Durch den Einbau einer stufenlosen Differenzdruckregelung in Kombination mit dem Einbau einer Temperaturregelung des Beckenwassers kann die Pumpenleistung der tatsächlich benötigten Förderleistung angepasst werden, wodurch Einsparungen an elektrischem Strom realisierbar sind. Die Primärpumpe, mit 140 W und die Sekundärpumpe mit 545 W max. Anschlussleistung sind jetzt vorhanden.

Empfehlung

Es wird empfohlen, für die Sekundärpumpe eine elektronische Steuerung der Drehzahl einzubauen. Diese Maßnahme wird nur empfohlen, wenn die folgende Maßnahme „Abbau Beckenheizungen“ nicht realisiert wird.

37 Abbau Beckenheizungen

Maßnahmenbeschreibung

Durch eine Abschaltung der Beckenheizung sind erhebliche Einsparungen realisierbar. Die Abschaltung der Beheizung des Beckenwassers ergibt eine natürliche Temperierung des Wassers zwischen 15 und 0°C. Das bedeutet für den Gärtnereibetrieb, dass Pflanzen mit höheren Anforderungen an die Wassertemperatur aus dem Becken entfernt werden müssen. Die Durchführung dieser organisatorischen Maßnahme muss mit dem Bauherrenamt des Palmengartens und allen Beteiligten abgestimmt werden.

Empfehlung

Eine Umsetzung dieser Maßnahme wird aus energetischer und wirtschaftlicher Sicht kurzfristig empfohlen.

Eine Beckenabdeckung als Alternative zur Abschaltung der Beheizung würde den Erhalt der aus dem Wasser ragenden Biotope nur begrenzt ermöglichen. Diese Möglichkeit sollte mit dem Bauherrenamt im Palmengarten erörtert werden.

Die Maßnahmen 21 Dämmung oberste Geschossdecke und 25 Dämmung Armaturen / Leitungen sind nach Energieeinsparverordnung (EnEV) vom Gesetzgeber Umsetzungsfristen genannt.

- Ungedämmte heiztechnische Anlagen, Wärmeverteilungen in nicht beheizten Räumen bis 2005 dämmen.
- Oberste Geschossdecken, zugänglich von beheizten Räumen, bis 2005 dämmen.

3.3.16 Lieferverträge

In Kapitel 2.2.4 wurden die Energielieferverträge erläutert.

Durch den liberalisierten Energiemarkt lassen Sie 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.

Fernwärmeliefervertrag

Der Vergleich mit Durchschnittswerten in Deutschland zeigt, dass ein günstiger Preis für die Energielieferung vereinbart wurde. Die Vertragsart „Heizwasser mit Sonderpreisen“ ist die günstigste Eingruppierung.

Empfehlung

Hier besteht aktuell kein Handlungsbedarf.

Stromliefervertrag

Der Vergleich mit Durchschnittswerten in Deutschland zeigt, dass ein günstiger Preis für die Energielieferung vereinbart wurde. Die aktuelle Tarifeinteilung (G-Vertrag Preisregelung (G220)) des Energieversorgungsunternehmens Mainova mit Leistungsmessung scheint z.Zt. die günstigste für den Palmengarten zu sein.

Empfehlung

Hier besteht aktuell kein Handlungsbedarf.

Erdgasliefervertrag

Die Erdgaslieferung erfolgt zu guten bis durchschnittlichen Konditionen. Der Tarif wird mit Zentralheizungsvertrag VH/VHI bezeichnet.

Empfehlung

Der Rabatt von 5 % sollte mit dem Energielieferanten neu verhandelt werden. Zielgröße 6-8 %.

Wasserbezug

Wie erwähnt, liegt der Frischwasserbezug in einem erhöhten Preisbereich im deutschlandweitem Vergleich. Der Mischpreis für Wasser und Abwasser liegt, durch den niedrigen Abwasserpreis, in einem günstigen Bereich. Der Wasserversorger Mainova bietet nur einen Wasserbezugstarif (Aqua Classic), so dass ein Wechsel in andere Tarifgruppen nicht möglich ist. Möglichkeiten zu Einsparungen sind nur über Rabattverhandlungen gegeben.

Empfehlung

Der gewährte Rabatt von 10% sollte neu verhandelt werden. Zielgröße: 12%.

3.3.17 Nutzerverhalten

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.

Die Stadt Frankfurt hat bereits ein Modell zur Beteiligung der Liegenschaften an deren jährlichen Energieeinsparungen vorbildlich eingeführt. Die Erfolge der Energieeinsparung waren im Palmengarten bereits in den letzten Jahren sichtbar. Der Motivationseffekt zeigte Wirkung.

Die weitere Verfolgung dieses Beteiligungsmodells wird nachhaltig den Energieverbrauch und die Betriebskosten verringern.

Auf folgende Optimierungsmöglichkeiten der Gebäudetechnik sollte noch geachtet werden:

- Verlängerung der Temperaturabsenkezeiten 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.

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 Verwaltungsgebäude

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.

Austausch Einfachverglasung

Maßnahmenbeschreibung

Im Treppenhausbereich befinden sich Fenster mit Einfachverglasung. Die ungünstigen Wärmedämmeigenschaften der Einfachverglasung ergeben einen erhöhten Wärmeverlust. Die Erneuerung der Fenster sollte unter Verwendung von Wärmeschutzverglasung realisiert werden.

Empfehlung

Die Einfachverglasung sollte gegen Wärmeschutzverglasung ausgetauscht werden. Eine Realisierung wird langfristig empfohlen. Da alle bei den Fenstern vorgeschlagenen Maßnahmen im Rahmen von Sanierungen durchgeführt werden sollten, erfolgt keine Berechnung der Wirtschaftlichkeit.

3.4.2 Sanierungsmaßnahmen Wohnhaus bei Anzucht

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.



Keller

3.4.3 Sanierungsmaßnahmen Musikpavillon

Austausch Einfachverglasung

Maßnahmenbeschreibung

Im Probenraum befinden sich Fenster mit Einfachverglasung. . Die ungünstigen Wärmedämmeigenschaften der Einfachverglasung ergeben einen erhöhten Wärmeverlust. Die Erneuerung der Fenster sollte unter Verwendung von Wärmeschutzverglasung realisiert werden.

Empfehlung

Die Einfachverglasung sollte gegen Wärmeschutzverglasung ausgetauscht werden. Eine Realisierung wird langfristig empfohlen. Da alle bei den Fenstern vorgeschlagenen Maßnahmen im Rahmen von Sanierungen durchgeführt werden sollten, erfolgt keine Berechnung der Wirtschaftlichkeit.

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 genannten Sanierungsmaßnahmen primär zum Erhalt der baulichen bzw. gebäudetechnischen Substanz erforderlich sind. Sie 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:

Maßnahmen-Nummer	Gebäudeübergreifend	Anzucht	Blütgalerie im Palmienhaus	Nordstern	Südsterm	Botanische Sammlung	Historisches Schauhaus	Betriebsgebäude	Haus Leonhardsbrunn	Verwaltungsgebäude	Personalwohnhaus	Wohnhaus bei Anzucht	Musikpavillon	Victoria Regia Becken	Becken am Hist. Schauhaus
1 Änderung Heizzeiten						x					x				
2 Änderung Vorlauftemperatur	x														
3 Abschaltung Heizung								x							
4 Überprüfung der Führungsgröße Raumtemperatur					x										
5 Anpassung Raumtemperatur an Bedarf								x							
8 Umnutzung Gewächshaus		x													
14 Reduzierung Speichertemperatur												x			
29 Absenkung Wassertemperatur Beckenheizungen														x	x
37 Abbau Beckenheizungen														x	x

Tabelle 4.1 Nichtinvestive und organisatorische Maßnahmen

Maßnahmen-Nummer															
	Gebäudeübergreifend	Anzucht	Blütenhalle im Palmenhaus	Nordstern	Südstern	Botanische Sammlung	Historisches Schauhaus	Betriebsgebäude	Haus Leonhardsbrunn	Verwaltungsgebäude	Personalwohnhaus	Wohnhaus bei Anzucht	Musikpavillon	Victoria Regia Becken	Becken am Hist. Schauhaus
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.	3.3.9.	3.3.10.	3.3.11.	3.3.12.	3.3.13.	3.3.14.	3.3.15.
6 Einbau Absperrorgane	x														
7 Ersatz elektrischer Beetbeheizung		x				x									
9 Abdichten von Scheiben		x													
10 Einsatz Wasserzähler	x														
11 Einsatz Wärmemengenzähler	x														
12 Einsatz dezentraler Stromzähler	x														
13 Erneuerung Heizkessel			x												
15 Zeitschaltuhr für Elektroboiler										x					
16 Nachrüsten Thermostatventile							x	x	x						
17 Einsatz Luft-Wasser-Wärmetauscher				x		x									
18 Einsatz geregelter Pumpen				x	x			x						x	x
19 Entfernen elektrischer Heizungen															
20 Erneuerung von Leuchten durch Energiesparbeleuchtung						x	x								
21 Dämmung oberste Geschoßdecke								x	x	x	x	x			
22 Einsatz Bewegungsmelder							x	x		x					
23 Erneuerung einer defekten Regelung										x					
24 Wärmedämmung im Bereich Stehwände und der Giebel, Neuverglasung		x				x									
25 Dämmung Armaturen / Leitungen		x								x					
26 Umstellung auf Fernwärme			x												
27 Anschluss von Heizkörper an Warmwasserheizung										x					
28 Wassereinsparung WC								x							
30 Aufteilung der Stromkreise für Beleuchtung			x												
31 Einsatz Treppenhausschalter									x						
32 Einsatz Helligkeitssensoren	x														
33 Einsatz Intelligente Raumregelung für el. Beheizung													x		
34 Austausch Einfachverglasung										x			x		
35 Feuchteschäden										x		x			
36 Abdeckung vor Verglasung			x												
38 Einsatz automatisierter Klimaregelung im Gewächshaus	x														

Tabelle 4.2 Investive Maßnahmen

4.2 Einsparungen und Investitionen

Durch die Realisierung sämtlicher Maßnahmen ergibt sich nachfolgendes Gesamtergebnis. Bei den Energie- und den damit verbundenen Kosten- und Schadstoffeinsparungen wurde nicht berücksichtigt, dass bei einer Realisierung sämtlicher Maßnahmen eine gegenseitige Verringerung der Einsparraten auftreten kann.

Nachstehende Tabelle enthält die erforderlichen Investitionen, die Energieeinsparpotenziale und den damit verbundenen Einsparungen an Schadstoffausstoß.

Berechnungen:

Nr.: Gebäude	Investitionen [€]	Kapitalkosten [€/a]	Wartungskosten [€/a]	Einsparung Brennst. [MWh/a]	Einsparung elektr. Leistung [kW]	Einsparung elektr. Arbeit [MWh/a]	Einsparung Wasser [m³/a]	Einsparung Verbrauchs- Kosten [€/a]	Schadstoff- einsparung		
									NO _x (kg/a)	SO ₂ (kg/a)	CO ₂ (t/a)
1 Gebäudeübergreifend	39.500	3.600	833	65	0	61	40	6.100	39	37	48
2 Anzucht	12.000	1.300	80	505	2	10	0	26.300	61	7	107
3 Blütengalerie	177.000	16.300	0	198	0	3	0	10.200	18	2	41
4 Nordstern	13.800	1.800	144	9	0	30	0	1.900	17	20	19
5 Südstern	5.400	700	0	10	0	18	0	1.400	11	12	13
6 Botanische Sammlung	22.000	1.800	240	-111	40	120	0	2.700	58	79	52
7 Historisches Schauhaus	1.400	200	28	8	0	2	0	500	1	1	3
8 Betriebsgebäude	10.300	1.200	30	20	0	20	10	2.000	13	13	16
9 Haus Leonhardsbrunn	3.500	300	13	10	0	0	0	500	1	0	2
10 Verwaltungsgebäude	13.700	1.200	40	20	10	10	0	1.300	4	4	7
11 Personalwohnhaus	4.500	400	0	20	0	0	0	1.000	2	0	4
12 Wohnhaus bei Anzucht	2.000	200	0	10	0	0	0	500	1	0	2
13 Musikpavillon	1.300	100	40	0	0	10	0	300	4	5	4
14 Victoria Regia Becken	900	100	30	400	0	10	0	20.900	37	7	86
15 Becken am Hist. Schauhaus	800	100	20	150	0	10	0	8.000	15	4	34
Gesamt	308.000	29.000	1.500	1.300	100	300	100	84.000	280	190	440

Tabelle 4.3 Zusammenfassung je Gebäude, Investitionen und Einsparungen

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 2001	9.075	469.996	1.706	419	142.938	59.991	144.324
Einsparpotenzial	1.300	66.300	300	100	16.700	100	241
%	14	14	18	24	12	0,2	0,2
Summe Soll-Zustand	7.775	403.696	1.406	319	126.238	59.891	144.083

Tabelle 4.4 Soll-Ist-Vergleich, Verbrauch und Kosten

Unter Abzug der nicht empfohlenen Maßnahmen könnte die Summe der Verbrauchskosten im Jahr 2001 von 757.215 € um ca. 84.000 €/a auf ca. 673.000 €/a reduziert werden.

Daraus ergeben sich Einsparungen der Energie- und Wasserkosten von 11%.

Die mittlere Amortisationszeit errechnet sich zu 4 Jahren.

Bei Realisierung der Einsparpotenziale ergeben sich Emissionseinsparungen von:

- 280 kg/a NO_x
- 190 kg/a SO₂
- 440 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 5.4.

4.5 Hauptpotenzial der Kosteneinsparungen

Der Hauptteil der ermittelten Einsparungen kann durch zwei Maßnahmen realisiert werden. Es handelt sich um Maßnahme Nr. 8 „Umnutzung Gewächshaus“ (siehe unter 3.3.2) und Maßnahme Nr. 37 „Abbau Beckenheizung“ (siehe unter 3.3.14 und 3.3.15). Durch diese beiden Maßnahmen werden 64 % der Gesamtkosteneinsparungen erreicht. Es handelt sich jeweils um organisatorische und nichtinvestive Maßnahmen, die sofort umgesetzt werden können.

4.6 Abschlussbemerkung

Die Ermittlung von Einsparpotenzialen durch ein Energiekonzept ist der erste Schritt. Für den Palmengarten haben sich erfreuliche Ergebnisse gezeigt: insgesamt 11 % Energie- und Kosteneinsparungen, davon ein Großteil 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 dem Palmengarten 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

5.1 Analyse Energie- und Wasserverbrauch

5.2 Präsentationsfolien Zwischenbericht

5.3 Nichtinvestive, investive und organisatorische Maßnahmen

Maßnahmen-Nummer		Gebäudeübergreifend	Anzucht	Blüthengalerie im Palmenhaus	Nordstern	Südstern	Botanische Sammlung	Historisches Schauhaus	Betriebsgebäude	Haus Leonhardsbrunn	Verwaltungsgebäude	Personalwohnhaus	Wohnhaus bei Anzucht	Musikpavillon	Victoria Regia Becken	Becken am Hist. Schauhaus
1	Änderung Heizzeiten						x				x					
2	Änderung Vorlauftemperatur	x														
3	Abschaltung Heizung							x								
4	Überprüfung der Führungsgröße Raumtemperatur				x											
5	Anpassung Raumtemperatur an Bedarf							x					x			
8	Umnutzung Gewächshaus		x													
14	Reduzierung Speichertemperatur											x				
29	Absenkung Wassertemperatur Beckenheizungen														x	x
37	Abbau Beckenheizungen														x	x

Tabelle 5.1 Nichtinvestive und organisatorische Maßnahmen

Maßnahmen-Nummer		Gebäudeübergreifend	Anzucht	Blüthengalerie im Palmenhaus	Nordstern	Südstern	Botanische Sammlung	Historisches Schauhaus	Betriebsgebäude	Haus Leonhardsbrunn	Verwaltungsgebäude	Personalwohnhaus	Wohnhaus bei Anzucht	Musikpavillon	Victoria Regia Becken	Becken am Hist. Schauhaus
	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.	3.3.9.	3.3.10.	3.3.11.	3.3.12.	3.3.13.	3.3.14.	3.3.15.
6	Einbau Absperrorgane		x													
7	Ersatz elektrischer Beetbeheizung		x				x									
9	Abdichten von Scheiben		x													
10	Einsatz Wasserzähler	x														
11	Einsatz Wärmemengenzähler	x														
12	Einsatz dezentraler Stromzähler	x														
13	Erneuerung Heizkessel			x												
15	Zeitschaltuhr für Elektroboiler										x					
16	Nachrüsten Thermostatventile							x	x	x						
17	Einsatz Luft-Wasser-Wärmetauscher				x		x									
18	Einsatz geregelter Pumpen				x	x			x						x	x
19	Entfernen elektrischer Heizungen															
20	Erneuerung von Leuchten durch Energiesparbeleuchtung						x	x								
21	Dämmung oberste Geschoßdecke								x	x	x	x	x			
22	Einsatz Bewegungsmelder							x	x		x					
23	Erneuerung einer defekten Regelung										x					
24	Wärmedämmung im Bereich Stehwände und der Giebel, Neuverglasung		x				x									
25	Dämmung Armaturen / Leitungen		x								x					
26	Umstellung auf Fernwärme			x												
27	Anschluss von Heizkörper an Warmwasserheizung										x					
28	Wassereinsparung WC								x							
30	Aufteilung der Stromkreise für Beleuchtung			x												
31	Einsatz Treppenhausschalter									x						
32	Einsatz Helligkeitssensoren	x														
33	Einsatz Intelligente Raumregelung für el. Beheizung													x		
34	Austausch Einfachverglasung										x			x		
35	Feuchteschäden										x		x			
36	Abdeckung vor Verglasung			x									x			
38	Einsatz automatisierter Klimaregelung im Gewächshaus	x														

Tabelle 5.2 Investive Maßnahmen

5.4 Empfehlung zur Umsetzungspriorität der Maßnahmen

Maßnahmen-Nummer	Umsetzungspriorität (1=soort, 3=langzeit)	Gebäudeübergreifend	Anzucht	Blütengalerie im Palmenhaus	Nordstern	Südstern	Botanische Sammlung	Historisches Schauhaus	Betriebsgebäude	Haus Leonhardstrunn	Verwaltungsgebäude	Personalwohnhaus	Garagen	Subarktisches Gew.-Haus	Wohnhaus bei Anzucht	Musikpavillon	Überwinterung Palmen	Kasse Nord und Süd	Victoria Regia Becken	Becken am Hist. Schauhaus
1 Änderung Heizzeiten	1							x												
2 Änderung Vorlauftemperatur	1	x										x								
3 Abschaltung Heizung	1								x											
4 Überprüfung der Führungsgröße Raumtemperatur	1					x														
5 Anpassung Raumtemperatur an Bedarf	1						x										x			
6 Einbau Absperrorgane	1		x																	
7 Ersatz elektrischer Beetbeheizung	1		x				x													
8 Umnutzung Gewächshaus	1		x																	
9 Abdichten von Scheiben	1		x																	
10 Einsatz Wasserzähler	1	x																		
11 Einsatz Wärmemengenzähler	1	x																		
12 Einsatz dezentraler Stromzähler	1	x																		
13 Erneuerung Heizkessel	2			x																
14 Reduzierung Speichertemperatur	1														x					
15 Zeitschaltuhr für Elektroböiler	1										x									
16 Nachrüsten Thermostatventile	1							x	x	x										
17 Einsatz Luft-Wasser-Wärmetauscher	2			x		x														
18 Einsatz geregelter Pumpen	2			x	x				x									x	x	
19 Entfernen elektrischer Heizungen	2																			
20 Erneuerung von Leuchten durch Energiesparbeleucht	2						x	x												
21 Dämmung oberste Geschoßdecke	2							x	x	x	x				x					
22 Einsatz Bewegungsmelder	2							x	x		x									
23 Erneuerung einer defekten Regelung	1									x										
24 Wärmedämmung im Bereich Stehwände und der Giebel. Neuverglasung	2		x				x													
25 Dämmung Armaturen / Leitungen	1		x							x										
26 Umstellung auf Fernwärme	3			x																
27 Anschluss von Heizkörper an Warmwasserheizung	3									x										
28 Wassereinsparung WC	3								x											
29 Absenkung Wassertemperatur Beckenheizungen	1																		x	x
30 Aufteilung der Stromkreise für Beleuchtung	2			x																
31 Einsatz Treppenhausschalter	2									x										
32 Einsatz Helligkeitssensoren	3	x																		
33 Einsatz Intelligente Raumregelung für el. Beheizung	1															x				
34 Austausch Einfachverglasung	3										x					x				
35 Feuchteschäden	1									x					x					
36 Abdeckung vor Verglasung	3			x																
37 Abbau Beckenheizungen	1																		x	x
38 Einsatz automatisierter Klimaregelung im Gewächsh	2		x																	

Abbildung 7 Umsetzungspriorität der Maßnahmen

5.5 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: - Schwimmhalle (2 K über Wassertemperatur): 30°C - Turnhallen: 15-17°C - 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: - Schwimmhalle: 200 - 400 LUX (14 W/m²) - Umkleide-, Waschräume: 100 LUX (6 W/m²) - Toilettenräume: 100 LUX (6 W/m²) - Turnhallen (für Wettkämpfe geeignet): 400 LUX (14 W/m²) - Unterrichtsräume: 300 LUX (12 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, Brauchwarmwassertemperatur (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 8 Checkliste Nutzerverhalten



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

- 5.6 Wirtschaftlichkeitsberechnung der Einzelmaßnahmen je Gebäude**

- 5.7 Gesamtüberblick der Investitionen und Einsparungen**