



# Energiebericht 2006/07

für den

Gebäudebestand des Gebäudemanagements Freiburg

Gebäudemanagement

**Dezember 2007**

## Vorwort

### Das Wichtigste in der Zusammenfassung

#### **0. Einleitung**

##### **1. Grundlagen**

1.1 Gemeinderatsbeschlüsse

1.2 Bau- und Energieleitlinie

##### **2. Energiecontrolling**

2.1 Datenlage, Datenbank Akropolis/CAFM

2.2 Preisentwicklung

2.3 Bereinigung der Werte

2.4 Flächenentwicklung

2.5 Versorgungsstruktur

2.6 Verbräuche Energie und Wasser

2.7 Kosten Energie und Wasser

2.8 CO<sub>2</sub>-Entwicklung und Klimaschutz

##### **3. Investive Maßnahmen**

3.1 Bauliche Sanierungsmaßnahmen  
(einschließlich Klimaschutz-Plus Fördererfolg)

3.2 Heizanlagenanierungen

3.3 Contracting

3.4 Intracting und Energiesparmittel

##### **4. Betriebsoptimierung**

4.1 Hausmeisterschulung

4.2 „Lernende Organisation“

##### **5. Nichtinvestives Energiesparen**

5.1 Fifty-Fifty an Freiburger Schulen etc.

5.2 Energiesparen im Büro  
(Maßnahmen, Infoblätter, zusätzliche Ideen etc.)

##### **6. Verbrauchs- und Kostencontrolling**

6.1 Energiepässe (vorläufige Erprobung)

6.2 (ggf. Vergleiche Kennzahlentwicklung z.B. Schulen,  
abhängig v. Datenlage)

##### **7. Beispielhafte Sanierungen**

**8. Regenerative Energien, Kraft-Wärme-Kopplung und Regiostrom**

- 8.1. Photovoltaikanlagen
- 8.2. Solarkollektoranlagen
- 8.3. Holzenergie
- 8.4. Kraft-Wärme-Kopplung
- 8.5. Regiostrom

**9. Öffentlichkeitsarbeit des EM**

**10. Ausblick**

**11 Anhang**

- 11.1 Kennzahlen
- 11.2 Abkürzungen

## Vorwort



Die Eindämmung der drohenden weltweiten Klimaveränderung und ihrer gravierenden Folgen erfordert neben raschem und entschiedenem (inter-)nationalen auch engagiertes lokales Handeln. Gerade auf der kommunalen Ebene müssen alle Akteure/innen ihre Handlungsmöglichkeiten ausschöpfen.

Der Gemeinderat hat daher aufbauend auf den bisherigen Aktivitäten der Stadt und einem Gutachten des Öko-Instituts am 10.7.2007 eine neue Gesamtstrategie für den Klimaschutz in Freiburg beschlossen.

Wichtigste Eckpunkte dieser Strategie sind die Fortschreibung des Einsparziels auf minus 40% im Jahre 2030, die Bereitstellung erheblicher finanzieller Mittel für den Klimaschutz, ein 12-Punkte-Programm mit den wichtigsten Schwerpunktbereichen und der Maßnahmenplan zum Klimaschutz.

Die Nutzung von Gebäuden und der damit einhergehende Energieverbrauch (sei es im privaten, im gewerblich/industriellen oder öffentlichen Sektor) ist von seiner Größe her ein entscheidender Faktor für den Klimaschutz. Die Stadt als

Eigentümerin zahlreicher öffentlicher Gebäude ist daher besonders aufgerufen, in diesem Bereich eine Vorbildfunktion wahrzunehmen und alle Klimaschutzpotenziale auszuschöpfen.

Im Rahmen der neuen Strategie werden in den kommenden Jahren daher zusätzliche Mittel in Höhe von 10% der Konzessionsabgabe des regionalen Energieversorgers für neue Klimaschutzprojekte auch im Gebäudebestand zur Verfügung gestellt. Hinzu kamen ab 2007 weitere 1,5 Mio. € jährlich aus Steuermehreinnahmen zur Verwendung für vordringliche energetische Sanierungen. Ein wichtiges Element der Klimaschutzstrategie ist auch die Festschreibung des Passivhausstandards für alle neu zu errichtenden städtischen Gebäude.

Eine wesentliche organisatorische Maßnahme in diesem Zusammenhang war die Gründung des neuen Gebäudemanagements Freiburg (GMF) zum 01.01.2007. Dort ist erstmals die Gesamtverantwortung für Bau und Betrieb aller städtischen Immobilien (mit Ausnahme der Wohnungen und Gewerbeimmobilien) in einer Organisationseinheit konzentriert worden. Ziel ist, eine Gesamtsicht auf den städtischen Gebäudebestand zu erhalten und ihn strategisch zu steuern. Dabei spielen neben den Fragen der sinnvollen Gebäudebereitstellung und der wirtschaftlichen Nutzung und Auslastung Gesichts-

punkte des Energiemanagements eine Schlüsselrolle.

Um die Bedeutung des Energiemanagements für den Klimaschutz aber auch für den wirtschaftlichen Erfolg des gesamten Gebäudemanagements zu unterstreichen, wurden im Herbst 2007 eine neu gefasste und aktuelle Energieleitlinie für das Gebäudemanagement dem Gemeinderat vorgestellt. In ihnen sind die wichtigsten Grundsatzvorgaben für Planung, Bau und Sanierung aber auch für Betrieb und Nutzung der städtischen Gebäude aufgeführt und konkretisiert. Damit ist ein hoher Standard für dieses politisch wichtige Handlungsfeld festgeschrieben.

Der vorliegende Energiebericht zeigt, welche Maßnahmen die Stadt Freiburg bereits im städtischen Gebäudebestand unternommen hat, um ihre Klimaschutzziele zu erreichen. Die Ergebnisse der vergangenen Jahre sind ermutigend: So konnten die CO<sub>2</sub> Emissionen (ohne Berücksichtigung der Gebäudeflächenzunahme von rd. 17%) seit 1990 um rd. 20% reduziert werden. Würde man die Flächenzunahme berücksichtigen, dann läge die CO<sub>2</sub> Reduktion bei 31,7%/qm. Würde der Bezug von Regiostrom berücksichtigt werden, läge die CO<sub>2</sub>-Reduktion sogar bei 30,2% bzw. pro qm sogar bereits bei 40,2%. Damit hätten wir unser Ziel -40% CO<sub>2</sub> für das Jahr 2030 zumindest im städtischen Gebäudebestand bereits erreicht. Der Wasserverbrauch

ging um elf Prozent zurück und beim Stromverbrauch konnten die durch die technische Entwicklung ausgelösten Zuwächse durch gezielte Einsparmaßnahmen kompensiert werden. Neben den Maßnahmen des Gebäudemanagements selbst kamen in erheblichem Umfang auch Anlagen- und Einsparcontracting zum Zuge.

Im Gegensatz zu vielen anderen Kommunen wächst in Freiburg nach wie vor die Nachfrage nach Infrastruktureinrichtungen. Freiburg ist bundesweit eine der wenigen Städte, die noch steigende Bevölkerungszahlen zu verbuchen hat. Dies ist auch der Grund dafür, dass Schulen und Kindergärten weiter ausgebaut werden müssen. Hinzu kommen neue Anforderungen wie z. B. Ganztageseinrichtungen mit Cafeterias und Küchen, verlängerte Öffnungszeiten der öffentlichen Gebäude. Die Umsetzung der Klimaschutzziele ist unter diesen Rahmenbedingungen eine Herausforderung. Der vorliegende Bericht stellt dar, wie viel bisher schon erreicht wurde und zeigt als Entscheidungsgrundlage eine Perspektive, wie die anspruchsvollen Ziele für die Zukunft erreicht werden können.

Ihre  
Gerda Stuchlik  
(Bürgermeisterin)

## 0. Einleitung

Der Energiebericht 2006/2007 des Gebäudemanagement Freiburg (GMF) analysiert die erhobenen Verbrauchs- und Kostendaten und gibt einen Überblick über die Arbeit des Energiemanagements. Diese werden ergänzt durch aktuelle Informationen und Projekte aus 2007.

Der Energiebericht umfasst die im Zuständigkeitsbereich des Gebäudemanagements liegenden Immobilien. Von der Berichterstattung werden weder die Wohnungen noch die gewerblichen Immobilien umfasst. Auch die an FSB ausgelagerten Bäder oder die Gebäude der Eigenbetriebe sind nicht Bestandteil des Berichtes.

Die erhobenen spezifischen Kennwerte der städtischen Gebäude geben Auskunft über den derzeitigen energetischen Zustand der Gebäude. Die Kosten- und Verbrauchswerte unterstützen die Arbeit des GMF insoweit, dass mit Hilfe der Daten Schwerpunkte für energetische Sanierungen identifiziert werden können.

## 1. Grundlagen

### 1.1 Gemeinderatsbeschlüsse

#### Gemeinderatsbeschlüsse der Stadt Freiburg

Folgende Beschlüsse sind insbesondere zu beachten:

- a) **Drucksache G-07/102:** Klimaschutzkonzept Stadt Freiburg i.Br.  
- Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen bis zum Jahr 2030 um 40 %
- b) **Drucksache G-07/120:** Bau- und Energieleitlinie (näheres s. 1.2)
- c) **Drucksache G-03/222:** "10 % Strom aus erneuerbaren Energiequellen"  
inkl. 10 % Stromeinsparung
- d) **Drucksache G-03/088.1:** Öko-Bonus von 50 €/t je vermiedene Tonne CO<sub>2</sub> bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung von Heizanlagen, wenn eine Variante nicht mehr als 10 % über der Vergleichsvariante liegt
- e) **Drucksache G-4/266.2:** Verbesserte Niedrigenergiebauweise - 30 % des Transmissionswärmeverlustes HT', Primärenergie max. 75 % des in der ENEC festgelegten Wertes, Primärenergiefaktor fp von 1,1. Bei Holzpellets oder Klein-BHKW's gelten Ausnahmen.

### 1.2 Bau- und Energieleitlinie

Das Gebäudemanagement hat Bauleitlinien sowie die Energieleitlinie entwickelt und dem Gemeinderat mit Drucksache G-07/120 zur Kenntnisnahme vorgelegt.

Energieleitlinien und Baustandards sind erforderlich, um eine einheitliche wirtschaftliche und klimaschutzoptimierte Vorgehensweise beim Neubau, bei Sanierungen und beim Betrieb städtischer Gebäude zu gewährleisten. Die einzelnen Standards ergänzen bestehende Vorgaben und Gesetze und gehen aber notwendigerweise in den Anforderungen, z.B. im Bereich Wärmeschutz, teilweise deutlich darüber hinaus,

da nur so ein insgesamt wirtschaftliches Ergebnis entsprechend den Zielsetzungen der Stadt Freiburg zu erzielen ist.

Die Bauleitlinien und die Energieleitlinie sind für alle städtischen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, aber auch für jeden externen Planer und Dienstleister (z.B. Contracting) seit 01.08.2007 bindend.

## 2. Energiecontrolling

### 2.1 Datenlage, Datenbank Akropolis/CAFM

Die Energiedaten werden bisher in der Datenbank Akropolis gepflegt. Durch die Umstellungsprozesse des Energielieferanten auf SAP wurde die Arbeit mit dieser Datenbank erschwert. Deswegen wurde Mitte 2007 die Entscheidung getroffen, dass die Verbrauchs- und Kostendaten sowie verschiedene Auswertungen für das Energiemanagement zukünftig über SAP erfolgen sollen, damit eine bessere Verzahnung mit dem kaufmännischen Bereich und eine vereinfachte Pflege des Datenbestandes erfolgen kann (CAFM des Gebäudemanagements basiert ebenfalls auf SAP).

### 2.2 Preisentwicklung

Die Preise der Energieträger haben sich im Jahr 2006 wieder deutlich nach oben entwickelt. Im Vergleich zum Basisjahr 1990 (Index = 100) entwickelten sich die Preise wie folgt:

	1990	1999	2006
<b>Fernwärme</b>	100	149,7	244,5
<b>Gas</b>	100	131,9	261,8
<b>Öl</b>	100	102,9	293,4
<b>Strom</b>	100	90,7	92,7
<b>Wasser</b>	100	133,3	137,3

Die vorstehende Übersicht verdeutlicht noch einmal die allgemein bekannte Entwicklung der Energie- und Wasserkosten. Durch die Bindung an den Ölpreis folgt grundsätzlich der Gaspreis der preislichen Entwicklung des Ölpreises. Die Liberalisierung der Strommärkte führte beim Strom bereits im Jahr 1999 sowie zusätzlich noch einmal im Jahr 2000 zu einem deutlichen Absinken der Preise, die sich schrittweise wieder erhöht haben.

### 2.3 Bereinigung der Werte

Damit der Heizenergieverbrauch eines Gebäudes über verschiedene Jahre verglichen werden kann, ist eine Witterungsbereinigung erforderlich. Hierdurch wird der Einfluss der Witterung ausgeschlossen und der tatsächliche Wärmebedarf der Gebäude erkennbar. Die im Energiebericht aufgeführten Wärmedaten sind alle witterungsbereinigt worden.



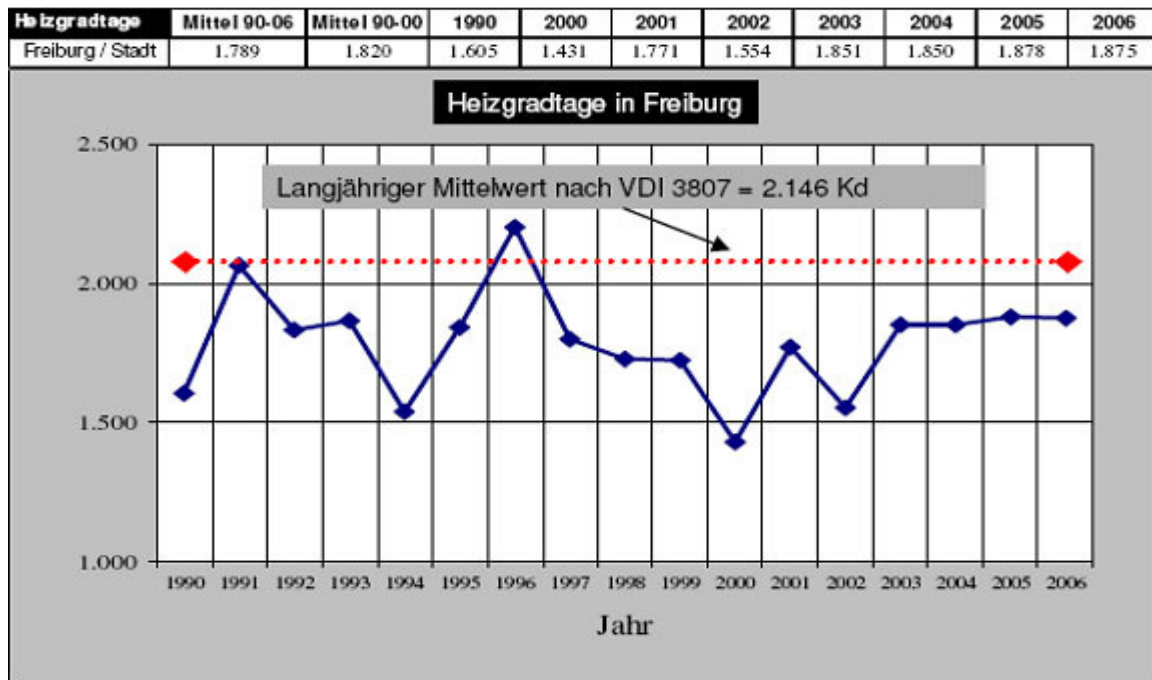


Abb. 1: Heizgradtage<sup>1</sup> Stadt Freiburg i.Br.

Die Abb. 1 zeigt, dass der langjährige Mittelwert fast ausnahmslos unterschritten wird. Die Tendenz zu durchschnittlich wärmeren Jahren scheint sich fortzusetzen.

## 2.4 Flächenentwicklung

Um eine richtige Einschätzung der Gesamtverbräuche der Gebäude vornehmen zu können, ist eine Betrachtung der Flächenentwicklung erforderlich.

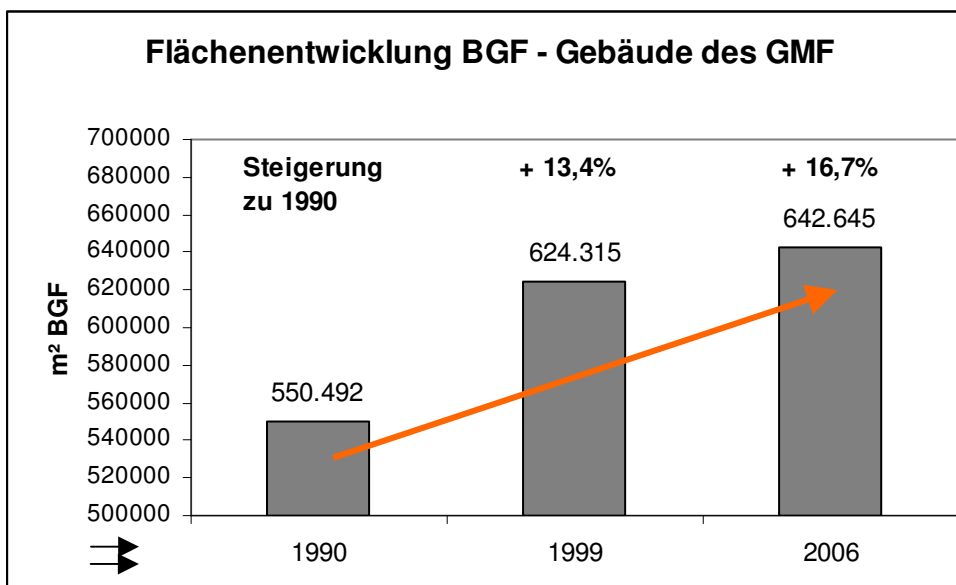


Abb. 2: Flächenentwicklung der Liegenschaften des GMF

<sup>1</sup> Definition gemäß VDI 3807: Heizgradtage sind ein Hilfsmittel, um den Wärmeverbrauch witterungsunabhängig darzustellen

Als eine der bundesweit wenigen Städte wuchs die Einwohnerzahl der Stadt Freiburg und damit auch der Bedarf an öffentlichen Einrichtungen beständig an. So vergrößerten z.B. die Gebäude Karoline-Kaspar-Schule (Vauban), Clara-Grunwald-Schule (Rieselfeld), den Bestand des Gebäudemanagements. Die vorstehende Abbildung 2 veranschaulicht die Flächenzunahmen von 1990 bis zum Jahr 1999 um +13,4 % bzw. bis zum Jahr 2006 um 16,7 %.

## 2.5 Versorgungsstruktur

Die Wärmeversorgung der Gebäude des GMF erfolgte zu folgenden Anteilen.

Anteile der Wärmeversorgung			
	1990	1999	2006
Fernwärme	11,0 %	10,8 %	18,1 %
Gas	59,8 %	61,2 %	62,4 %
Öl	29,2 %	28,0 %	18,5 %
Holz *			1,0 %

**Tab. 1: Art der Wärmeversorgung**

\* zuzüglich der auf der Basis Holzenergie fernwärmeversorgten Gebäude im Stadtteil Vauban

Die obige Darstellung zeigt, dass der Energiemix der Wärmeversorgung seit 1990 zugunsten der Fernwärme und zu Lasten des Öls deutlich umstrukturiert wurde. Die Umstrukturierung konnte im Rahmen von Anlagensanierungen vorgenommen werden. Im Jahr 2005/06 wurden beispielsweise die Richard-Fehrenbach- und Walther-Rathenau-Gewerbeschulen auf Fernwärme umgestellt. Auch die Schulerweiterungen an der Karoline-Kaspar-Schule (Vauban) sowie Clara-Grunwald-Schule (Rieselfeld) werden z.B. über Fernwärme versorgt. Hierbei wurden Heizanlagen deutlich effizienter. Zudem verbesserte die Umstrukturierung auch die CO<sub>2</sub>-Bilanz (vgl. Ziffer 2.8) zusätzlich.

## 2.6 Verbräuche Energie und Wasser

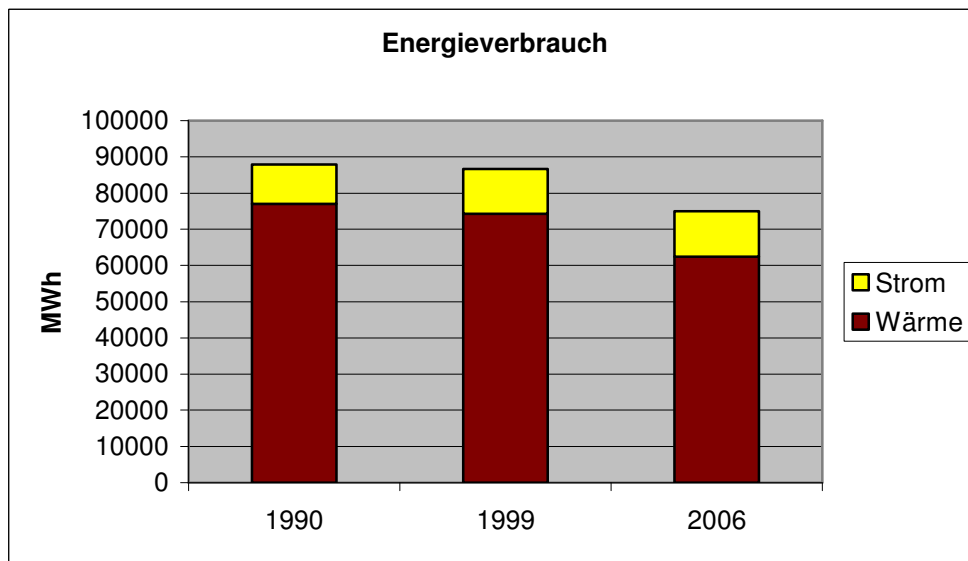
Die Gebäude des GMF haben in 1990, 1999 und 2006 Energie und Wasser wie folgt bezogen bzw. verbraucht:

	Einheit	Jahre			Veränderung	
		1990	1999	2006	1990-2006	1999-2006
Heizenergie	[MWh]	76.997	74.131	62.429	- 18,92 %	- 15,76 %
Strom	[MWh]	10.874	12.440	12.539	+ 15,31 %	+ 0,80 %
Wasser	[m <sup>3</sup> ]	219.948	194.335	172.935	- 21,37 %	- 11,01 %

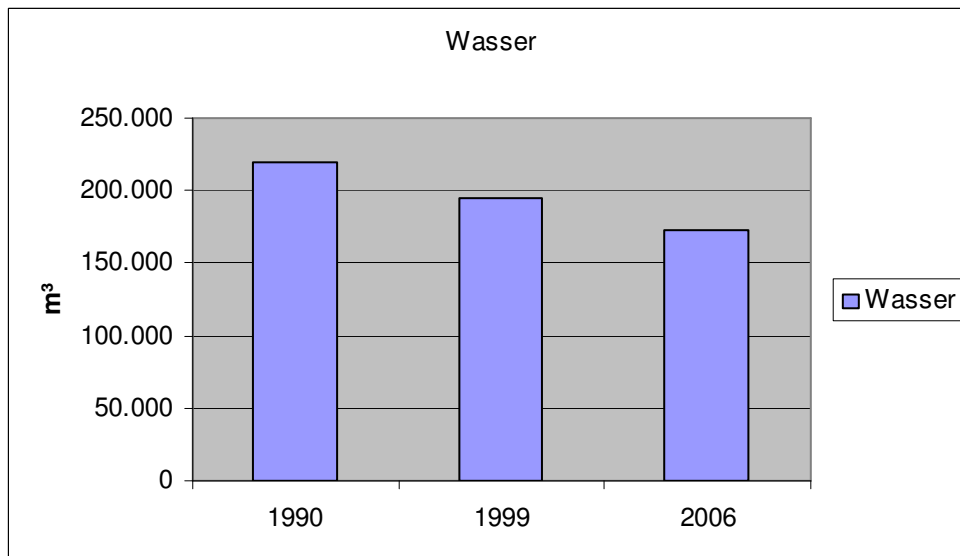
**Tab. 2: Energie- und Wasserverbrauch 1990, 1999 und 2006**

Die Tabelle 2 veranschaulicht, dass der Heizenergie- und Wasserbedarf trotz Flächenzuwachs gesenkt werden konnte. Der Stromverbrauch stieg vor allem von 1990 - 1999 von 10.874 MWh auf 12.440 MWh an. Von 1999 - 2006 konnte der Stromverbrauch nahezu gehalten werden.

Das Ergebnis zeigt, dass vor allem der starke Flächenzuwachs beim Heizwärme- und Wasserverbrauch durch Einsparungen überkompensiert werden konnte. Der Strommehrverbrauch von 1990 - 1999 konnte bis 2006 gestoppt werden.



**Abb. 3: Energieverbrauch der Gebäude des GMF**



**Abb. 4: Wasserverbrauch der Gebäude des GMF**

		Jahre			Veränderung	
	Einheit	1990	1999	2006	1990-2006	1999-2006
Heizenergie	[kWh/m <sup>2</sup> ]	139,9	118,7	97,1	- 30,55 %	- 18,19 %
Strom	[kWh/m <sup>2</sup> ]	19,8	19,9	19,5	- 1,22 %	- 2,08 %
Wasser	[m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ]	399,5	311,3	269,1	- 32,65 %	- 13,55 %

**Tab. 3: Energie- und Wasserverbrauch 1990, 1999 und 2006 je m<sup>2</sup> BGF**

Die absoluten Verbrauchswerte der Abb. 3 und 4 haben wenig Aussagekraft, da die Flächenentwicklung des Gebäudemanagement steigend ist. Daher wurde in der vorigen Tabelle 3 die Entwicklung der spezifischen Verbräuche pro m<sup>2</sup> und Jahr dargestellt. Die Auswertung macht deutlich, dass die benötigte Heizenergie und der Wasserverbrauch pro m<sup>2</sup> stark abgesenkt werden konnte. Auch der Strombedarf konnte, trotz der in den letzten Jahren stetig steigenden Anforderung an technische Bedarfe wie IT, PC's etc. seitens der Nutzer, insgesamt leicht abgesenkt werden.

## 2.7 Kosten Energie und Wasser

	Kosten [Mio. €]			Veränderung [%]	
	1990	1999	2006	1990-2006	1999-2006
Wärme	1,42	1,90	3,83	269,7	201,6
Strom	1,94	2,01	2,07	106,7	103,0
Wasser	0,46	0,54	0,49	106,5	90,7
<b>Gesamt</b>	<b>3,82</b>	<b>4,45</b>	<b>6,39</b>	<b>167,3</b>	<b>143,6</b>

**Tab. 4: Entwicklung der Gesamtkosten**

Die Wärmekosten sind in den letzten Jahren am deutlichsten gestiegen. Der Grund ist nicht nur die Verteuerung der fossilen Brennstoffe Gas und Öl, sondern auch die Mehrkosten der Wärmeversorgung bedingt durch den Wechsel zur Fernwärme oder Anlagen-Contracting. Der Wechsel von Öl auf Gas ist aus Energieeinspar- und Klimaschutzgründen sinnvoll, weil der Energieträger Gas deutlich geringere spezifische Emissionen besitzt und zudem die effiziente Gasbrennwerttechnik eingesetzt werden kann. Der Wechsel auf Fernwärme führt zu einer weiteren Verbesserung der spezifischen Emissionen, weil vom Energieversorger die Fernwärme grundsätzlich auf der Basis der Kraft-Wärme-Kopplung ausgeführt wird. Die Kosten für Strom sind bedingt durch die Liberalisierung der Strommärkte bis

2006 nur moderat gestiegen. Hingegen sanken die Kosten für den Wasserbezug, trotz leicht gestiegener Preis, bedingt durch die erzielten Einsparungen.

## 2.8 CO<sub>2</sub>-Entwicklung und Klimaschutz

Die Stadt Freiburg hat sich per Gemeinderatsbeschluss vom 26.06.2007 verpflichtet, ihre CO<sub>2</sub>-Emissionen bis zum Jahr 2030 um 40 % zu senken. Bezugsjahr für das Gebäudemanagement ist das Jahr 1990 (vgl. EB 2000, s. 14 f). Bei der Berechnung der Emissionen werden die Gebäude berücksichtigt, für die das Gebäudemanagement zuständig ist. Grundlage der Emissionsberechnungen sind die mit dem für die gesamtstädtische Klimabilanz zuständigen Umweltschutzamt abgestimmten spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen des Klimaschutzberichts 2005 der Stadt Freiburg. Um einen Vergleich zu ermöglichen, wurden auch die Daten der Jahre 1990 und 1999 neu angepasst.

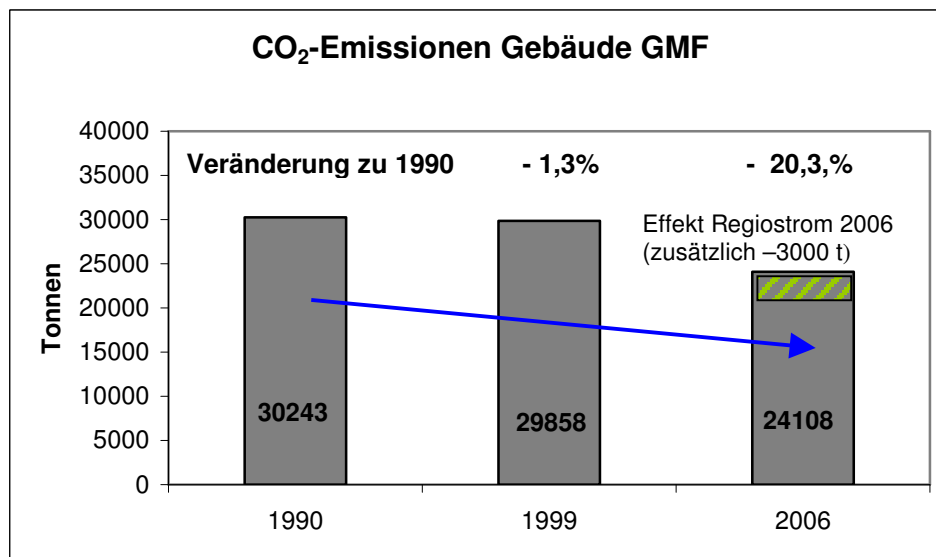


Abb. 5: CO<sub>2</sub>-Emissionen Gebäude GMF

**Ergebnis und Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen (trotz Flächenzuwachs + 16,7 %)**

CO<sub>2</sub> Einsparung von 1990 bis 2006 = - 6.135 Tonnen  $\hat{=}$  20,3 %

Die folgende Tabelle zeigt die CO<sub>2</sub>-Einsparung bezogen auf die Fläche (BGF) mit Flächenzuwachs.

<b>Einsparungen CO<sub>2</sub> bezogen auf m<sup>2</sup> BGF</b>			
	<b>1990</b>	<b>1999</b>	<b>2006</b>
CO <sub>2</sub> -Emissionen [t/a]	30.243	29.858	24.108
<b>Einsparung CO<sub>2</sub> bezogen auf 1990</b>		<b>-12,9</b>	<b>-31,7</b>

**Tab. 5: Einsparung CO<sub>2</sub> bezogen auf BGF**

Die Tabelle 5 zeigt, dass die CO<sub>2</sub>-Einsparung mit -31,7 % im Vergleich des Jahres 1999 - 2006 deutlich höher ausfallen würde, wenn der Flächenzuwachs mit berücksichtigt wird. Unter Berücksichtigung der CO<sub>2</sub>-Einsparungen beim Regiostrom würde sogar eine CO<sub>2</sub>-Einsparung von 1990 - 2006 von - 40,2 % und damit das Klimaschutzziel der Stadt Freiburg von - 40 % CO<sub>2</sub>-Einsparungen bereits 2006 erreicht.

### Hinweise zur Emissionsbilanz

Die Gründe für die CO<sub>2</sub>-Einsparung, insbesondere von 1999 auf 2006, sind auf verschiedene Effekte zurückzuführen:

- Konsequente Verringerung des Heizwärmebedarfs durch hochwertige Wärmeschutzmaßnahmen der Dächer, Fenster und Außenwände zahlreicher Gebäude,
- effiziente, sanierte Heizanlagen, z.T. mit Umstellung des Energieträgers,
- der Flächenzuwachs von 1999 auf 2006 war nicht mehr so hoch wie von 1990 auf 1999, so dass Energieeinsparungen in der Bilanz deutlich stärker durchdringen,
- zahlreiche Einspar-Contracting-Maßnahmen mit 3 realisierten Pools,
- vielfältige Einsparmaßnahmen und Projekte (s. auch Ziff. 3 ff)

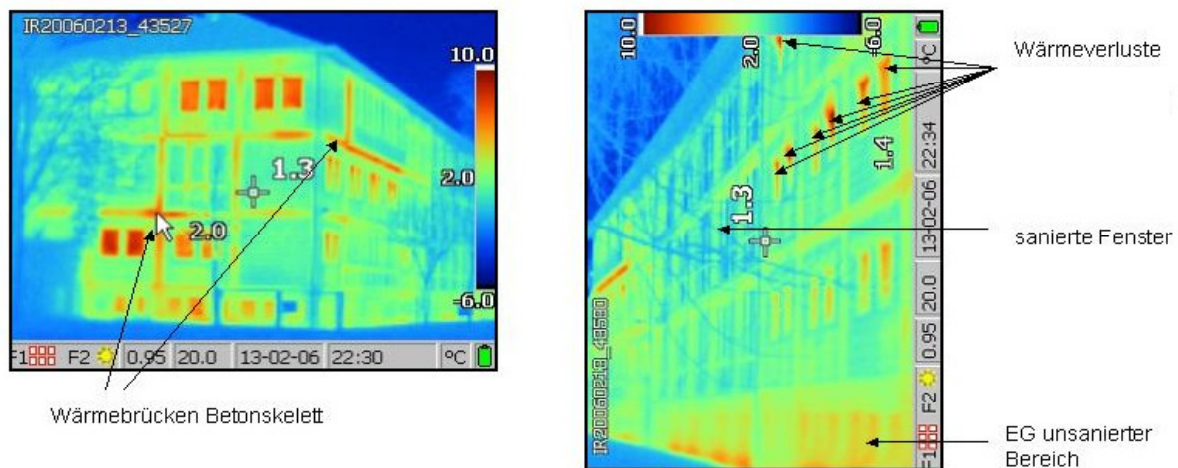
Die Emissionsbilanz 1999 wurde an das aktuelle Bilanzsystem für die Klimabilanz Freiburg (nach dem vom Ifeu Institut entwickelten Bilanzierungssystem) angepasst. Siehe dazu auch Drucksache G-05/234.

Bei der Emissionsbilanz wird der durch den Regiostrom ausgelöste Effekt an CO<sub>2</sub>-Einsparung nicht in Abzug gebracht. Im Jahr 2006 beträgt der Einspareffekt 3.000 Tonnen (Angabe badenova), so dass die Gesamt-CO<sub>2</sub>-Einsparung zwischen 1990 und 2006 theoretisch bei - 9.135 Tonnen, entspricht - 30,2 %, liegen würde. In Abstimmung mit dem Umweltschutzamt entspräche ein Abzug nicht der Systematik des Klimaschutzberichts der Stadt Freiburg. Ebenfalls nicht in Abzug gebracht wurde ein möglicher Einspareffekt durch den Regiostrom für das Jahr 1999.

### 3. Investive Maßnahmen

#### 3.1 Bauliche Sanierungsmaßnahmen

Das Gebäudemanagement hat zur Vorbereitung anstehender Sanierungen den Gebäudebestand bewertet. Bei Gebäuden mit einem erheblichen Sanierungsbedarf wurden u.a. vom Energiemanagement weitere Daten wie Energieverbräuche, Gebäudekennzahlen ausgewertet. Ergänzend wurden im Winter 2006 wieder Thermografieaufnahmen erstellt.



**Abb. 6: Beispiel Thermografieaufnahme Berthold-Gymnasium**

Unter Verwendung weiterer Daten wurde ein Sanierungs- und Investitionsplan erstellt, auf dessen Grundlage die weiteren Sanierungen vorbereitet wurden.

Die wesentlichen Maßnahmen wurden wie in den vergangenen Jahren beim Förderprogramm Klimaschutz-Plus angemeldet. Im Jahr 2006 hatte das damalige Hochbauamt allerdings nur begrenzte Mittel für größere Sanierungen und Investitionen in Energieeffizienzmaßnahmen zur Verfügung.

Folgende Anträge wurden gestellt:

Objekt	Maßnahme	Investition	Förderung bewilligt	CO <sub>2</sub> -Einspar. in Tonnen		Einsparung in MWh	
				p. Jahr	Laufzeit	Wärme	Strom
Deutsch-Fr.-Grundschule	Wärmeschutzfenster	150.000 €	22.625 €	20,1	503	79,1	
Schenkendorfschule	Dachdämmung	55.000 €	13.750 €	12,6	315	38,2	
Droste-Hülshoff-Gymn.	Neue Beleuchtung mit Regelung	142.744 €	20.175 €	26,9	403		42,0
	<b>gesamt:</b>	<b>347.744 €</b>	<b>56.550 €</b>	<b>59,6</b>	<b>1.221</b>	<b>117</b>	<b>42</b>

**Tab. 6: Übersicht Antragstellung Klimaschutz-Plus 2006**



Durch die gestiegene Mittelzuweisung für Sanierungsmaßnahmen im Gebäudebestand konnten im Jahr 2007 die „Rekordzahl“ von 18 Anträgen beim Klimaschutz-Plus Förderprogramm gestellt werden. In Tabelle 7 dieses Abschnitts sind die Maßnahmen aufgeführt worden. Die Förderung des Wirtschaftsministeriums Baden-Württemberg als direkter Zuschuss liegt deutlich über KfW Förderungen des Bundes, die in der Regel über eine Zinsverbilligung erfolgt. Die Projekte erreichen beim Klimaschutz-Plus Programm eine Förderquote von knapp über 10 %, im Vergleich zu den investierten Mitteln.

Das GMF sieht sich deshalb in seiner Strategie bestärkt, dass vor Investitionen in die technischen Anlagen der bauliche Wärmeschutz verbessert werden sollte. Dadurch ergeben sich bessere Bezuschussungsmöglichkeiten und die technischen Anlagen können in der Folge geringer dimensioniert werden, was in der Regel eine zusätzliche Reduktion der Investitions- und Betriebskosten nach sich zieht.

Von den zur Förderung eingereichten Maßnahmen im Jahr 2007 bestehen bereits Förderzusagen in Höhe von rd. 550.000 € (Stand 01/2008). Mit weiteren Förderzusagen wird gerechnet. Da die Beleuchtungsanlage der Lessingschulen bereits zu alt war, wird diese - als bisher einziger Maßnahme - nicht gefördert.

Eine Steigerung der städtischen Ausgaben für energetische Investitionen hat i.d.R. eine unmittelbare Erhöhung bei der Requirierung von Fördermittel zur Folge.

Objekt	Maßnahme	Investition	Förderung erwartet	CO <sub>2</sub> -Einspar. in Tonnen		Einsparung in MWh	
				p. Jahr	Laufzeit	Wärme	Strom
Albert-Schweitzer-Schule	2x FD, 2x Oberlichter	479.685 €	15.566 €	12,5	311	106,4	
Adolf-Reichwein-Schule	FD, Fenster, Oberlicht.	410.206 €	13.539 €	10,8	271	92,6	
Schneeberg-Sch.+ THG	5x FD, Oberlichter	502.991 €	32.047 €	25,6	641	109,0	
Staudinger-Gesamtsch.	6x FD + Scheds	1.008.450 €	50.250 €	40,2	1.005	316,7	
Rotteck-Gymnasium	3x FD	694.496 €	81.329 €	65,1	1.627	256,2	
Vigelius-Schule	4x FD, 2x Oberlichter	269.259 €	53.630 €	42,9	1.073	130,4	
Wentzinger-Schule	1x FD m. Lichtkuppeln	227.091 €	15.512 €	12,4	310	54,2	
Haus der Jugend	FD mit Oberlicht	249.732 €	36.343 €	29,7	727	88,4	
Merianschule	Ob. G.-decke.+ 3x FD	162.299 €	32.460 €	37,6	940	148,1	
Max-Weber-Berufssch.	Flachdach (FD)	467.182 €	70.170 €	56,1	1.403	231,9	
Max-Weber-Berufssch.	Fenster	83.658 €	4.830 €	3,9	97	15,9	
Lessingschulen	Fenster, Dach, OG.-D	805.553 €	70.455 €	56,4	1.409	171,3	
Lessingschulen	Beleucht. + Regelung	255.900 €	k. Förd.	32,8	492		51,1
Dreisamhalle	Gesamtwärmeschutz	395.201 €	40.125 €	32,1	803	97,5	
Mooswaldschule	Fenster	170.218 €	17.100 €	13,7	342	41,6	
Johannes-Schwartz-Sch.	Fenster, Dach	152.320 €	19.150 €	15,3	383	46,6	



Objekt	Maßnahme	Investition	Förderung erwartet	CO <sub>2</sub> -Einspar. in Tonnen		Einsparung in MWh	
Goethe-Gymnasium	Fenster, Dach	132.804 €	26.561 €	38,3	958	150,8	
Gerh.-Hauptmann-Sch.	TH - Fassadendäm.	169.287 €	31.250 €	25,0	625	98,6	
Reinh.-Schneider-Sch.	TH - Fassadendäm.	225.000 €	45.000 €	37,7	942	143,9	
Deutsch-Franz.-Grundsch.	FD (Fenster s. 2006)	167.000 €	33.400 €	47,9	1.198	188,7	
	<b>gesamt:</b>	<b>7.028.331 €</b>	<b>688.717 €</b>	<b>635,9</b>	<b>15.555</b>	<b>2.489</b>	<b>51</b>

**Tab. 7: Übersicht der Antragstellung Klimaschutz-Plus im Jahr 2007**

In folgenden Objekten (Tab. 8) wurden energiesparende Maßnahmen im Jahr 2007 ohne Förderung durchgeführt. Die Maßnahmen entsprachen nicht den Förderkriterien für Klimaschutz-Plus-Anträge (Umfang, Art), waren jedoch aus baulichen und energetischen Gründen erforderlich.

Objekt	Maßnahme	Kosten
Haus der Begegnung	Flachdach	272.000 €
Jatz – ehem. Thermalbad Zähringen	Flachdach	112.000 €
Rathaus Kappel	Fenster , Dämmung Kellerd. (s. Pkt. 3.2)	98.700 €

**Tab. 8: Zusätzlich realisierte Maßnahmen 2007**

### 3.2 Heizanlagenanierungen

Auch in den Jahren 2006 und 2007 standen verschiedene Heizanlagen zur Sanierung an.

Objekte	Jahr	Umsetzung	kW alt	Typ alt	kW neu	Typ neu	kW red.	Invest.-Kosten
Richard-Fehrenbach u. Walther-Rathenau-Gewerbeschulen	2006 (fertig)	Anl.-Contr.	3160	Kombi Gas/Öl	2.600 100 25 11 9,5	FW (KWK) Hackschn. Pellet BHKW's Sterling-B.	ca. 400	Anl.-Contr.
Innenstadtrathaus	2006 (fertig)	Anl.-Contr.	ges.: 1.425	Kombi Gas/(Öl)	ges.: 1.240 + 50	BW Kombi Gas/(Öl) m. BHKW	135	Anl.-Contr.
Anne-Frank-Schule	2006	GMF	6 x 75,5 2 x 46 (TH) 24 (Cont.) ges.: 569	Gas	510	BW Gas	59	154.000 €
Kiga St.Elisabeth Walterssh.	2006	GMF	112	Gas	42,5	BW Gas	69,5	13.000 €

Objekte	Jahr	Umsetzung	kW alt	Typ alt	kW neu	Typ neu	kW red.	Invest.-Kosten
Paul-Hindemith-Schule	2006	GMF	338	Gas	332	BW Gas	6	25.000 €
Fahrzeughalle Mundenhof	2006	GMF	232	Öl	105	Öl	127	13.000 €
Feuerwehrger.-h. Tiengen	2006	GMF	62	Öl	32	BW Gas	30	28.000 €
Berthold-Gymnasium	2006	Einspar-Contr.	3 x 454 ges.: 1.362	Öl	2 x 345 ges. 690	NT Öl	672	Einsp.-Contr.
Kiga Boelkestr.	2007	GMF	176	Gas	130	BW Gas	46	23.000 €
Jugendzent. Breis. Str.	2007	GMF	20 51	Gas	45	BW Gas	26	85.000 €
SoJu.Karlskaserne	2007	GMF	2 x 250 ges.: 500	Gas	200 208	BW Gas	92	62.000 €
OV Kappel	2007	GMF	1 x 40 1 x 24	Gas	60	BW Gas	4	39.800 €
Joh.-Schwartz-Schule	2007	GMF (i. Planung)	105 141 ges.: 246	Öl	ca. 150	in Planung	94	ca. 70.000 €

**Tab. 9: Heizanlagenanierungen der Jahre 2006 und 2007**

Grundsätzlich werden bei Sanierungen der Heizanlage auch notwendige Sanierungen der Heizkreise, Verteilung, Regelung und Pumpen etc. mit durchgeführt. Diese effizienzsteigernden Maßnahmen erhöhen die Energieeinsparungen bei Wärme und Strom.

### 3.3 Contracting

#### a) Anlagen-Contracting

Beim Anlagen-Contracting, das grundsätzlich europaweit ausgeschrieben werden muss, übernimmt der Contractor die Investition, den Bau und den Betrieb der Anlagen zur Energielieferung (z.B. Heizungsanlage). Für die Energielieferung, z.B. Heizwärme, wird ein Wärmelieferungsvertrag mit dem Contractor abgeschlossen. Die Investition der Anlage wird finanziert über das vom Auftraggeber über die Vertragslaufzeit zu zahlende Entgelt. Eine Refinanzierung allein über Energieeinsparung ist nicht zu erreichen.

Im Jahr 2006 wurde die Erneuerung der Heizanlage für das Innenstadtrathaus abgeschlossen. Die neue Heizanlage wird von der badenova im Rahmen eines Anlagen-Contractings betrieben.

Zudem wurde im Jahr 2006 der neue Schulungsraum der Richard-Fehrenbach- und Walther-Rathenau-Gewerbeschule, die im Jahr 2005 über ein Anlagen-Contracting eine neue Heizanlage erhalten hat, fertiggestellt (s. Ziff. 7)

## b) Einspar-Contracting

Beim Einspar-Contracting werden in den einzelnen Liegenschaften systematisch Einsparpotentiale erschlossen, die sich im Rahmen der Vertragslaufzeit (in der Regel 12 Jahre) wirtschaftlich darstellen. Der Contractor plant, baut und betreut die Energiesparmaßnahmen und trägt die Investitionen. Die Finanzierung erfolgt dann über die Vertragslaufzeit entsprechend der eingesparten Energiekosten. Das Einspar-Contracting wird grundsätzlich europaweit ausgeschrieben.

Im Jahr 2006 wurde der 3. Pool baulich realisiert (Tab. 10).

Gebäude	Maßnahme	Beschreibung (wichtigsten Maßnahmen)
Berthold-Gymnasium	Heizungstechnik	Kesseltausch - 2 neue NT-Ölheizkessel je 345 kW
		7 neue drehzahlgeregelte Umwälzpumpen
		Isolierarbeiten, Sanierung Kaminzüge etc.
	MSR-Technik	Umbau Schaltschrank, Anpassung GLT, Aufschaltung Turnh.
	Ob.-Geschossd.	Zellulosedämmung Decke
	Beleuchtung TH	Austausch 24 Stck. Sporthallenbeleuchtung
Albert-Schweitzer-Schulen	Heizung	San. Heizzentrale Turnhalle u. Unterstation Hauptschule
	MSR-Technik	DDC-Regelung für Turnhalle u. Hauptschule
		Aufschaltung auf Leitrechner Hausmeister
	Beleuchtung	Austausch 150 alte 58 W gegen T5-Leuten mit EVG
		Austausch 470 Leuchten in Fach-, Klassen u. Flurräumen
140 neue Energiesparreflektoren Flur u. Aula d. Hauptschule		
Städtische Bühnen	Wärmerückgewinnung	Nachrüstung WRG in RTL-Anlage Zuschauerraum
		Nachrüstung Erhitzregisters in RTL-Zone Ballettprobe
		Reduzierung Fernwärmeanschlussleitung
	Heizungstechnik	4 neue drehzahlgeregelte mehrstufige Umwälzpumpen
	Beleuchtung	Austausch 50 alter 58 W gegen T5-Leuchten mit EVG
		Verbesserung/Aufteilung Schaltung Lichtkreise
	MSR-Technik	neuer Frequenzumformer, Luftmengenregulierung 3 Anlagen
		Einbau eines neuen Controlling-Systems vor Ort
		Optimierung der Anlagenparameter
		Dachbodendämmung

**Tab. 10: Gebäude und Maßnahmen Pool 3**

In den seit 2001 umgesetzten 3 Pools wurden Investitionen von insgesamt 5,15 Mio. € getätigt. Die Einsparungen pro Jahr liegen bislang bei 6,2 Mio. kWh Wärme, 1,2 Mio. kWh Strom. Die Einsparung beträgt bisher rd. 481.000 € pro Jahr.

Parallel wird vom Gebäudemanagement die Realisierungsmöglichkeit für Pool 4 geprüft. Die Vergabe der Feinanalyse erfolgte im Juli 2007.

Nach Aussagen der Klima- und Energieagentur Karlsruhe (KEA) werden in der Stadt Freiburg i.Br. in den städtischen Gebäuden landesweit die meisten Contracting-Projekte realisiert. Die KEA, die an der Projektrealisierung maßgeblich beteiligt war, hält das Potential für ein Einspar-Contracting für ausgeschöpft, da für einen Contractor keine interessanten Größenordnungen mehr gegeben sind.

Zudem stehen derzeit in zahlreichen städtischen Gebäuden umfangreiche, auch energetische Sanierungsmaßnahmen, an. Bei solchen Gebäuden wäre ein neu abzuschließendes Einspar-Contracting ohnehin nicht oder nur begrenzt empfehlenswert, weil Fragen wie Gewährleistung, Verbrauchsabrechnung, Abgrenzung der Maßnahmen etc. vertraglich und praktisch nicht unproblematisch sind.

### c) **ECO-Watt**

Nach acht Jahren Projektlaufzeit fand das ECO-Watt-Projekt an der Staudinger-Schule mit dem Auslaufen des Vertrages Ende September 2007 seinen Abschluss. Die erzielten Einsparungen lagen in den Bereichen Strom mit 1,4 Mio. kWh und Wassereinsparung 77.000 m<sup>3</sup> deutlich höher, als zum Projektbeginn erwartet. Im Bereich der Wärmeeinsparung wurden die Erwartungen mit insgesamt 5,4 Mio. kWh nicht ganz erfüllt.

Neben den realisierten technischen Maßnahmen im Bereich Beleuchtung, Steuerung, Regelung und Sanitär gelang es vor allem auch durch die Unterstützung der Schulleitung, die Lehrer- und die Schülerschaft für das Projekt zu gewinnen, die zudem tatkräftig durch die Hausmeister unterstützt wurden.

Neben dem Aufbau einer 12 kWp PV-Anlage, wurde ein 1000 W-Windrad auf dem Turm beim Werkspielhaus errichtet. Im Unterricht wurden zahlreiche Aktionen durchgeführt, wie der Bau einer echten Solarwärme-Anlage im Technik-Unterricht. Eine Vertragsverlängerung für ECO-Watt kam aus rechtlichen Gründen nicht in Betracht.

## **3.4 Intracting und Energiesparmittel**

Da das GMF für die Bewirtschaftungsmittel der verwalteten Liegenschaften nunmehr zuständig ist, ist der Abschluss einer Intracting-Vereinbarung mit den Nutzerämtern nicht mehr erforderlich. Zudem hat sich gezeigt, dass viele Energiesparmaßnahmen praktisch immer mit Sanierungsvorhaben einhergehen, so dass der „reine“ Anteil einer Energiesparmaßnahme oft nur schwer zu bestimmen war. Die im Haushalt ausgewiesene Pauschale für Intractingmaßnahmen und die Pauschale für Energiesparmaßnahmen wurden daher im Haushalt 2007/2008 mit Gründung des GMF 2007 für gegenseitig deckungsfähig erklärt. Die Mittel werden ausschließlich zur Finanzierung von Energiesparmaßnahmen verwendet.

Objekt	Jahr	Maßnahme	Kosten
OV Lehen Bundschuhhalle	2006	Reduzierung Warmwasserbereitung	8.023 €
Steinriedhalle Waltershofen	2006	Austausch Lüftungsgitter	5.960 €
Adolf-Reichwein-Schule	2006	Einzelraumregelung	15.000 €
Albert-Schweitzer-Schule II	2006	Sparduschen	1.138 €
Gerhart-Hauptmann-Schule	2006	Sparduschen	853 €
Reinhold-Schneider-Schule	2005/ 2006	Dachbodendämmung	33.525 €
Schenkendorfschule	2006	Wärmedämmung ob. Geschossdecke	24.972 €
Lortzing-Schule	2005- 2007	Umbau Dampfübergabestation u. a. - Teil 1	27.288 €
Mooswaldschule	2005/ 2006	Dachbodendämmung	24.075 €
Stadtbibliothek	2006	Dämmung Kellerdecke	30.392 €
Schenkendorfschule	2007	Wärmedämmung ob. Geschossdecke	18.000 €

**Tab. 11: Intractingmaßnahmen 2006 und 2007 (abgerechnet)**

#### 4. Betriebsoptimierung

##### 4.1 Hausmeisterschulungen

Im Rahmen der Neuorganisation wurden die Hausmeister dem Gebäudemanagement Freiburg zugeordnet. So ist mit Synergieeffekten auch beim Betrieb der technischen Anlagen zu rechnen. Mit den Hausmeistern wurde ein neuer Tätigkeitskatalog erarbeitet, der auch den Zielsetzungen der Energieleitlinie entspricht. Hierdurch wird die Betriebsführung der technischen Anlagen vereinheitlicht. Zusätzlich werden verschiedene Einweisungen durchgeführt, um alle Hausmeister auf den aktuellen Stand zu bringen.

Das folgende Projekt „Lernende Organisation“ soll auch mithelfen, die Hausmeister bei dem Ziel der Energieeinsparung zu unterstützen.

##### 4.2 „Lernende Organisation“

Um alle Potenziale beim Betrieb auszuschöpfen, wurde mit der KEA (Klima- und Energieagentur des Landes B.W.) ein Projekt entwickelt, um beispielhaft bei 5 städtischen Gebäuden

- Innenstadtrathaus
- Richard-Fehrenbach-/Walther-Rathenau-Gewerbeschule
- Weiherhofschulen
- Bürgerhaus Seepark
- Kindergarten und Sonderschule Boelckestraße

zusätzliche energiesparende Möglichkeiten von Verbrauchsüberwachung und Betriebsoptimierung aufzuzeigen. Das Know-how der städtischen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter soll ergänzt und weiterentwickelt werden. Dieses Projekt zielt somit auch stark auf den optimierten Betrieb der technischen Anlagen ab und soll auch die Hausmeister bei ihrer täglichen Arbeit unterstützen.

Im Rahmen des Projektes führt die KEA Begehungen durch und optimiert den Betrieb und die Einregelung der Heiz- und Lüftungsanlagen. Gleichzeitig wird das Betriebspersonal (Hausmeister) insbesondere in der Regelung der Anlagen weiter geschult. Besondere Aufmerksamkeit wird bei dem Projekt auch auf das Spannungsfeld Nutzeransprüche / Energieeinsparung / Hausmeister gelegt. Die KEA will ihre Erfahrung einbringen, um die Verwaltung, die Hausmeister und das Energiemanagement sowie die Bauleiter/innen zu unterstützen und Lösungswege aufzuzeigen.

Die KEA geht zusätzlich von Einsparmöglichkeiten in Höhe von 10 % aus. Erfolgslösungen werden vom GMF parallel auf 5 zusätzliche Gebäude

- Technisches Rathaus
- Wentzinger-Schulen
- Max-Weber-Schule
- Kindergarten Rotlaub
- Paul-Hindemith-Schule

und nach dem Projekt ggf. auf weitere städtische Liegenschaften übertragen.

## **5. Nichtinvestives Energiesparen**

### **5.1 Nichtinvestives Energiesparen (Fifty-Fifty) in Freiburger Schulen**

Das Projekt „Nichtinvestives Energiesparen“ läuft nunmehr im 8. Jahr und kann Jahr für Jahr eine erfolgreiche Bilanz aufweisen, die vor allem für die teilnehmenden Schulen sehr interessant ist, denn von den erzielten Einsparungen verbleiben immerhin 50 % bei den Schulen.

Mittlerweile nehmen 37 Schulen an diesem Projekt teil. Besonders wichtig ist auch der pädagogische Aspekt des Projekts. Denn der richtige Umgang mit Energie und Wasser wird praktisch vor Ort lernbar. Der zählbare Erfolg in Form von Einsparungen motiviert zudem und trägt zum anhaltenden Erfolg des Projektes bei.

Da allerdings die Schüler und auch die Lehrer im Laufe des Projektes wechseln, ist eine fortlaufende Information und Motivation erforderlich. Auch beim Fifty-Fifty-Projekt soll das Projekt „Lernende Organisation“ (s. Pkt. 4.2) zusätzlich neue Impulse geben.

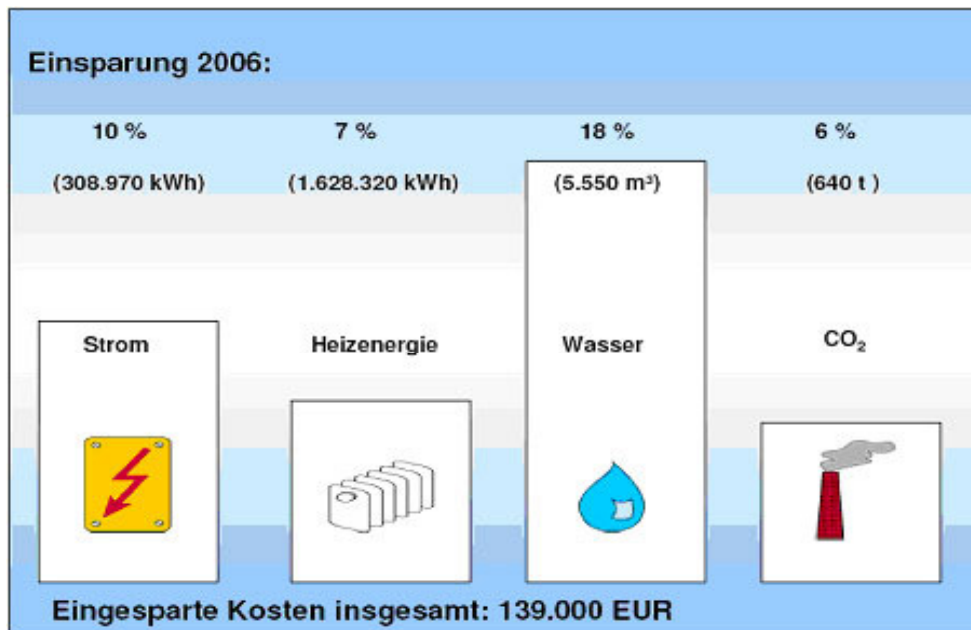


Abb. 7: Einsparungen im 8. Jahr Nichtinvestives Energiesparen



Abb. 8: Gesamtbilanz Nichtinvestives Energiesparen 1. - 8. Jahr



Die Abbildung 8 zeigt den großen Einsparerfolg des Projekts über die Laufzeit von nunmehr acht Jahren. Es wird aber auch deutlich, dass die an verschiedenen Schulen durchgeführten technische Maßnahmen den Umfang des durch ein besseres Nutzerverhalten einzusparenden Potentials verringern. Das zeigt vor allem das Absinken der Einsparsumme im Jahr 2006. Trotzdem ist der Einsparerfolg immer noch beachtlich und soll durch neue Impulse auf einem hohen Niveau gehalten werden.

## 5.2 Energiesparen im Büro

Zum 1. Oktober 2006 wurde das Projekt Energiesparen im Büro gestartet. Das Umweltschutzamt hatte im Vorfeld im eigenen Amt Möglichkeiten zur Energieeinsparung und ein Einsparpotenzial von ca. 10 % ermittelt. Die Vorschläge und Maßnahmen werden nun vom GMF weiterentwickelt und die Umsetzung vorbereitet. Die Zuständigkeit für die Umsetzung liegt bei den einzelnen Ämtern. Beispielsweise wurden vom GMF die Kühlschränke in den Verwaltungen einschl. Kindergärten erfasst. Dabei wurde festgestellt, dass rund 200 Kühlschränke in den Verwaltungen vorhanden sind. Der Austausch der Kühlschränke in energiesparende Geräte (A++) wird derzeit vom HPA zuständigkeitshalber vorbereitet. Für das Haushaltsjahr 2008 stehen 50.000 € für die Anschaffung der neuen Kühlschränke zur Verfügung.

Maßnahmen (Beispiele)	Stand
Steckerleisten Abschaltung Stand-by	stadtweit eingeführt 2005
Energiesparaktivierung PC´s	stadtweit eingeführt 2006
Austausch "energiefressender" Kühlschränke	Aufnahme Kühlschränke (1. Hj. 07 erfolgt) Austausch 2008 geplant
Einsparungen Beleuchtung	Vorbildaktion Juli 2007 (Umsetzung 1. Hj. 08)
Energiesparende Beschaffung	siehe: neue Energiestandards u. Infoblätter
Informationsblätter für die Stadtverwaltung	3 neue Infoblätter 2007 erstellt u. versendet

**Tabelle 12: Maßnahmenpaket Energiesparen im Büro**

## 6. Verbrauchs- und Kostencontrolling

### 6.1 Erprobungsphase Energiepässe

Am 01.10.2007 trat die nivellierte Energieeinsparverordnung in Kraft. Ab dem 1. Juli 2009 besteht eine Aushangpflicht für Energieausweise mit mehr als 1.000 m<sup>2</sup> Nutzfläche in öffentlichen Gebäuden. Für das Gebäudemanagement bedeutet dies, dass für ca. 90 Liegenschaften Energieausweise zu erstellen sind.



Vom Energiemanagement wurde ein vorläufiger Energieausweis im Frühjahr 2006 erstellt, der probeweise im Innenstadtrathaus, Technischen Rathaus, Stadtbibliothek sowie in drei Schulen ausgehängt wurde. Ziel ist, Erfahrungen mit dem Energiepass zu sammeln. Der einfache Aufbau und die klare Übersicht werden begrüßt. Allerdings ist immer ein grundlegendes Verständnis erforderlich, um einen Energieausweis lesen zu können. Die Diskussion um die Gestaltung der Energieausweise ist stadintern noch nicht abgeschlossen.

## 6.2 Vergleiche Kennzahlentwicklung

Das GMF hat die aktuellen Energie- und Wasserverbrauchskennwerte der Gebäude im Anhang des Berichts dargestellt (Seite 32 ff). Die Kennwerte dienen als Maß für die Höhe des Energieverbrauchs. Im Vergleich mit Objekten gleicher Nutzung lässt sich eine energiebezogene Einstufung der Gebäude vornehmen. Um die Übersichtlichkeit zu gewährleisten, wurden nur die wichtigsten Verbrauchsmittelwerte dargestellt. Als Vergleichsbasis verwendet das GMF vorzugsweise die Mittelwerte der eigenen Objekte.

## 7. Beispielhafte Sanierungen

Folgende der zahlreichen Sanierungen sind besonders interessant und werden kurz im Überblick dargestellt.

### a) Neuer Schulungsraum und Heizzentrale mit Schulungsvarianten in den Richard-Fehrenbach- und Walther-Rathenau-Gewerbeschule

Die Sanierung der Heizzentrale und die Einrichtung eines Schulungsraumes für die pädagogische/technische Arbeit wurde in den Richard-Fehrenbach- und Walther-Rathenau-Gewerbeschule in 2006 abgeschlossen. An diesem Projekt waren folgende Akteure beteiligt:

Energiekonzept (Energiemanagement, Büro ebök, Tübingen; Konzeption gemeinsam mit den Schulen)

Vorbereitung Contracting (Energiemanagement mit KEA, Karlsruhe)

Projektleitung (Sachgebiet Technische Anlagen, Fachingenieure)

Umsetzung der Maßnahmen über Contracting (badenova)

sowie das Amt für Schule und Bildung, das an allen Planungen und Überlegungen eng beteiligt war.

Wichtige Projektinformationen:

- Schulungsraum mit Display und Auswertmöglichkeiten des Anlagenbetriebes
- Integration der Schulungsheizanlagen in den allgemeinen Anlagenbetrieb
- Schulungskomponenten: Pelletkesselanlage, Holzhackschnitzelanlage, BHKW Dachs, BHKW modulierter Anlagenbetrieb und ein Sterling-BHKW
- neuer Gasbrennwertkessel und Regelung

- Gesamtbetrieb der Anlagen über ein Anlagen-Contracting und Nahwärme aus der Heizzentrale Theater mit gleichzeitiger Inbetriebnahme eines neuen BHKW's für die Nahwärmeversorgung
- Die Schulungskomponenten sind nunmehr ganzjährig in Betrieb. So lieferten beispielsweise die Holzhackschnitzel u. -pelletanlage im Jahr 2006 101.740 kWh Wärme, die ohne erfolgte Integration der Anlagen nicht hätte nutzbar gemacht werden können.

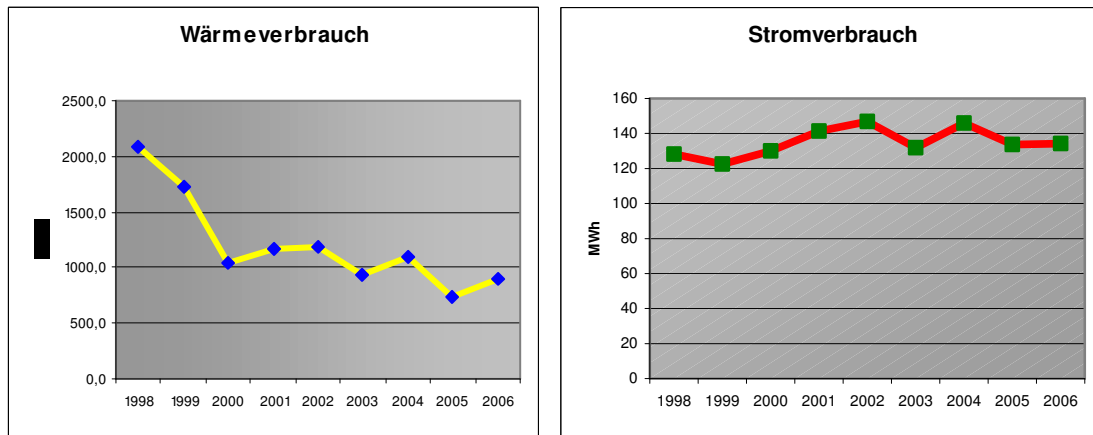


**Abb. 9: Neue Mini-BHKW's in den Gewerbeschulen**



**Abb. 10: Neue Holzpelletanlage in den Gewerbeschulen**

## b) Sanierung Weiherhofschulen (abgeschlossen)



**Abb. 11: Verbrauchsentwicklung Heizwärme und Strom der Weiherhofschulen**

Die Sanierung der Weiherhofschulen wurde nach mehrjähriger Bauzeit 2006 abgeschlossen. Die vorliegende Abbildung zeigt beim Heizwärmebedarf ein deutliche Reduktion von 57 %. Diese Einsparungen wurden erreicht durch einen umfassenden Wärmeschutz der Schulgebäude (Außenwanddämmung, Wärmeschutzverglasung, Dachdämmung usw.) sowie durch eine neue Heizanlage (Holzhackschnitzel und Spitzenlast Gaskessel). Der Stromverbrauch hingegen nahm trotz zahlreicher Einsparmaßnahmen im Bereich Beleuchtung, Heizungspumpen etc. laufend zu. So erreicht der Strombedarf durch neue IT und Bürotechnik, insbesondere PC's, Drucker, Beamer, Kopierer u.s.w., in einzelnen Schulen Größenordnungen von 10 - 20 %, in einzelnen Fällen sogar bis 30 % des Gesamtstromverbrauchs. So kann zwar die umfassende Sanierung einer Beleuchtungsanlage den Strombedarf senken, der Mehrverbrauch durch IT und Bürotechnik kann aber oftmals nicht kompensiert werden.

## 8. Regenerative Energien, Kraft-Wärme-Kopplung und Regiostrom

### 8.1 Photovoltaik

Das GMF schreibt geeignete Dachflächen für eine PV-Belegung durch private Investoren aus. Bis Ende 2007 konnten PV-Anlagen mit einer Leistung von 701,3 kW<sub>p</sub> und einer Fläche von rd. 7.000 m<sup>2</sup> installiert werden. Im Vergleich mit 2005 wurde eine Steigerung der Belegung um ca. 69 % erzielt. Auf 32 städtischen Gebäuden sind bisher PV-Anlagen installiert worden. Der durch die PV-Anlagen erzeugte Strom von ca. 0,6 Mio. kWh reicht aus, um 200 durchschnittliche private Haushalte zu versorgen oder 300 private „stromsparende“ Haushalte. Die CO<sub>2</sub>-Einsparung, die bei der Emissionsbilanz der Gebäude des GMF nicht berücksichtigt wird, beträgt zusätzlich rd. 410 t.

Die im Rahmen des Projektes „Sonnenkraftwerke an Freiburger Schulen“ im Jahr 2001 - 2002 in Zusammenarbeit mit dem Umweltschutzamt und den Fördervereinen der Schulen neu gebauten oder erweiterten 14 Solaranlagen wurden im Jahr 2006 im

Rahmen der Unterrichtseinheiten "SolarSchools" und „famos“ in den Schulunterricht thematisch nochmals eingebunden.

In 2007 wurden zahlreiche Flachdächer an den Schulen wärmetechnisch saniert. Sanierte Flachdächer, die statisch und solartechnisch geeignet sind, werden ab 2008 für eine zusätzliche Belegung mit PV-Anlagen freigegeben. Hierbei haben die Fördervereine grundsätzlich Vorrang. Ansonsten werden die Dachflächen für eine Belegung mit PV-Anlagen ausgeschrieben.



**Abb. 12: Installation der PV-Anlage auf dem Berthold-Gymnasium**

## 8.2 Solarkollektoranlagen

Derzeit sind auf 9 städtischen Liegenschaften Solarkollektorflächen von 184 m<sup>2</sup> installiert. Da die erzeugte Wärme direkt den städtischen Liegenschaften zugute kommt, verringern sie den Einsatz fossiler Energieträger und senken die CO<sub>2</sub>-Emissionen.

## 8.3 Holzenergie

In folgenden Gebäuden wird bislang Holzenergie direkt eingesetzt:

- Weiherhofschulen (Holzhackschnitzel)
- Richard-Fehrenbach- und Walther-Rathenau-Gewerbeschulen  
(Hinweis: Schulungsanlage Holzhackschnitzel und Holzpellets in Schulheizanlage integriert, ca. 5 % Anteil am Energieverbrauch der Schule)
- div. Forsthäuser (Holzscheite)

Über Nahwärme werden im Stadtbezirk Vauban folgende Gebäude indirekt mit Holzenergie (Holzhackschnitzel mit KWK) versorgt:

- Karoline-Kaspar-Schule (Grundschule m. Turnhalle)
- Kindertagesstätte Vauban I
- Kindertagesstätte Immergrün (Vauban II)
- Kindertagesstätte Wiesental und Wiesengrün (Vauban III)

## 8.4 Kraft-Wärme-Kopplung

Zahlreiche, vorwiegend große städtische Liegenschaften wie z.B. die Richard-Fehrenbach- und Walther-Rathenau-Gewerbeschule sowie Liegenschaften im Bereich Rieselfeld, Weingarten, Landwasser und Vauban werden über Fernwärme versorgt. Bei der Fernwärmeversorgung setzt badenova grundsätzlich BHKW's ein. Bei der Nahwärmeversorgung Vauban werden zur Energieerzeugung zudem Holzhackschnitzel eingesetzt. Der aktuelle Anteil der Fernwärme an der Energieversorgung der GMF Liegenschaften beträgt 18 %, die somit indirekt über KWK versorgt werden.

<b>BHKW's in Liegenschaften des GMF – Stand 2007</b>			
<b>Liegenschaft</b>	<b>Straße</b>	<b>Leistung [kW<sub>p</sub>]</b>	<b>Hinweis</b>
Berufschulzentrum	Bissierstraße 17	122	1 Modul SOKRA therm
Max-Weber-Berufsschule	Fehrenbachallee 14	11	2 Module Dachs
Richard-Fehrenbach und Walther-Rathenaus GWS	Friedrichstraße 51	9,5	Sterling BHKW
		11	ecopower + Dachs
Mooswaldhalle	Hochdorfer Straße 16a	5,5	1 Modul Dachs
Rathaus Innenstadt	Rathausplatz 4	50	1 Modul SOKRA therm

**Tabelle 13: Installierte BHKW's – Stand 2007**

Die Erfahrungen des Gebäudemanagements, auch in Zusammenhang mit den realisierten Einspar-Contracting-Pools zeigen, dass in den Gebäuden, die nicht über Fernwärme auf KWK-Basis versorgt werden, das Potential für den wirtschaftlichen Betrieb eines BHKW's begrenzt ist. Ausschlaggebend ist der relativ niedrige Warmwasserbedarf der städtischen Schulen, ohne den ein BHKW nicht die notwendige Laufzeit im Jahr erreichen kann, um wirtschaftlich und ökologisch betrieben zu werden. Zudem sollten notwendige verbrauchsreduzierende Sanierungsmaßnahmen erst realisiert werden, weil sie einen wesentlichen Einfluss auf die Kosten- und Betriebsdaten eines BHKW's haben.

Grundsätzlich wird, wie z.B. im Rahmen der Sanierung der Wentzinger-Schulen geprüft, ob das Potential für ein BHKW gegeben ist. In diesem Beispiel führt z.B. die neue Kantine zu einem zusätzlichen Warmwasserbedarf (Ganztageschülerweiterung). Bevor jedoch die Frage nach einem BHKW geklärt werden kann, muss die anstehende Sanierung der Schule (umfassende Wärmeschutzmaßnahmen etc.) abgeschlossen werden. Dann erfolgt die Sanierung der Heizzentrale, um eine Überdimensionierung von Heizanlage und Warmwasserbereitung zu vermeiden.



## 8.5 Bezug von Regiostrom

Mit dem umweltfreundlichen Regiostrom der badenova werden derzeit die Schulen, Kindergärten sowie das Haus der Jugend versorgt. Damit besteht rd. die Hälfte des Strombezugs der Gebäude des GMF aus Regiostrom. Die Stadt Freiburg wendet gut 100.000 € Mehrkosten jedes Jahr auf, um die städtischen Gebäude mit dem umweltfreundlichen Regiostrom zu versorgen. Diese werden nach Aussage von badenova über das Fondsmodell unmittelbar in die Erzeugung von regenerativer Energie oder effizienter Technologie investiert.

Die Stadt profitiert durch ihr Engagement in Sachen Regiostrom zukünftig auch von den neuen Zielen der badenova, ab dem 1. Januar 2008 den gesamte Stromvertrieb auf den umweltfreundlichen Regiostrom umzustellen. Dies bedeutet, dass der gesamte Strombezug der Stadt Freiburg atomstromfrei wird. Zudem wird der bisherige Regiostrom in den Regiostrom-aktiv umgewandelt, so dass nunmehr die Schulen, Kindergärten und das Haus der Jugend Strom aus 100 % regenerativen Energiequellen beziehen und damit ein 100 % zertifiziertes Ökostromprodukt erhalten können.

## 9. Öffentlichkeitsarbeit des Energiemanagements

Das Interesse an den zahlreichen realisierten Projekten der Stadt Freiburg ist nach wie vor bundesweit und mittlerweile auch international hoch.

So wurde das Energiemanagement zu verschiedenen Anlässen auf nationaler und internationaler Ebene eingeladen und konnte hierdurch seine Aufgaben, die Ziele der Stadt und die verschiedenen Projekte über die Stadtgrenzen hinaus darstellen.

Außerdem arbeitet das Energiemanagement intensiv mit anderen Städten u. a. über den Arbeitskreis des Deutschen Städtetages zusammen und steht über Vorträge, geleitete Workshops zu unterschiedlichen Themen in einem intensiven Austausch, der sich auch positiv auf die eigene Arbeit und Projektentwicklung auswirkt.

## 10. Ausblick

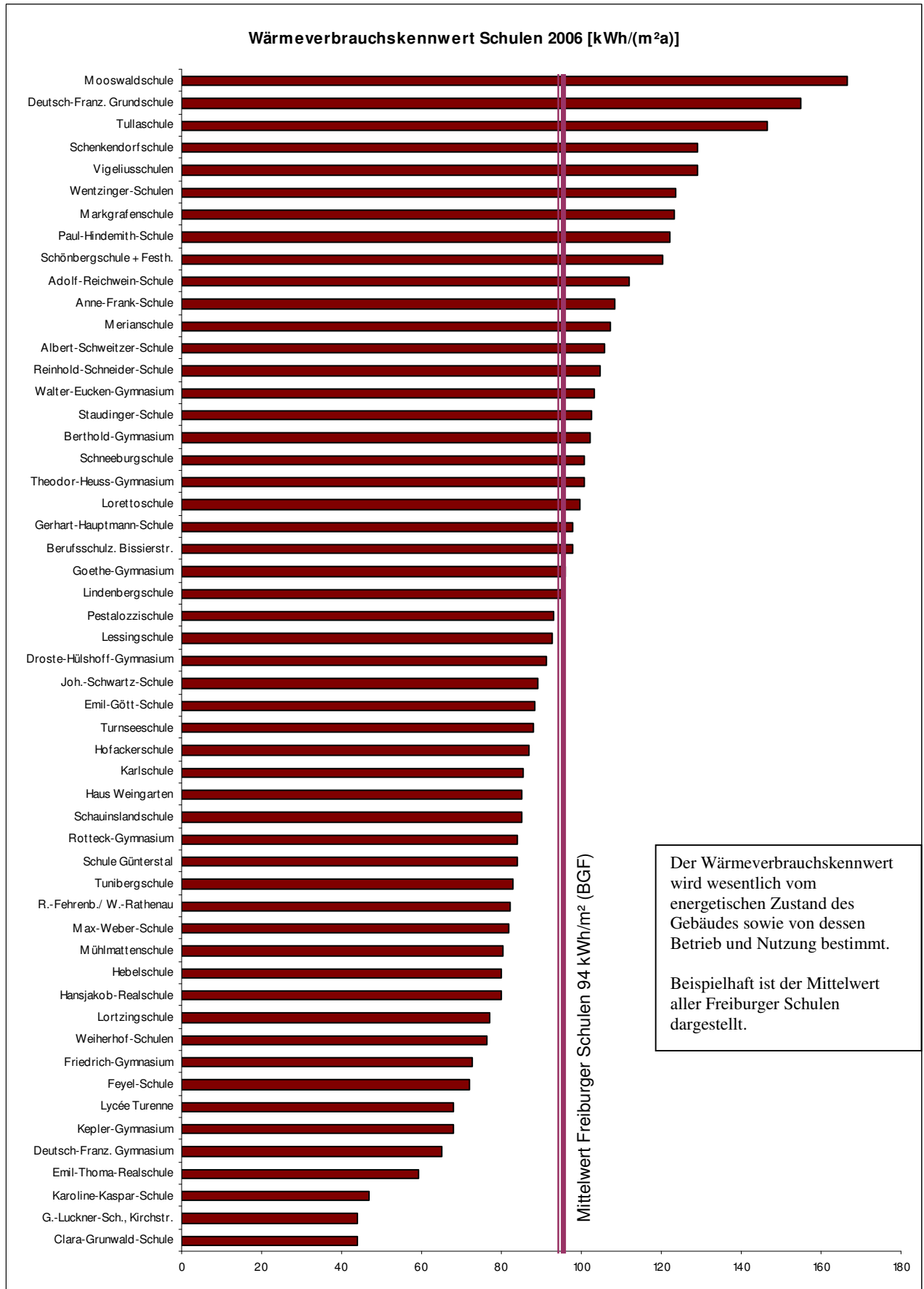
Das seit 01.01.2007 eingerichtete Gebäudemanagement hat im Gegensatz zum früheren Hochbauamt / Zentrales Gebäudemanagement eine Gesamtzuständigkeit für die Gebäude, die sowohl den Bau, aber auch den Betrieb der Immobilien umfasst. Durch die gemeinderätlichen Vorgaben bezüglich des Klimaschutzes und zur Kosteneinsparung wird in den nächsten Jahren der Aufgabenschwerpunkt bei der energetischen Sanierung der Gebäude, insbesondere der Schulen liegen, die den größten Verbrauchsanteil von Energie ausmachen. Die Auswertungen des Energiemanagements stellen u.a. bei der Identifizierung der größten Energieverbraucher ein Hilfsmittel zur Auswahl und Prioritätensetzung bei anstehenden Sanierungen dar. Prioritäres Ziel aller Sanierungsmaßnahmen ist, die Energieverbräuche zu reduzieren. Neubauten werden deswegen grundsätzlich in Passivbauweise realisiert,

bei Sanierungen wird anhand von Wirtschaftlichkeitsvergleichen geprüft, ob mit Passivhauselementen gearbeitet werden kann.

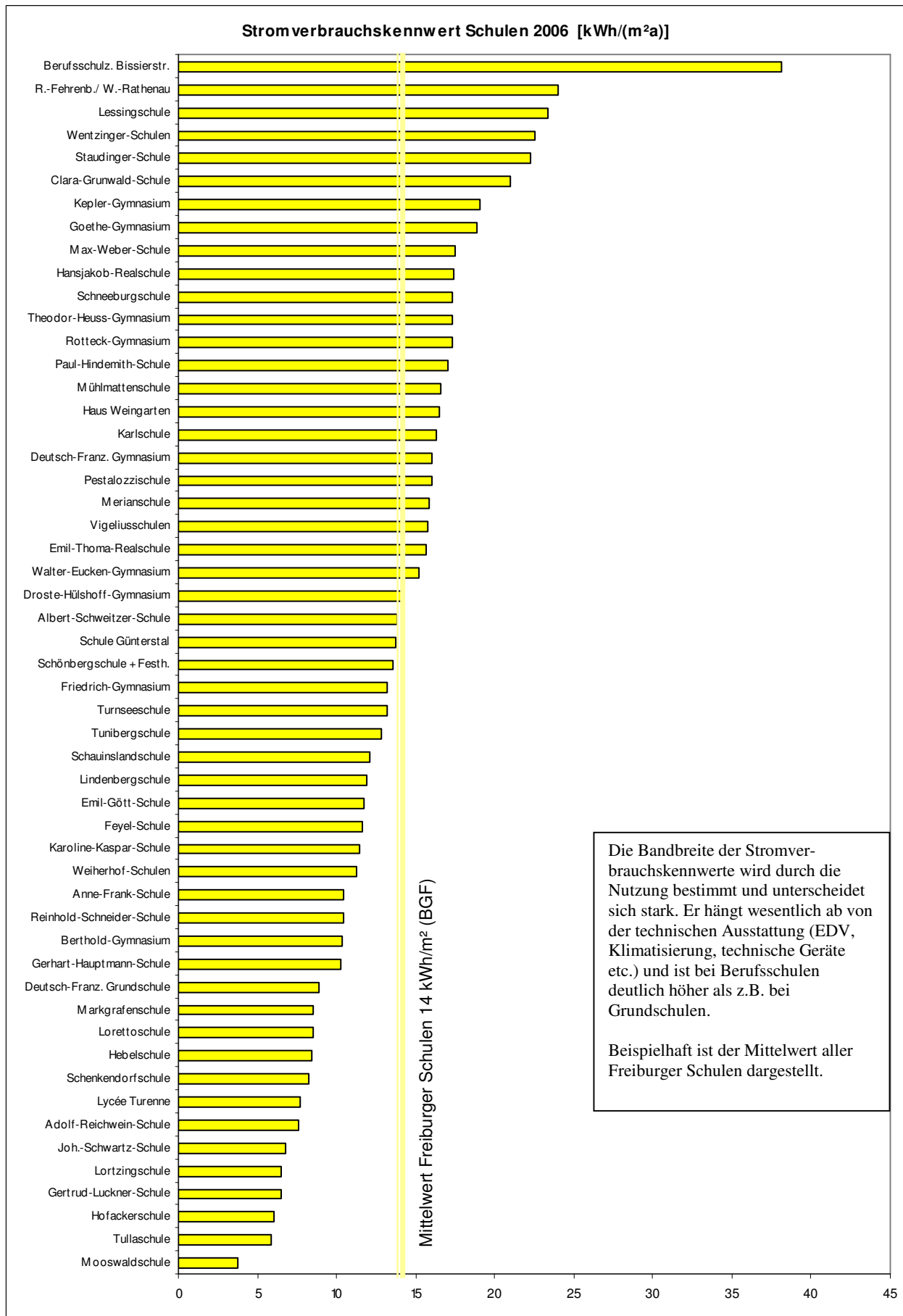
Dem Ziel der Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparung stehen allerdings auch gestiegene oder neue Nutzeranforderungen entgegen. So werden neben dem immer noch großen Bedarf an IT-Technik in den Schulen neuerdings vermehrt Gebäudekühlungen nachgefragt. Bei zunehmend steigenden Temperaturen in Sommer wird deshalb mittelfristig neu zu definieren sein, welche Raumtemperaturen im Sommer akzeptabel sind. Ziel sollte jedoch immer sein, eine aktive Kühlung durch geeignete Maßnahmen, z.B. Speicherflächen, Verschattungen etc. zu vermeiden. Eine Kühlung ist durch andere Einsparmaßnahmen nur noch schwer zu kompensieren. Gleichzeitig erhöhen sich Folgekosten wie z.B. die Energie-, Wartungs- und Instandhaltungskosten und der Energieverbrauch sowie die CO<sub>2</sub>-Emissionen steigen deutlich an.

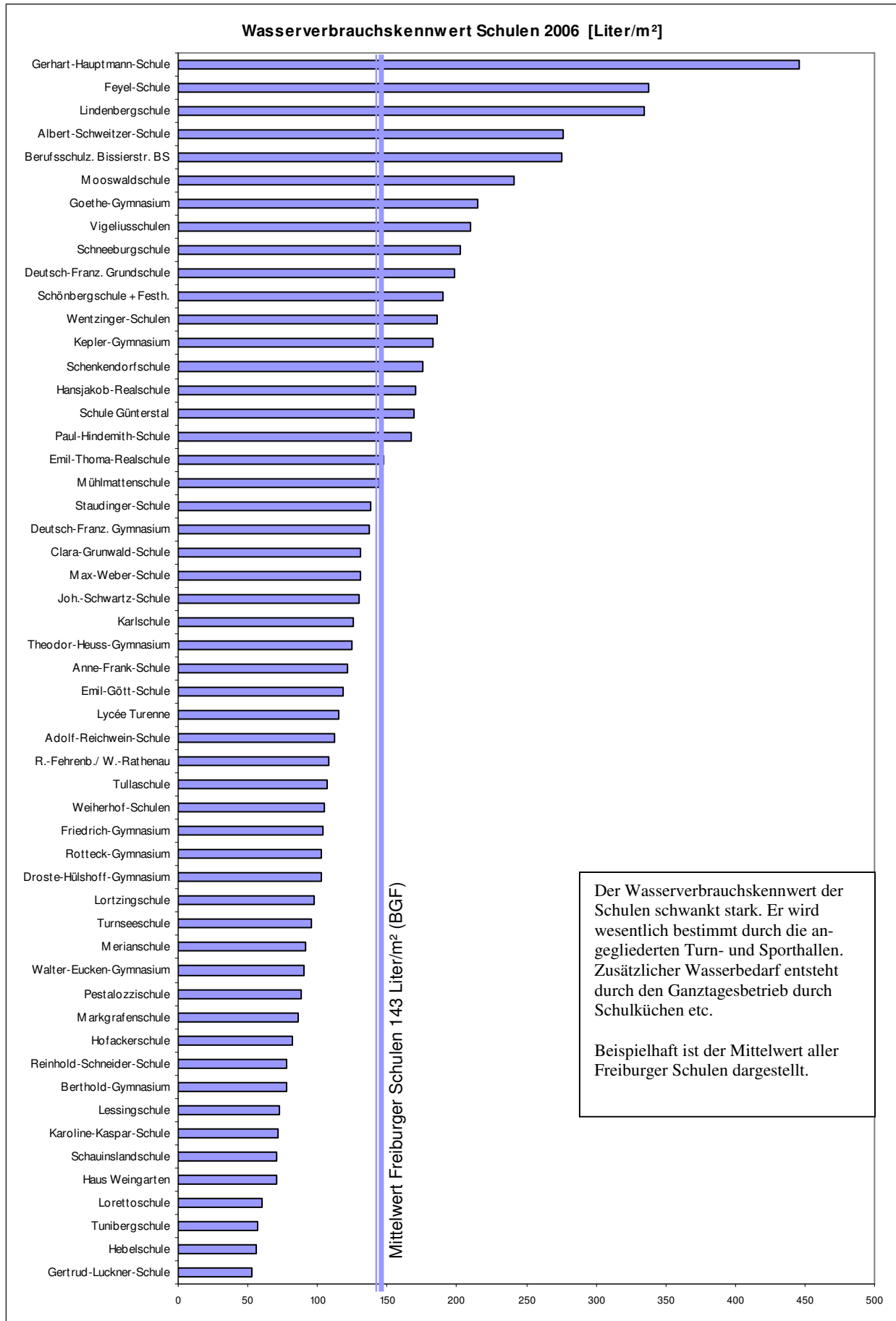
## **11. Anhang**

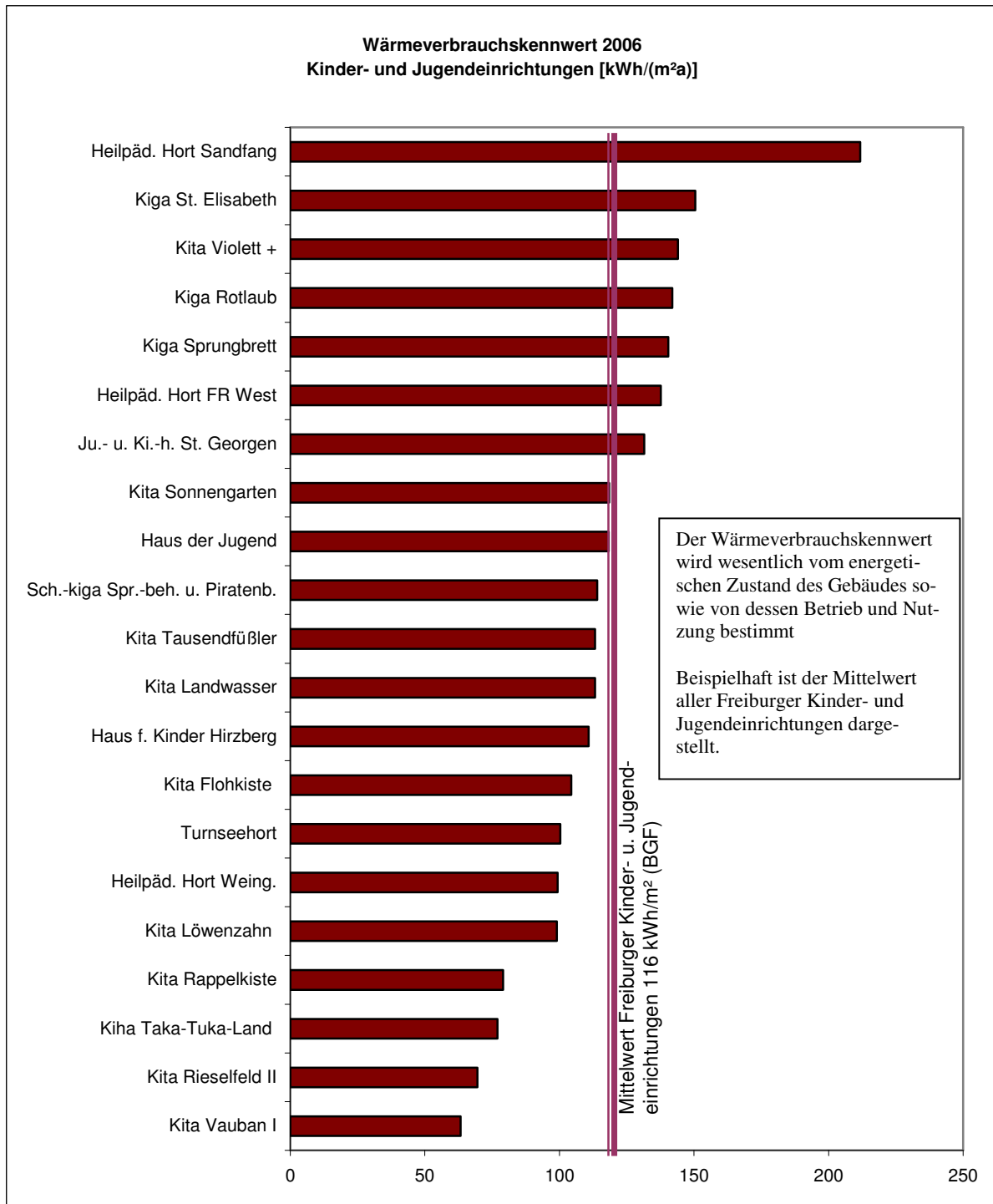
### **11.1 Kennzahlen (siehe Folgeseiten)**

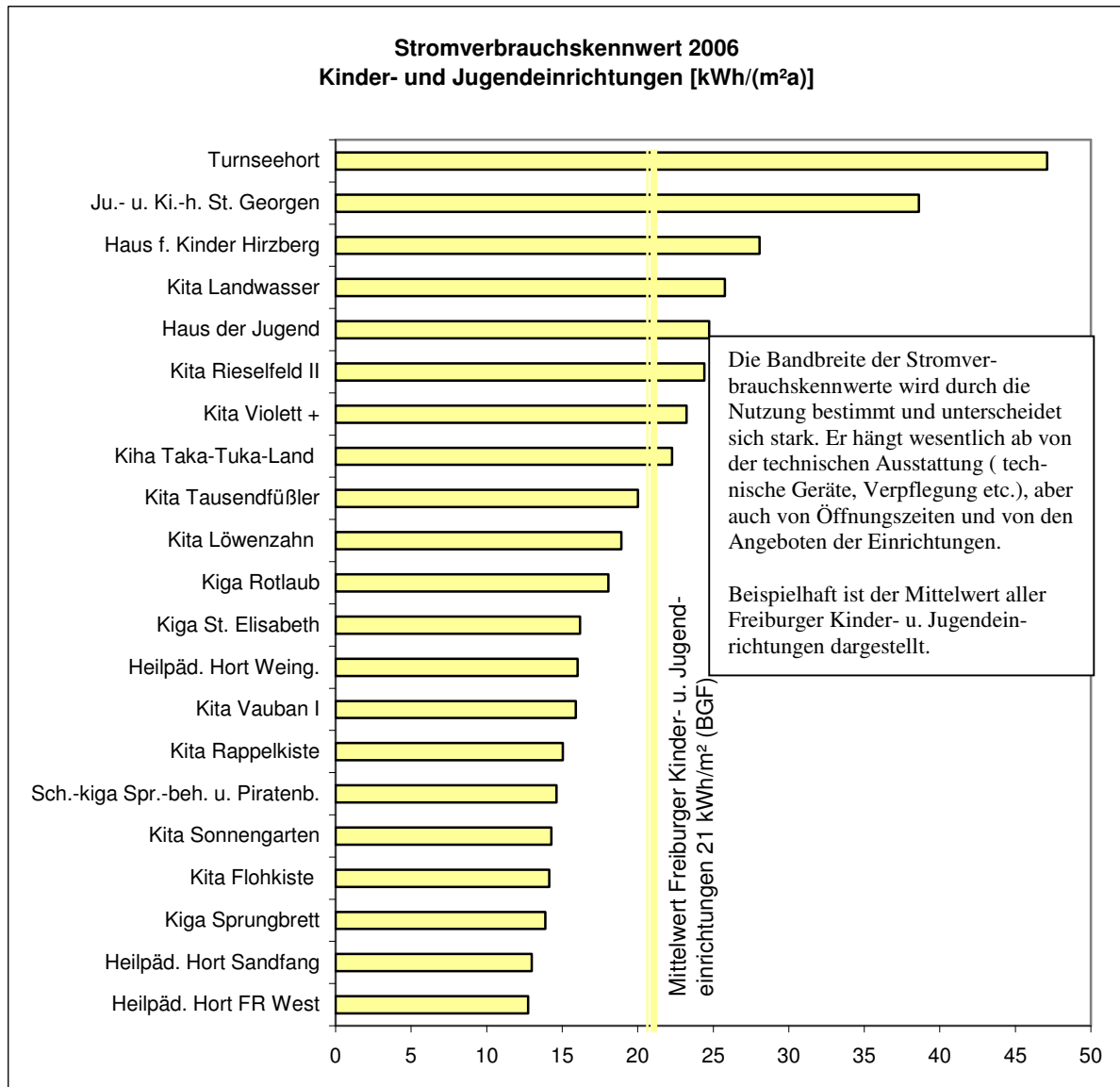


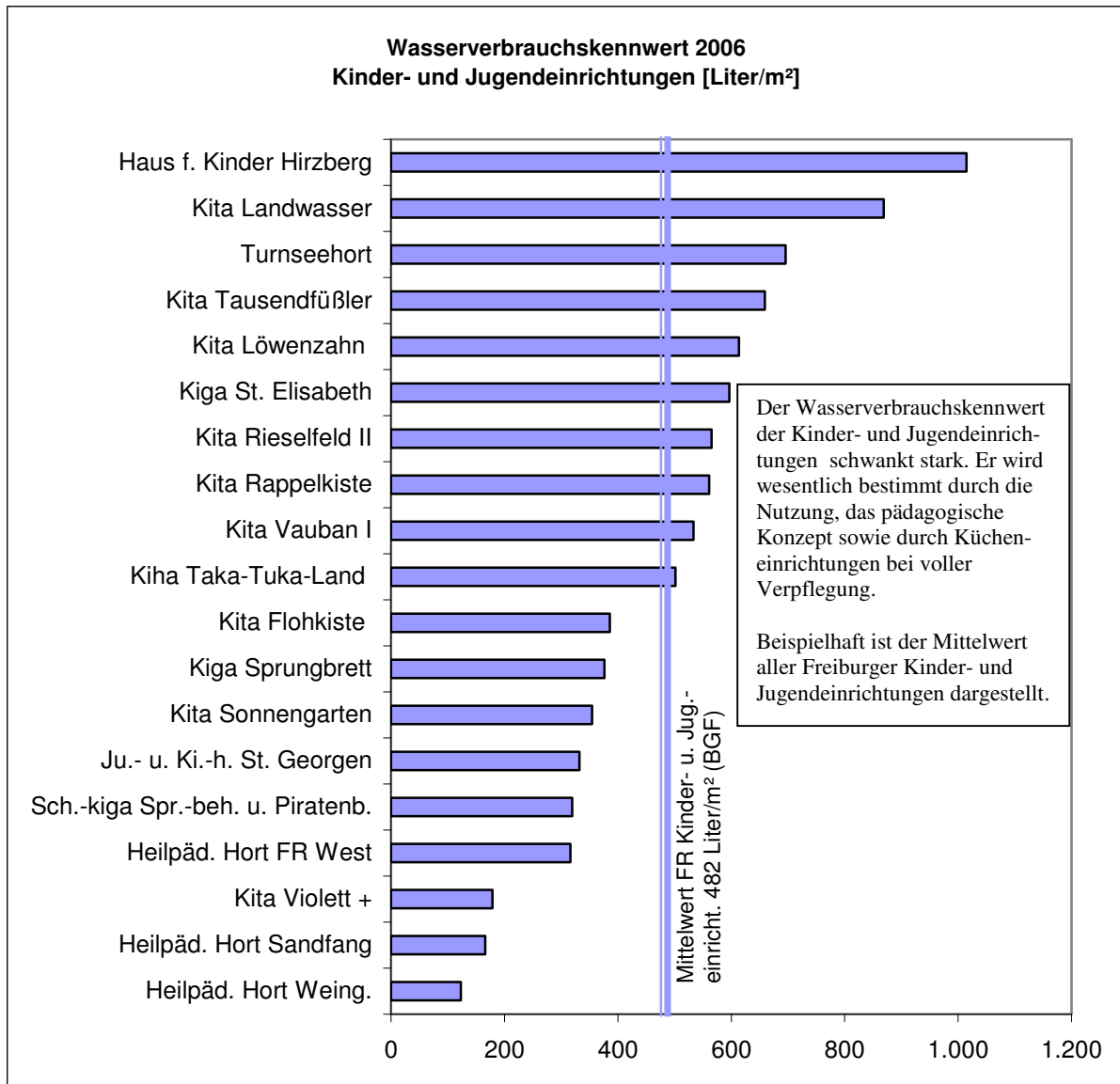


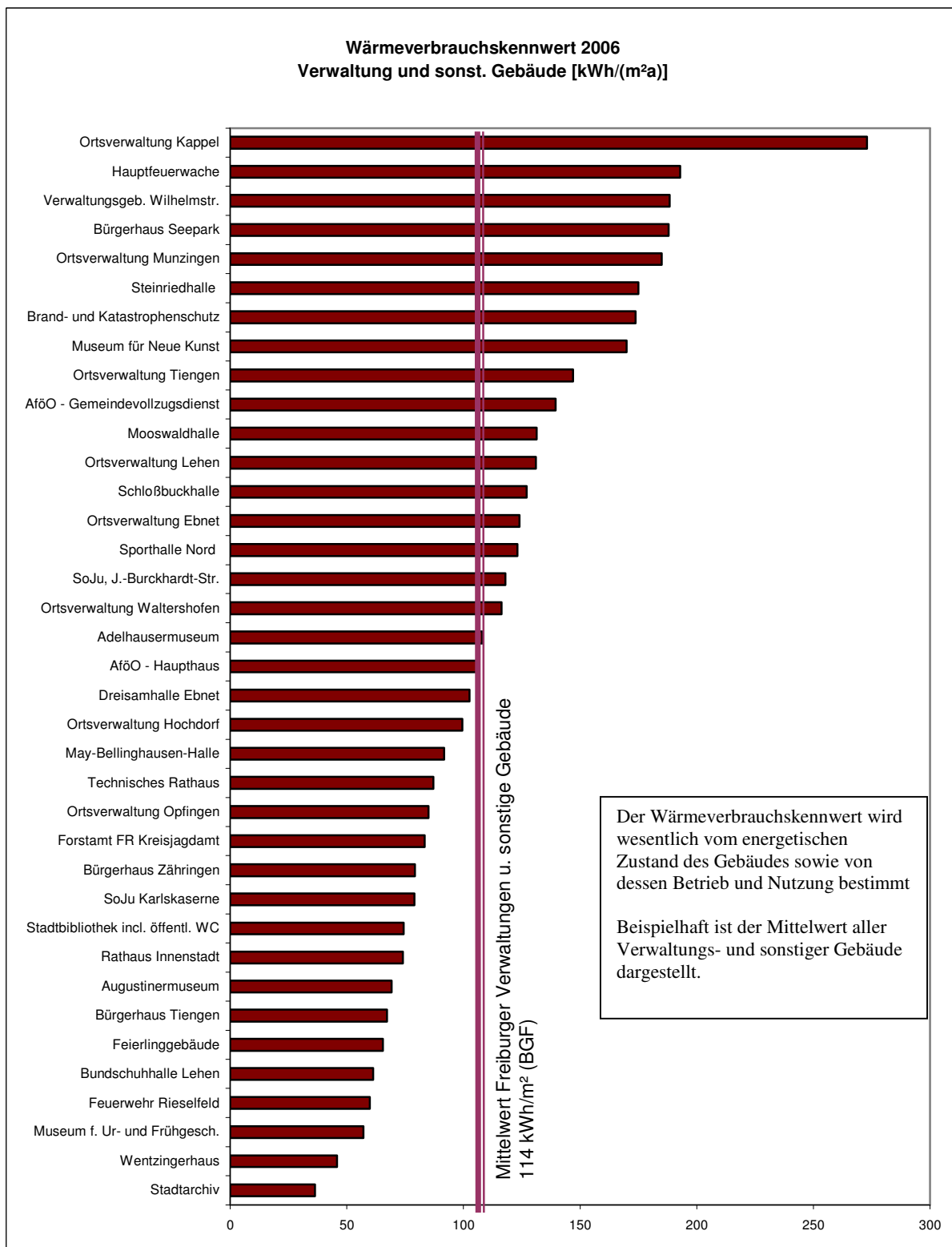




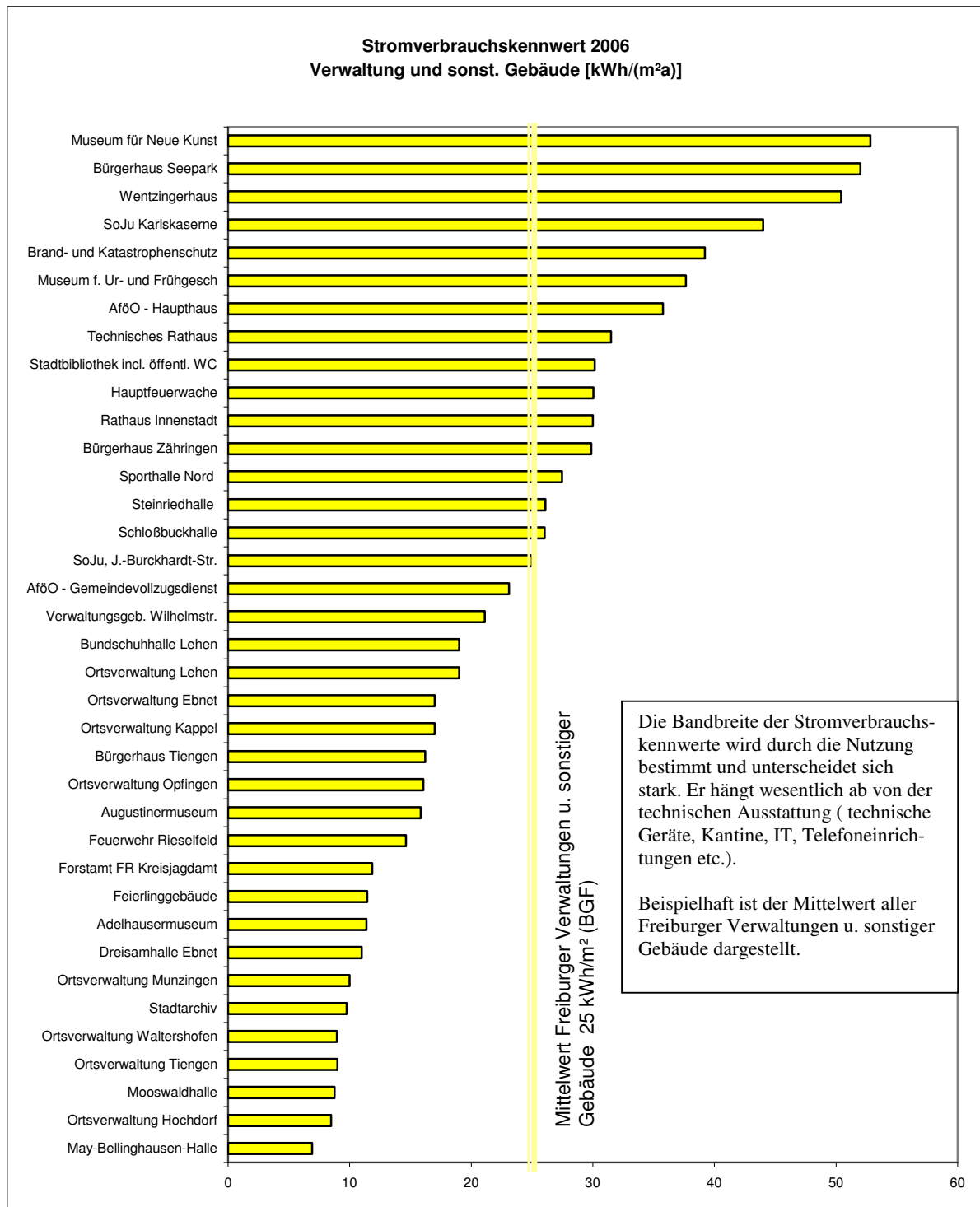


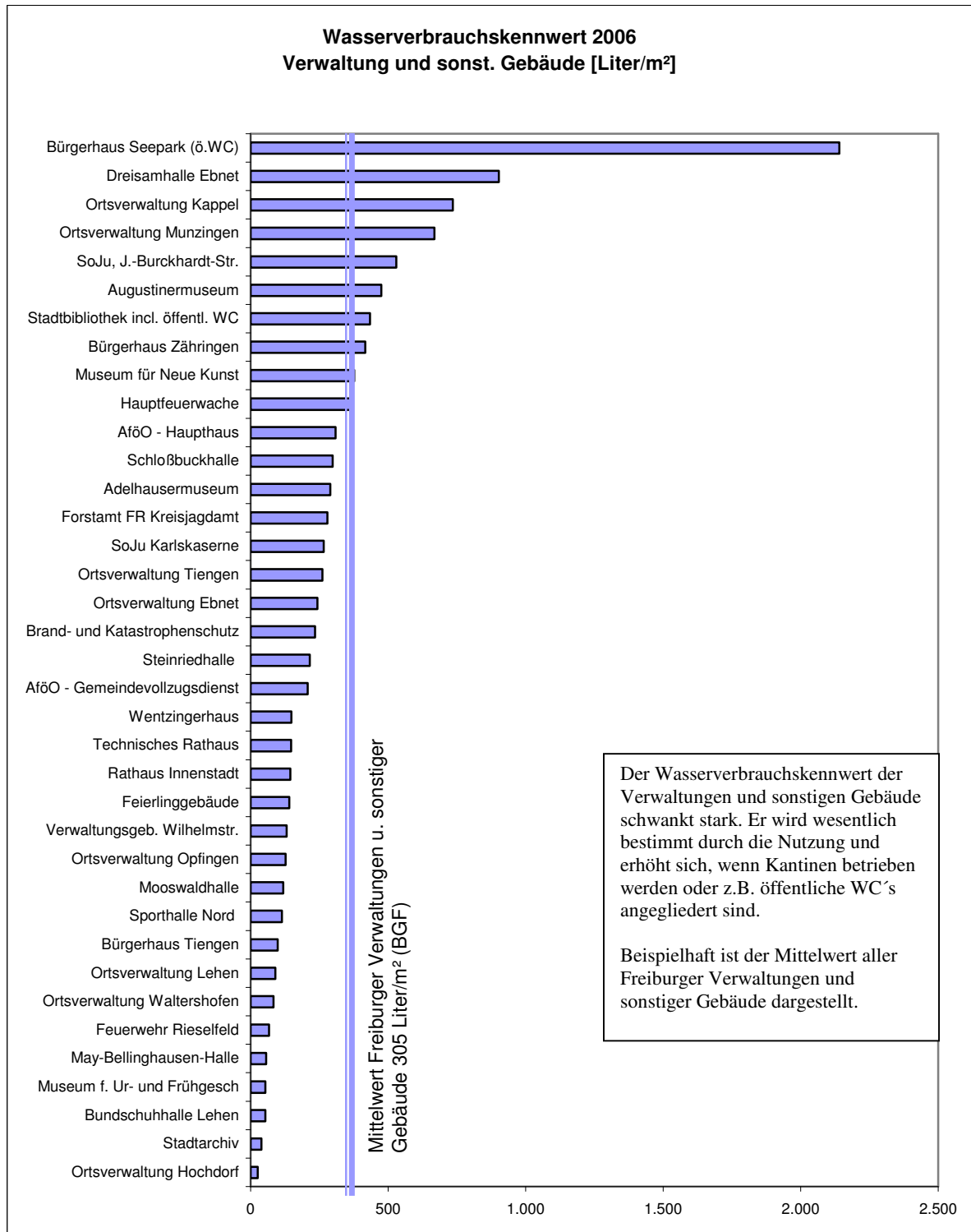






Hinweis: Die Ortsverwaltung Kappel wurde in 2007 u.a. wärmetechnisch umfangreich saniert.







## 11.2 Abkürzungen

<b>Einheiten:</b>			
a	Jahr (lat. annum)	Kap.	Kapitel
d	Tag (lat. dies)	KW	Kennwert
C°	Grad Celsius, Einheit für Temperatur	KWK	Kraft-Wärme-Kopplung, gleichzeitige Erzeugung von Wärme und Strom (s. BHKW)
h	Stunde (lat. hora)	MSR	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik
K	Kelvin, Einheit für Temperatur (bei Temperaturdifferenzen: 1K = 1 °C)	NEH	Niedrigenergiehaus, energiesparende Gebäude, mit einem Heizwärmebedarf Unter 70 kWh/m <sup>2</sup> *a
kg	Kilogramm, Einheit für Masse	NT	Niedertemperatur
kW	Kilowatt, Einheit für Leistung	OV	Ortsverwaltung
kWh	Kilowattstunde, Einheit für Energie (Arbeit), 10 kWh entsprechen etwa dem Energieinhalt von 1 l Heizöl	PH	Passivhaus
Lux	Einheit für die Beleuchtungsstärke	PV	Photovoltaik, Verfahren zur Umwandlung von Sonnenenergie in elektrischen Strom
m	Meter, Einheit für Länge	s.	siehe
m <sup>2</sup>	Quadratmeter, Einheit für Fläche	SAP	Software
m <sup>3</sup>	Kubikmeter, Einheit für Volumen	SoJu	Sozial- und Jugendamt
Mio.	Millionen	Tab.	Tabelle
MW	Megawatt = 1.000 kW	th	thermisch
MWh	Megawattstunde (1 MWh = 1.000 kWh)	WDVS	Wärmedämmverbundsystem
t	Tonne = 1.000 kg	z.T.	zum Teil
s	Sekunde		
<b>Chemische Kürzel:</b>			
CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid, Hauptverursacher des Treibhauseffektes		
<b>Sonstige Abkürzungen:</b>			
Abb.	Abbildung		
BGF	Bruttogrundfläche (nach DIN 277)		
BHKW	Blockheizkraftwerk, Kombination aus Verbrennungsmotor, Generator und Spitzenlastkessel zur Erzeugung von Strom und Wärme		
BW	Brennwert		
CAFM	Computer Aided Facility Management (FM) Unterstützung des FM durch die Informationstechnik in Form eines Computerprogramms, bestehend aus Datenbank und Anwenderoberfläche		
el	elektrisch		
FW	Fernwärme		
GLT	Gebäudeleittechnik		
GMF	Gebäudemanagement Freiburg		

### **Impressum**

Stadt Freiburg  
Dezernat für Umwelt, Schule, Bildung und Gebäudemanagement

Gebäudemanagement Freiburg  
Fehrenbachallee 12  
79106 Freiburg

Titelbild: Sterling BHKW in der Heizzentrale Richard-Fehrenbach und Walther-Rathenau-Gewerbeschulen