



Energiebericht 2009/10

für den

Gebäudebestand des Gebäudemanagements Freiburg

Gebäudemanagement

Oktober 2010

Vorwort

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 CO₂-Entwicklung und Klimaschutz

3 Investive Maßnahmen

- 3.1 Bauliche Sanierungsmaßnahmen
(einschließlich Klimaschutz-Plus-Fördererfolg)
- 3.2 Heizanlagenanierungen
- 3.3 Contracting
- 3.4 Einsatz Energiesparmittel

4 Betriebsoptimierung

- 4.1 Hausmeisterschulungen
- 4.2 Projekt „Lernende Organisation“
- 4.3 Betriebsoptimierungen

5 Nichtinvestives Energiesparen

- 5.1 Fifty-Fifty an Freiburger Schulen
- 5.2 Energiesparen im Büro

6 Verbrauchs- und Kostencontrolling

- 6.1 Energieausweise
- 6.2 Kennzahlenentwicklung

7 Projektdarstellung Sanierung und Neubau

- 7.1 Energetische Sanierungen
- 7.2 Neubau - Die ersten städtischen Gebäude in Passivhausbauweise
- 7.3 Neues Ziel - Das Plusenergiehaus

8 Regenerative Energien, Kraft-Wärme-Kopplung und Regiostrom

- 8.1 PV-Anlagen
- 8.2 Solarkollektor-Anlagen
- 8.3 Holzenergie
- 8.4 Kraft-Wärme-Kopplung
- 8.5 Regiostrom
- 8.6 Biogas

9 Öffentlichkeitsarbeit des EM

10 Ausblick

11 Anhang

- 11.1 Kennzahlen
- 11.2 Abkürzungen

Vorwort



Die Arbeit des Gebäudemanagements bei der Erfüllung des vom Gemeinderat beschlossenen Ziels, den CO₂-Ausstoß um 40 % bis zum Jahr 2030 zu reduzieren, ist immens wichtig. Dass die städtischen Gebäude dieses Ziel ebenfalls erreichen müssen, ist selbstredend. Eine Glaubwürdigkeit in diese Ziele ist nur gegeben, wenn es der Stadt Freiburg selbst gelingt, in den eigenen Gebäuden die Energiesparpotenziale maximal auszuschöpfen. Hier ist das Gebäudemanagement Freiburg als größte gebäudeverwaltende Stelle mit der Vielzahl der durchgeführten Projekte auf einem sehr erfolgreichen Weg.

Eine wichtige Grundlage für eine durchgehende Einsparstrategie ist die Energieleitlinie des Gebäudemanagements, die anspruchsvolle Vorgaben für die Planungen bei Sanierungen oder Neubauten enthält. Bei Neubauten ist der Passivhaus-Standard gesetzt. Bei Sanierungen arbeitet das GMF mit Passivhauskomponenten. Neben dem

baulichen Wärmeschutz gibt es auch energetische Vorgaben für die versorgungstechnischen Anlagen.

Weitere Standards und Ziele setzt die diesjährige Beschlussfassung des Gemeinderates, wonach das Gebäudemanagement 50% der Heizenergie - im Vergleich zu 1992 - bis 2015 einsparen und den Stromverbrauch -trotz steigender Nutzeranforderungen und Technisierung der Gebäude - konstant halten soll. Des weiteren soll zudem grundsätzlich bei jedem städtischen Neubauprojekt untersucht werden, ob es als Plus-Energie-Haus gebaut werden kann. Hiernach ist schon ein erstes Projekt, der Kindergarten Urachstraße, im Bau.

Besonderes Augenmerk ist auf den Stromeinsatz in den städtischen Gebäuden gerichtet. Hier gibt es eine Vielzahl von Optimierungen: hocheffiziente Lüftungsanlagen, stromsparende Beleuchtungen bis hin zu den einzelnen elektrischen Geräten, die in den Gebäuden oft vom Nutzer selbst angeschafft werden. Bei dem Projekt „Lernende Organisation“, in Zusammenarbeit mit der KEA, konnten wir mitnehmen, dass durch eine noch intensivere Betreuung des Betriebes der Gebäude ein Einsparpotenzial von gut 10% zusätzlich zu erzielen ist. Das operative Energiemanagement wurde daraufhin verstärkt, denn auch modernste

Energiespar-Technik muss zielgerichtet angewendet werden können.

Ein Erfolg ist deshalb auch die direkte Zuständigkeit des Gebäudemanagements für die Hausmeister, die vor Ort die technischen Anlagen betreuen. Die Schulungsmaßnahmen und die intensive Betreuung der Hausmeister tragen ihren Teil zu einem energiesparenden Betrieb der Gebäude bei.

Der Energiebericht 2009/2010 zeigt, dass die Stadt Freiburg im Gebäudebestand bislang die richtigen Schritte unternommen hat, um vorbildlich und wegweisend zur CO₂-Reduktion beizutragen.

Im Vergleich zum Energiebericht 2006/2007 (auf neuer Datenbasis und unter Berücksichtigung des Flächenzuwachses) konnten z.B. im Bereich der Heizenergie zusätzlich ca. 16% und beim

Stromverbrauch weitere rd. 3% eingespart werden. Im Ergebnis tragen diese Einsparungen dazu bei, dass - unter Berücksichtigung des Flächenzuwachses - die CO₂-Emissionen gegenüber 1990 um ca. 41% reduziert werden konnten. Somit hat das GMF das Ziel der Stadt Freiburg, die CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2030 um 40% - im Vergleich zum Jahr 1990 - zu reduzieren, bereits erreicht.

Auch das dem Gebäudemanagement für seine Gebäude gesetzte Ziel, 50% Wärmeverbauchs-einsparung bis 2015 zu erreichen, ist bei entsprechender Weiterführung der bisherigen Maßnahmen und Projekte erreichbar.

Ihre
Gerda Stuchlik
(Bürgermeisterin)

0 Einleitung

Der Energiebericht 2009/2010 des Gebäudemanagements Freiburg (GMF) analysiert die erhobenen Verbrauchs- und Kostendaten und gibt einen Überblick über die Arbeit des Energiemanagements von 2008 bis 2010 und enthält aktuelle Informationen zu Projekten. Der Energiebericht umfasst die im Zuständigkeitsbereich des Gebäudemanagements liegenden Immobilien wie die Schulen, die Verwaltungsgebäude und die Kindergärten der Stadt Freiburg.

Zuständigkeitshalber von der Berichterstattung ausgenommen sind die städtischen Wohnungen und gewerblichen Immobilien sowie die Bäder und die städtischen Gebäude der Eigenbetriebe. Mit der Gründung des neuen Amtes für Wohnraumversorgung werden auch die Daten der Wohnheime nicht mehr in den Energiebilanzen des GMF geführt. Vom Energiemanagement wurde deshalb die Datenbasis, auch die des Basisjahres 1990, an den heute aktuellen Gebäudebestand des GMF angepasst, um eine Vergleichbarkeit zu gewährleisten. Deshalb unterscheiden sich Zahlen im jetzigen Bericht von Zahlen im letzten Bericht 2006/2007.

Die erhobenen spezifischen Kennwerte der städtischen Gebäude geben Auskunft über den derzeitigen energetischen Zustand der Gebäude. Sie sind eine wichtige Grundlage für Sanierungskonzepte, Förderanträge und Controllingaufgaben. Die Kosten- und Verbrauchswerte unterstützen die Arbeit des GMF insbesondere auch, weil 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-03/222:** "10 % Strom aus erneuerbaren Energiequellen"
inkl. 10 % Stromeinsparung
- b) **Drucksache G-03/088.1:** Öko-Bonus von 50 € je vermiedene Tonne CO₂ bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung von Heizanlagen, wenn eine Variante nicht mehr als 10 % über der Vergleichsvariante liegt
- c) **Drucksache G-4/266.2:** Verbesserte Niedrigenergiebauweise: - 30 % des Transmissionswärmeverlustes HT', Primärenergie max. 75 % des in der ENEV festgelegten Wertes, Primärenergiefaktor fp von 1,1 - bei Holzpellets oder Klein-BHKW's gelten Ausnahmen.
- d) **Drucksache G-07/102:** Klimaschutzkonzept Stadt Freiburg i.Br.
- Verringerung der CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2030 um 40 %
- e) **Drucksache G-07/120:** Bau- und Energieleitlinie (näheres s. 1.2)
- f) **Drucksache G-09/285:** Freiburger Energieeffizienz-Strategie am Beispiel des Gebäudemanagements, Beschlussfassung zum Einspar-Contracting Pool 4.

1.2 Bau- und Energieleitlinie

Das Gebäudemanagement hat Bauleitlinien sowie eine Energieleitlinie entwickelt und dem Gemeinderat mit Drucksache G-07/120 im Jahr 2007 zur Kenntnisnahme vorgelegt.

Mittlerweile haben sich die Baustandards sowie die Energieleitlinie in der Praxis bewährt. Sie werden vom GMF regelmäßig auf den neusten Stand fortgeschrieben. Als wichtiger Standard für die Neubauten gilt die Passivhausbauweise sowie die Sanierung mit Passivhauselementen. Heute wird bei Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen die technische Lebensdauer sowie der Lebenszyklus des Gebäudes betrachtet. Diese realistische Herangehensweise hat dazu geführt, dass sich die energiesparende Passivhausbauweise bei Neubauten durchsetzen konnte, die neben wärmeschutztechnischen Anforderungen auch hohe Anforderungen an die technische Ausrüstung, z.B. Effizienz von Lüftungssystemen, stellt. Gebäude, die energiesparend rundum optimiert wurden, eignen sich für einen nochmals erweiterten Ansatz, dem Plusenergiehaus, das in Kapitel 7.3 beschrieben wird.

Die vom GMF festgelegten Standards ergänzen bestehende Vorgaben und Gesetze und gehen in der Konsequenz zum Energiesparen deutlich darüber hinaus. Die Bauleitlinien und die Energieleitlinie sind für alle städtischen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, aber auch für jeden externen Planer und Dienstleister (z.B. Contracting) seit dem 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 badenova auf SAP hat sich die Arbeit mit dieser Datenbank erschwert, da die eigens hierfür entwickelte Schnittstelle separat bedient werden muss. Die Probleme der Datenlieferung des vom Energielieferanten beauftragten Abrechnungsdienstleisters machen sich auch beim GMF bemerkbar. Es waren erhebliche Anstrengungen erforderlich, um die Daten fehlerfrei und vollständig aufzubereiten.

Zukünftig soll die Datenbank Akropolis abgelöst werden. Die Verbrauchs- und Kostendaten sowie verschiedene Auswertungen für das Energiemanagement werden dann über SAP erfolgen. Dem Vorschlag der KEA, die im Rahmen des Projekts „Lernende Organisation“ erprobte Spezialsoftware für das Energiemanagement einzuführen, wurde verworfen, da derzeit das Ziel verfolgt wird, maximale Synergieeffekte bei der Pflege des auf SAP basierten Datenbestandes zu nutzen.

2.2 Preisentwicklung

Im Vergleich zum Basisjahr 1990 (Index = 100) entwickelten sich die Preise wie folgt:

	1990	1999	2006	2009
Fernwärme	100	147,3	244,4	288,1
Gas	100	121,7	279,6	344,8
Öl	100	131,6	285,1	253,1
Strom	100	92,0	92,6	109,5
Wasser	100	132,7	132,8	132,8

Die Übersicht zeigt für das Jahr 2009, trotz Abflachung der Konjunktur, ein hochpreisliches Niveau. Der Ölpreis war bereits im Fallen begriffen, dem der Gaspreis verzögert durch die Bindung an den Ölpreis folgte. Beim Strompreisanstieg machte sich zusätzlich der Anstieg der EEG-Umlage¹ bemerkbar. Der Wasserpreis blieb konstant.

2.3 Bereinigung der Werte

Damit der Heizenergieverbrauch eines Gebäudes verschiedener 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 aufgearbeitet worden.

Heizgradtage	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Freiburg / Stadt	1.605	2.063	1.832	1.865	1.540	1.843	2.201	1.798	1.731	1.726	1.431	1.771	1.554	1.851	1.850	1.878	1.875	1.851	2.013	2.008

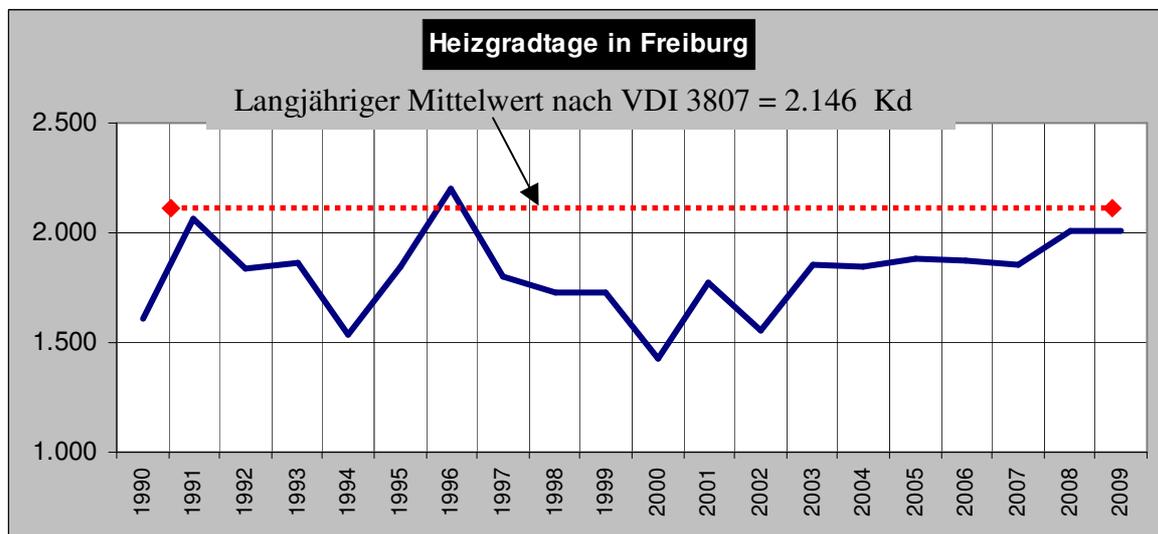


Abb. 1: Heizgradtage² Stadt Freiburg i.Br.

Die Abb. 1 zeigt, dass der langjährige Mittelwert, mit Ausnahme von 1996, durchwegs unterschritten wurde und es damit eine deutliche Tendenz hin zu wärmeren Jahren gibt. In den letzten beiden Jahren 2008 und 2009 stieg, bedingt durch die

¹ EEG-Umlage: Jährlich neu festgelegter und zu entrichtender Aufschlag je bezogene kWh, gemäß Erneuerbare-Energien-Gesetz

² Definition gemäß VDI 3807: Heizgradtage sind ein Hilfsmittel, um den Wärmeverbrauch witterungsunabhängig darzustellen

kühle Witterung, die Summe der Heizgradtage wieder an. Sie blieben aber noch unter dem langjährigen Mittelwert.

2.4 Flächenentwicklung

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

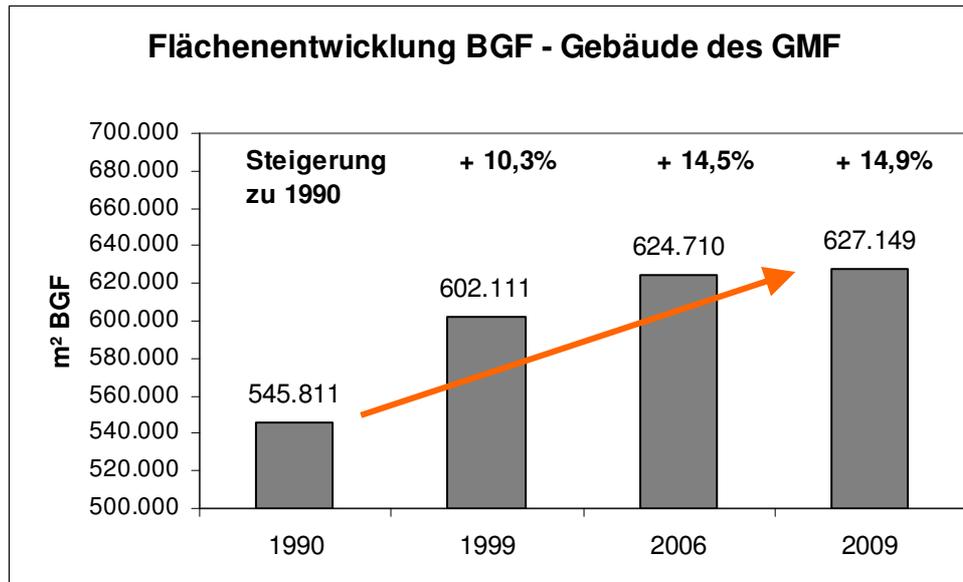


Abb. 2: Flächenentwicklung der Liegenschaften des GMF

Als eine der bundesweit wenigen Städte steigt die Einwohnerzahl der Stadt Freiburg und damit auch der Bedarf an öffentlichen Einrichtungen beständig an. Von 2006 bis 2010 stieg die Gebäudefläche um rund 2.400 m² an.

2.5 Versorgungsstruktur

Die Wärmeversorgung der Gebäude des GMF erfolgte zu folgenden Anteilen.

Anteile der Wärmeversorgung				
	1990	1999	2006	2009
Fernwärme	11,5%	11,8%	19,5%	19,7%
Erdgas	59,6%	59,6%	61,6%	60,9%
Heizöl	28,8%	28,6%	17,7%	18,3%
Holz *			1,2%	1,1%

Tab. 1: Art der Wärmeversorgung

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

Der Heizölverbrauch ist in den letzten Jahren zugunsten neuer mit Fernwärme versorgter, aber auch von Heizöl auf Erdgas umgestellter Liegenschaften deutlich

zurückgegangen. Diese Umstrukturierung wird vom GMF bewusst forciert. In den Jahren 2006 bis 2009 wurden keine zusätzlichen Gebäude an die Fernwärme angeschlossen, da zunächst der Wärmeschutz der Gebäude verbessert werden musste (vgl. 3.1 u. 3.2). Die leichten prozentualen Verschiebungen zwischen den Energieträgern sind hierin begründet.

Bei der Fernwärmeversorgung erfolgt die Energiebereitstellung auf der Basis der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK). Die hierbei eingesetzten BHKW's verfügen in den großen Leistungsklassen über einen hohen elektrischen Wirkungsgrad. Das führt zu hohen Stromgutschriften³ und CO₂-Einsparungen bei der KWK. Voraussetzung für einen Anschluss an ein Fern- bzw. Nahwärmenetz ist allerdings, dass die früher häufig unterschätzten Netzverluste der Fern- und Nahwärmeleitungen vom Energieversorger gering gehalten werden, da sonst der umweltseitige Vorteil teilweise deutlich verringert wird.

Bei der Umstellung von Heizöl auf Erdgas kann ebenfalls eine klar bessere CO₂-Bilanz erreicht werden. Die Umstellung bringt bereits 23% Einsparung, da Erdgas im Vergleich zum Heizöl niedrigere spezifische Emissionen aufweist. Hinzu kommt, dass bei Gasheizungen vom GMF standardmäßig die optimale Brennwertechnik eingesetzt wird, die zusätzliche Einsparungen durch den um rund 10% höheren Wirkungsgrad ermöglicht.

Ein wichtiger Punkt für das GMF, die Umstellung von Heizöl weiter zu forcieren, liegt auch in den sich ändernden Energiemärkten begründet. Die bisherige Bindung des Gaspreises an den Heizölpreis wird aufgehoben. Die Entwicklung des Gaspreises wird sich damit loslösen von den teilweise beim Heizöl bestehenden preistreibenden Faktoren. Es ist zu vermuten, dass in Zeiten einer hohen Nachfrage der Ölpreis deutlicher steigen wird als der Gaspreis.

2.6 Verbräuche Energie und Wasser

Die Gebäude des GMF haben in 1990, 2006 und 2009 Energie und Wasser wie folgt bezogen bzw. verbraucht:

		Jahre			Veränderung	
	Einheit	1990	2006	2009	1990-2009	2006-2009
Heizenergie	[MWh]	75.850	59.001	49.770	-34,38 %	-15,65 %
Strom	[MWh]	10.724	11.517	11.235	4,77 %	-2,45 %
Wasser	[m ³]	212.972	113.353	115.755	-45,65 %	2,12 %

Tab. 2: Energie- und Wasserverbrauch 1990, 2006 und 2009

³ Ein BHKW erzeugt Wärme und Strom. Der erzeugte Strom des BHKW's ersetzt bislang erzeugten Strom u.a. aus Großkraftwerken. Dies führt zu einer Stromgutschrift, die bei großen Leistungsklassen höher, als beispielsweise bei Kleinst-BHKW's ist.

Die Tabelle zeigt, dass der Bedarf an Heizenergie von 2006 bis 2009 um -15,65% und der Stromverbrauch um -2,45% gesenkt wurde. Der Wasserverbrauch stieg um 2,12% leicht an.

Im Vergleich zum Basisjahr 1990 wurde die Heizenergiebedarf um -34,38% verringert. Der Stromverbrauch stieg um 4,77% und der Wasserverbrauch wurde um -45,65% reduziert. Um diese Entwicklung eingehender beurteilen zu können, muss zusätzlich die Flächenentwicklung, mit einer Steigerung von 1990-2009 von +14,9% (vgl. Abb.2), berücksichtigt werden.

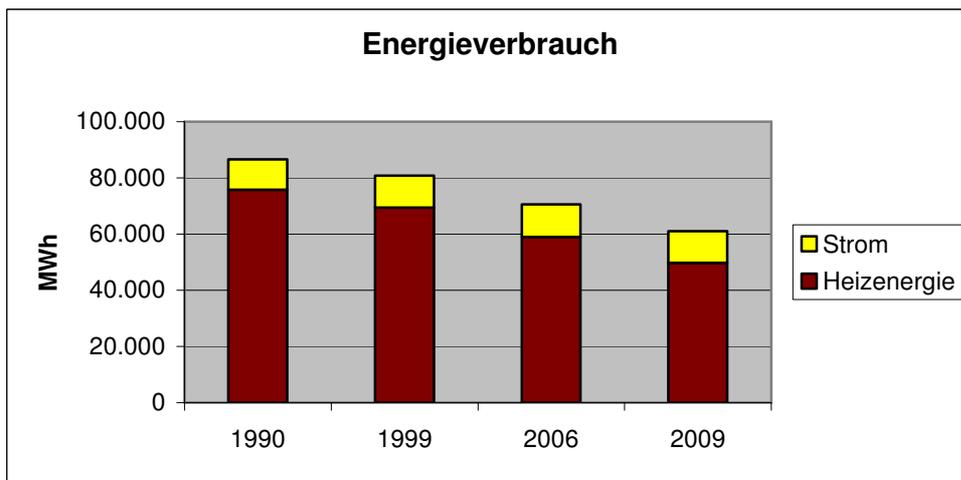


Abb. 3: Energieverbrauch der Gebäude des GMF

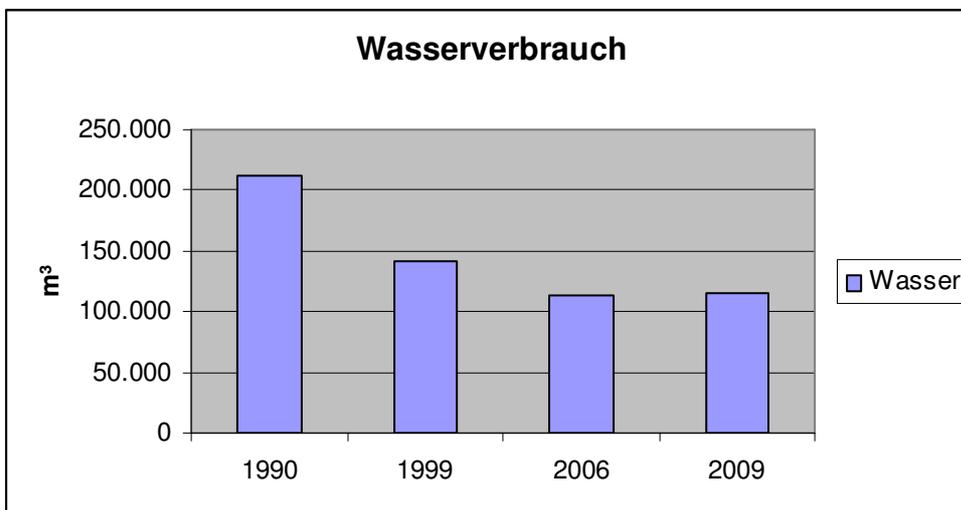


Abb. 4: Wasserverbrauch der Gebäude des GMF

Wird die Flächenentwicklung bei der Entwicklung der Verbräuche mit berücksichtigt, dann zeigt sich ein noch deutlicherer Einsparerfolg. Von 1990 bis zum Jahr 2009 konnte der Einsatz von Heizenergie um -42,89% gesenkt werden. Im Vergleich der Jahre 2006 bis 2009 machen sich die zwischenzeitig begonnenen und teilweise bereits abgeschlossenen umfänglichen wärmeschutztechnischen Sanierungen sowie die Betriebsoptimierungen, durch eine Senkung um -15,97% besonders bemerkbar.

		Jahre			Veränderung	
	Einheit	1990	2006	2009	1990-2009	2006-2009
Heizenergie	[kWh/m ²]	139,0	94,4	79,4	-42,89 %	-15,97%
Strom	[kWh/m ²]	19,6	18,4	17,9	-8,82 %	-2,83 %
Wasser	[l/m ²]	390,2	181,4	184,6	-52,70 %	1,72 %

Tab. 3: Energie- und Wasserverbrauch 1990, 2006 und 2009 je m² BGF

Auch der Stromverbrauch konnte von 1990-2009 um –8,82% und von 2006 auf 2009 um –2,83%, trotz gegenläufiger Entwicklungen durch den erhöhten Strombedarf seitens der Nutzer, gesenkt werden.

Der insgesamt von 1990 bis 2009 um –52,7% gesenkte Wasserverbrauch stieg von 2006 auf 2009 mit +1,72% leicht an, was u.a. in der zunehmenden Ausstattung der Schulen mit Essensmöglichkeiten begründet ist.

2.7 Kosten Energie und Wasser

Kosten [Mio. €]				Veränderung [%]	
	1990	2006	2009	1990- 2009	2006-2009
Wärme	1,41	3,69	4,12	291,6	111,5
Strom	1,91	1,90	2,19	114,7	115,3
Wasser	0,44	0,31	0,32	72,2	102,1
Gesamt	3,77	5,91	6,63	176,0	112,2

Tab. 4: Entwicklung der Gesamtkosten

Die Energiekosten entwickelten sich im Verlauf der Jahre kontinuierlich nach oben. Die Wärmekosten sind aufgrund der Preisentwicklung bis zum Jahr 2008 stark gestiegen, dann aber im Rahmen der allgemeinen Wirtschaftskrise wieder zurückgegangen. Der mittlere Kostenanstieg von 2009 zu 2006 betrug bei der Wärme 11,5% und beim Strom 15,3%. Die Kosten für Wasser sind aufgrund der erhöhten Nachfrage um 2,1% von 2006 auf 2009 gestiegen.

2.8 CO₂-Entwicklung und Klimaschutz

Das Gebäudemanagement hat die CO₂-Entwicklung auch für diesen Bericht fortgeschrieben. Die Stadt Freiburg hat sich per Gemeinderatsbeschluss vom 26.06.2007 verpflichtet, ihre CO₂-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 GMF zuständig ist. Bedauerlicherweise mussten die bisher vom GMF erhobenen und gepflegten Daten für die Wohnheime aus der gesamten CO₂-Bilanz herausgenommen werden, da das GMF seit 2009 für diese Gebäude keine Zuständigkeit mehr hat. Dies ist unter dem Gesichtspunkt einer Bewertung aller städtischen Liegenschaften nachteilig, wenngleich der Flächenanteil der Wohnheime mit rund 3 % Flächenanteil, bezogen auf die Gesamtflächen des GMF im Jahr 2009, relativ gering ist.

Grundlage der Emissionsberechnungen sind die, von dem für die gesamtstädtische Klimabilanz zuständigen Umweltschutzamt, gelieferten spezifischen Emissionen auf der Grundlage des Klimaschutzberichts von 2007 für die Stadt Freiburg.⁴

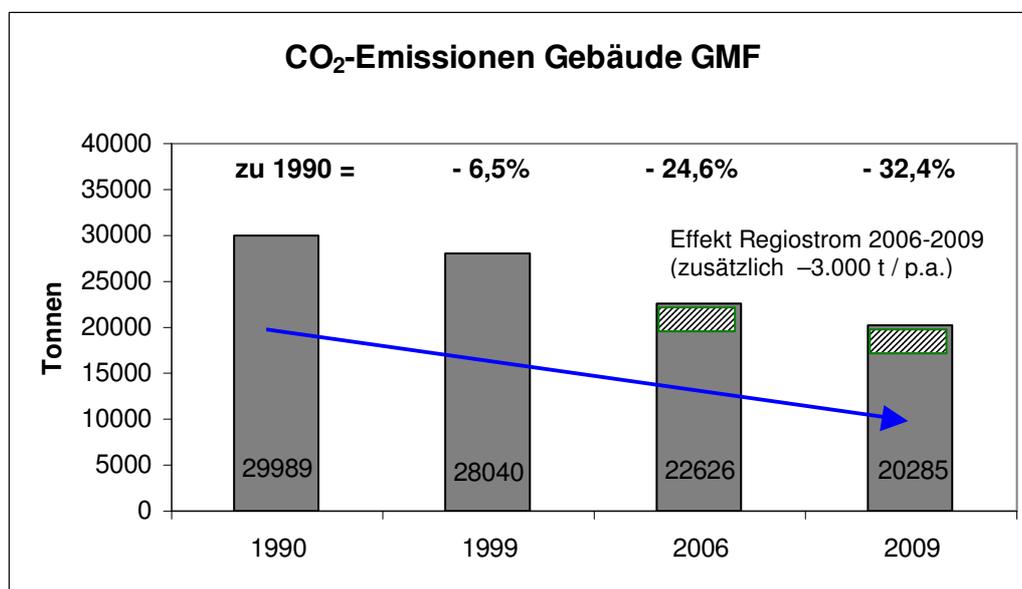


Abb. 5: CO₂-Emissionen Gebäude GMF

Ergebnis und Entwicklung der CO₂-Emissionen (trotz Flächenzuwachs + 14,9 %)

CO₂ Einsparung von 1990 bis 2009 = - 9.704 Tonnen $\hat{=}$ 32,4 %

Die nachfolgende Tabelle 5 zeigt, dass die CO₂-Einsparung mit -41,1 % im Vergleich der Jahre 1990 und 2009 höher ausfallen würde, wenn der Flächenzuwachs mit berücksichtigt wird. Unter Berücksichtigung der CO₂-Einsparungen beim Regiostrom würde sogar eine CO₂-Einsparung von 1990 bis 2009 von -49,8 % erzielt. Das GMF übertrifft somit, für den ausgewerteten Gebäudebestand, das Klimaschutzziel der Stadt Freiburg von - 40 % CO₂-Einsparung.

⁴ Da in den spezifischen Emissionen bislang nicht die Netzverluste enthalten waren, wurde für eine ausgeglichene Bilanzierung ein pauschaler Ansatz, für die von der Wärme Plus versorgten Liegenschaften, von 15% rückwirkend und in Abstimmung mit dem UWSA berücksichtigt.

Einsparungen CO ₂ bezogen auf BGF				
	1990	1999	2006	2009
CO ₂ -Emissionen [Tonnen]	29.989	28.040	22.626	20.285
Einsparung CO ₂ bezogen auf BGF [%]		-15,2	-34,1	-41,1

Tab. 5: Einsparung CO₂ bezogen auf BGF

Hinweise zur Emissionsbilanz

Bei der Emissionsbilanz kann der durch den Regiostrom ausgelöste Effekt an CO₂-Einsparung, nicht in Abzug gebracht werden, weil dies nicht der Systematik der Klimaschutzbilanz der Stadt Freiburg, die in der Zuständigkeit vom Umweltschutzamt erstellt wird, entspricht. Im Jahr 2006 und 2009 beträgt der Einspareffekt durch den Regiostrom 3.000 Tonnen (Angabe badenova), so dass die Gesamt-CO₂-Einsparung zwischen 1990 und 2009 theoretisch bei -12.704 Tonnen, entspricht -42,4 %, beziehungsweise unter Einbezug des Flächenzuwachses bei -49,8% liegen würde.

3. Investive Maßnahmen

3.1 Bauliche Sanierungsmaßnahmen

Das Gebäudemanagement hat zur Vorbereitung anstehender Sanierungen den Gebäudebestand bewertet. Bei Gebäuden mit einem erheblichen Sanierungsbedarf werden die vom Energiemanagement erhobenen Daten, wie z.B. Energieverbräuche, Gebäudekennzahlen sowie spezielle Einzelauswertungen, hinzugezogen. Ergänzt werden die Auswertungen auch durch Thermografieaufnahmen.

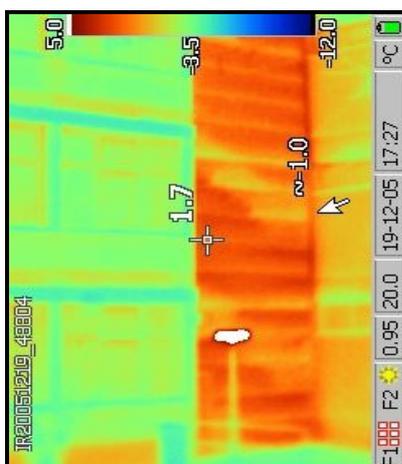


Abb. 6 u. 7: Die Thermografieaufnahmen der Paul-Hindemith-Schule zeigen vor der Sanierung extreme Wärmebrücken und Schwachstellen der Gebäudehülle

Sie bieten die Möglichkeit, bauliche Mängel wie fehlenden Wärmeschutz, Wärmebrücken usw. zu erfassen.

Exkurs: Die vorstehenden Thermografieaufnahmen zeigen deutliche Wärmeverluste und Wärmebrücken, baubedingt typisch für den Kreuz-Typenbau, im Bereich Außenwand und Fenster einschließlich Flur. Die im rechten Bild dargestellte markante geometrisch und baulich bedingte Wärmebrücke (Gebäudeecke, Innenaufnahme) lag im Bereich des Lehrertisches und führte, in Verbindung mit unzureichend wärme geschützten Fenstern, zur Ausbildung einer latenten Kältezone in der Raumecke. Die Ecktemperatur sank in diesem Bereich auf rund 10°C ab. Um dem Kälteeinfluss entgegenzuwirken, war die Raumtemperatur hochgestellt worden und lag bei der Aufnahme bei >25°C. Diese vermeidliche „Lösung“ konnte das eigentliche Problem nicht beseitigen, steigerte aber den Wärmeverlust zusätzlich.

Erst der umfassende Wärmeschutz der Außenwände, einschließlich neuer Wärmeschutzfenster, brachte eine optimale Lösung für die Nutzer und reduzierte die Wärmeverluste deutlich. Zusätzlich wird die Bausubstanz geschützt. Die vom GMF unterhaltenen neun Kreuz-Typenbau Schulgebäude wurden, aufgrund des äußerst schlechten Wärmeschutzes, in den Jahren 2008 bis 2010 vollständig, hochwertig und dauerhaft mit Passivhauselementen wärme gedämmt.

Die Aufstellung eines Sanierungs- und Investitionsplans hat sich in den vergangenen Jahren bewährt. Hierbei orientiert sich das GMF an einer langfristigen CO₂-Einspar-Strategie. Bei umfangreichen Sanierungen werden zunächst alle Bauteile wie Fenster, Außenwände, Decken usw. wärmetechnisch möglichst vollständig mit Passivhauselementen optimiert. In Gebäuden in denen eine wärmetechnische Sanierung z.B. wirtschaftlich nicht realisierbar ist, kann auch ein Neubau eine Option darstellen.

Die wärmetechnisch sanierten Gebäude führen zu Heizenergieeinsparungen von teilweise über 50%. Gleichzeitig werden die Gebäude bauphysikalisch ertüchtigt. Eine gute Wärmedämmung ist, in Verbindung mit geeigneten Verschattungseinrichtungen, auch ein guter Schutz gegen die Überhitzung der Gebäude in den heißen Sommermonaten. Der Wärmeschutz ermöglicht eine bessere Nutzung der Gebäude und beseitigt auch im Sinne der Nutzer Problemstellen, wie die Thermografieaufnahmen (s.o.) eindrücklich zeigen.

a) Maßnahmen Konjunkturprogramm

Das Konjunkturprogramm der Bundesregierung wurde mit dem Ziel angesetzt, die Zeit der wirtschaftlichen Krise durch zusätzliche Investitionen zu überbrücken und neben einer Belebung des Baubereichs Projekte mit hohen Energie- und CO₂-Einsparungen zu fördern.

Projekte KP II 2009-2011	Energiesparende Maßnahmen der Sanierung	Bewilligung
		€
Albert-Schweitzer-Schule	Kreuzbau: Vollständige energetische Fassadensanierung sowie Wärmeschutzfenster im Treppenhaus	472.500
Schneeburgschule	Kreuzbau: Maßnahmen s.o.	360.000
Vigeliusschule Nordkreuz	Kreuzbau: Maßnahmen s.o.	360.000
Vigeliusschule Westkreuz	Kreuzbau: Maßnahmen s.o.	360.000

Tullaschule	Kreuzbau: Maßnahmen s.o.	439.220
Goethe-Gymnasium	Dämmung oberste Geschoßdecke	94.555
Hebelschule	Dämmung oberste Geschoßdecke	22.758
Hansjakob-Schule	Dämmung oberste Geschoßdecke	20.967
Hofackerschule	Dämmung oberste Geschoßdecke	37.500
Karlschule Turnhalle	Dämmung Decke über Garage zum Schulbereich	75.000
Merianschule	Fassadendämmung, Wärmeschutzfenster, Heizungssanierung	2.165.000
THG, BA I	Gesamte Gebäudehülle mit Passivhaus-Komponenten	2.025.000
Kiga Opfingen	Wärmeschutz Dach u. Fassade, Fenster, effiziente Beleuchtung	322.500
Kiga Waltershofen	Wärmeschutz Dach u. Fassade, Fenster, effiziente Beleuchtung	300.000
Kiga Landwasser-Wirthstr.	Wärmeschutz Dach u. Fenster, WDVS Fassade	375.000
Augustinermuseum	Energetische Sanierung des Kreuzgangs, Anpassung Heizanlage	414.000
Stadtbibliothek	Eingangstüranlage (u.a.)	127.000
Summen:		7.971.000

Tab. 6: Maßnahmen Konjunkturprogramm II - Zeitraum 2009 bis 2011

Durch die sehr hohen Investitionszuschüsse von 75% wurde diese Fördermöglichkeit voll ausgeschöpft.

b) Förderprogramm Klimaschutz-Plus

In den Jahren 2008 und 2009 konnten jeweils die im Vorjahr beim Klimaschutz-Plus-Programm angemeldeten Projektinvestitionen übertroffen werden. Mit rund 8 Mio. € erreichte im Jahr 2009 die Investitionssumme für gestellte Anträge den höchsten Stand. Es wurden wiederum beträchtliche Summen in die Sanierung der städtischen Gebäude, mit dem Schwerpunkt energiesparender Maßnahmen, investiert. Durch das im Jahr 2009 aufgelegte Konjunkturprogramm konnten im Jahr 2010 weniger Anträge gestellt werden.

Die Förderungen des Klimaschutz-Plus Programms des Landes Baden-Württemberg werden als direkte Zuschüsse erteilt und liegen deutlich über KfW-Förderungen des Bundes, die in der Regel über eine Zinsverbilligung erfolgen. Sie sind im Verhältnis zum Aufwand relativ unlukrativ und können bei begrenzter Kreditaufnahme teilweise von Kommunen nicht bedient werden. Beim Klimaschutz-Plus Programm ist eine maximale Förderquote von bis zu 20% erreichbar.

Im Durchschnitt liegt die Förderquote bei ca. 10 % der förderfähigen Investitionen. Gebäude mit einer Nahwärmeversorgung auf der Basis von Kraft-Wärme-Kopplung erreichen durch die bereits reduzierten CO₂-Emissionen nur noch eine geringe Förderung, die Quote liegt bei diesen Projekten teilweise unter 5%.

Das GMF sieht sich insgesamt in seiner Strategie bestärkt, dass vor Investitionen in die technischen Anlagen der bauliche Wärmeschutz verbessert werden muss. Dadurch ergeben sich bessere Bezuschussungsmöglichkeiten und die Heizanlage kann beispielsweise geringer dimensioniert werden. Das spart zusätzlich Investitions- und Betriebskosten und auch der Wirkungsgrad der Heizanlage steigt bei optimaler Auslastung.

Objekt	Maßnahme	Investition	Förderung erwartet	CO ₂ -Einspar. in Tonnen		Einsparung in MWh	
				p. Jahr	Laufzeit	Wärme	Strom
Rathaus Innenstadt	Vorsatzfenster	415.000 €	29.875 €	28,0	700	162,8	
Rotteck-Gymnasium	AW, Fenster	2.761.460 €	139.900 €	111,9	2.798	458,5	
Loretto-Schule	AW, Fenster, Dach	480.000 €	84.750 €	69,4	1.735	223,9	
Adolf-Reichwein-Schule	AW, Fenster	776.963 €	90.150 €	63,6	1.590	424,0	
Vigelius- u. Schenkendorf.	AW, Fenster, Tür	634.240 €	112.500 €	89,9	2.248	290,0	
Staudinger-Gesamtschule	Wärmeschutz Flachd.	830.080 €	31.625 €	26,9	673	211,8	
Weierhof-Sch.–Turnhalle	WS Wände u. Fenster	80.000 €	12.900 €	10,8	270	98,2	
Wentzinger-Schulen	BA I-III, AW, Fenster	682.446 €	85.650 €	68,3	1.708	279,9	
Wentzinger-Schulen	Beleuchtung	400.000 €	62.900 €	83,9	1.259		138,6
Reinh.-Schneider-Schule	AW, Fenst., Boden, Dach	290.129 €	44.000 €	35,2	880	140,1	
	gesamt:	7.350.318 €	694.250 €	588	13.861	2.289	139

Tab. 7: Übersicht Antragstellung Klimaschutz-Plus im Jahr 2008

Objekt	Maßnahme	Investition	Förderung erwartet	CO ₂ -Einspar. in Tonnen		Einsparung in MWh	
				p. Jahr	Laufzeit	Wärme	Strom
Rotteck-Gymnasium	AW, Teil 2	1.070.613 €	165.150 €	110,1	3.303	438,5	
Rotteck-Gymnasium	Teil Beleuchtung	349.200 €	18.450 €	24,6	369		40,9
Theodor-Heuss-Gymn.	Wärmeschutz Kl.+GTS	1.654.490 €	124.050 €	82,7	2.481	329,4	
Theodor-Heuss-Gymn.	1.+2. BA Beleuchtung	387.700 €	17.100 €	22,8	342		37,9
Theodor-Heuss-Gymn.	Lüftungsanl.- Turnh.	60.803 €	13.900 €	18,5	278	40,6	13,8
Theodor-Heuss-Gymn.	Lüftungsanl.- Kl. Turnh.	74.150 €	13.650 €	18,2	273	49,6	9,7
Theodor-Heuss-Gymn.	Lüftungsa.- Umkleide	142.368 €	25.750 €	34,3	515	95,2	17,3
Wentzinger-Schulen	AW, Fenster (Rest BA)	1.615.985 €	331.650 €	233,4	7.002	881,1	
Hauptfeuerwache	AW, Fenster, Dach etc.	2.493.500 €	119.250 €	79,5	2.385	313,1	
Rathaus Innenstadt	Fenstersanierungen	350.000 €	36.150 €	24,1	723	140,3	
Kiga Krozinger Str.50	AW, Fenster, Dach	699.016 €	16.500 €	11,0	330	73,1	
	gesamt:	8.897.825 €	881.600 €	659	18001	2361	120
zusätzlich in Auftrag:							
Einseg.-Halle St. Georgen	für EBF: Dachsanieru.	230.000 €	15.750 €	10,5	313	42,0	

Tab. 8: Übersicht Antragstellung Klimaschutz-Plus im Jahr 2009

Beim Förderprogramm Klimaschutz-Plus konnten im Jahr 2010 nur drei Förderanträge gestellt werden. Die Aufstellung ist für 2010 noch nicht abschließend.

Objekt	Maßnahme	Investition	Förderung erwartet	CO ₂ -Einspar. in Tonnen		Einsparung in MWh	
				p. Jahr	Laufzeit	Wärme	Strom
Kiga Krozinger Str.50	Dämmung, TG-Decke	64.569 €	12.914 €	9,7	291	64,5	
Kiga Krozinger Str.51	Beleuchtung	48.504 €	6.600 €	8,8	132		14,6
Bürgerhaus Seepark	Effiziente Beleuchtung	115.216 €	11.950 €	15,9	239		26,4
	gesamt (Stand 10/10):	228.289 €	31.464 €	34,4	662	65	41

Tab. 9: Übersicht Antragstellung Klimaschutz-Plus im Jahr 2010 (Stand 10/10)

Zusätzlich zu dieser Übersicht wurden zahlreiche, zum Teil auch umfangreichere Einzelmaßnahmen, unter anderem im Rahmen der Bauunterhaltung, umgesetzt.

3.2 Heizanlagenanierungen

Die folgende Abbildung zeigt die in den Jahren 2008 bis 2010 sanierten Heizanlagen mit Typ, Wärmeleistung (WL) und Sanierungskosten.

Objekte	Jahr	Umsetzung	WL alt [kW]	Typ alt	WL neu [kW]	Typ neu	red. [kW]	Kosten
Mooswaldschule	2008	GMF	6 x 20	Gas	62	BW Gas	58	18.700 €
Spielturm Weingarten	2008	GMF	6 x 3	Gas	14	BW Gas	4	10.000 €
Sozial- u. Jugenda., KaJo 143	2008	GMF	250	Gas	224	BW Gas	26	52.000 €
Psychol. Beratung, Jacobistr.	2009	GMF	50	Öl	9,2-46	BW Gas	4	9.000 €
Deutsch-Franz.-Grundschule	2009	GMF	171	Gas	115	BW Gas	56	28.000 €
Lycee-Turenne	2009	GMF	562	BW Gas	562	BW Gas	-	28.000 €
Thermalbad Zähringen	2009-2010	GMF	1100	Gas/Öl	170	BW Gas	930	120.000 €
Gärtnerunterkunft Seepark	2010	GMF	24	Gas	6-21	BW Gas	3	7.200 €
Emil-Gött Turnhalle	2010	Einspar-Contr.	75 75	Gas	100	BW Gas	50	Einspar-Contr.
Tullaschule Turnhalle	2010	Einspar-Contr.	163	Öl	100	Öl Gas	63	Einspar-Contr.
Hansjakob-Schule	2010	Einspar-Contr.	291 349 349	Gas/Öl	600 (+88 th)	BW Gas (+ BHKW)	301	Einspar-Contr.
Goethe-Gymnasium	2010	Einspar-Contr.	697 180 221 (Som.)	Gas/Öl	400	BW Gas	444	Einspar-Contr.

Joh.-Schwartz-Schule	2010	GMF	105 141	Öl	2 x 72,5	BW Gas	101	110.000 €
Kiga, St. Cyriak (Lehen)	2010	GMF	162	Öl	16-49	BW Gas	113	44.000 €

Tab. 10: Heizanlagenanierungen der Jahre 2008 bis 2010

Bei der Sanierung von Heizanlagen sollten möglichst alle Energieeinsparpotentiale genutzt werden. Es reicht keineswegs aus, nur den alten Heizkessel gegen einen neuen zu tauschen. Steht eine Sanierung der Heizanlagen an, sind gemäß der Energieleitlinie des GMF alle effizienzsteigernden Maßnahmen zu betrachten, damit eine wirtschaftliche Gesamtoptimierung, mit möglichst maximaler Energieeinsparung, umgesetzt wird.

Lohnende Energieeinsparungen ergeben sich insbesondere durch: Einsatz einer neuen Kesselanlage mit höherem Gesamtwirkungsgrad (z.B. Brennwertkessel) bei reduzierter angepasster Leistung; Sanierung der Heizkreise mit Verbesserung der Energieverteilung; neue, einfache und logische Regelung; effektive Pumpen; Ergänzung und Optimierung der Dämmung; Optimierung der Warmwasserbereitung; Betriebsoptimierung; Schulung der Betreiber in die neuen Anlagen; etc. Die gesamten Energieeinsparungen liegen oft zwei- bis dreimal so hoch, wie bei einem reinen Kesselaustausch.

Exkurs: Warmwassernetze müssen hygienisch einwandfrei betrieben werden, um beispielsweise die gesundheitsgefährdende Legionellenbildung zu vermeiden. Zentrale Warmwassernetze und Speicher müssen thermisch desinfiziert werden, indem die Anlage wöchentlich, u.a. mit hohen Temperaturen von 60 °C, aufgeheizt wird. Diese Vorgabe wird erkaufte mit einem zusätzlichen Energieverbrauch von ca. 2-5% und mehr. Um die hohen Verluste der Warmwassernetze zu verringern und aufgrund der hygienischen Notwendigkeit arbeitet das GMF daran, die Warmwassernetze bedarfsbezogen zu optimieren und anzupassen. So werden beispielsweise bei Turnhallen gemäß der Energieleitlinie möglichst Frischwasserstationen⁵ eingesetzt, die energetisch optimal und hygienisch vorteilhaft betrieben werden können.

Zudem wird bei jeder Heizanlagenanierung gemäß der Vorgabe des Gemeinderats der Einsatz von Varianten, wie z.B. Solarkollektoren, Kraft-Wärme-Kopplung, Biomasse etc. untersucht, damit die ökologisch und wirtschaftlich sinnvollste Variante zur Umsetzung gelangt.

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.

⁵ Frischwasserstation: Neues energiesparendes und hygienisch vorteilhaftes System zur Warmwasserbereitung durch Zwischenspeicherung von Heizungswasser und weitgehenden Verzicht auf Zirkulationen.

b) Einspar-Contracting

Beim Einspar-Contracting werden in den einzelnen Liegenschaften systematisch Einsparpotentiale erschlossen, die sich im Rahmen der Vertragslaufzeit (in der Regel 12-15 Jahre) wirtschaftlich darstellen. Der Contractor plant, baut und betreut die Energiesparmaßnahmen und trägt die Investitionen. Die Finanzierung erfolgt dann über die Vertragslaufzeit entsprechend den eingesparten Energiekosten. Das Einspar-Contracting wird grundsätzlich europaweit ausgeschrieben.

Von 2009 bis 2010 wurde der vierte Einspar-Contractingpool realisiert.

Gebäude	Maßnahme	Beschreibung (wichtigsten Maßnahmen)
Alle	Controlling	Aufbau Energie-Controll u. Monitoring-System, Schulung Hausmeister
Hebel- und Hansjakob Schule	Heizungstechnik	neu: Brennwert 2x300 kW, BHKW 50 kW _{el} , Puffer 10m ³ , Kaminanpass.
	Lüftung	Ansteuerung Lüftung - Turnhalle nach Temp., Präsenz, Luftqualität
		Erneuerung, Erweiterung und Aufschaltung Regelung Sporthalle (SH)
	Regeltechnik	Einbindung BHKW und Gasbrennwertkessel auf Heizungsverteiler
		GLT, Wärmeanford. Hebel- auf DDC Hansjakob-Schule aufgeschaltet
	Beleuchtung	Hebel u. Hansjakob: Beleuchtungssteuerung Flure n. Außenhelligkeit
Hansjakob: Ausstattung Toiletten m. Bewegungsmelder (ca. 20 St.) Beleuchtung TH: alt = 3,7 kW bei 100-200 lux; neu: 4,4 kW b. 310 lux		
Sanitärtechnik	BWW-Speicher alt 3.000 l; neu: Speicherladesy.500 l, Duschen 8l/min	
Vigelius- und Schenkendorf Schule	Heizungstechnik	BHKW 50 kW _{el} ; Spitzenlast Bestandskessel Öl, Puffer 10 m ³
		Anpassung Untervert., neue geregelte Pumpen, Reparatur Dämmung RLT-Gerät u. Deckenstrahlplatten für MZH
	Regeltechnik	GLT in HZ m. Grafikbildern, Trend; DDC erneuert mit Fernzugriff
	Beleuchtung	MZH alt: 5,2 kW, 180 lux; neu: 2,6 kW, 321 lux, Präsenz, Tageslicht
	Sanitärtechnik	Speicherladesystem TH / MZH 1.000 l / 100 kW, neue Duschköpfe
Speicherladesystem Gymnastikhalle + Werken 500 l / 50 kW		
Emil-Gött Schule	Heizungstechnik	Sporthalle: BW 80 kW, incl. Kaminanpassung, Deckenstrahlplatten neue HK's 3 Stück, BWW, stat. HZG
	Lüftung Schule	Betrieb aller Anlagen über Zeitschaltuhren
	Regeltechnik	neue Regeltechnik Sporthalle, Anbindung elektrisch öffentl. Fenster
	Beleuchtung	Schulgebäude UG Flur, Beleuchtung über Präsenz
	Sanitärtechnik	Selbstschlussarmaturen, Perlatoren an Handwaschbecken
		Speicherladesyst. 250 l u. 50 kW Wärmetauscher, bzw. WWB 400 l
Wärmeschutz	Wärmedämmverbundsystem Sporthalle in ENEC - 30%	
Tullaschule (Sporthalle)	Heizungstechnik	Einbau Deckenstrahlplatten in Sporthalle, neue HKV 3 Abgänge Ölkessel 80 kW, Speicherladesystem mit 250 l u. 50 kW Wärmetaus.
	Lüftung	Außerbetriebnahme der Luftheizung und Demontage des Luftheizers
	Regeltechnik	Erneuerung Sporthalle, Beleuchtung über Präsenz u. Helligkeit
	Wärmeschutz	Wärmedämmverbundsystem Sporthalle in ENEC - 30%
Goethe-	Heizungstechnik	Gas BW 2x185 kW, BHKW 20 kW _{el} , 6 m ³ Puffer, Kaminanpassung

Gymnasium		neuer Verteiler 5 Gruppen, UV Heizung TH, Pumpen u. Ventiltrieb
	Lüftung Turnhalle	Betrieb Lufterhitzer über Raumtemp., Präsenz u. Luftqualität über DDC
	Regeltechnik	Einbau DDC-Regelung mit Fernüberwachung
	Beleuchtung	Sporthalle neu m. Bewegungsmelder (auch in Fahrradkeller)
	Sanitär	Neue Duschköpfe 8 l/min Durchsatz (12 St.)

Tab. 11: Gebäude und Maßnahmen Pool 4

Im Rahmen von Pool 4 konnten beispielsweise drei BHKW's mit einer Leistung von insgesamt P_{el} 120 kW sowie zwei Fassadensanierungen mit Wärmedämmverbundsystem realisiert werden.

In den seit 2001 umgesetzten vier Pools wurden Investitionen von insgesamt 8,5 Mio. € getätigt. Die Einsparungen pro Jahr liegen bislang bei 7,4 Mio. kWh Wärme und 1,3 Mio. kWh Strom. Die finanziellen Einsparung beträgt bisher rund 698.000 € pro Jahr.

3.4 Einsatz der Energiesparmittel

Die im Haushalt ausgewiesene Pauschale für Energiesparmaßnahmen wurde in den Jahren 2008 bis 2010 schwerpunktmäßig zur Finanzierung von Wärmeschutzmaßnahmen und zum Einsatz effizienter Technik bei Heizungs- und Lüftungsanlagen sowie für energiesparende Beleuchtung verausgabt. In der Regel konnte für diese Maßnahmen eine Förderung durch das, für kommunale Klimaschutzmaßnahmen interessante Förderprogramm Klimaschutz-Plus (vgl. 3.1) erreicht werden.



Abb. 9: Ergänzung Dämmung Heizleitungen



Abb. 8: Hochwärmegedämmte Pufferspeicher BHKW-Betrieb in den Richard-Fehrenbach- u. Walther-Rathenau-Gewerbeschulen

4. Betriebsoptimierung

4.1 Hausmeisterschulungen

Die Zuordnung der Hausmeister zum Gebäudemanagement Freiburg hat sich auch unter dem Aspekt der Energieeinsparung als sinnvoll erwiesen. Alle Hausmeister, für die das Gebäudemanagement verantwortlich zeichnet, haben eine umfassende Grundlagenschulung in Sachen Heizungstechnik erhalten. Die Schulung erfolgte in Zusammenarbeit mit der Gewerbeakademie Freiburg, die über geeignete Schulungsräume verfügt. In mehreren Schulungsblöcken wurden die Hausmeister von einem fachlich hervorragenden Referenten theoretisch und praktisch geschult.



Abb.: 10: Hausmeisterschulung bei der Gewerbeakademie

Abb.: 11: Hausmeister schult Hausmeister

Ergänzt wurde die Schulung von und durch einen eigens vom Energiemanagement entwickelten Schulungsteil über Datenlogger. Mit ihnen können die Hausmeister Temperaturverläufe aufzeichnen und hierdurch die richtige Funktion der Heizungsregelung überprüfen. Ein alterungsbedingter Ausfall von Sensoren oder Schaltungen kann dann dem Energiemanagement direkt mitgeteilt werden. Erfolgt dies nicht, stellen sich höhere Verbräuche und Kosten ein.

Exkurs: Ein wichtiger Aspekt ist die Aufzeichnungsmöglichkeit und Kontrolle von Raumtemperaturen über den Tag. Bei schlecht gedämmten Gebäuden kühlen einzelne Räume stärker ab. Wird die vorgeschriebene Raumtemperatur von 20°C nicht erreicht, kann der Hausmeister die Heizanlage, auch in der Übergangszeit, morgens kurzfristig anstellen. Manchmal fordert der Nutzer eine höhere Temperatur ein, weil er z.B. nach einem warmen Sommer das subjektive Gefühl hat, dass die Temperatur im Raum nicht ausreicht. Der Hausmeister kann dann die vorhandene Raumtemperatur objektiv überprüfen. In manchen Fällen reicht vielleicht ein dünner Pullover bereits aus. In schwierigen Fällen kann sich das Energiemanagement einschalten, um die Sachlage zu klären. Diese Vorgehensweise hat sich für alle Beteiligten bewährt.

4.2 Projekt „Lernende Organisation“

Das von Anfang 2008 bis Ende 2009 mit der Klimaschutz- und Energieagentur des Landes (KEA) durchgeführte Projekt hatte das Ziel, in den Gebäuden Energie einzusparen. Durch eine Intensivierung der Energieverbrauchskontrolle, Gebäude-

begehungen und -analyse, Schulung der Hausmeister sowie Kontrolle und Optimierung von Regeleinrichtungen, können weitere Energiesparpotentiale von ca. 10% zusätzlich erschlossen werden.

Bei über 30 Vor-Ort-Terminen wurden gemeinsam mit dem zuständigen Hausmeister die technischen Anlagen wie Heizung, Lüftung und Kompressoren systematisch begutachtet und der Betrieb sowie das Nutzerverhalten betrachtet. Die Vorgehensweise der KEA wurde in der 1. Phase gemeinsam an fünf Gebäuden erprobt und anschließend bei fünf weiteren Gebäuden vom EM angewendet, wobei die KEA auch in der 2. Phase begleitend zur Seite stand.

Hinter dieser recht einfach klingenden Strategie verbergen sich in der Praxis teilweise sehr umfangreiche und schwierige Sachverhalte, insbesondere im Bereich Regelungstechnik. Erschwerend kommt hinzu, dass sich in großen, aus mehreren Gebäuden bestehenden Liegenschaften, bedingt durch die schrittweise Entwicklung oder durch Nutzungsänderungen, teilweise sehr komplexe Versorgungs- und Verteilsysteme befinden.

Damit die Anlagen richtig betreut und ein zusätzliches Einsparpotentiale ausgeschöpft werden kann, ist eine Kenntnis über komplexe Regelstrukturen erforderlich, die zudem von Liegenschaft zu Liegenschaft unterschiedlich sind. Es sind intensive Begehungen, Aufnahmen und eine gute Zusammenarbeit zwischen dem Energiemanagement und den Hausmeistern vor Ort unerlässlich.

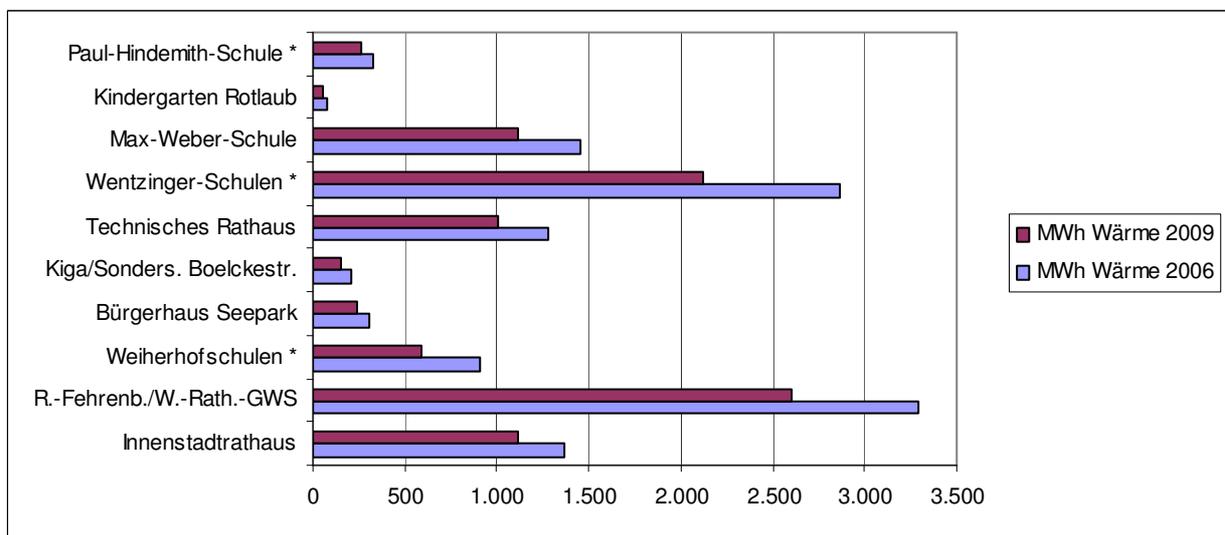


Abb.12: Vergleich Wärmeverbrauch 2006 vor und 2009 nach dem Projekt

Die Abbildung zeigt den zusätzlichen Effekt der Intensivierung im operativen Energiemanagement. Die Gebäude, in denen es zu einer Überlagerung mit baulichen Maßnahmen kam, wurden mit einem Stern (*) markiert, da hier keine ausschließliche Bilanzierung der Einsparungen möglich war. Trotzdem zeigt die Tabelle, dass im Durchschnitt eine 10%-ige zusätzliche Einsparung durch eine Betriebsoptimierung erreichbar ist und teilweise noch übertroffen werden kann.

Ein weiterer wichtiger Punkt des Projekts war die Erprobung einer neuen zeitgemäßen und effektiven Software für das Energiemanagement, die jedoch nicht eingeführt wird, weil zunächst die Datenhaltung im vorhandenen SAP aufgebaut werden soll.

Als Ergebnis des Projekts wurde die übergeordnete Zuständigkeit für die Regelung beim operativen Energiemanagement angesiedelt. Hierzu wurde eine neue Stelle eingerichtet. Die versorgungstechnischen Anlagen können nunmehr gezielter und umfassender begangen und optimiert werden (vgl. 4.3). Die Schulungen für die Hausmeister wurden ebenfalls intensiviert (vgl. 4.1).

4.3 Betriebsoptimierung

Die Erfahrungen aus dem Projekt „Lernende Organisation“ führten zu der Erkenntnis, dass Einsparziele und bereits Erreichtes nur dann zu erreichen bzw. zu halten sind, wenn eine permanente und intensivere Betreuung der technischen Anlagen möglich ist. Daher optimiert das operative Energiemanagement in den einzelnen Gebäuden die Regelungen und Steuerungen der Heizungs- und Klimaanlage, aktualisiert in Zusammenarbeit mit den Hausmeistern Anlagenparameter, wie z. B. die Heizkurve, oder kontrolliert die eingestellten Temperaturen der Warmwasserspeicher, die Raumtemperaturen sowie die Nutzungszeiten, damit diese an den aktuellen Bedarf angepasst werden können.



Abb: 13 Zusammenarbeit Energiemanagement und Hausmeister

Abb: 14: Begehung und Optimierung der technischen Anlagen

Moderne und intakte Regelungen sind zur Energieeinsparung unverzichtbar. Sie erreichen eine technische Lebensdauer von etwa 10-15 Jahren und müssen danach erneuert werden. Ältere Regel-Komponenten sind zudem auf dem Markt kaum mehr erhältlich. Die heute verfügbare Generation an Regelungen bietet eine wesentlich bessere und einfachere Bedienung. Dies unterstützt die Arbeit des Hausmeisters und fördert seine Möglichkeiten zum Energiesparen. Gleichzeitig können neue Entwicklungen eingesetzt werden, wie beispielsweise ein web-basierter Zugang zu den Regeldaten per Fern-diagnose und -überwachung, damit das GMF zeitnah auf Störungen reagieren kann.

Bedauerlicherweise gibt es einige Regelfabrikate deren Einsatz vom Hersteller gewollt zu einer großen Abhängigkeit von Produkt und Service führen. Anfangs werden die Investitionskosten bewusst gedrückt, in der Erwartung das Produkt durchzusetzen. Über die Nutzungszeit ergeben sich dann für den Hersteller lukrative, für den Kunden aber völlig überzogene und hohe Folgekosten. Das GMF legt großen Wert darauf, vergleichbar der Open Source Strategie der Stadt bei der IT, nur noch Produkte einzusetzen, die zu einer minimalen Abhängigkeit und großen Flexibilität führen und damit deutlich Gesamtkosten über den Lebenszyklus sparen. Diese auf Dauer kostensenkende Strategie wird vom Energiemanagement in die Praxis umgesetzt.

5. Nichtinvestives Energiesparen

5.1 Fifty-Fifty an Freiburger Schulen

Das Fifty-Fifty Programm ist ein echter Dauerbrenner. Im zwölften Jahr sparen Freiburger Schulen freiwillig und erfolgreich Energie ein. Das Programm ist eine Win-Win-Situation sowohl für die Schulen, die 50 % der Einsparung zur freien Verfügung erhalten, als auch für die Stadt, die neben den Einsparungen besonders von der Tatsache profitiert, dass es einen oder mehrere zusätzliche „Kümmerer“ vor Ort gibt.

Mittlerweile nehmen 38 Schulen an diesem Projekt teil. Besonders wichtig ist der pädagogische Aspekt des Projekts. Ein bewusster und schonender Umgang mit Energie und Wasser wird mit vielen kleinen Schritten vor Ort umgesetzt. Es ist immer wieder beeindruckend, mit wie viel Engagement und Kreativität die Energieteams zum Multiplikator an ihrer Schule werden.



Abb. 15: Präsentation der Ergebnisse

Vor dem Hintergrund der immer straffer werdenden Lehrpläne im Zuge der G8-Einführung ist das besonders anerkennenswert. Aus diesem Grund überreichte Frau Bürgermeisterin Stuchlik 2009 im Waldhaus fünf Schulen zusätzlich zur Einsparprämie Preise (Solarmobil kommt an die Schule, ein Vormittag im Waldhaus, eine Sonderführung auf dem Mundenhof und Eintrittskarten für das Planetarium) zur besonderen Würdigung des pädagogischen Engagements.

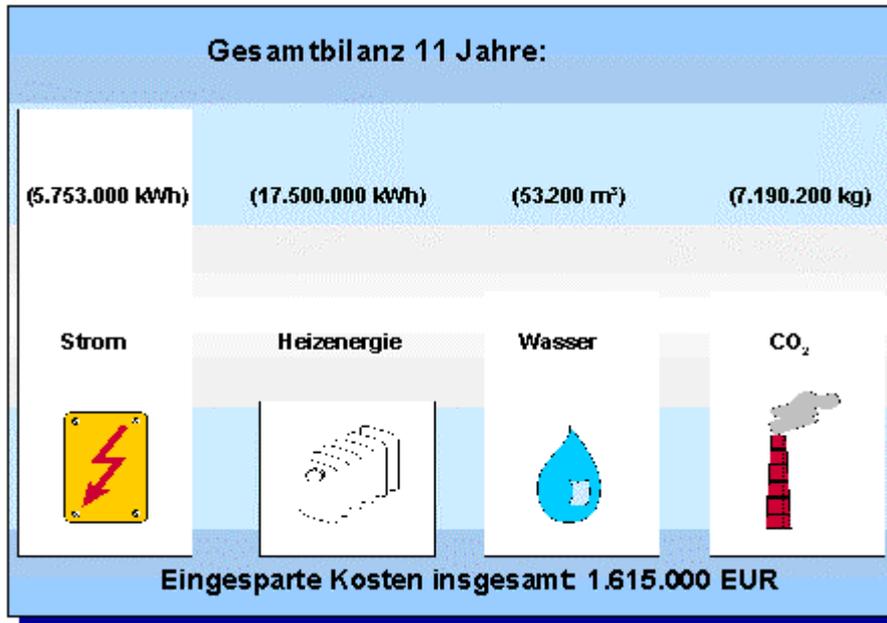


Abb. 16: Gesamtbilanz Nichtinvestives Energiesparen 11 Jahre

5.2 Energiesparen im Büro

Im Jahr 2010 konnte ein ganz wichtiger Baustein des Projekts mit dem Austausch von 130 Kühlschränken (Standgeräte) umgesetzt werden. Die Standgeräte sind die hauptsächlich in den Verwaltungen eingesetzten Kühlschränke. Das Energiemanagement hat das Haupt- und Personalamt (HPA), das zuständig ist für Standards im Verwaltungsbereich und den Austausch organisiert und abgewickelt hat, fachlich unterstützt. Die Mittel von 44.250 € wurden aus der Energiepauschale des GMF bereitgestellt. Die neuen Geräte ersetzen alte, ineffiziente und „stromschluckende“ Geräte. Der Austausch von noch vorhandenen und schwieriger auszutauschenden Untertisch- und Einbaugeräten soll nach Vorschlag des HPA im Rahmen der laufenden Bauunterhaltung erfolgen.

Bei den neuen Kühlschränken handelt es sich ausnahmslos um die effizientesten Geräte der Klasse A++. Die alten Kühlschränke wurden fachgerecht entsorgt, so dass sie nicht an anderer Stelle wieder eingesetzt werden können. Damit wird auch das gewollte CO₂-Einsparziel tatsächlich erreicht. Die Neuausstattung ist verbunden mit einer Einsparung von ca. 30-40.000 kWh Strom und ca. 20 t CO₂.



Abb: 17: Die neuen Kühlschränke mit beste Energieklasse A++

Bei Neuausstattungen und Ersatz dürfen nur noch Geräte der Klasse A++ verwendet werden. Das positive Beispiel der Stadt Freiburg wird von den Bediensteten begrüßt und motiviert auch am eigenen Arbeitsplatz sparsam mit Energie umzugehen.

6. Verbrauchs- und Kostencontrolling

6.1 Energieausweise

Seit dem 1. Juli 2009 besteht eine Aushangpflicht für Energieausweise in öffentlichen Gebäuden. Das Gebäudemanagement hat für seine Liegenschaften die notwendigen Daten zusammengestellt und für die Gebäude rund 90 Energiepässe erstellt und ausgehängt. Hierbei wurde ein Muster zugrunde gelegt, das von der Stadt Frankfurt entwickelt wurde und neben dem Energie- auch den Wasserverbrauch mit aufzeigt.

6.2 Kennzahlentwicklung

Die aktuellen und gesamten Energie- und Wasserverbrauchskennwerte für die Gebäude des GMF sind im Anhang des Berichts dargestellt. 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, werden nur die wichtigsten Verbrauchsmittelwerte dargestellt. Wegen der höheren Aussagekraft wird als Vergleichsbasis der jeweilige Mittelwert des flächenbezogenen Wärme-, Strom- oder Wasserverbrauchs aus dem eigenen Gebäudepark verwendet.

Exkurs: Am Beispiel der Weiherhof-Schulen lässt sich die Wirksamkeit der im letzten Jahrzehnt durchgeführten Energiesparmaßnahmen nachvollziehen. Nach der grundlegenden Sanierung der Schulgebäude ab dem Jahr 1998 wurden in den Folgejahren schrittweise weitere Bereiche der Schule wie Aula, Sozialtrakt und zuletzt die Sporthalle in 2009 saniert. Diese bauliche Optimierung führte zu einer sichtbaren Einsparung an Wärmeenergie. Beim Stromverbrauch wurden die Einspareffekte aufgrund der Beleuchtungssanierung, durch den gleichzeitig entstandenen Bedarf unter anderem an IT (PC's, Drucker etc.), fast parallel wieder aufgezehrt.

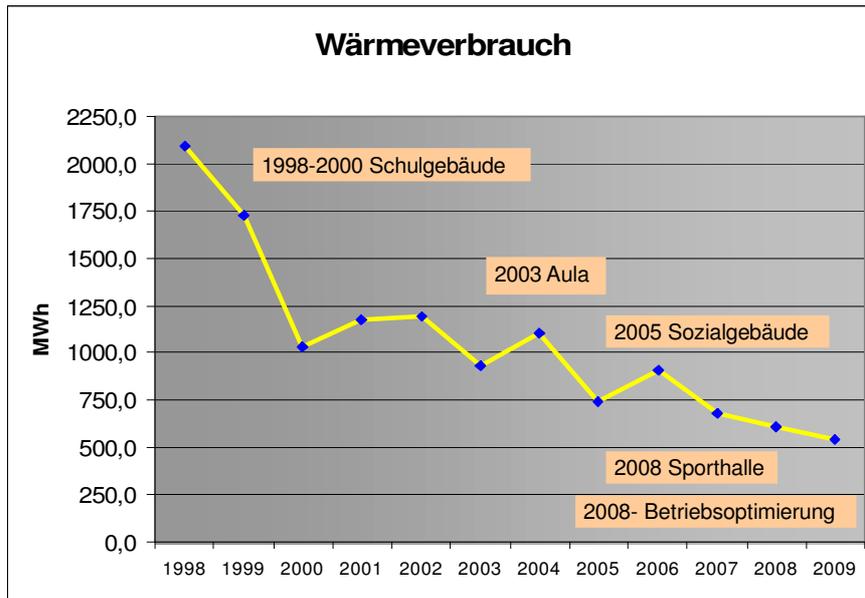


Abb.18: Entwicklung Wärmeverbrauch Weiherhof-Schulen im Rahmen der Sanierung und Betriebsoptimierung

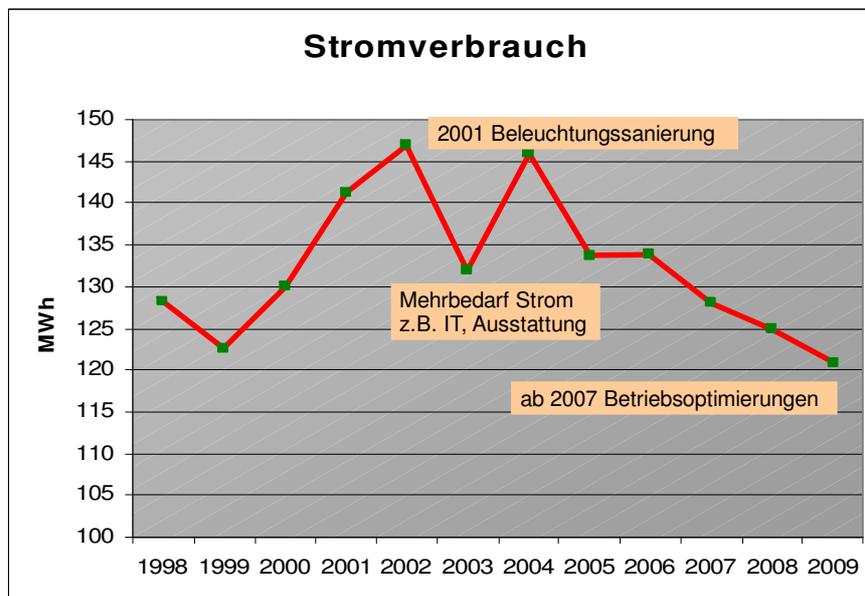


Abb. 19: Entwicklung Stromverbrauch Weiherhof-Schulen im Rahmen der Sanierung und Betriebsoptimierung

In den Jahren 2008 und 2009 führte das Projekt „Lernende Organisation“ zu einer Optimierung der Wärmelieferung. Darüber hinaus ist der Hausmeister in der Weiherhof-Schule engagiert und bringt viele neue Optimierungsmöglichkeiten oder Verbesserungsvorschläge ein, die umgesetzt werden. In den Jahren 2007-2009 konnte, unterstützt durch das Energiemanagement, auch der Stromverbrauch schrittweise verringert werden. Ohne die praktizierte Betriebsoptimierung, sowohl bei der Wärme als auch beim Strom, läge der Energieverbrauch um etwa 15% höher.

7. Projektdarstellung Sanierung und Neubau

7.1 Energetische Sanierungen

Die guten Erfahrungen, mit den ab 1998 sanierten Weiherhof-Schulen und bis heute erzielten hohen Energieeinsparungen von über 72 Prozent im Wärmebereich, wurden in der Folge auch auf weitere zu sanierende Gebäude übertragen. Der Wärmeschutz der Weiherhof-Schulen wurde seinerzeit noch in NEH-Bauweise realisiert. Mittlerweile kommen Passivhauselemente zum Einsatz. Die Strategie des GMF ist, die Gebäude möglichst vollständig und in einem Zug zu sanieren. Eine umfassende Sanierung ist in der langfristigen Betrachtung die nachhaltigere und kostengünstigere Vorgehensweise. Projekte abzuschließen, Kräfte und Investitionen zu bündeln, erweist sich als zeitgemäße und erfolgreiche Lösung.

Beispiele aktueller städtischer Sanierungen (Zeitplan Stand 10/2010):

– Droste-Hülshoff-Gymnasium	2003 – 2009
– Rotteck-Gymnasium	2009 – 2012
– Wentzinger-Schulen	2009 – 2013
– Deutsch-Französische-Grundschule	2008 – 2009
– Theodor-Heuss-Gymnasium	2010 – 2013
– Kindergarten Krozinger Str. 50	2009 – 2010
– Kreuz-Typenbau-Schulgebäude (9 gesamt)	2008 – 2011

7.2 Neubau - Die ersten städtischen Gebäude in Passivhaus-Bauweise

Ein Optimum an Energieeffizienz, Komfort für die Nutzung und langfristiger Wirtschaftlichkeit über den Lebenszyklus bietet heutzutage die Passivhaus-Bauweise (PH-Bauweise) mit einem extrem niedrigen Heizwärmebedarf von ≤ 15 kWh/m² und einem auf ≤ 120 kWh/m² reduzierten Primärenergiebedarf im Jahr. Aufgrund der zahlreichen Entwicklungen und Anpassungen im Bausektor ist es möglich, die PH-Bauweise mit vertretbaren Mehrkosten von 3-10% zu realisieren. (Die Entwicklung dieser hochenergiesparenden Bauweise geht so rasant, dass bereits die EU beabsichtigt, sie in einigen Jahren einzuführen.)

Im Jahr 2009 konnte die Stadt Freiburg gleich zwei Schulgebäude in PH-Bauweise einweihen. Im September die Ganztageschule (GTS) an den Wentzinger-Schulen und im Oktober die neue einzügige Feyel-Grundschule im Stadtteil Ebnet. In beiden Fällen lagen die Mehrkosten im kalkulierten Rahmen.

Das GMF verfolgt an der GTS ein innovatives Gesamtkonzept, das zusätzlich zur PH-Bauweise noch weitere Punkte umfasst und von der badenova im Rahmen des Innovationsfonds gefördert wird. So werden beispielsweise in der Küche gasbetriebene Konvektomaten (Heißluftdampfgeräte) eingesetzt und die allgemeine Beleuchtung musste den hohen Zielwert des GMF von 2 Lux je m² je 100 Lux Nennbeleuchtungsstärke einhalten. Zudem erfolgt eine intensive Betreuung der Nutzer.

Eine, in diesem Zusammenhang noch durchzuführende Befragung der Nutzer (Anfang 2011) soll helfen, aus den Erfahrungen zusätzlich zu lernen.



Abb. 20 u. 21: Die Wentzinger-Ganztageschule und Flur im 1. OG



Abb. 22 u. 23: Die neue Feyelschule und Blick in ein Klassenzimmer

7.3 Neues Ziel - Das Plusenergie-Haus

Die EU beabsichtigt, ab 2018 nur noch Nullenergie-Häuser bei Neubauten zuzulassen. Möglicherweise wird ab 2020 dann auch das Plusenergiehaus als Standard vorgegeben. Da in der Stadt Freiburg bereits die ersten privaten Gebäude in Plusenergie-Bauweise realisiert sind, ist es wichtig, auch mit kommunalen Gebäuden Erfahrungen zu sammeln. Damit die Stadt Freiburg zukünftig das Plusenergie-Haus als eigenen Standard für Neubauten, möglicherweise deutlich früher als die EU, festlegen kann, sammelt das GMF seine ersten Erfahrungen und plant den neuen Kindergarten in der Urachstraße in diesem Standard.

Die Basis eines solchen Vorhabens ist immer ein extrem sparsames Gebäude, das sinnvoll in der bewährten Passivhaus-Bauweise realisiert wird. Grundsätzlich sind alle Möglichkeiten zur Energieeinsparung im Bau und im Betrieb auszuschöpfen. Zudem soll auch die Herstellungenergie des Gebäudes mit berücksichtigt werden.

Wichtige Eckpunkte des in Planung befindlichen Plusenergiehauses:

1. Niedriger Heizwärmebedarf: 25 kWh/m²a sind erreichbar. Der Passivhaus-Standard des GMF mit 15 kWh/m²a kann, bedingt durch das schlechte A/V-Verhältnis, aufgrund der Vorgaben des Denkmalschutzes (städtebauliche Belange) nicht erreicht werden. Allerdings werden ausschließlich Passivhauselemente verwendet und alle übrigen Rahmenbedingungen der Passivhaus-Bauweise, z.B. Minimierung der Wärmebrücken, eingehalten.

2. Niedriger Stromverbrauch in allen Bereichen: Die Energieleitlinie des GMF gibt anspruchsvolle Werte in den verschiedenen Bereichen vor, die einzuhalten sind. Deshalb müssen die Leuchten über einen hohen Leuchten-Wirkungsgrad von über 80% verfügen, z.T. werden LED-Leuchten vorgesehen. Die Lüftungsanlage wird mit energiesparenden Lüftermotoren der höchsten Effizienzklasse betrieben.

3. Verminderung der Herstellungenergie: Einsatz heimischer Hölzer.

4. CO₂-Minderung beim Wärmeeinsatz: Dieser Grundsatz wird durch eine Holzpellet-Heizanlage mit niedrigen spezifischen Emissionen des Brennstoffs erreicht. Ergänzt wird die Wärmeerzeugung um eine Kollektoranlage von ca. 7 m² zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung. Zur Essenszubereitung wird ein CO₂-armer Gas- anstelle eines Elektroherds vorgesehen.

5. Installation eine PV-Anlage: Der Modulwirkungsgrad soll gemäß des Energiekonzepts 18% betragen. Die PV-Anlage wurde in mehreren Schritten optimiert und soll die Dachfläche optimal ausnutzen. Derzeit wird noch geprüft, ob von einem externen Betreiber, gemäß der städtischen Strategie, ausgegangen werden kann. Die PV-Anlage muss eine höhere CO₂-Gutschrift „erwirtschaften“ und in der Gesamtbilanz die stark minimierten, aber noch vorhandenen CO₂-Emissionen übertreffen. Die PV-Anlage muss zudem langfristig wirtschaftlich und optimal betrieben werden können, damit die Einsparbilanz über die Betriebszeit des Gebäudes gewährleistet wird.

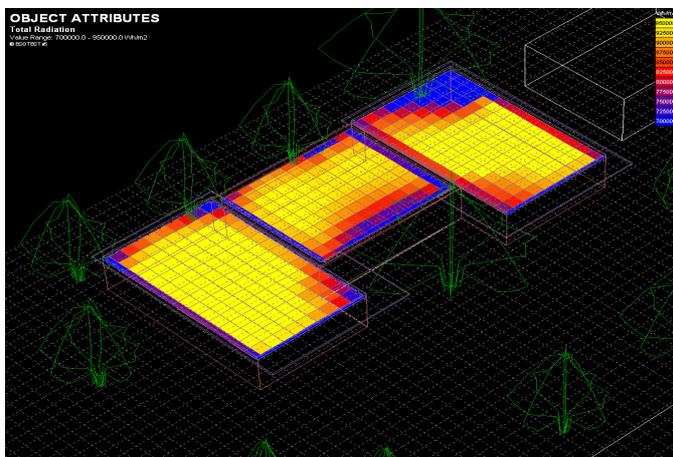


Abb. 24: Simulation der solaren Einstrahlung zur Optimierung der PV-Anlage⁶

⁶ Die Simulation zeigt den optimalen Bereich der Sonneneinstrahlung (gelb) auf dem Dach des Kindergartens und damit die mögliche Aufstellfläche für die PV-Anlage

Die Planung des Projekts wird Anfang 2011 abgeschlossen sein; dann liegen weitere Details vor.

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

Das Erneuerbare-Wärme-Gesetz Baden-Württemberg (EWärmeG) gilt seit 1. Januar 2010 für Alt- und Neubauten. Demnach müssen in Neubauten 20% und in Altbauten 10% der Wärme durch erneuerbare Energien produziert werden, wenn keine erfolgreichen Ersatzmaßnahmen möglich sind. Dabei sind die „Ersatzmaßnahmen“ aber keineswegs 2. Wahl, denn diese Maßnahmen können häufig zu wesentlich höheren CO₂-Einsparungen führen. Dies gilt beispielsweise für die Ersatzmaßnahme Dämmung mit Passivhauselementen und Anschluss an ein Nahwärmenetz auf KWK-Basis. Bis 2020 soll der Anteil erneuerbarer Energien an der Wärmeversorgung in Baden-Württemberg von derzeit 8 auf 16 Prozent ausgebaut werden.

8.1 PV-Anlagen

Das GMF schreibt stadteigene, neu sanierte Dachflächen für eine PV-Belegung durch private Investoren aus. Bis Oktober 2010 konnten PV-Anlagen mit einer Leistung von 940 kW_p und einer Fläche von rd. 10.000 m² installiert werden. Auf 46 städtischen Gebäuden sind bisher PV-Anlagen installiert worden. Der durch die PV-Anlagen erzeugte Strom von ca. 850.000 kWh/a reicht aus, um rund 280 durchschnittliche oder 430 stromsparende Haushalte⁷ zu versorgen. Die CO₂-Einsparung, die bei der Emissionsbilanz der Gebäude des GMF nicht berücksichtigt wird, beträgt zusätzlich rund 580 t/a.

Ein erfreulicher Nebeneffekt des Programms „Nichtinvestives Energiesparen (Fifty/fifty) an Freiburger Schulen“ ist die Realisierung von PV-Anlagen auf Schulen, bei denen das eingesparte Geld bzw. die Prämie der Schulen in die Anlagen investiert und so für die betreibenden Fördervereine gewinnbringend angelegt wird. Insgesamt konnten rund 20% der auf stadteigenen Dachflächen installierten Leistung durch Schülerteams und Fördervereine realisiert werden.



Abb. 25: Neue PV-Anlage auf dem Dach des ehemaligen Thermalbades Zähringen 2009

⁷ Haushalt = 2 Erwachsene u. 2 Kinder, mittlerer Stromverbrauch = 3.000 kWh/a, stromsparend = 2.000 kWh/a

Sanierte Flachdächer, die statisch und solartechnisch geeignet sind, werden zeitnah 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.

8.2 Solarkollektor-Anlagen

Im Bereich der solarthermischen Anlagen sind auf neun städtischen Liegenschaften Solarkollektorflächen von 184 m² installiert.

Im Jahr 2010 sind zwei interessante Projekte in Vorbereitung. Zum einen werden zwei Kollektoranlagen für die beiden Wentzinger-Sporthallen in Zusammenarbeit mit dem Wärmelieferanten Wärme-Plus⁸ geprüft, zum anderen ist der bekannte Solarturm an den Richard-Fehrenbach- und Walther-Rathenau-Gewerbeschulen nicht mehr auf dem Stand der Zeit und unter Berücksichtigung von schulischen Interessen mit modernen, leistungsfähigen Kollektoren und neuer Regelung sowie einem Monitoring zur Ertragsauswertung ausgestattet werden.

8.3 Holzenergie

Da das GMF bei der Sanierung von Heizanlagen gehalten ist, verschiedene alternative Heizvarianten zu prüfen, kommt nicht zwangsläufig eine Holzheizung zum Zuge. Größere Heizanlagenanierungen erfolgten vor allem im Rahmen des Contracting-Pools 4. Hier hat sich der Contractor in drei Fällen für Klein-BHKW's entschieden. Bei kleineren Anlagen sind die spezifischen Kosten für Holzpellets gegenüber Alternativen oft zu hoch. Auch muss der Mehraufwand für den Betrieb berücksichtigt werden.

Der Einsatz von Holzenergie blieb deshalb im Vergleich zum Energiebericht 2006/07 noch unverändert. Allerdings wird für das geplante Plusenergiehaus von einer Holzpellet-Anlage ausgegangen, da sie von verschiedenen untersuchten Varianten zu den niedrigsten CO₂-Emissionen führt.

8.4 Kraft-Wärme-Kopplung

Zahlreiche, vorwiegend große städtische Liegenschaften wie z.B. die Richard-Fehrenbach- und Walther-Rathenau-Gewerbeschulen sowie Liegenschaften im Bereich Rieselfeld, Weingarten, Landwasser und Vauban werden über Nah-/Fernwärme versorgt. Bei der Fernwärmeversorgung setzt badenova grundsätzlich BHKW's ein. Bei der Nahwärmeversorgung Vauban kommen zur Energieerzeugung zudem Holzackschnitzel zum Einsatz. Der aktuelle Anteil der Fernwärme an der Energieversorgung der GMF-Liegenschaften beträgt 19,7 %, so dass mit den zusätzlich direkt in den Liegenschaften des GMF installierten BHKW's ein bedeutender Anteil über Kraft-Wärme-Kopplung versorgt wird.

⁸ Tochterfirma der badenova

BHKW's in Gebäuden des GMF			
Liegenschaft	Straße	Leistung elektr. [kW_{el}]	Module
Berufschulzentrum	Bissierstraße 17	122	1 x Sokratherm
Max-Weber-Schule	Fehrenbachallee 14	11	2 x Dachs
Richard-Fehrenbach- und Walther-Rathenau-GWS	Friedrichstraße 51	9,5	1 x Sterling BHKW
	Friedrichstraße 51	11	1 x ecopower + 1 x Dachs
Mooswaldhalle	Hochdorfer Straße 16a	5,5	1 x Dachs
Rathaus Innenstadt	Rathausplatz 4	50	1 x Sokratherm
neu: Vigelius-Schulen	Feldbergstr. 25a	50	1 x Comuna Metall
neu: Goethe-Gymnasium	Holzmarktplatz 5	20	1 x Enertec
neu: Hansjakob-Schule	Wannerstr. 2	50	1 x Comuna Metall

Tabelle 13: Installierte BHKW's - Stand 2010

Im Vergleich zum Jahr 2007 konnten in drei Liegenschaften die Heizzentralen um BHKW's erweitert werden. Die direkt installierte Leistung an KWK stieg damit von 209 kW_{el} im Jahr 2006 um 120 kW_{el} auf insgesamt 329 kW_{el}: dies entspricht einer Steigerung um über 50%.

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, ein Potenzial für den wirtschaftlichen Betrieb eines BHKW's besteht. Allerdings sind einige Punkte zu beachten. Um einen wirtschaftlichen Betrieb zu erreichen, muss sowohl wärme- als auch stromseitig ein ausreichendes Verbrauchsvolumen vorhanden sein, das zudem über die erforderliche Betriebszeit der BHKW's konstant sein sollte.

Die Zahl der für den Einsatz eines wärmeseitig ausgelegten BHKW's, das eine entsprechende Laufzeit von 4-5.000 Stunden im Jahr benötigt, infrage kommenden Gebäude beschränkt sich deshalb auf größere Schulen. Kindergärten kommen somit nicht in Betracht.

Um zu erkunden, ob es weitere Potenziale für den Einsatz von BHKW's gibt, beteiligte sich das GMF an einer vom Umweltschutzamt in Auftrag gegebenen Studie. Hierbei sollten zukünftig noch entwicklungsfähige Potenziale abgeschätzt werden. In dieser Studie sollte auch neuen Ansätzen einer globaleren Regelstrategie in neuen und größeren Verbundstrukturen nachgegangen werden. Das abschließende Ergebnis der Studie steht noch aus.

8.5 Regiostrom

Die badenova bietet mit „Regiostrom basis“ und „Regiostrom aktiv“ zwei umwelt- und klimafreundliche Produkte an. Der Regiostrom ist ein zu 100% atomenergiefrei erzeugter Strom mit einem hohen Anteil aus Kraft-Wärme-Kopplung. Zusätzlich wird rund die Hälfte aller Gebäude des GMF mit dem als 100% zertifizierten Ökostrom „Regiostrom aktiv“ versorgt. Hierfür wendet die Stadt Freiburg zusätzlich rund 100.000 € jedes Jahr auf. Diese Mittel werden nach dem Fondsmodell von der badenova unmittelbar in die Erzeugung von regenerativer Energie und in effiziente Technologieprojekte in der Region investiert.

Die Gebäude des GMF erfüllen somit vorbildlich das Ziel der Stadt Freiburg nach atomstromfreiem Strombezug, zusätzlich ergänzt durch einen hohen Anteil regenerativ erzeugtem Strom.

8.6 Biogas

Die Wärme Plus ist seit 2010 auch Produzent von Biogas. Dieses soll verstärkt in der Kraft-Wärme-Kopplung eingesetzt werden. Zukünftig könnte auch ein Teil der Gebäude des GMF mit Biogas versorgt werden. Das GMF ist mit der Wärme Plus bereits in Erfolg versprechende Gespräche eingetreten. Beispielsweise wird bei den Wentzinger-Sporthallen, die durch Fernwärme aus dem BHKW-Verbundprojekt versorgt werden, der Einsatz von Biogas geprüft.

Um mit der begrenzten Ressource Biogas möglichst viele Abnahmestellen versorgen zu können und um Energiekosten zu sparen, ist es das Ziel des GMF, dass neben einem Wärmeschutz der Gebäude auch die Wärmeübergabestation sowie die Warmwasserbereitung energiesparend optimiert werden. Derzeit lässt das GMF prüfen, inwieweit die Warmwasserbereitung im Bereich der Wentzinger-Schulen, im Rahmen der Umstellung auf Biogas, mit einer effizienten Übergabestation realisierbar ist. Erste Ergebnisse dieses „Gesamtoptimierungspakets“, das sowohl zu einer Energie- und Kosteneinsparung als auch zu einer deutlichen CO₂-Minderung führen wird, sind im Jahr 2011 zu erwarten.

9. Öffentlichkeitsarbeit des Energiemanagements

Regelmäßig waren in den letzten Jahren in- aber auch ausländische Fachgruppen zu Gast, deren Interesse den neuen Passivhaus-Schulen und Wärmeschutz optimierten Sanierungen galt. Im Winter 2009 wurden die aktuellen Passivhaus-Planungen der Stadt Freiburg auf dem Passivhaus-Kongress der Partnerstadt Innsbruck vorgestellt.

In den Jahren 2009 bis 2010 war das Energiemanagement an der inhaltlichen Gestaltung der Kuben, anlässlich der Expo in Shanghai, beteiligt. Der Auftrag bestand darin, den strategischen Ansatz des Gebäudemanagements in Bezug auf langfristige Energie- und CO₂-Einsparung deutlich zu machen.



Abb. 26: Schulstunde mit dem Energiemanagement zum Thema Passivhaus an der Wentzinger-Realschule

Die regelmäßige intensive Zusammenarbeit mit anderen Städten im Arbeitskreis „Energieeinsparung“ des Deutschen Städtetages wurde fortgeführt. Bei zwei veröffentlichten Hinweisen des Deutschen Städtetages zum Thema Wasser- und Strom-einsparung lag die Federführung beim Energiemanagement. Bei dem jährlich stattfindenden Energiekongress der Kommunalen Energiebeauftragten wurde in 2009 und 2010 je ein Workshop zu aktuellen Energiethemen geleitet.

10. Ausblick

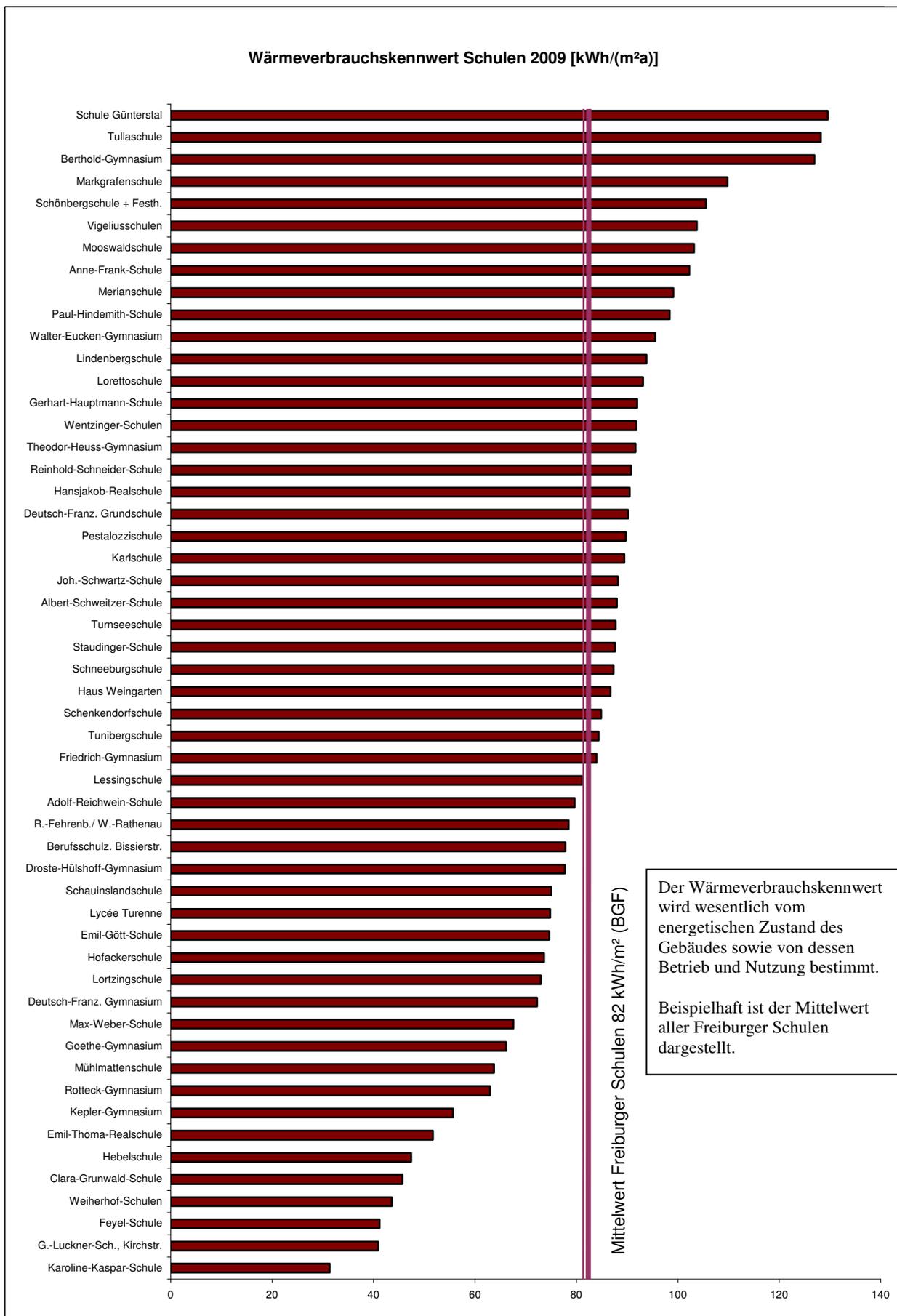
Die Gesamtzuständigkeit des Gebäudemanagements für den Bau der Gebäude und den Betrieb der Immobilien hat sich bewährt. Der bereits im Energiebericht 2006/07 angedeutete Aufgabenschwerpunkt konnte durch die gemeinderätlichen Vorgaben bezüglich des Klimaschutzes und bei der energetischen Sanierung der Gebäude, insbesondere der Schulen (die den größten Verbrauchsanteil von Energie ausmachen), realisiert werden. Hierbei haben sich auch die Auswertungen des Energiemanagements bewährt, um den Energieverbrauch zu identifizieren und im Zuge von Sanierungen zu minimieren.

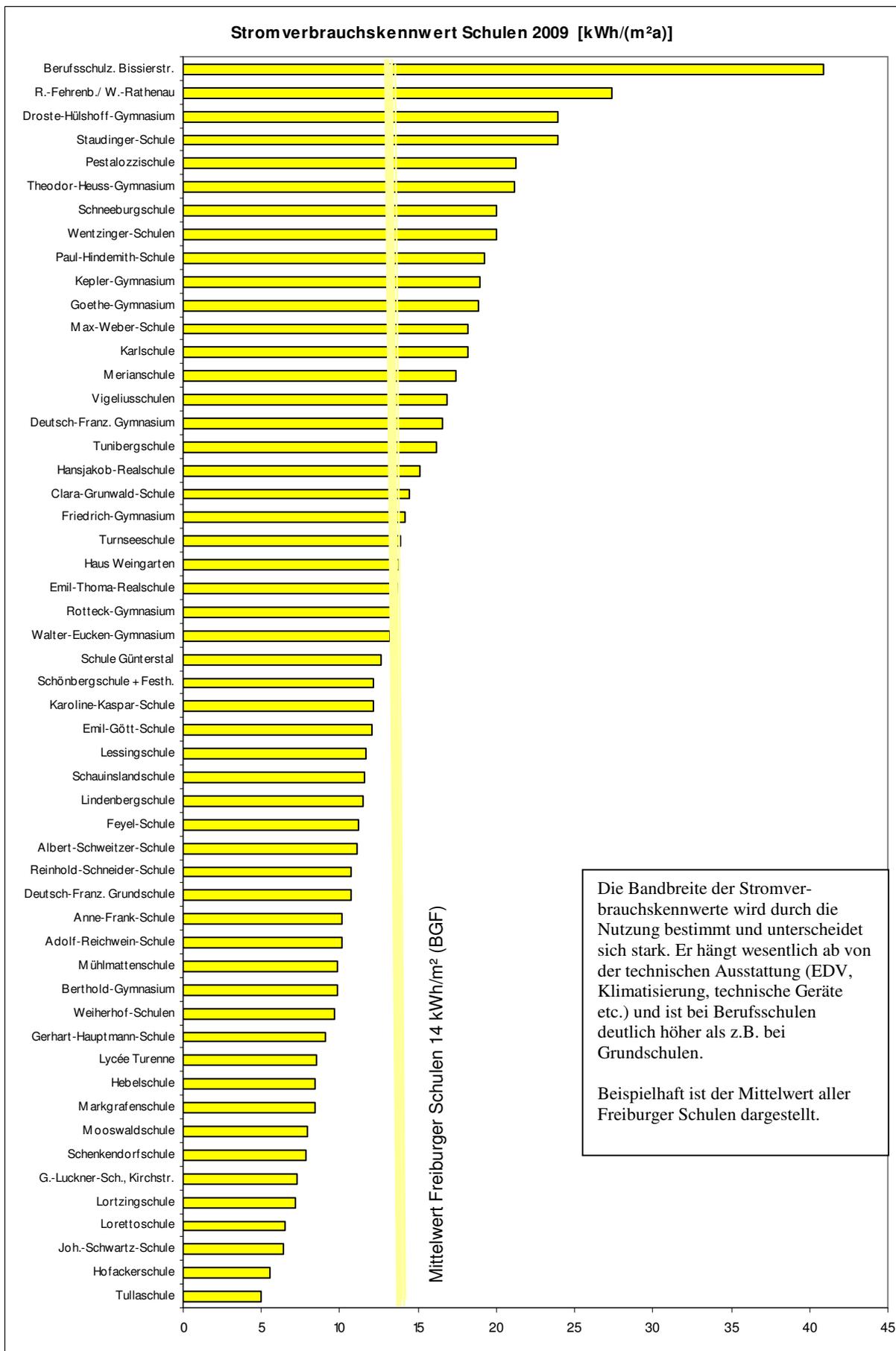
Neubauten werden grundsätzlich in Passivbauweise realisiert, bei Sanierungen werden Passivhaus-Elemente eingesetzt. Die erfolgreichen wärmeschutztechnischen Sanierungen werden fortgeführt. Im Bereich der Stromeinsparung werden zukünftig noch weitere Anstrengungen erforderlich sein. Hierbei sind auch gestiegene Nutzeranforderungen hinsichtlich der Umsetzbarkeit auf den Prüfstand zu stellen, da sie teilweise dem Ziel der Energie- und CO₂-Einsparungen entgegen wirken. So werden neben dem immer noch großen Bedarf an IT-Technik in den Schulen neuerdings vermehrt Gebäudekühlungen nachgefragt.

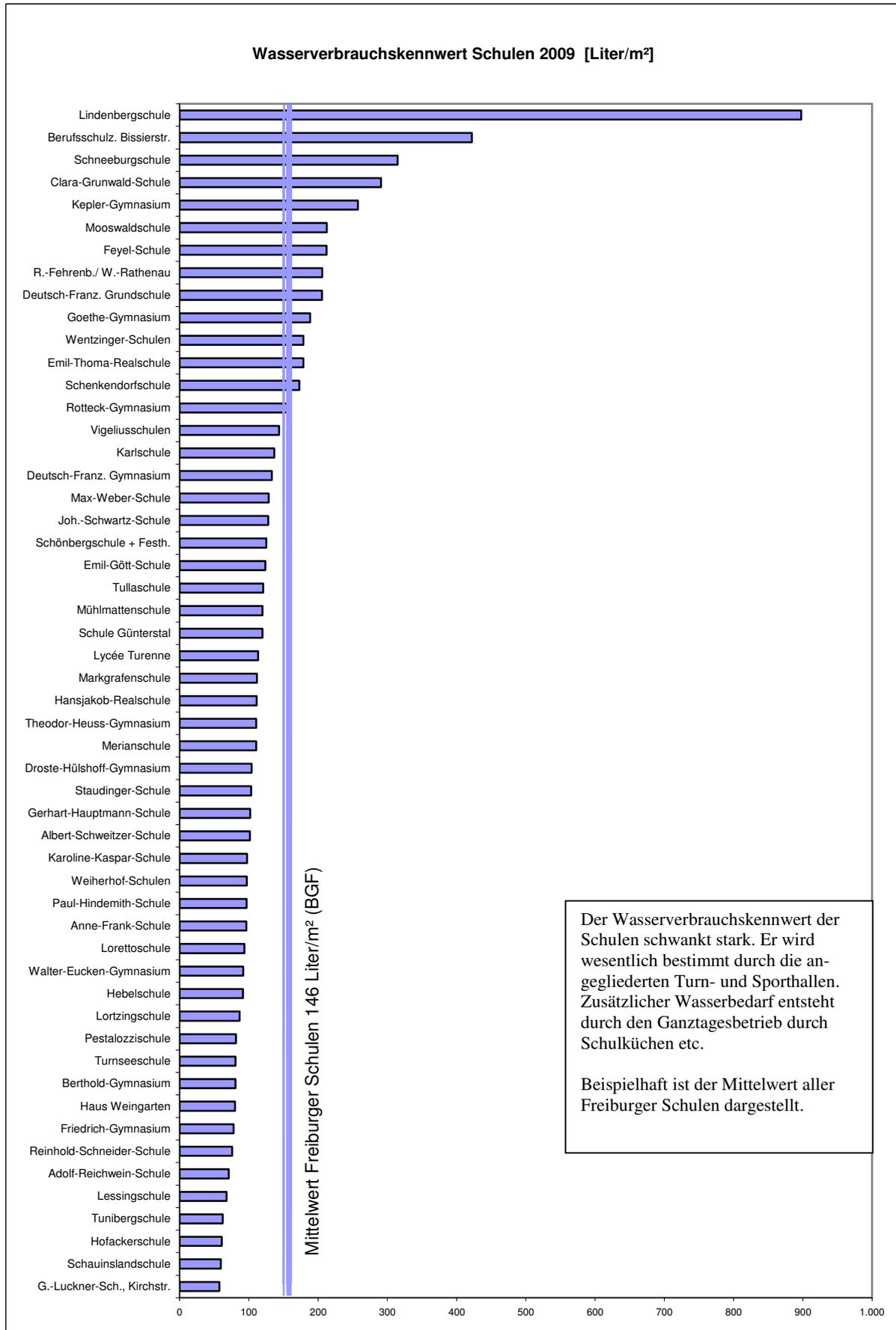
Der Energieverbrauch einer Kühlung ist durch andere Einsparmaßnahmen kaum zu kompensieren. Erstes Ziel sollte deshalb immer sein, durch genügend Speicherfläche, geeignete Verschattungen, zusätzliche Stromeinsparmaßnahmen sowie verbindlichen Vorgaben für einen stromsparenden Geräteinsatz seitens der Nutzer, eine aktive Kühlung zu vermeiden. Es ist erforderlich, auch in Bereichen der Nutzung, die selten im Zuständigkeitsbereich des GMF liegen, zusätzliche Anstrengungen zu unternehmen, um vor allem den Stromverbrauch noch stärker als bisher senken zu können.

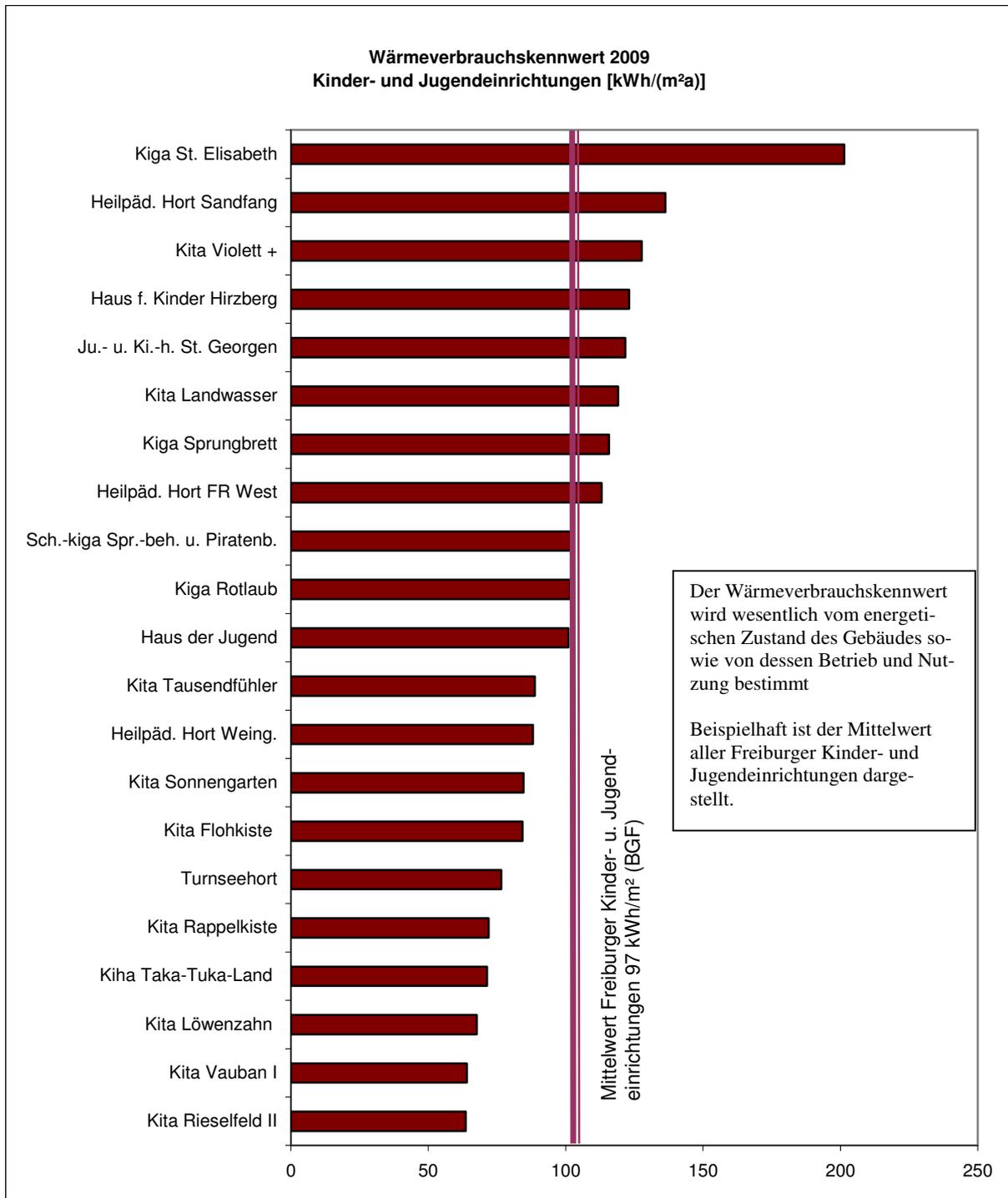
11. Anhang

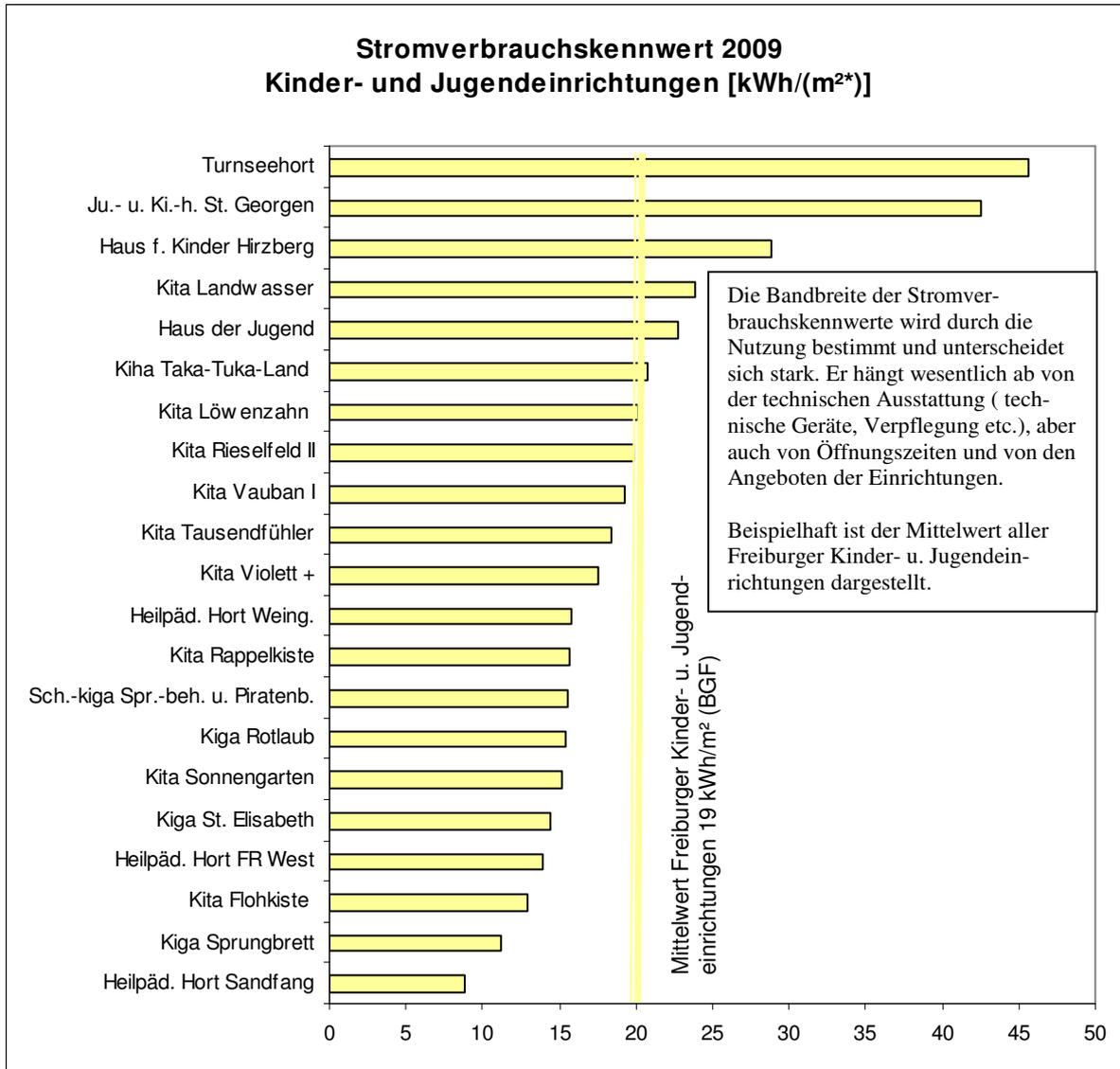
11.1 Kennzahlen (siehe Folgeseiten)

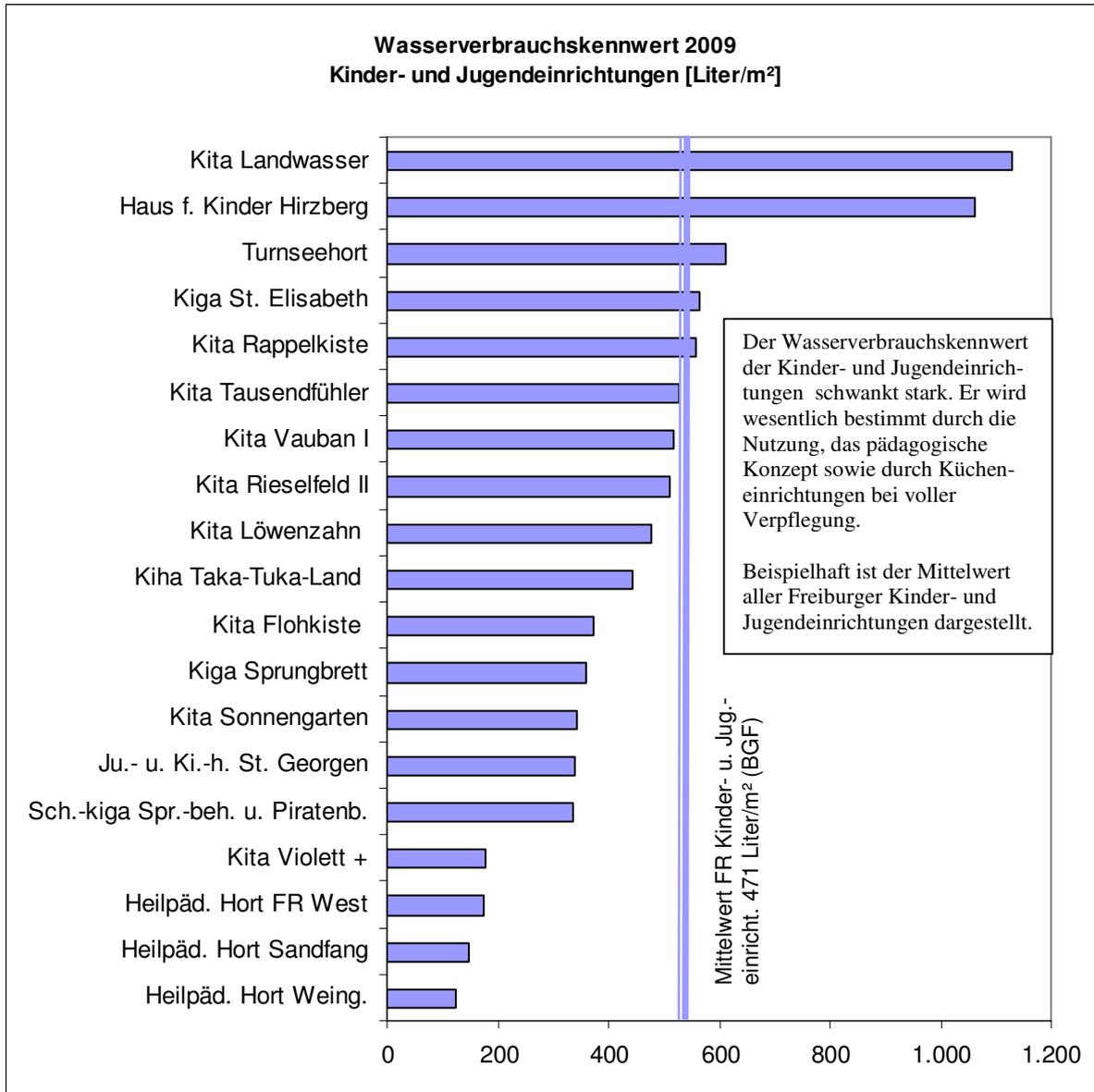


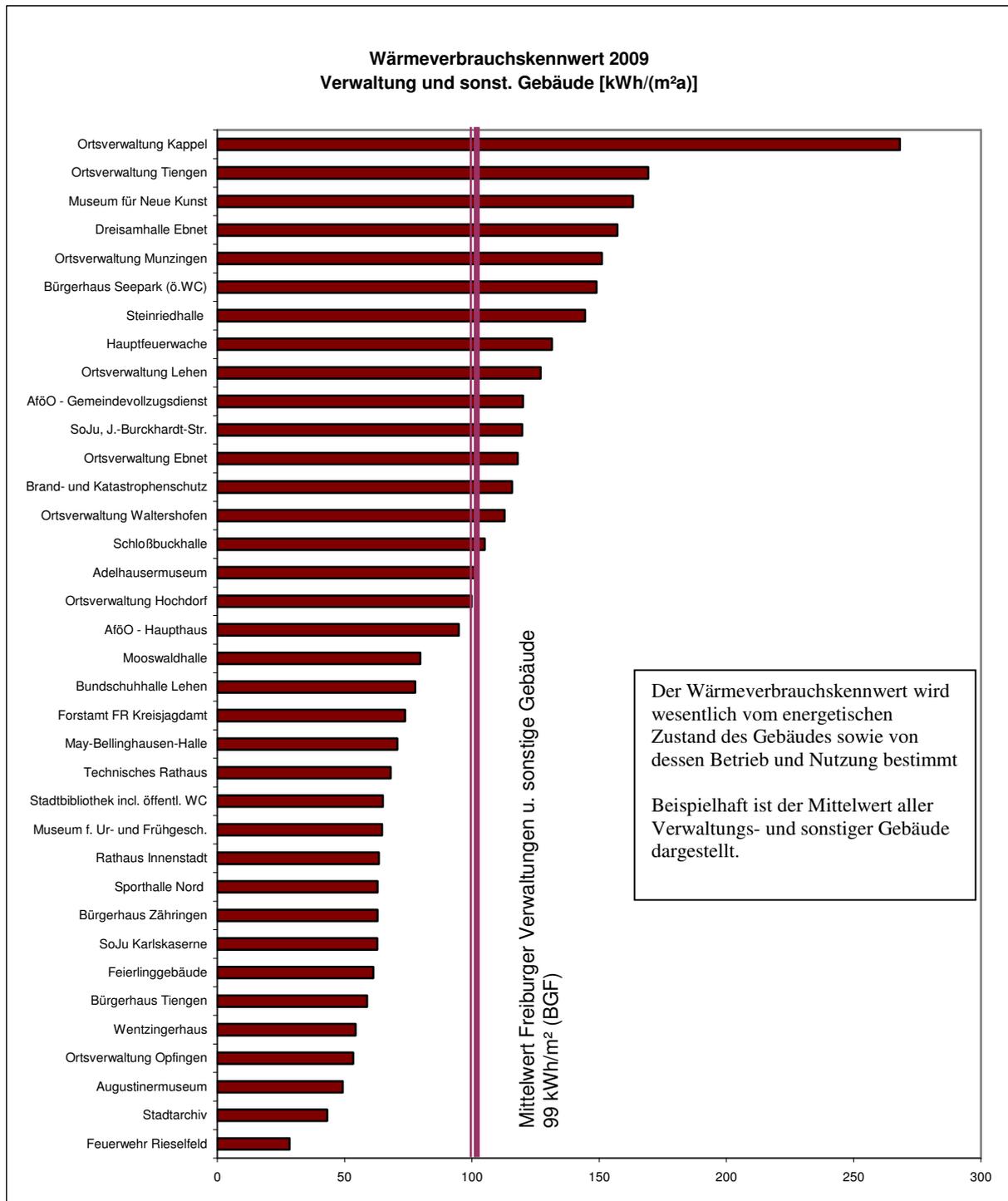


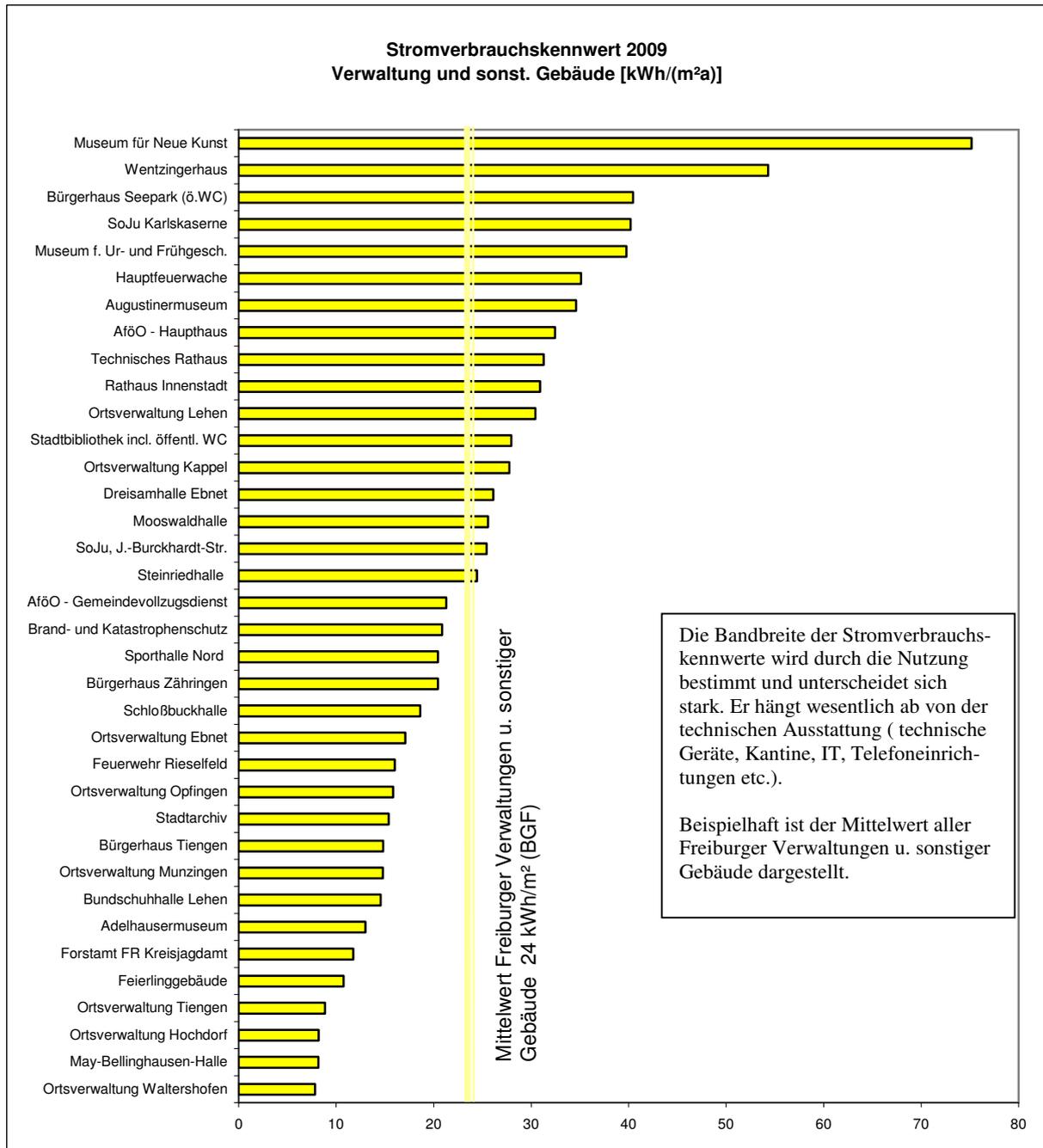


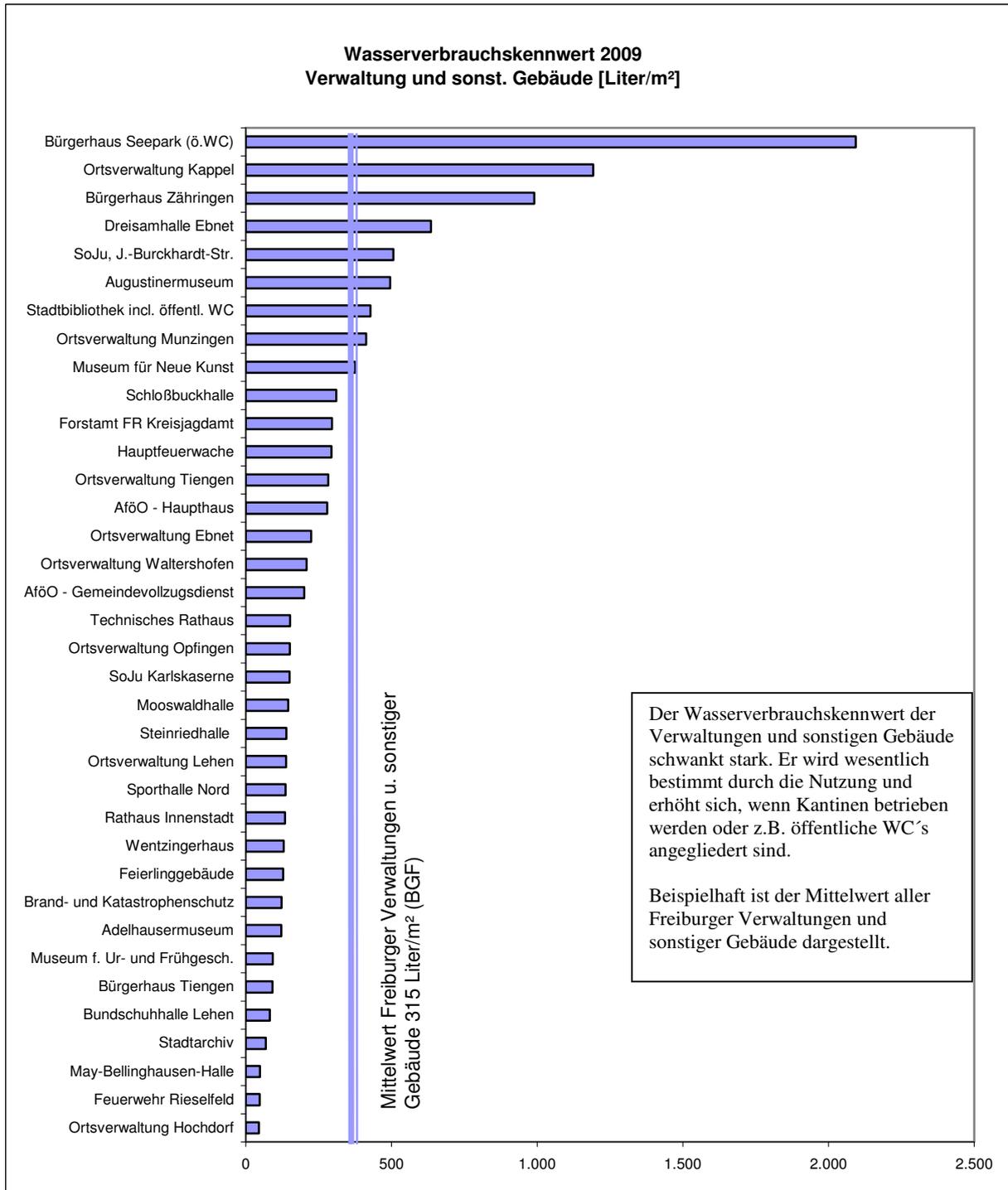












11.2 Abkürzungen

Einheiten:

a	Jahr (lat. annum)
A/V	Fläche zu Inhalt (m ² /m ³)
d	Tag (lat. dies)
°C	Grad Celsius, Einheit für Temperatur
h	Stunde (lat. hora)
K	Kelvin, Einheit für Temperatur (bei Temperaturdifferenzen: 1K = 1 °C)
kg	Kilogramm, Einheit für Masse
kW	Kilowatt, Einheit für Leistung
kWh	Kilowattstunde, Einheit für Energie (Arbeit), 10 kWh entsprechen etwa dem Energieinhalt von 1 l Heizöl
l	Liter
Lux	Einheit für die Beleuchtungsstärke
min	Minute
m	Meter, Einheit für Länge
m ²	Quadratmeter, Einheit für Fläche
m ³	Kubikmeter, Einheit für Volumen
Mio.	Millionen
MW	Megawatt = 1.000 kW
MWh	Megawattstunde (1 MWh = 1.000 kWh)
s	Sekunde
t	Tonne = 1.000 kg

Chemische Kürzel:

CO ₂	Kohlendioxid, Hauptverursacher des Treibhauseffektes
-----------------	--

Sonstige Abkürzungen:

Abb.	Abbildung
BGF	Bruttogrundfläche (nach DIN 277)
BHKW	Blockheizkraftwerk, Kombination aus Verbrennungsmotor, Generator und Spitzenlastkessel zur Erzeugung von Strom und Wärme
BW	Brennwert
BWW	Brauchwarmwasser
bzw.	beziehungsweise
CAD	Computer Aided Design (Verwendung eines Computers als Hilfsmittel beim technischen Zeichnen etc.)
CAFM	Computer Aided Facility Management (FM) Unterstützung des FM durch die Informationstechnik in Form eines Computerprogramms, bestehend aus Datenbank und Grafikprogramm (CAD)
el	elektrisch

EM	Energiemanagement des GMF
EnEV	Energieeinsparverordnung DDC Direct Digital Control (Steuerungs- und Regelungsaufgaben im Bereich der Gebäudeautomatisierung)
ff	folgend
FW	Fernwärme
GLT	Gebäudeleittechnik
GMF	Gebäudemanagement Freiburg
HK	Heizkreis
HVV	Heizkreis-Verteilung
Hzg	Heizung
Kap.	Kapitel
KEA	Klima- u. Energieagentur des Landes Baden-Württemberg
KW	Kennwert
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung, gleichzeitige Erzeugung von Wärme und Strom (s. BHKW)
MSR	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik
MZH	Mehrzweckhalle
NEH	Niedrigenergiehaus, energiesparende Gebäude mit einem Heizwärmebedarf unter 70 kWh/m ² *a
NGF	Nettogrundrissfläche (nach DIN 277)
NT	Niedertemperatur
OV	Ortsverwaltung
PH	Passivhaus, optimale Gebäude in Bezug auf Energiesparen, Komfort und Wirtschaftlichkeit (Lebenszyklus), Heizwärmebedarf ≤15 kWh/m ² a, hohe Anforderung an effizienten Stromeinsatz
PV	Photovoltaik, Stromerzeugung durch Sonnenenergie
s.	siehe
SAP	Software
SoJu	Sozial- und Jugendamt
Tab.	Tabelle
TH	Turnhalle
th	thermisch
UV	Unterverteilung
WL	Wärmeleistung Heizkessel
WDVS	Wärmedämmverbundsystem
Ziff.	Ziffer
z.T.	zum Teil

Impressum

Stadt Freiburg
Dezernat für Umwelt, Schule, Bildung und Gebäudemanagement

Gebäudemanagement Freiburg
Fehrenbachallee 12
79106 Freiburg

Titelbild: Umfassende Dämmarbeiten an der Außenfassade der Merianschule im Rahmen der Sanierung