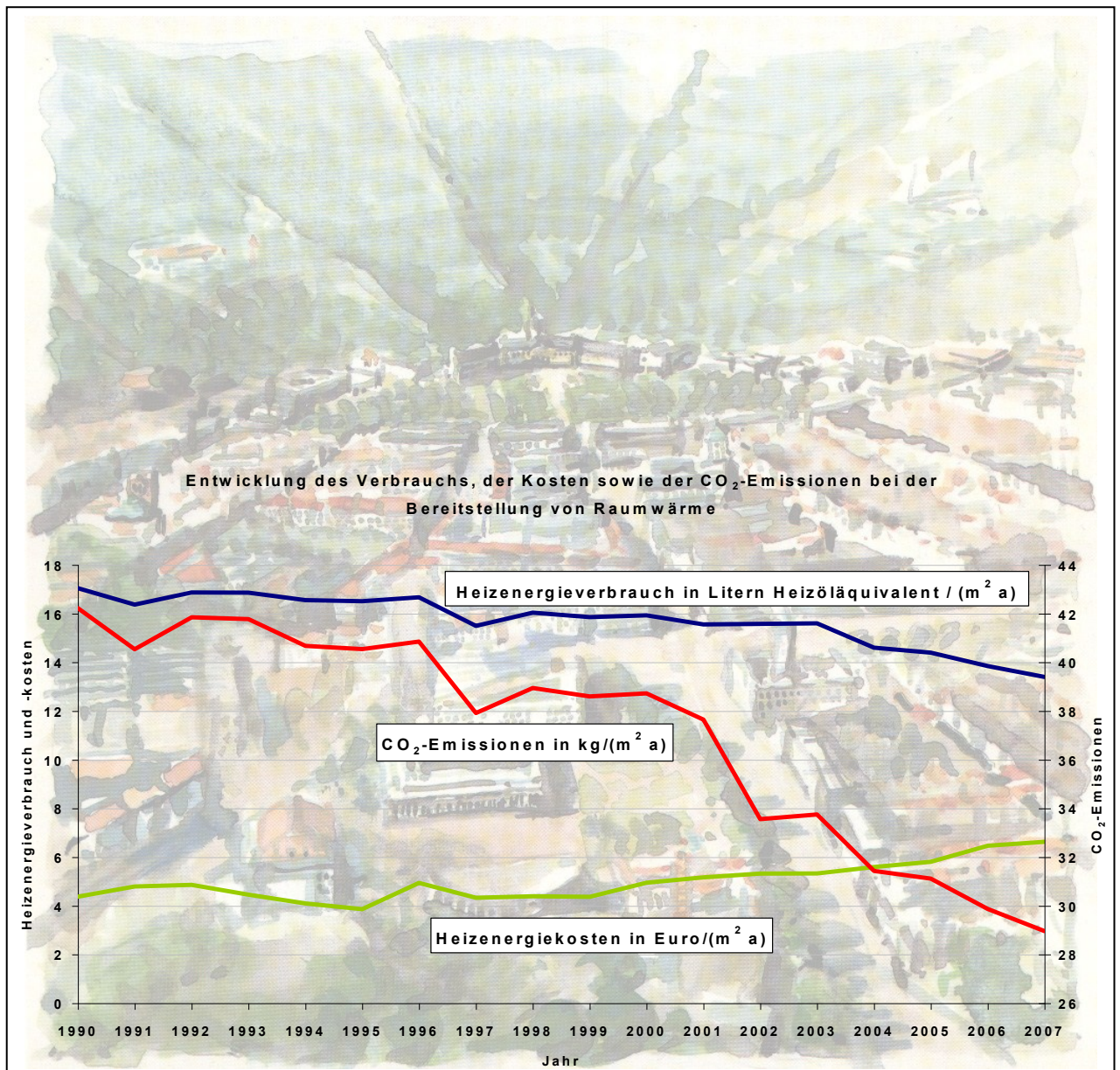


Energiebericht 2007

Gebäudewirtschaft

Stadt Karlsruhe



ENERGIEBERICHT

Fortschreibung 2006 / 2007

Impressum

Herausgeber:
Stadt Karlsruhe
Dezernat 6
Hochbau und Gebäudewirtschaft – Projektmanagement - Sachgebiet Energiemanagement
Karlsruhe, Dezember 2008

Gedruckt auf chlorfrei gebleichtem Papier.

Aus Gründen der leichteren Lesbarkeit wird in diesem Bericht auf die jeweilige Verwendung der männlichen und der weiblichen Formulierung verzichtet; mit der hier gewählten männlichen Form werden die Mitarbeiterinnen gleichermaßen einbezogen.

VORWORT



Die Gebäudewirtschaft der Stadt Karlsruhe stellt mit dem vorliegenden Energiebericht die Fortschreibung für die Jahre 2006 und 2007 vor. Ein Zwischenziel für das vom Gemeinderat beschlossene Handlungsprogramm „Energie und globaler Klimaschutz“ mit einer Reduzierung der CO₂-Emissionen in der Emittentengruppe Hausbrand und Energie von 15 % gegenüber dem Basisjahr 1990 konnte in 2005 nicht nur erreicht, sondern sogar überschritten werden. Dieser Erfolg lässt uns aber nicht ausruhen. Ganz im Gegenteil hierzu hat er uns angespornt und herausgefordert, diesen positiven Trend in weiteren Schritten für unser Klima und unsere Ressourcen mit entsprechendem Einsatz fortzusetzen.

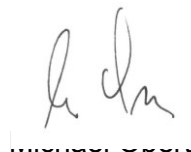
In den vergangenen Jahren haben die Themen Klimaschutz und Energiepreise zusätzlich an Bedeutung gewonnen. Ersteres muss umgehend und noch wesentlich intensiver angegangen werden und darf nicht von Unvorhergesehenem wie der momentanen Weltwirtschaftskrise ausgebremst werden. Die zwischenzeitige förmliche Explosion der Ölpreise haben nicht nur die Autofahrer an den Tankstellen oder die Heizölverbraucher schmerzlich gespürt, auch wenn sich diese Extremsituation nun wieder leicht entspannt hat.

Energie zu sparen und Alternativen zu prüfen sowie gegebenenfalls zu aktivieren, sind enorm wichtige Herausforderungen für unsere Zukunft. Die Ressourcen werden immer knapper, auch bedingt durch die weltweit steigende Nachfrage nach Energie werden sich die Energiepreise langfristig, wie bereits in den vergangenen Jahren, weiterhin nach oben bewegen. Aber nicht nur die ökonomische Seite des Energieverbrauches, sondern vor allem auch dessen ökologische Seite sollte für uns Ansporn sein, die Bereitstellung unseres Energiebedarfs zum einen möglichst effektiv zu gestalten und zum anderen einen möglichst rationalen Umgang mit der bereitgestellten Energie auf Verbraucherseite zu pflegen.

Wie bereits der vorangegangene Energiebericht 2005 gezeigt hat, ist Karlsruhe hier auf dem richtigen Weg. Und dieser Weg konnte bis 2007 erfolgreich fortgesetzt werden. Die Einsparungen wurden sowohl durch die konsequente Fortführung der Umstellungen auf effizientere Heizkessel, modernere Regelungseinrichtungen, umweltfreundlichere Energieträger, Dämmmaßnahmen an Fassaden, Dächern und Fenstern zahlreicher Gebäude, als auch durch ein verbessertes Nutzerverhalten erreicht. Da die Einsparungen aus dem absoluten Verbrauch berechnet werden, trägt natürlich auch die wärmere Witterung der vergangenen beiden Jahre ihren Anteil zu den erzielten Einsparungen bei. Aber auch der Verlauf des witterungsbereinigten Verbrauchs bezogen auf die Fläche ist für die städtischen Gebäude positiv, weil mit fallender Tendenz.

Mit der Beteiligung am European Energy Award® will Karlsruhe sich zukünftig auch mit anderen Städten und Gemeinden vergleichen und daraus wichtige Erkenntnisse für sein weiteres Handeln in Sachen Klimaschutz gewinnen. Gleichzeitig erarbeitet eine Arbeitsgruppe mit Umwelt- und Arbeitsschutz, Gebäudewirtschaft und weiteren Ämtern und Gruppierungen ein Klimaschutzkonzept für Karlsruhe, von dem weitere Impulse für den Klimaschutz in Karlsruhe ausgehen sollen und werden, so dass damit unser Handeln in Bezug auf den Neubau, die Bauunterhaltung und das Energiemanagement auch zukünftig unter dem Aspekt eines möglichst effektiven Energieeinsatzes stehen wird.

Dies alles soll uns motivieren und bestärken, auf diesen Wegen gemeinsam weiter zu gehen und unsere Bemühungen und Aktivitäten zum Thema Energie sogar noch zu intensivieren.



Bürgermeister

1 Einführung	5
1.1 Vorbemerkung.....	5
1.2 Beschlusslage des Gemeinderates – gesetzte Ziele	6
1.3 Kurzfassung	7
2 Aktivitäten in der Gebäudewirtschaft	10
2.1 Bauunterhaltung und Bewirtschaftung	10
2.2 Prioritäten in der Gebäudeunterhaltung	11
2.3 Kessel- und Brennersanierungen.....	12
2.4 Sparen ohne zu Investieren durch Informieren und Sensibilisieren	13
2.4.1 Informieren und Sensibilisieren	13
2.4.2 Anreizsystem zum Energiesparen an Schulen.....	13
2.4.3 Unterstützen	13
2.4.4 Hinweise zur sinnvollen und sparsamen Nutzung von Gebäuden.....	13
2.5 Nutzung regenerativer Energiequellen.....	15
2.6 Ergebnisse von Energiesparmaßnahmen.....	17
3 Statistik der Energieverbräuche	18
3.1 Heizenergie	18
3.1.2 Heizenergieverbrauchsstruktur nach Nutzungsart	23
3.2 Strom	25
3.2.2 Stromverbrauchsstruktur nach Nutzungsart.....	28
3.3 Bäder	29
3.3.1 Wärme	29
3.3.2 Strom	31
4 Schlussfolgerungen.....	33
4.1 Finanzierungsmodelle	33
4.2 Einsparziele und Strategien für die nächsten Jahre	36

1 Einführung

1.1 Vorbemerkung

Der vorliegende Energiebericht stellt die Fortschreibung des Energieberichtes für die Jahre 2006 und 2007 dar. Er gibt den Energieverbrauch, die Kosten und die Schadstoffemissionen für den Berichtszeitraum an und zeigt deren zeitliche Entwicklung für die ca. 350 energetisch intensiv überwachten Gebäude auf rund 200 Arealen der Stadt Karlsruhe.

Neben der Darstellung des Ist-Zustandes ergänzen eine Beschreibung der investiven und nichtinvestiven Energiesparmaßnahmen mit ihren entsprechenden Auswirkungen und ein Ausblick auf die weitere Entwicklung diesen Bericht.

Es erfolgt eine getrennte Betrachtung von Heizenergie und elektrischer Energie. Die Bezugsbasis für die Datenauswertungen ist grundsätzlich das Jahr 1979 für die Heizenergie und das Jahr 1993 für die elektrische Energie. Das Jahr 1990 wird zusätzlich als Bezugsjahr für die Betrachtung von Einsparzielen verwendet, da dieses Jahr auch Basis für nationale und internationale Klimaschutzziele ist.

Im Laufe der Jahre kommen in der Verbrauchsüberwachung Liegenschaften hinzu bzw. fallen weg. Um eine Vergleichbarkeit der Daten zu gewährleisten, wurde als Bezugsgröße bisher der Energieverbrauch pro Quadratmeter Reinigungsfläche und Jahr [$\text{kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$] verwendet. Mit diesen Kennwerten konnten nur Vergleiche innerhalb Karlsruhes vorgenommen werden.

Für interkommunale Vergleiche oder den Abgleich mit Vergleichswerten aus der Energieeinsparverordnung (EnEV) bzw. einem Soll-Ist-Vergleich mit Literaturwerten ist die beheizbare Bruttogrundfläche (BGF_E) als Energiebezugsfläche erforderlich. Da diese Flächen nun für die überwachten Gebäude vorliegen, werden diese erstmals in diesem Bericht für die Berechnungen zugrunde gelegt.

Dies führt dazu, dass die Ergebnisse des Energieberichtes 2007 in ihrer Quantität nicht unmittelbar, aber in ihrer Qualität mit vorherigen Energieberichten vergleichbar sind.

Um die Entwicklung des Energieverbrauchs über die Jahre miteinander vergleichen zu können, wird der tatsächliche Energieverbrauch entsprechend dem Verfahren der VDI 3807 zeit- und gradtagbereinigt. Zur Gradtagsbereinigung werden aus den Tagesmitteltemperaturen für Karlsruhe Gradtagzahlen errechnet. Der tatsächliche Heizenergieverbrauch eines Jahres wird dann mit der Gradtagzahl des aktuellen Jahres auf ein Normjahr umgerechnet und ist damit unabhängig von der jeweiligen Witterung. Mit dem normierten Verbrauch und der beheizbaren Bruttogrundfläche wird ein Kennwert als flächenspezifischer Verbrauch gebildet. Auf Basis dieses Kennwertes können die zeitliche Entwicklung des Energieverbrauchs einer Liegenschaft bewertet oder gleichartige Gebäude miteinander verglichen werden.

1.2 Beschlusslage des Gemeinderates – gesetzte Ziele

Für die Stadt Karlsruhe wird derzeit in Arbeitsgruppen ein Klimaschutzkonzept unter der Federführung des Umwelt- und Arbeitsschutzes erarbeitet.

Als ein Baustein zum Klimaschutzkonzept hat der Gemeinderat am 17.07.2007 beschlossen, dass sich Karlsruhe am European Energy Award® beteiligt.

Dies ist ein Managementsystem, eingebunden in ein Verfahren, das es ermöglicht, die Qualität der Energieerzeugung und -nutzung in der Kommune zu bewerten und regelmäßig zu überprüfen sowie Potenziale zur Steigerung der Energieeffizienz zu identifizieren und zu erschließen. Das wichtigste Werkzeug dieses Managementsystems ist der eea® Maßnahmenkatalog. Zur Erarbeitung dieses Maßnahmenkatalogs mit ca. 100 Einzelmaßnahmen ist ein ämterübergreifendes Energie Team gebildet worden, woran sich auch die Gebäudewirtschaft mit der Dokumentation der Energieverbräuche für die kommunalen Gebäude und Anlagen sowie der Erarbeitung von Einzelmaßnahmen beteiligt.

Im Rahmen des Klimaschutzkonzeptes sowie des European Energy Award® werden als Ergebnis auch Ziele für eine Reduzierung des Energieverbrauches für die städtischen Gebäude formuliert werden.

Im DHH 2009/2010 sind ca. 7 Mio. Euro Gesamtaufwand für Maßnahmen vorgesehen, mit denen auch energetische Verbesserungen an den städtischen Gebäuden erreicht werden, die zu einer Reduzierung der CO₂-Emissionen um ca. 235 Tonnen und zu einer Entlastung des Haushalts um ca. 72.000 Euro pro Jahr führen.

1.3 Kurzfassung

Das städtische Energiemanagement in der Gebäudewirtschaft sorgt schon seit 1979 für eine kontinuierliche Absenkung des Energieverbrauchs in den öffentlichen Gebäuden. Damit trägt die Gebäudewirtschaft mit ihren rd. 1.000 Gebäuden im städtischen Eigentum in erheblichem Maße zu einer Verringerung der CO₂-Emissionen und anderer Schadstoffe bei. Ein weiterer Nutzen ist die finanzielle Entlastung des städtischen Haushalts.

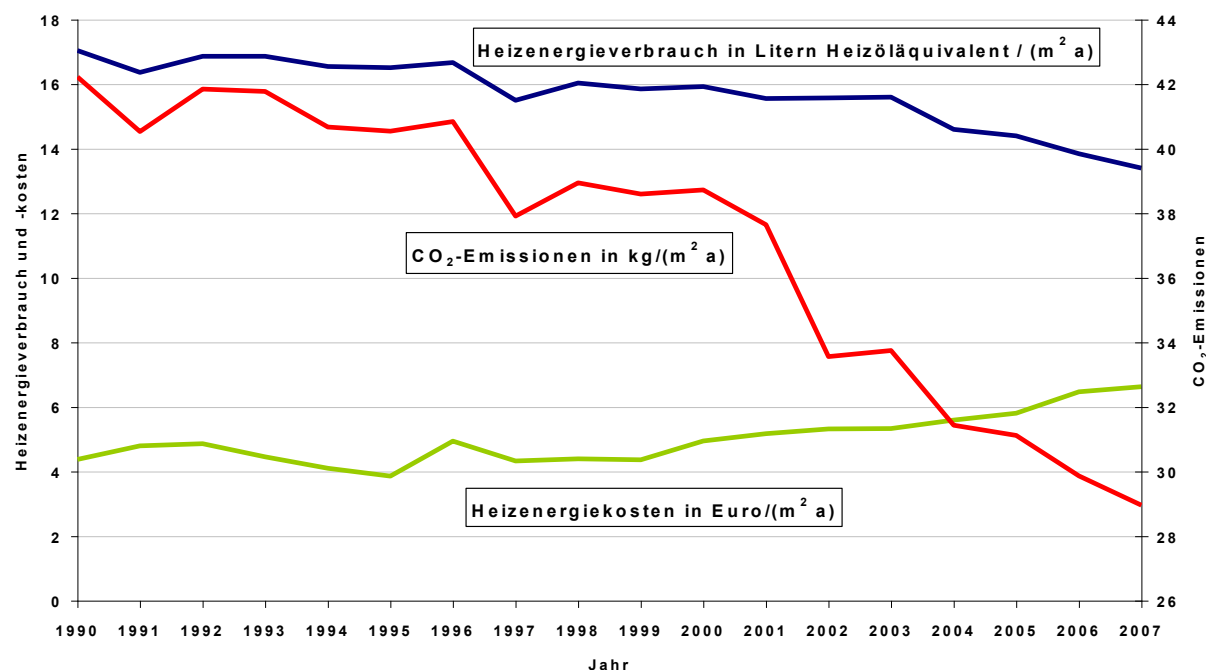


Abb. 1.3.1: Entwicklung des Verbrauchs, der Kosten sowie der CO₂-Emissionen bei der Bereitstellung von Raumwärme von 1990 bis 2007

Die Energiestatistik für 2007 weist gegenüber dem Vorjahr eine Verminderung des Heizenergieverbrauchs um ca. 3,0 % aus. Der Stromverbrauch blieb mit einer geringen Steigerung von ca. 0,5 % nahezu konstant. Im selben Zeitraum stiegen die Heizkosten um ca. 2,5 % und die Stromkosten um ca. 0,5 %. Der Anteil der Energieträger an der Wärmeversorgung betrug für Erdgas 46,14 %, Fernwärme 44,29 %, Heizöl 9,51 % und Heizstrom 0,07 %.

Insgesamt betragen die Energiekosten für die ca. 200 energetisch intensiv überwachten und bewirtschafteten Areale (rund 350 Gebäude) im Jahr 2007 für Strom, Gas, Fernwärme und Heizöl ca. 7,92 Mio. Euro.

In den zurückliegenden Jahren ist es gelungen, durch Beratung, Informationsveranstaltungen, Schulungen, bauliche und technische Verbesserungen sowie den Bau moderner Anlagen den jährlichen spezifischen Heizenergieverbrauch, bezogen auf das Basisjahr 1979, um ca. 39 % zu senken.

Durch die konsequente Umstellung eines großen Teils der Ölfeuerungen auf die umweltfreundlicheren Energieträger Erdgas und Fernwärme sowie die Modernisierung veralteter Heizungsanlagen und Wärmedämmmaßnahmen an den öffentlichen Gebäuden konnte der jährliche spezifische CO₂- Ausstoß - bezogen auf das Basisjahr 1979 - um ca. 56 % gesenkt werden.

Basierend auf den spezifischen Verbräuchen, Kosten und CO₂-Emissionen der Heizenergieversorgung des Jahres 1979 wurden im Zeitraum von 1979 bis 2007 erhebliche Einsparungen erzielt. In Summe stellen sie sich hochgerechnet wie folgt dar:

Energieeinsparung:	ca. 134 Mio. Liter Heizöläquivalent
Reduzierung der CO₂-Emissionen:	ca. 334.743 Tonnen
Kosteneinsparung:	ca. 33,4 Mio. Euro (seit 1979)

Die jährlich zu erwartenden Einsparungen durch bauliche und technische Maßnahmen im Gebäudebestand betragen ca. 1.282 MWh. Dies entspricht einer Minderung des Kohlendioxid ausstoßes um ca. 330 Tonnen pro Jahr und einer Haushaltsentlastung von ca. 76.000,00 Euro pro Jahr.

Mit der Stadtwerke Karlsruhe GmbH wurden einige gemeinsame Projekte umgesetzt bzw. gestartet. Für den Kindergarten Taubenstrasse 44 wurde ein Contractingvertrag über die Erneuerung eines Heizkessels abgeschlossen. Für die Emil-Arheit-Halle laufen derzeit Verhandlungen mit den Stadtwerken über den Ersatz der bestehenden Wärmeerzeugungsanlage durch eine Holzhackschnitzelheizung. Diese Anlage soll bis zur Heizperiode 2009/2010 in Betrieb genommen werden. Für die Errichtung von Bürgersolaranlagen wurden den Stadtwerken Schuldächer zur Verfügung gestellt.

Neben den zahlreichen baulichen und technischen Verbesserungen in den städtischen Gebäuden wurden die Aktivitäten für eine Verbesserung des Nutzerverhaltens zur Senkung der Energieverbräuche verstärkt. In den Schulen wird der Energieverbrauch durch halbjährliche Informationen transparenter gemacht. Im Mai 2004 konnte eine dreijährige Pilotphase eines EinSparProjektes mit zunächst drei Schulen gestartet werden. In diesem Programm werden die Schulen an den erzielten Verbrauchseinsparungen finanziell beteiligt. Die bis zum Ende der dreijährigen Projektphase im Jahr 2007 erzielten Einsparungen betragen insgesamt ca. 28.000,00 Euro für diesen Zeitraum.

Für die Ausschöpfung des stadtweiten Einsparpotenzials sind neben der Sensibilisierung der Nutzer investive Maßnahmen zur Energieeinsparung erforderlich. Die derzeitige personelle Ausstattung im Energiemanagement lässt eine flächendeckende Verbrauchserfassung, Betreuung und Beratung der Nutzer und Durchführung der notwendigen Maßnahmen zum Energiesparen nur in Ansätzen zu.

Die durch die Gebäudezustandserfassung gewonnenen Erkenntnisse bezüglich dringend erforderlicher Maßnahmen sind bereits in die Entscheidungsfindungen zu den Haushaltsanmeldungen 2009/2010 eingeflossen. Diese werden als Planungshilfe auch weiterhin zu Grunde gelegt.

So muss beispielsweise zur Erfüllung gesetzlicher Auflagen für die Erneuerung von Heizkesselanlagen bereits jetzt eine Summe von mindestens 5,2 Mio. Euro bereitgestellt werden. Die dadurch erzielbaren Kosteneinsparungen liegen bei ca. 220.000 Euro pro Jahr.

Die Abbildung 1.3.2 zeigt die Entwicklung des spezifischen, witterungsbereinigten Heizenergieverbrauchs und die auf dem tatsächlichen Verbrauch basierenden CO₂-Emissionen von 1990 bis 2007 für die energetisch intensiv überwachten ca. 350 Gebäude.

Gegenüber dem Basisjahr 1990 konnte der witterungsbereinigte Heizenergieverbrauch um ca. 21 % verringert werden. Die CO₂-Emissionen gingen auf ca. 68 % des Ausgangswertes im Jahr 1990 zurück.

Dabei ist zu beachten, dass die Kennzahl für den spezifischen Heizenergieverbrauch ein Maß für die unternommenen Anstrengungen zum Energiesparen ist und die Reduktion der CO₂-Emissionen sowohl von der Witterung als auch von Maßnahmen zum Energiesparen abhängig ist.

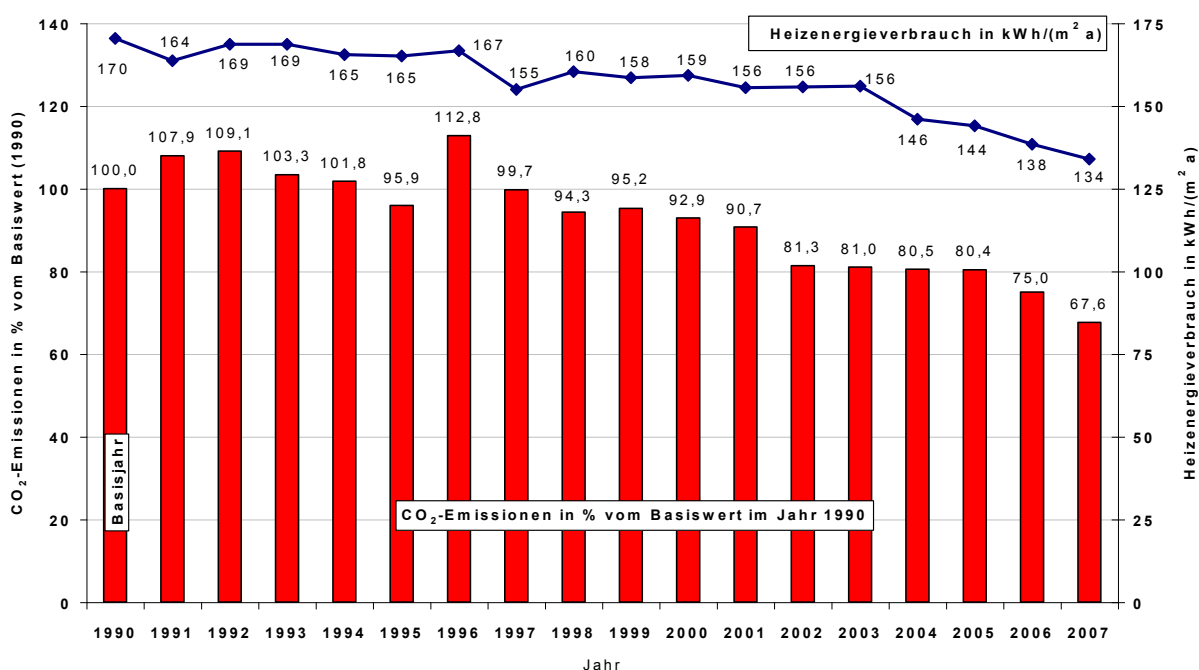


Abb. 1.3.2: Entwicklung des Heizenergieverbrauchs und der CO₂-Emissionen aller überwachten Liegenschaften der Stadt Karlsruhe von 1990 bis 2007 (normiert auf die beheizbare Bruttogrundfläche, Basis 1990 entspricht 100%).

2 Aktivitäten in der Gebäudewirtschaft

2.1 Bauunterhaltung und Bewirtschaftung

Die Kosten für die Bauunterhaltung der städtischen Gebäude, ohne städtischen Eigenbetriebe und Gesellschaften, lagen im Jahr 2007 bei insgesamt ca. 15,75 Mio. Euro. Darin enthalten sind ca. 10,79 Mio. Euro für die laufende Bauunterhaltung und ca. 4,96 Mio. Euro für die einmalige Bauunterhaltung. Ab 2007 sind die Wartungskosten von ca. 1,5 Mio. Euro in der laufenden Bauunterhaltung enthalten. Die Entwicklung der Bauunterhaltungsmittel ist der folgenden Grafik zu entnehmen.

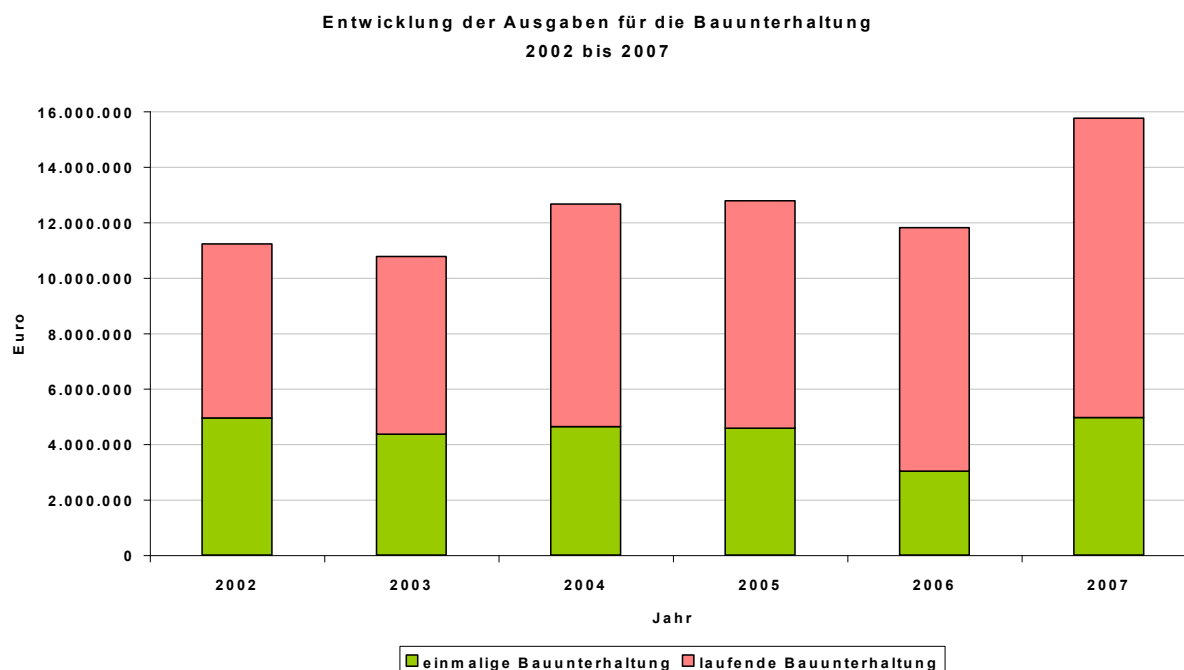


Abb. 2.1.1: Entwicklung der Aufwendungen für die laufende und die einmalige Bauunterhaltung 2002 bis 2007.

Die Bewirtschaftungskosten für die Liegenschaften der Stadt Karlsruhe, ohne Eigenbetriebe und Gesellschaften, betragen im Jahr 2007 ca. 16,47 Mio. Euro. Die Energie- und Wasserversorgung hat mit einer Summe von ca. 8,39 Mio. Euro einen Anteil von ca. 51%.

Darin enthalten sind:

- ca. 0,269 Mio. Euro für Heizöl
- ca. 2,18 Mio. Euro für Erdgas
- ca. 2,09 Mio. Euro für Fernwärme
- ca. 3,07 Mio. Euro für Strom und
- ca. 0,779 Mio. Euro für Wasser.

Ab 2007 werden die bisher bei den Bewirtschaftungskosten geführten Mietnebenkosten in Höhe von 1 Mio. Euro auf einem neu eingerichteten Mietkonto gebucht und die Wartungskosten von ca. 1,5 Mio. der laufenden Bauunterhaltung zugeschlagen. Beide Positionen entfallen daher ab 2007 in der folgenden Aufstellung.

Die nachfolgende Grafik stellt die Entwicklung der Bewirtschaftungskosten von 2002 bis 2007 dar.

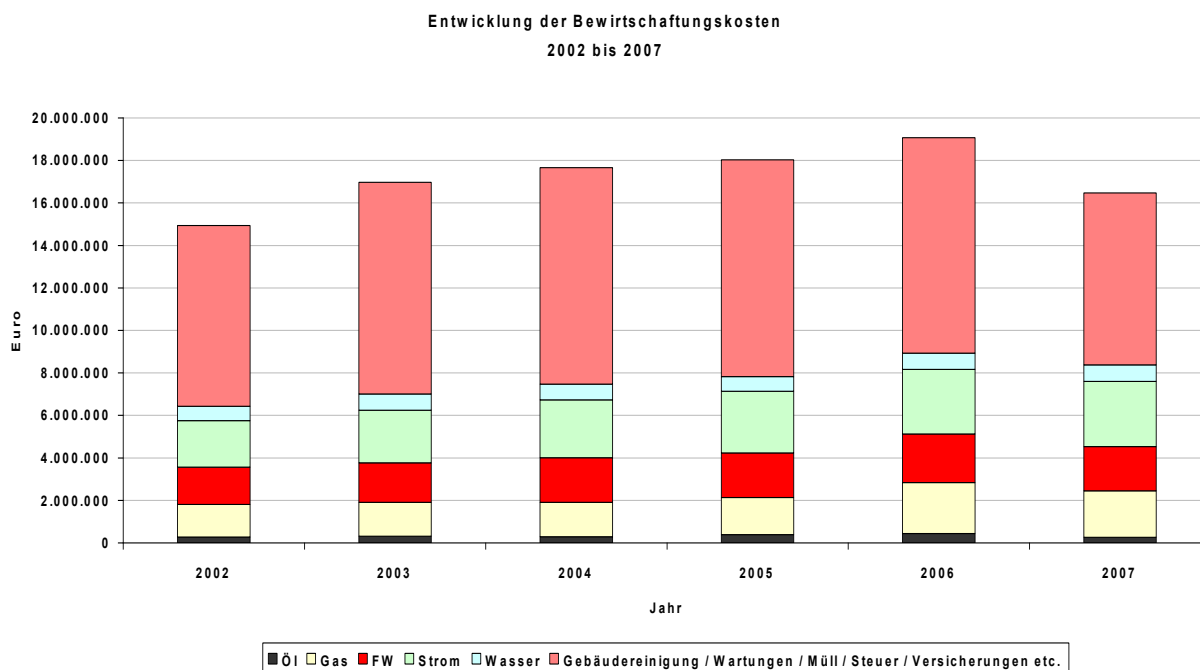


Abb. 2.1.2: Entwicklung der Bewirtschaftungskosten 2002 bis 2007

2.2 Prioritäten in der Gebäudeunterhaltung

Mit den Verbrauchsstatistiken werden Energiekennzahlen gebildet. Zusammen mit den Energiekosten haben wir eine erste Abschätzung des Einsparpotenzials im Gebäude getroffen. Daraus ergeben sich Hinweise auf die Gebäude, die näher untersucht werden sollten.

Eine generelle Prioritätenliste ist daraus jedoch nicht unmittelbar ableitbar. Bei der Entscheidung, welche Maßnahmen an einem Gebäude durchgeführt werden, ist die Funktion der Bauteile und der technischen Anlagen (Beseitigen von Unfallgefahren, Verhüten von Bauschäden, Bausubstanzerhalt, Verbesserung des Raumklimas) mit zu berücksichtigen.

Gleichzeitig wird geprüft, in wieweit ein hoher Energieverbrauch vermeidbar und durch Änderungen im Nutzerverhalten bzw. technische und bauliche Maßnahmen zu verringern ist. Eine Gebäudebegehung dient der Schwachstellenanalyse vor Ort sowie der Untersuchung hinsichtlich der Umsetzbarkeit von energie- und kostensenkenden Maßnahmen.

So wurden in den Jahren 2006 bis Anfang 2008 alle städtischen Gebäude (ohne städtische Eigenbetriebe und Gesellschaften) einer Zustandserfassung mit dem Programm „epiqr“ unterzogen.

Zur zusammenfassenden Darstellung des Gesamtzustands eines Gebäudes ermöglichen die Ergebnisse aus dem Programm beispielsweise die Sortierung aller erfassten Gebäude nach der so genannten Eingriffstiefe. Dieser Relativwert bewegt sich zwischen 0 (kein Handlungsbedarf) und 1 (vollständiger Ersatz). Er wird im Programm „epiqr“ als gemittelter Wert aus den ca. 50 kostenintensivsten Elementen, denen jeweils aktualisierte Datenbankwerte hinterlegt sind, berechnet. Die Eingriffstiefe dient der ersten Orientierung und bildet eine objektive und systematische Basis für eine weitere Beplanung der Gebäude mittels Szenarien. Für eine Fortschreibung sind weitere zyklische Begehungen geplant.

Zusätzlich sind alle Gebäude anhand eines „benchmarkings“ mit nutzergruppenspezifischen Verbrauchskennzahlen nach Energieeinsparpotenzialen eingestuft. Dabei ist zu berücksichtigen, dass diese Einsparpotenziale sowohl von baulichen und technischen Gegebenheiten als auch von Nutzungsintensität und Nutzerverhalten abhängig sind.

Jene Gebäude mit erhöhtem Energieeinsparpotenzial werden für eine Kostenschätzung unter anderem einem Szenario zu rein energierelevanten Eingriffen (siehe Beispiel Seite 24) in die Bausubstanz unterzogen.

Entsprechend lässt sich dann eine Einstufung der Sanierungsdringlichkeiten aufgrund der zu erwartenden Energieeinsparung grob errechnen. Für eine Bauentscheidung müssen neben diesen Parametern letztlich alle anderen Einflussfaktoren (wie zum Beispiel verbundene Baumassnahmen, spezifische Nutzungs- und Nutzeranforderungen etc.) berücksichtigt werden.

Eine derartige Aufstellung diene der Gebäudewirtschaft bereits für die Haushaltsanmeldungen 2009/2010 als Entscheidungshilfe.

2.3 Kessel- und Brennersanierungen

Entsprechend den gesetzlichen Vorgaben wurden an einer Vielzahl von Kesseln Sanierungen vorgenommen, so dass die Grenzwerte der Einstufungsmessungen wieder eingehalten werden.

Eine systematische Erfassung aller Kesselanlagen hat gezeigt, dass zur Erfüllung geltender Rechtsvorschriften bereits jetzt schon ca. 5,2 Mio. Euro für die Erneuerung von Heizkesseln erforderlich sind. Hinzu kommen die Aufwendungen für die erforderliche Ertüchtigung der Hydraulik und der Regelungstechnik, die aufgrund der Komplexität der Anlagen erst nach den Vorplanungen genauer benannt werden können. Die dadurch erzielbaren Kosteneinsparungen liegen bei ca. 220.000 Euro pro Jahr.

Derzeit laufen umfangreiche Sanierungen der Heizungsanlagen in der Weiherwaldschule / Abschule, der Tulla- und Lidellschule und der Emil-Arheit-Halle.

2.4 Sparen ohne zu Investieren durch Informieren und Sensibilisieren

Das städtische Energiemanagement ist bestrebt, langfristige Perspektiven für eine dauerhafte Verringerung des Energie- und Wasserverbrauchs aufzuzeigen und im Sinne der Agenda 21 ein nachhaltiges, verbrauchsminimierendes Nutzerverhalten zu erreichen. Hierzu wurden die folgenden Aktivitäten initiiert bzw. unterstützt.

2.4.1 Informieren und Sensibilisieren

Seit der Heizperiode 2002/2003 erhalten die Schulen halbjährlich Informationen zu ihrem Energie- und Wasserverbrauch. Dadurch werden Verbrauchs- und Kostenentwicklung für die Schulen transparenter gemacht.

In der Heizperiode 2003/2004 hat die Gebäudewirtschaft Energie-Broschüren zum Nutzerverhalten an alle Schulen und städtische Ämter herausgegeben. Damit sollen die Gebäudenutzer mit einer eingängigen Darstellung für einfache und vernünftige Verhaltensänderungen sensibilisiert werden.

2.4.2 Anreizsystem zum Energiesparen an Schulen

Im Mai 2004 konnte eine dreijährige Pilotphase eines EinSparProjektes als Anreizsystem zum Energiesparen mit zunächst drei Schulen gestartet werden.

In diesem Programm werden die Schulen an den erzielten Verbrauchseinsparungen finanziell beteiligt. Bis zum Ablauf der Pilotphase im Frühjahr 2007 summierten sich die Einsparungen auf ca. 28.000 Euro. Das Programm sieht vor, dass 40% des eingesparten Geldes an die Schulen ausgezahlt wird. Die Stadtkämmerei erhält 30% zur direkten Haushaltsentlastung und 30% fließen in einen Energiesparfonds, aus dem kleinere Energiesparmaßnahmen kurzfristig finanziert werden können.

Ziel ist es, das Projekt sukzessive auf weitere Schulen auszuweiten.

2.4.3 Unterstützen

Das Schulzentrum Neureut wurde bei der Durchführung eines Ökoaudits unterstützt. Im Dezember 2004 konnte die Umwelterklärung nach der EMAS-Verordnung unterzeichnet werden und im Februar 2008 erfolgte die erste Revalidierung.

2.4.4 Hinweise zur sinnvollen und sparsamen Nutzung von Gebäuden

Nachfolgend sind die wesentlichen Hinweise zur sinnvollen und sparsamen Nutzung von Gebäuden nochmals aufgeführt. Sie zeigen, wie mit einfachen Maßnahmen optimale Raumbedingungen geschaffen werden können, die gleichzeitig wesentlich zur Energie- und Kosteneinsparung beitragen und unsere Umwelt entlasten.

Zum Wohlbefinden bei der Nutzung von Räumen tragen im Wesentlichen eine angemessene Raumtemperatur, eine gute Luftqualität sowie eine ausreichende Ausleuchtung bei.

Es sind mehrere Möglichkeiten gegeben, auf diese Parameter Einfluss zu nehmen. Von Seiten der Gebäudewirtschaft werden hierfür Heizkörper mit Regelventilen, geeignete Fenster bzw. Lüftungsöffnungen und energiesparende Beleuchtungskörper zur Verfügung gestellt. Die sinnvolle und sparsame Nutzung dieser vorgehaltenen Bauteile sollte sich nach dem Bedarf orientieren und in der Regel wie folgt vorgenommen werden:

Heizung

Für eine gleichmäßige Temperierung der Räume ist es grundsätzlich erforderlich, dass alle Heizkörper gleichmäßig betrieben werden und die Standardeinstellung am Heizkörperventil dauerhaft (auch nach Nutzungsende) erhalten bleibt. Damit ist sichergestellt, dass nach der Nachtabsenkung in den Morgenstunden eine Wiederaufheizung der Räume automatisch erfolgt.

Lüftung während der Heizperiode

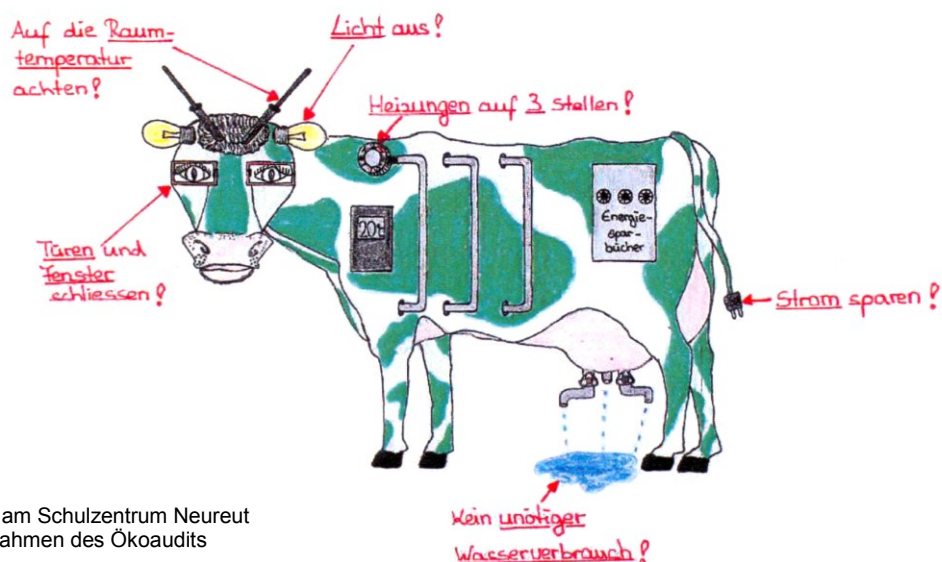
Die vorhandene Raumluft wird bei der Nutzung relativ schnell verbraucht. Frische Luft sollte so schnell wie möglich hereingebracht, verbrauchte Luft schnell hinaus befördert werden. Das erreicht man am besten durch Stoßlüftung mit kurzzeitigem Öffnen aller Fenster. Dauerlüftung (z. B. durch gekippte Fenster) führt zur Verschwendung von Heizenergie, bewirkt eine ungleichmäßige Belüftung des Raumes und kann zu einer Schädigung des Baukörpers führen.

Beleuchtung

Die nach Bedarf eingeschaltete Beleuchtung soll bei entsprechenden Außenlichtverhältnissen rechtzeitig wieder ausgeschaltet werden.

Die knappe Formel beim Verlassen des Raumes heißt:

Licht aus, Fenster zu, alle Heizkörperventile auf Standardeinstellung.



Beitrag einer Schülerin am Schulzentrum Neureut zu diesem Thema im Rahmen des Ökoaudits

2.5 Nutzung regenerativer Energiequellen

Der Einsatz regenerativer Energien ist ein wesentlicher Baustein für eine nachhaltige Entwicklung der Energieversorgung.

Solarthermie

Aufgrund der günstigen Bedingungen sind Solarabsorber zur Beckenwassererwärmung wirtschaftlich darstellbar. In den Karlsruher Freibädern Rüppurr, Rappenwört und Wolfahrtsweyer sind solche Anlagen im Einsatz.

Photovoltaik

Im Rahmen des Förderprogramms der Stadtwerke Karlsruhe „Sonnenenergie für Schulen“, sind seit 2000 an acht Karlsruher Schulen Photovoltaikanlagen installiert worden. Der bis Ende 2007 erzielte Ertrag liegt bei ca. 100.000 kWh. Dies entspricht dem jährlichen Stromverbrauch von ca. 28 Haushalten.

Die Stadtwerke Karlsruhe haben 2005 den Bau einer Bürgerbeteiligungsanlage (Solarpark I) gestartet. Im Endausbau hat die Anlage eine installierte Leistung von ca. 840 kW. Die Stadt Karlsruhe hat für dieses Projekt die Dachflächen der Walter-Eucken-Schule (35 kWp) und der Europäischen Schule (63 kWp) zur Verfügung gestellt. Für eine zweite Bürgerbeteiligungsanlage der Stadtwerke (Solarpark II) wurde im Dezember 2007 eine Photovoltaikanlage (43 kWp) auf dem Dach der Grund- und Hauptschule Grötzingen installiert. Die betriebswirtschaftlichen Bedingungen für Photovoltaikanlagen sind aufgrund der derzeitigen Förderbedingungen sehr günstig. Die eingespeiste Kilowattstunde wird vom Energieversorger über einen Zeitraum von 20 Jahren mit einem festen Betrag vergütet, so dass mit einer Rückzahlung der Investitionskosten über diesen Zeitraum zu rechnen ist.

Holz

Holz gilt als nachwachsender Rohstoff schlechthin. Bevor jedoch eine Entscheidung für Holz als Energieträger fällt, sollte den Randbedingungen wie Verfügbarkeit, Platzbedarf, Anfahrmöglichkeiten an das Gebäude, lokale Belastung durch Geruch und Schadstoffe besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden. Die Gebäudewirtschaft ersetzt derzeit in einem Pilotprojekt zusammen mit den Stadtwerken Karlsruhe die sanierungsbedürftige Kesselanlage in der Emil-Arheit-Halle durch eine Holzhackschnitzelanlage.

Geothermie

Karlsruhe liegt in einem Gebiet, in dem der Untergrund für die Nutzung von Erdwärme bis zu einer Tiefe von 200 m hydrogeologisch günstig ist. Bei größeren Bohrtiefen sind die Untergrundverhältnisse wegen ausgeprägter Stockwerksgliederung hydrologisch ungünstig und Einzelfallprüfungen erforderlich. Die Temperaturerhöhung des Grundwassers mit 3 - 4 °C pro 100 m bietet prinzipiell günstige Voraussetzungen für die Nutzung der Erdwärme.

Um die Erdwärme zur Raumheizung nutzen zu können, ist der Einsatz einer Wärmepumpe erforderlich, die das Temperaturniveau aus den Erdwärmesonden auf ein Temperaturniveau anhebt, das zur Beheizung von Gebäuden ausreichend ist. Die Wärmepumpen werden in der Regel mit Strom betrieben.

Für einen effektiven Einsatz der Wärmepumpe müssen das Gebäude und das Heizsystem für ein niedriges Temperaturniveau ausgelegt sein (Niedrigenergiehausstandard). Je geringer der Temperaturunterschied zwischen der Erdwärmequelle und der erforderlichen Heiztemperatur ist, desto effektiver arbeitet die Wärmepumpe. Eine detaillierte Untersuchung des Bodens ist in jedem Falle vor Bohrbeginn erforderlich.

Die Investitionskosten zur Nutzung geothermischer Energie sind vergleichsweise hoch. Dieses Energieversorgungssystem lässt sich nur wirtschaftlich darstellen, wenn Heizen und Kühlen gleichzeitig erforderlich sind. Die Realisierung solcher Systeme erfolgt über eine Bauteilaktivierung. Dadurch wird die teure konventionelle Kühlung im Sommer überflüssig. Bei der Planung neuer Gebäude erfolgt die Auslegung einer geothermischen Energieversorgung in der Regel nach der Kühllast. Auftretende Heizspitzen im Winter werden dann von Spitzenlastkesseln übernommen.

Die obigen Ausführungen zeigen, dass sich dieses Verfahren zur Beheizung bzw. Kühlung von Gebäuden nur für neu zu konzipierende Gebäude anbietet. In älteren Gebäuden sind die Randbedingungen für die Nutzung von Erdwärme allein durch die Bausubstanz und die installierten Heizungsverteilungen sowohl ökologisch als auch wirtschaftlich nicht gegeben.

Auch zukünftig werden die regenerativen Energien bei entsprechenden Planungen von der Gebäudewirtschaft und dem Hochbauamt berücksichtigt und im Rahmen der Möglichkeiten bevorzugt eingesetzt. Sinnvolle und wirtschaftlich darstellbare Einrichtungen regenerativer Energien werden befürwortet und vor den zuständigen Ausschüssen erläutert.

2.6 Ergebnisse von Energiesparmaßnahmen

In den Jahren 2006 bis 2007 sind zahlreiche bauliche und technische Sanierungen an öffentlichen Gebäuden ausgeführt bzw. begonnen worden, die meistens auch zu energetischen Verbesserungen geführt haben.

Die zu erwartenden Ergebnisse der größten durchgeführten Maßnahmen sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Gebäudebezeichnung	Maßnahme	Kosten Euro	Einsparungen		
			Verbrauch MWh/a	CO ₂ Tonnen/a	Kosten ¹ Euro/a
Heinz-Barth-Grund- und Hauptschule Wettersbach	Heizungssanierung Dachsanierung Fensteranierung	570.000	360	93	20.000
Schulzentrum Neureut	Heizungssanierung	462.000	300	76	17.000
Grund- und Hauptschule Grötzingen	Fenstererneuerung	493.000	120	40	7.300
Hebel-Realschule	Fenstererneuerung	272.000	100	20	6.000
Grundschule Aue	Fassadendämmung Fenstererneuerung	154.000	88	22	5.200
Südschule Neureut	Dachsanierung Fenstererneuerung	162.000	65	16	4.500
Friedrich-Ebert-Schule	Heizungssanierung Fenstererneuerung	213.000	75	19	4.500
Grundschule, Gemeindezentrum, Rathaus und Feuerwehr in Stupferich	Heizungssanierung	261.000	55	14	3.500
Grundschule Rintheim	Fenstererneuerung Dämmung oberste Geschossdecke	212.000	36	9	2.300
Kindertagesstätte Taubenstr. 44	Heizungssanierung Fenstererneuerung	80.000	20	5	1.500
Rennbuckel-Realschule	Fenstererneuerung	178.000	25	7	1.500
Schülerhort Baumeisterstr. 56	Fenstererneuerung	18.500	16	4	1.000
Jugendherberge	Dachsanierung	114.000	14	3	850
Schülerhort Breite Str. 90	Fenstererneuerung	29.000	8	2	500
Summen		3.218.500	1.282	330	75.650

Tabelle 2.6.1: Summe der zu erwartenden Heizenergie- und Kosteneinsparungen sowie Schadstoffreduzierungen pro Jahr durch größere Energiesparmaßnahmen

¹ Preisstand 2007

3 Statistik der Energieverbräuche

Bei der Nutzung der Endenergie wird den Energieträgern mit den geringsten Schadstoffemissionen der Vorzug gegeben. Dazu gehören in erster Linie Fernwärme und Erdgas. An geeigneten Standorten wird die Möglichkeit der Nutzung von regenerativen Energien geprüft und bei sinnvollen Anwendungen umgesetzt. Heizöl und Strom sollten möglichst wenig zum Einsatz kommen. Die folgenden Tabellen und Grafiken geben einen Überblick über den Endenergieeinsatz bei der Beheizung und Stromversorgung der intensiv überwachten Gebäude.

3.1 Heizenergie

In die Energiestatistik 2007 für Heizenergie fließen die Verbrauchsdaten der ca. 200 größten Liegenschaften (ohne Beteiligungen wie GmbH's) mit einer Bezugsfläche (beheizte Bruttogrundfläche) von insgesamt 752.578 m² ein. Der witterungsbereinigte Endenergieverbrauch für die intensiv überwachten Gebäude liegt 2007 mit 100.800 MWh, bezogen auf den spezifischen Verbrauch, um ca. 3 % unter dem des Vorjahres. Die Kosten sind mit 4.985.000 Euro um ca. 2,5 % gestiegen. Die CO₂-Emissionen betragen ca. 17.500 Tonnen.

Stadt Karlsruhe Energiestatistik 2007	Verbrauch				CO ₂ -Emissionen		Kosten		
	Verbrauchs- menge	spezifischer Verbrauch	Verände- rungen zum Vorjahr	Verände- rung zum Basisjahr 1979	CO ₂	Anteil an gesamten CO ₂ - Emissionen Heizenergie	Kosten Heizenergie	Anteil an gesamten Heizenergie- kosten	Verände- rungen zum Vorjahr
	MWh/a	kWh/(m ² a)	%	%	Tonnen	%	Tausend Euro	%	%
Gesamter Heizölverbrauch	7.695	154	-3,75	-39,84	2.313	13,21	438	8,79	3,42
Gesamter Erdgasverbrauch	37.348	118	-11,28	-51,84	7.990	45,64	2.286	45,85	5,18
Gesamter Fernwärmeverbrauch	35.851	93	-10,58	-45,93	7.167	40,93	2.255	45,23	-0,35
Sonst. Energieträger	59	66	-4,35	-74,22	40	0,23	7	0,14	23,46
Wärme insgesamt	80.953	108	-	-	17.510	-	4.985	-	2,48
Wärme insgesamt (witterungsbereinigt)	100.800	134	-3,22	-38,84	-	-	-	-	-

Tabelle 3.1.1: Überblick über den Heizenergieverbrauch der überwachten Gebäude der Stadt Karlsruhe im Jahr 2007

Verbrauch

Verbrauchsmenge (MWh/a): Absoluter Energieverbrauch im Betrachtungszeitraum.

Spezifischer Verbrauch (kWh/m²a): Energieverbrauch bezogen auf die dazugehörige Flächeneinheit.

Veränderungen zum Vorjahr (%): Veränderungen des spezifischen Energieverbrauches zum Vorjahr (2006) in Prozent.

Veränderungen zum Basisjahr (%): Veränderungen des spezifischen Energieverbrauches zum Basisjahr (1979) in Prozent.

CO₂-Emissionen

CO₂ (Tonnen): CO₂-Emissionen bezogen auf den absoluten Energieverbrauch in Tonnen im Jahr 2007.

Kosten

Anteil an gesamten Heizenergiekosten (%): Anteil der einzelnen Energieträger an den gesamten Heizenergiekosten in Prozent.

Veränderungen zum Vorjahr (%): Veränderung der Energiekosten der jeweiligen Energieträger gegenüber dem Vorjahr bezogen auf die dazugehörige Flächeneinheit in Prozent.

Die Abbildung 3.1.1 zeigt die Anteile der Energieträger an der Bereitstellung der Endenergie zum Beheizen der überwachten Gebäude. Mit über 90% stellen die umweltfreundlicheren Energieträger Erdgas und Fernwärme die weitaus größte Gruppe dar.

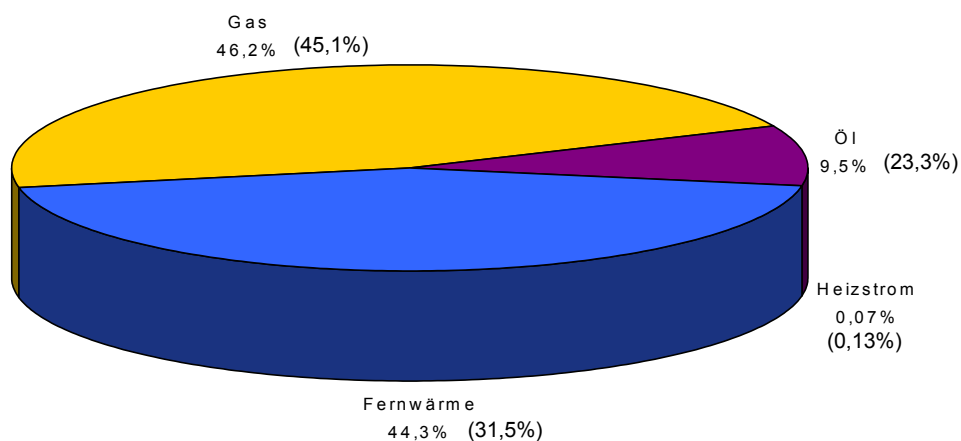


Abb. 3.1.1: Prozentuale Aufteilung des Endenergieeinsatzes in den überwachten Gebäude der Stadt Karlsruhe im Jahr 2007, Zahlen in Klammern von 1990

In der Abbildung 3.1.2 ist die Entwicklung des absoluten Heizenergieverbrauchs und der dazugehörigen Fläche der überwachten Gebäude von 1990 bis 2007 dargestellt.

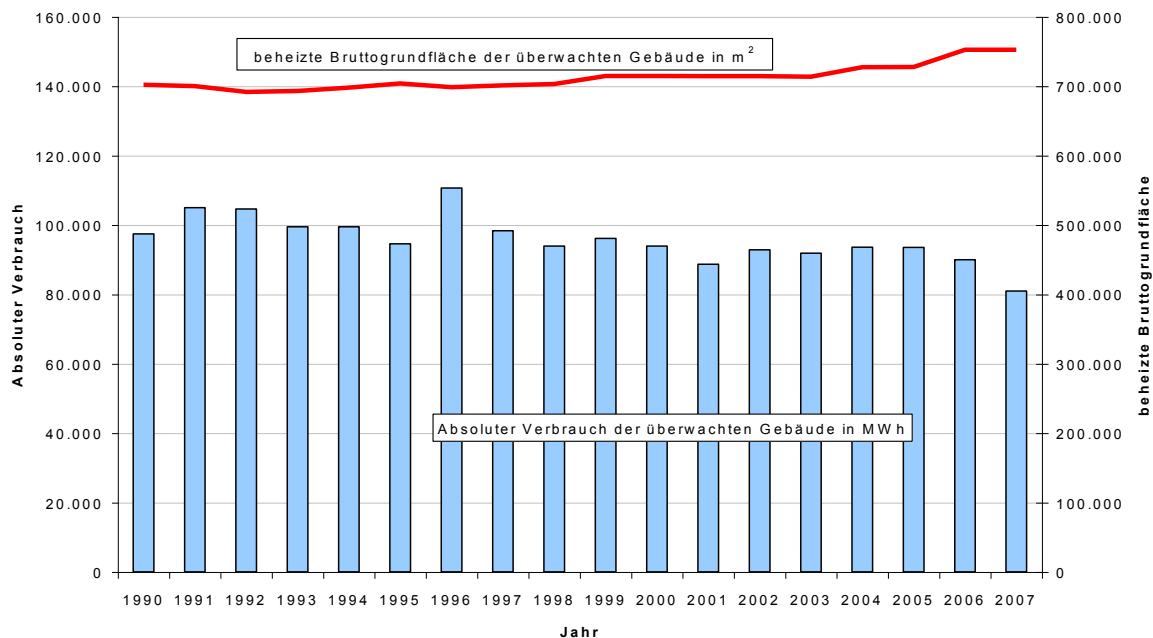


Abb. 3.1.2: Zeitliche Entwicklung des absoluten Heizenergieverbrauchs der überwachten Gebäude mit den zugehörigen Flächen.

Abbildung 3.1.3 verdeutlicht die Abhängigkeit des absoluten Verbrauchs von den Gradtagen eines Jahres. Neben dem individuellen Heizverhalten hat die Witterung naturgemäß einen wesentlichen Einfluss auf die Höhe des Energieverbrauchs. Je höher die Gradtagzahl, desto kälter ist das Jahr und umso höher ist der Heizbedarf und somit auch der absolute Verbrauch. Dies spiegelt sich auch im Verlauf der CO₂-Emissionen wider (siehe Abbildung 3.1.4).

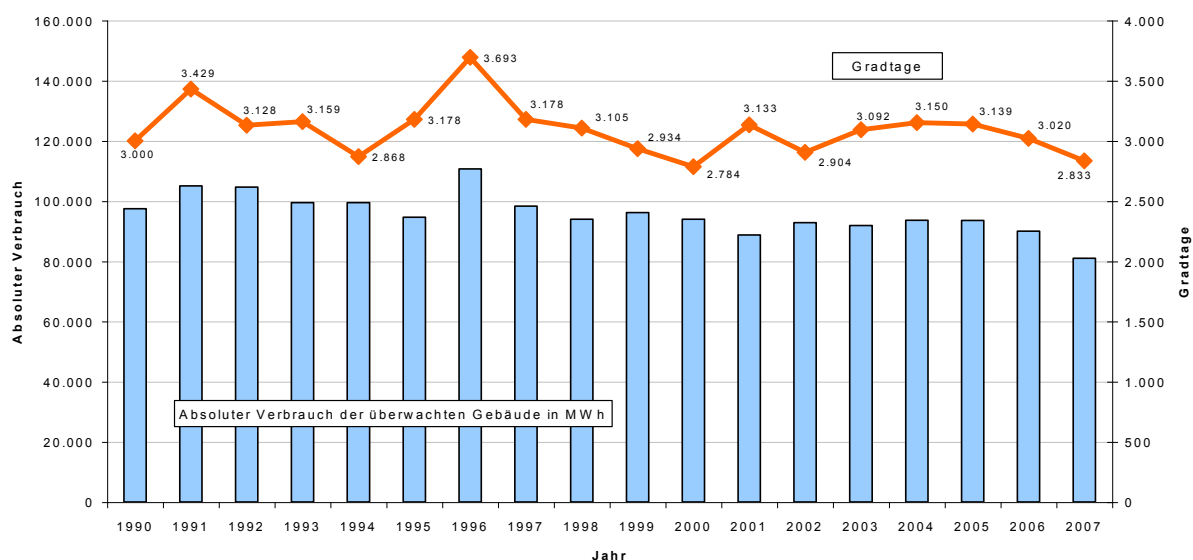


Abb. 3.1.3: Zeitliche Entwicklung des absoluten Verbrauchs der überwachten Gebäude in Abhängigkeit der Witterung (Gradtage)

Die Abbildung 3.1.4 zeigt die heizungsbedingten Kohlendioxidemissionen der überwachten Gebäude in Abhängigkeit vom absoluten Verbrauch.

Die Reduzierung der CO₂-Emissionen von 1990 bis 2007 um 11,14 kg/(m² a) entspricht einer Verringerung um ca. 32 %.

Diese Absenkung konnte sowohl durch eine sparsamere Energieverwendung als auch durch Umstellungen von Ölfeuerungen auf Energieträger mit einem geringeren spezifischen CO₂-Ausstoß wie Erdgas und Fernwärme erreicht werden

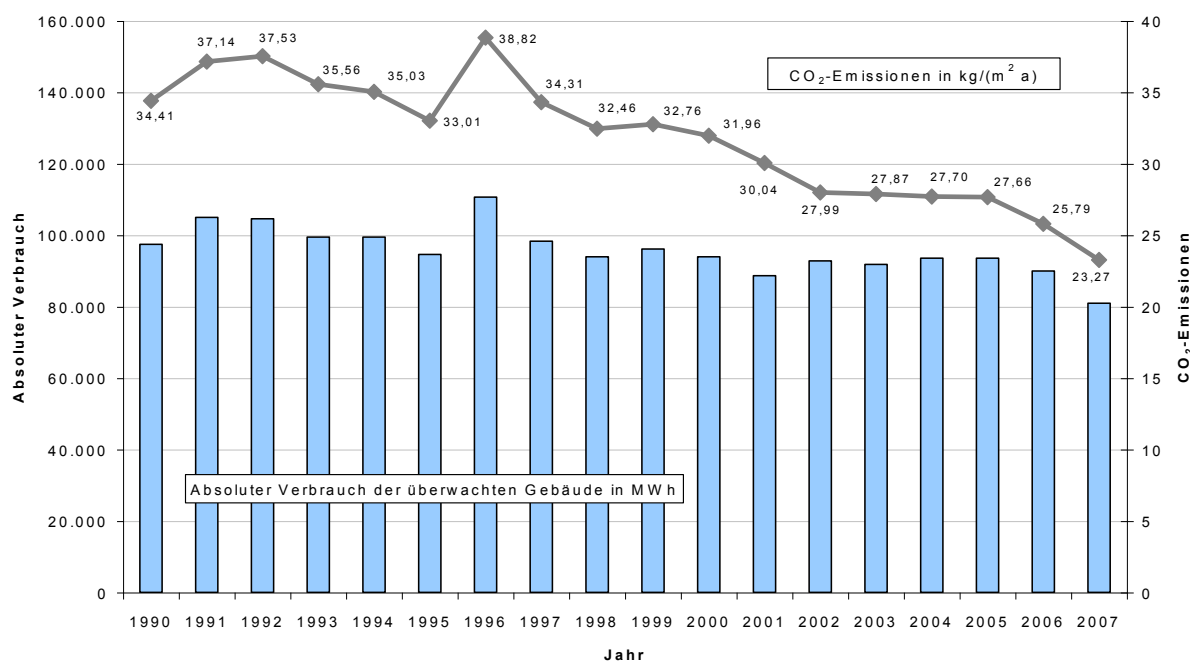


Abb. 3.1.4: Zeitliche Entwicklung der heizungsbedingten spezifischen CO₂-Emissionen der überwachten Gebäude in Abhängigkeit des absoluten Verbrauchs

Im witterungsbereinigten Heizenergieverbrauch steckt die Aussage über die Effektivität durchgeführter Aktivitäten zum Energiesparen, angefangen vom Nutzerverhalten bis hin zu baulichen und technischen Verbesserungen am Gebäude.

Bei der Witterungsbereinigung wird der tatsächliche Verbrauch auf ein Normjahr mit einer festen Gradtagzahl umgerechnet. Dadurch werden die Jahresverbräuche miteinander vergleichbar. Je kleiner der Wert ist, umso erfolgreicher konnten Energiesparmaßnahmen umgesetzt werden.

Die Abbildung 3.1.5 zeigt eine Senkung des spezifischen Heizenergieverbrauches von 1990 bis 2007 um 36 kWh/(m² a), was einer Senkung um ca. 21 % entspricht. Gleichzeitig stiegen die spezifischen Kosten um ca. 51 %.

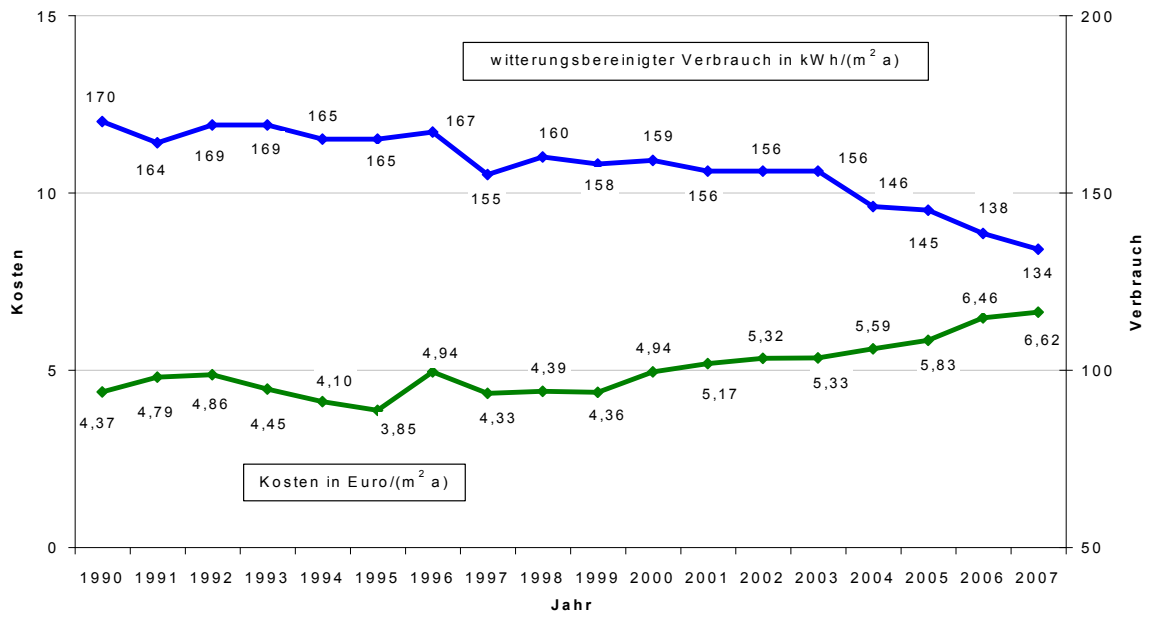


Abb. 3.1.5: Verlauf des spezifischen Heizenergieverbrauchs und der spezifischen Kosten von 1990 bis 2007 in kWh bzw. Euro pro Quadratmeter und Jahr

3.1.2 Heizenergieverbrauchsstruktur nach Nutzungsart

Die folgende Tabelle zeigt eine Übersicht des Heizenergieverbrauchs nach Nutzungsart.

Nutzungsart	Endenergieeinsatz Brennstoffe/Wärme			
	beheizbare Bruttogrundfläche	Verbrauch		Kosten
		m ²	MWh	Änderung (%)
(A) Verwaltungsgebäude	74.525	9.077	1,39	473
(B) Feuerwehren, Zivil- und Katastrophenschutz	13.866	2.829	-4,34	144
(C) Grund- und Hauptschulen	187.447	26.185	-4,05	1.258
(D) Realschulen	51.767	5.912	-1,89	261
(E) Sonderschulen	22.476	2.421	0,65	127
(F) Gymnasien	143.578	17.040	10,46	806
(G) Hauswirtschaftliche, Kaufmänni- sche und Gewerbliche Schulen	116.086	11.436	-5,81	570
(H) Kindergärten, Krippen und Schü- lerhorte	11.105	1.854	4,86	99
(I) Jugendheime und Beratungs- stellen	20.767	2.609	-7,34	148
(J) Obdachlosenunterkünfte	4.805	1.318	-3,90	64
(K) Bestattungswesen	2.304	578	3,55	31
(L) Alten-, Pflege- und Wohnheime	12.217	2.195	2,74	107
(M) Sport- und Veranstaltungshallen	42.819	6.460	7,13	326
(N) Bauhöfe, Stadtgärtnereien und Fuhrparks	19.004	5.847	-2,55	309
(O) Badisches Konservatorium	2.701	307	2,19	19
(P) Sonstige Gebäude	5.443	951	-9,93	52
(Q) Schulturnhallen	21.669	3.780	-2,84	192
Summen	752.578	100.800	-3,22	4.985

Tabelle 3.1.2.1: Bezugsfläche, Energieeinsatz (witterungsbereinigt) und Energiekosten der eingesetzten Brennstoffe/Wärme der überwachten Gebäude der Stadt Karlsruhe im Jahr 2007 nach Nutzungsarten, mit Änderungen des Verbrauchs (in %) im Vergleich zum Vorjahr

Die Schulen und Schulturnhallen (Nutzungsart C bis G und Q) stellen mit einem Wärmeverbrauch von ca. 67.000 MWh und Kosten von ca. 3.214.000 Euro pro Jahr die größte Verbrauchs- und Kostengruppe der energetisch intensiv überwachten Gebäude dar. Ihr Anteil beträgt ca. 65 %.

Die Gruppe der Schulen und Schulturnhallen wird daher in der folgenden Grafik noch einmal beispielhaft betrachtet, eingestuft in zwei Baualtersklassen:

Erste Baualtersklasse bis 1950

Zweite Baualtersklasse 1950 bis 1984 (2. Wärmeschutzverordnung tritt in Kraft).

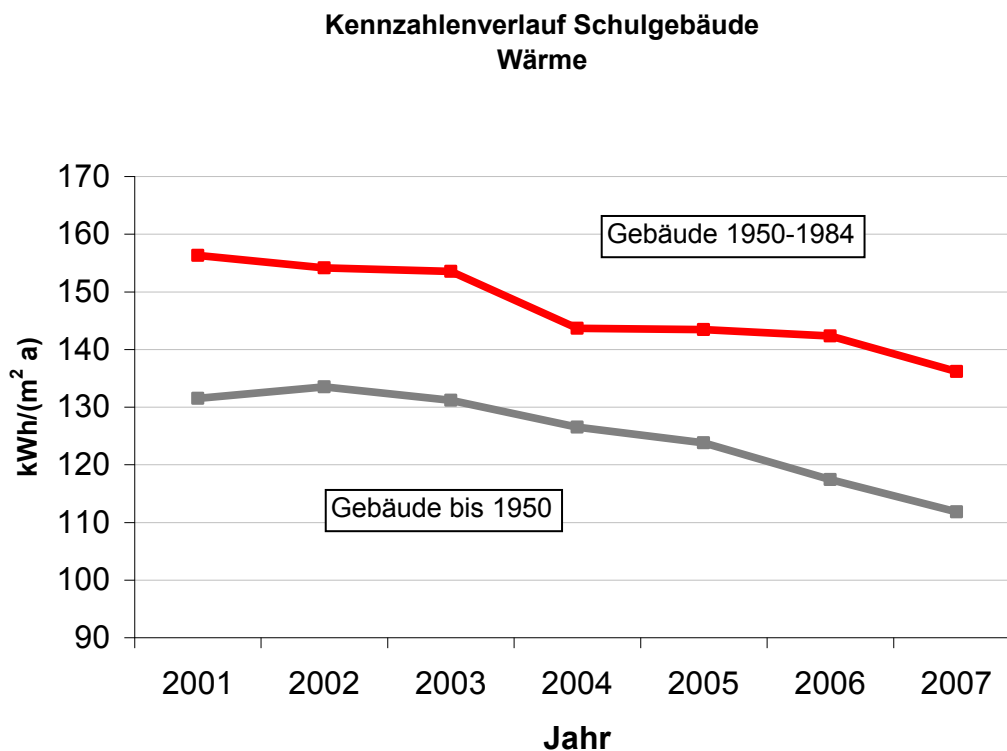


Abb. 3.1.2.1: Verlauf der Heizenergiekennzahlen für Schulgebäude und Schulturnhallen von 2001 bis 2007, unterschieden nach Baualtersklassen

Die Abbildung 3.1.2.1 zeigt, dass die Schulgebäude, die in der Zeit von 1950 bis 1984 gebaut wurden, die schlechteren Heizenergiekennzahlen aufweisen. Dies ist ein Indiz dafür, dass bei Gebäuden dieser Bauzeit ein tendenziell höheres Einsparpotenzial zu erwarten ist als bei älteren Gebäuden. Im Umkehrschluss bedeutet dies jedoch nicht, dass bei gleicher Investition in die Altbausubstanz generell eine geringere Einsparung möglich ist. Es ist daher erforderlich, die auffälligen Gebäude detailliert zu analysieren, die effektivsten Maßnahmen zu identifizieren und dann umzusetzen.

Mit Hilfe eines Szenarios aus der Gebäudezustandserfassung wurde ein mittlerer Wert für die Investitionskosten für die Schulgebäude der Baualtersklasse 1950 bis 1984 abgeschätzt, um die Gebäude auf EnEV-Standard zu sanieren.

Angesetzt auf die ca. 65 Schulen aus diesen Baujahren, die der obigen Darstellung zugrunde liegen, mit einer Fläche von ca. 300.000 m² und durchschnittlichen Sanierungskosten von ca. 500 Euro/m² bedeutet dies Investitionskosten in Höhe von ca. 150 Mio. Euro.

3.2 Strom

In die Energiestatistik 2007 für den Stromverbrauch fließen die Verbrauchsdaten von ca. 350 überwachten Gebäuden (ohne Beteiligungen wie GmbH's) mit einer Bezugsfläche (beheizbare Bruttogrundfläche) von 749.983 m² ein. Der Stromverbrauch im Jahr 2007 ist mit 19.117 MWh gegenüber dem Vorjahr nur leicht um 0,48 % gestiegen. Die Stromkosten sind mit 2.936.000 Euro um 0,52 % gestiegen. Die CO₂-Emissionen betragen 13.052 Tonnen.

Stadt Karlsruhe Energiestatistik 2007	Verbrauch				CO ₂ -Emissionen		Kosten		
	Verbrauchsmenge	spezifischer Verbrauch	Veränderungen zum Vorjahr	Veränderung zum Basisjahr 1993	CO ₂	Anteil an gesamten CO ₂ -Emissionen Strom	Kosten Strom	Anteil an gesamten Energiekosten Strom	Veränderungen zum Vorjahr
Stromverbrauch	MWh/a	kWh/(m ² a)	%	%	Tonnen	%	Tausend Euro	%	%
Gesamter Stromverbrauch	19.110	25,48	0,48	11,21	13.052	-	2.935	-	0,52

Tabelle 3.2.1: Überblick über den Stromverbrauch der überwachten Gebäude der Stadt Karlsruhe im Jahr 2007

Verbrauch

Verbrauchsmenge (MWh/a): Absoluter Stromverbrauch im Betrachtungszeitraum.

Spezifischer Verbrauch (kWh/m²a): Stromverbrauch bezogen auf die dazugehörige Flächeneinheit.

Veränderungen zum Vorjahr (%): Veränderungen des spezifischen Energieverbrauches zum Vorjahr (2006) in Prozent.

Veränderungen zum Basisjahr (%): Veränderungen des spezifischen Energieverbrauches zum Basisjahr (1993) in Prozent.

CO₂-Emissionen

CO₂ (Tonnen): CO₂-Emissionen bezogen auf den Stromverbrauch in Tonnen im Jahr 2007.

Kosten

Kosten-Strom (Tausend Euro): Stromkosten in Tausend Euro.

Veränderungen zum Vorjahr (%): Veränderung der Stromkosten gegenüber dem Vorjahr bezogen auf die dazugehörige Flächeneinheit in Prozent.

Die Abbildung 3.2.1 zeigt die Entwicklung des Stromverbrauches und der dazugehörigen Fläche der überwachten Gebäude. Mit der Aufnahme von weiteren Gebäuden in die Verbrauchsüberwachung im Jahr 2006 steigt der Stromverbrauch an.

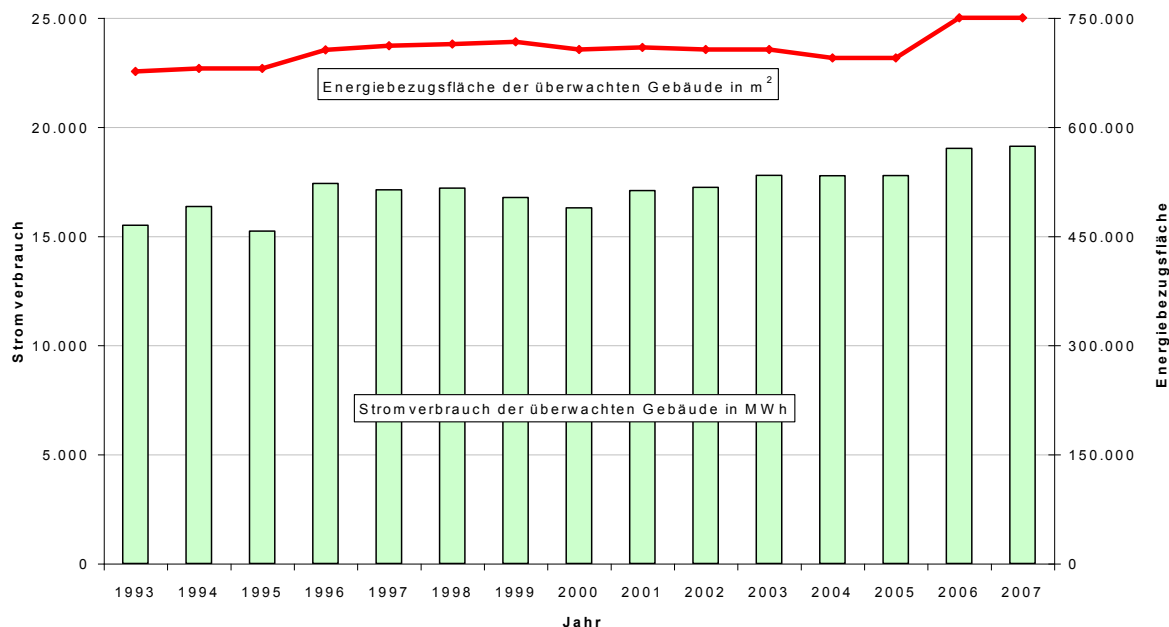


Abb. 3.2.1: Zeitliche Entwicklung des Stromverbrauchs der überwachten Gebäude mit den zugehörigen Flächen

Abbildung 3.2.2 stellt die zeitliche Entwicklung der CO₂-Emissionen in Abhängigkeit vom Stromverbrauch dar. Im Jahr 2007 lagen die spezifischen CO₂-Emissionen 11,2 % über den Werten von 1993.

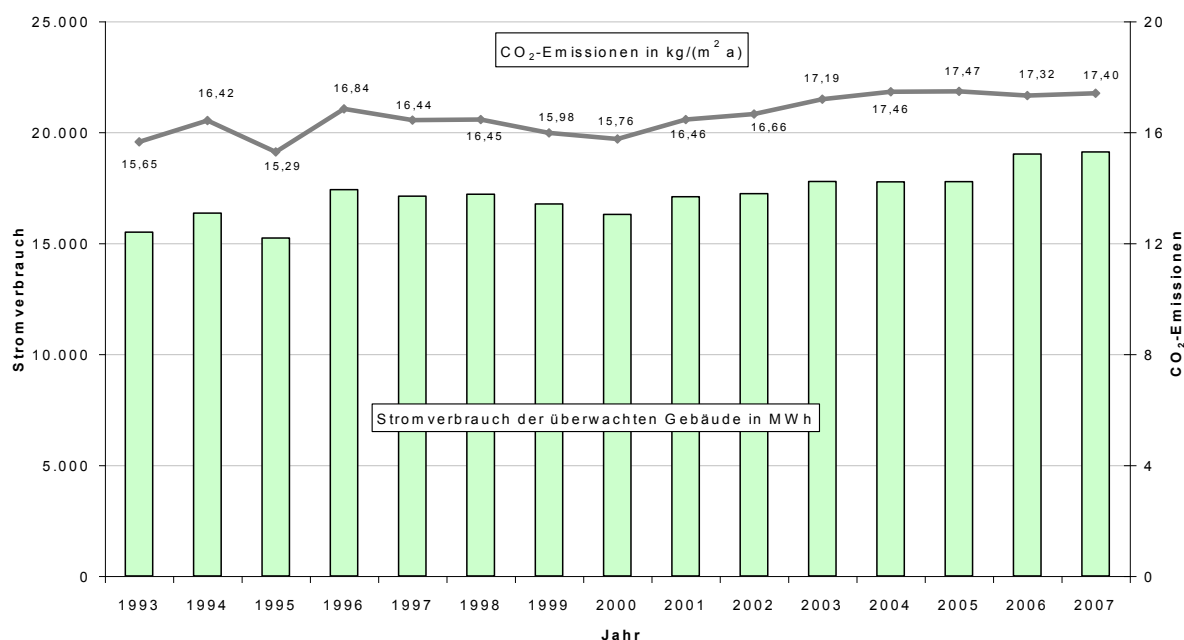


Abb. 3.2.2: Zeitliche Entwicklung der spezifischen CO₂-Emissionen in Abhängigkeit vom Stromverbrauch 1993 bis 2007

Die Abbildung 3.2.3 zeigt den Verlauf des spezifischen Stromverbrauchs sowie der Kosten von 1993 bis 2007.

Der Verbrauch ist in diesem Zeitraum um 2,57 kWh/(m² a) gestiegen, was einer Steigerung von 11,2 % entspricht.

Die spezifischen Kosten sind im selben Zeitraum um 0,31 Euro/(m² a) entsprechend 8,8 % gestiegen.

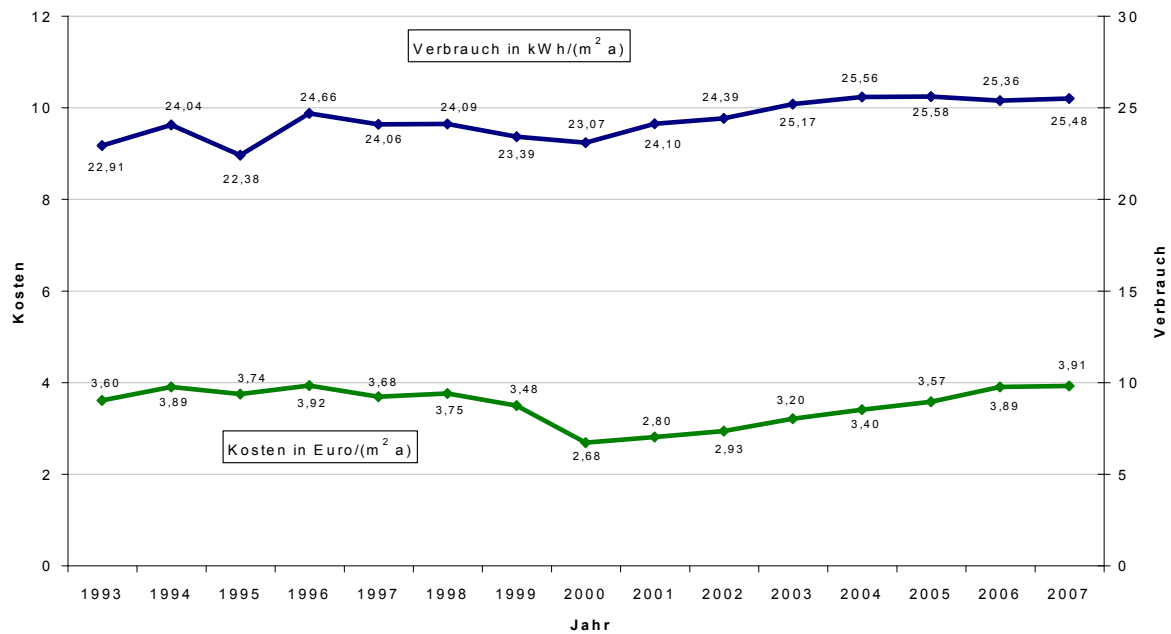


Abb. 3.2.3: Gegenüberstellung des spezifischen Jahresenergieverbrauchs und der spezifischen Energiekosten seit dem Bezugsjahr in kWh bzw. Euro pro Quadratmeter und Jahr

3.2.2 Stromverbrauchsstruktur nach Nutzungsart

Die folgende Tabelle zeigt eine Übersicht der Stromverbrauchsstruktur nach Nutzungsart.

Nutzungsart	Endenergieeinsatz Strom			
	beheizbare Bruttogrundfläche	Verbrauch		Kosten
		m ²	MWh	Änderung (%)
(A) Verwaltungsgebäude	72.336	3.071	5,08	446
(B) Feuerwehren, Zivil- und Katastrophenschutz	14.346	445	-1,71	77
(C) Grund- und Hauptschulen	187.968	2.942	0,32	475
(D) Realschulen	51.767	1.027	-1,30	153
(E) Sonderschulen	22.476	370	0,25	62
(F) Gymnasien	143.578	2.970	-1,51	450
(G) Hauswirtschaftliche, Kaufmännische und Ge- werbliche Schulen	113.286	3.118	0,92	477
(H) Kindergärten, Krippen und Schülerhorte	10.205	237	-1,06	43
(I) Jugendheime und Bera- tungsstellen	20.767	569	0,04	92
(J) Obdachlosenunterkünfte	4.805	183	-4,44	32
(K) Bestattungswesen	2.304	137	2,07	23
(L) Alten-, Pflege- und Wohnheime	12.217	617	6,18	90
(M) Sport- und Veranstal- tungshallen	45.619	1.955	-0,99	289
(N) Bauhöfe, Stadtgärtner- eien und Fuhrparks	19.004	883	-3,72	135
(O) Badisches Konservatori- um	2.701	31	23,61	6
(P) Sonstige Gebäude	4.935	82	15,22	15
(Q) Schulturnhallen	21.669	481	-4,19	72
Summe	749.983	19.117	0,48	2.936

Tabelle 3.2.2.1: Bezugsfläche, Energieeinsatz und Energiekosten des Stromverbrauches der überwachten Gebäude der Stadt Karlsruhe im Jahr 2007 nach Nutzungsarten, mit Änderungen des Verbrauchs (in %) im Vergleich zum Vorjahr

Die Schulen und Schulturnhallen (Nutzungsart C bis G und Q) stellen mit einem Stromverbrauch von ca. 10.900 MWh und Kosten von ca. 1.700.000 Euro die größte Verbrauchs- und Kostengruppe dar. Ihr Anteil beträgt ca. 57 %.

3.3 Bäder

Hier erfolgt eine Betrachtung des Energieverbrauches der Hallen- und Freibäder. Dazu wurden die von den Bäderbetrieben übermittelten Daten ausgewertet und in den folgenden Grafiken dargestellt.

3.3.1 Wärme

Der Verbrauch fossiler Energieträger hängt in den Bädern im besonderen Maße davon ab, ob das Beckenwasser erwärmt wird und mit welcher Energie die Erwärmung erfolgt.

So ist der Verbrauch in den Freibädern Rüppurr und Rappenwört deutlich geringer als in den anderen Bädern, da das Beckenwasser in beiden Bädern über Solarabsorber aufgewärmt wird.

Neben der Energieart spielt auch die Besucheranzahl und die Ausstattung des Bades (z.B. Sauna) eine große Rolle für den Energieverbrauch.

Der Heizenergieverbrauch von Bädern wird nicht witterungsbereinigt, da der Wärmebedarf dort vorwiegend anderen Bestimmungsgrößen unterliegt.

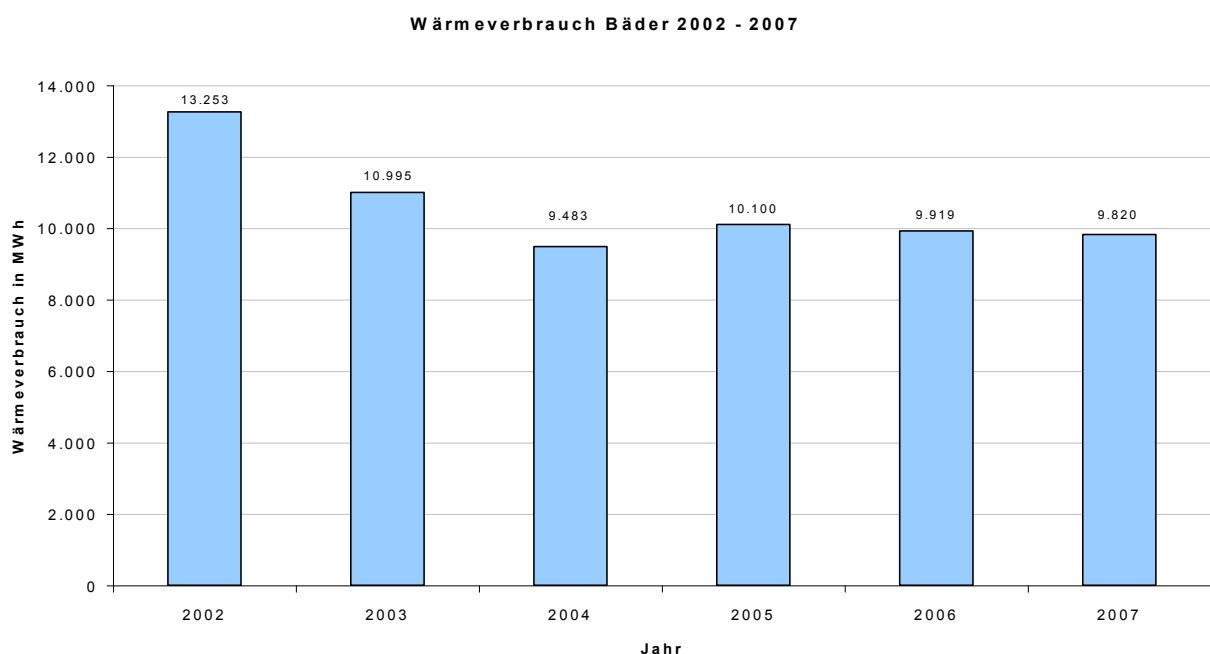


Abb. 3.3.1.1: Entwicklung des Wärmeverbrauchs der Bäder von 2002 – 2007

Die folgende Tabelle zeigt den Wärmeverbrauch 2007 für die einzelnen Bäder.

Bezeichnung	Verbrauch in [MWh]
Turmbergbad	753
Tullabad	2.483
Vierordtbad	1.660
Freibad Rüppurr	156
Freibad Rappenwört: Rheinstrandbad	36
Freibad Sonnenbad (Rheinhafenbad)	2.142
Hallenbad Grötzingen	942
Adolf-Ehrmann-Bad Neureut	704
Weierhofbad Durlach	963

Die Abbildung 3.3.1.2 zeigt die Entwicklung des spezifischen Wärmeverbrauchs und der zugehörigen spezifischen Kosten von 2002 bis 2007.

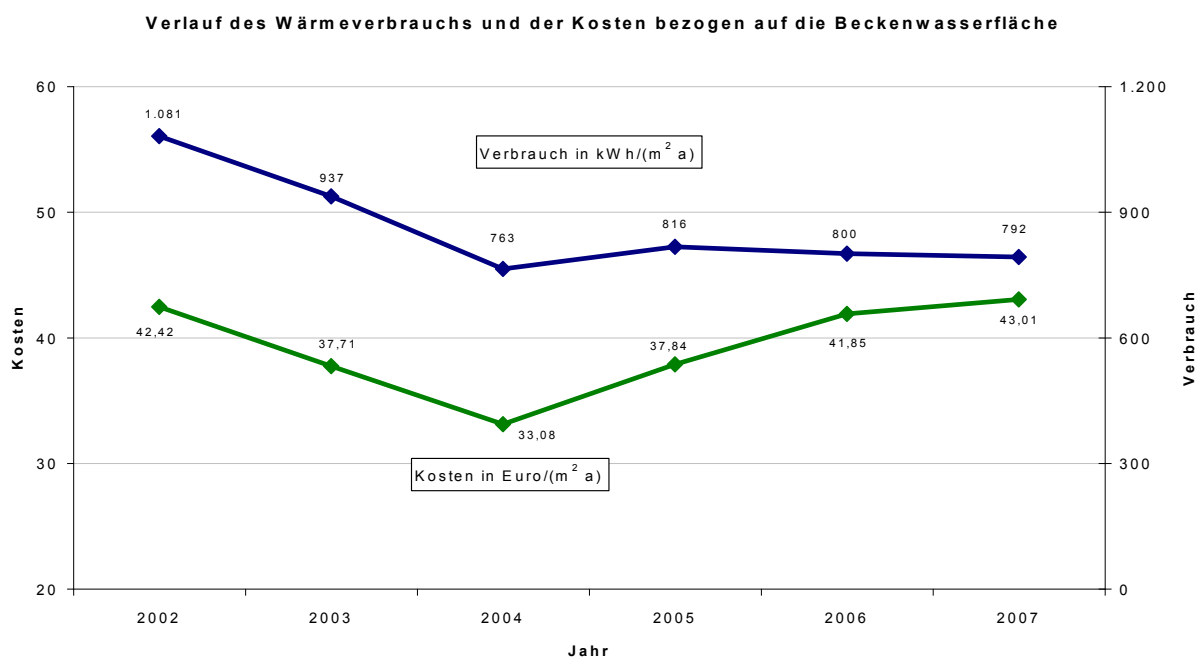


Abb. 3.3.1.2: Entwicklung des Wärmeverbrauchs und der spezifischen Kosten der Bäder von 2002 bis 2007 bezogen auf die Beckenwasserfläche.

3.3.2 Strom

Der Stromverbrauch in den Bädern hängt im besonderen Maße von der Ausstattung und der Nutzung der Bäder ab (z.B. Sauna).

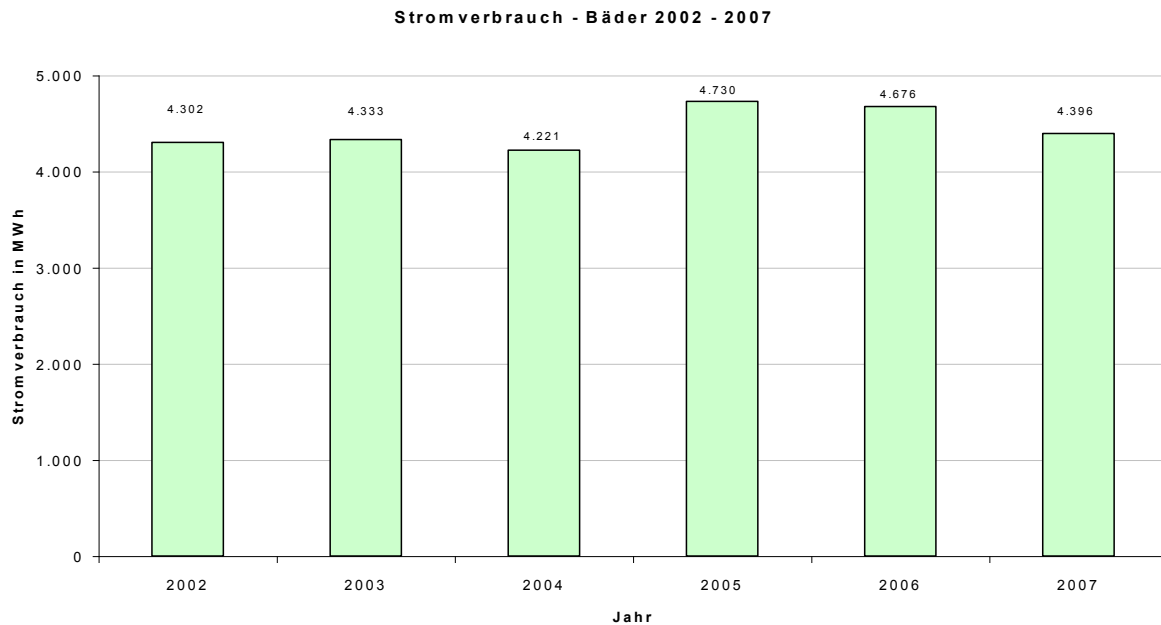


Abb. 3.3.2.1: Entwicklung des Stromverbrauchs der Bäder von 2002 – 2007

Die folgende Tabelle zeigt den Stromverbrauch 2007 für die einzelnen Bäder.

Bezeichnung	Verbrauch in [MWh]
Turmbergbad	370
Tullabad	472
Vierordtbad	765
Freibad Rüppurr	384
Freibad Rappenwört: Rheinstrandbad	527
Freibad Sonnenbad (Rheinhafenbad)	281
Hallenbad Grötzingen	406
Freibad Wolfartsweiher	keine Daten
Adolf-Ehrmann-Bad Neureut	400
Weierhofbad Durlach	787

Die Abbildung 3.3.2.2 zeigt die Entwicklung des spezifischen Stromverbrauchs und der zugehörigen spezifischen Kosten von 2002 bis 2007.

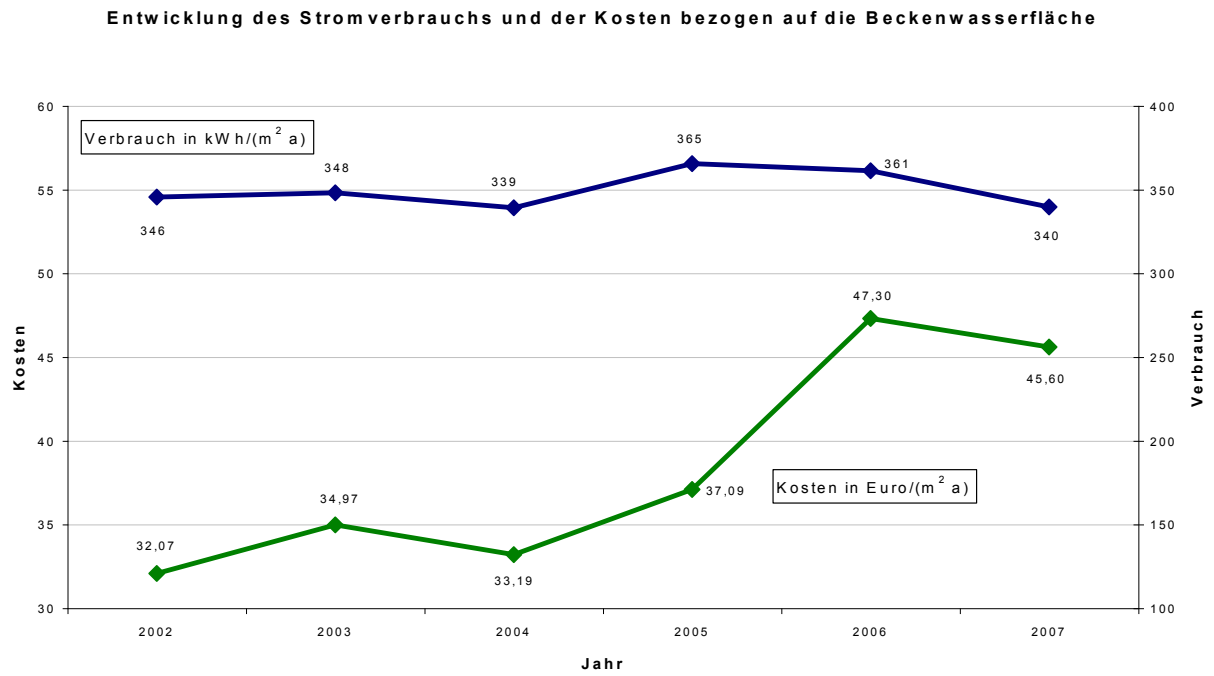


Abb. 3.3.2.2: Entwicklung des Stromverbrauchs und der Kosten der Bäder von 2002 – 2007 bezogen auf die Beckenwasserfläche.

4 Schlussfolgerungen

4.1 Finanzierungsmodelle

Zur Finanzierung von Energiesparmaßnahmen bieten sich vielfältige Möglichkeiten an. Die gebräuchlichsten sind:

Bereitstellen von Haushaltsmitteln

Bereitstellen eines mittelgebundenen Fonds für Energiesparmaßnahmen

Fonds für Zukunftsenergien

Anlagen-Contracting

Einspar-Contracting (Performance-Contracting)

Stadtinternes Contracting

Bereitstellen von Haushaltsmitteln, mittelgebundener Fonds für Energiesparmaßnahmen

Die bisherige Praxis ist, Investitionen in Energiesparmaßnahmen in der Regel nur im Zusammenhang mit der Bauunterhaltung oder Umbau- Erweiterungs- und Sanierungsmaßnahmen zu tätigen. So fällt das Investitionsvolumen bezogen auf die jährliche Energierechnung gering aus. Die Energiesparmaßnahmen werden lediglich bei erforderlichen Sanierungsmaßnahmen mit umgesetzt. Die Ausweisung der reinen Kosten, die auf Energiesparmaßnahmen entfallen bzw. der Einspareffekte, gestaltet sich daher schwierig.

Mit der Bereitstellung von Finanzmitteln für die gezielte, mittelgebundene Umsetzung von Energiesparmaßnahmen wie z.B. für Heizungssanierungen, Fenstererneuerungen oder Fassadendämmungen ist mittelfristig eine höhere Entlastung des Energiehaushaltes zu erwarten.

Fonds für Zukunftsenergien

Der Fonds für Zukunftsenergien stellt jährliche Haushalts-Mittel in Höhe von 200.000 Euro zur Verfügung.

Mit diesem Geld sollen zunächst Maßnahmen unterstützt werden, die besonders ökologisch sind, sich aber mit heutigen Kosten nicht wirtschaftlich darstellen lassen. Weiterhin können aus diesem Fonds bauliche Maßnahmen unterstützt werden, mit denen die Grenzwerte der geltenden Energieeinsparverordnung um mindestens dreißig Prozent unterschritten werden.

So werden aktuell beispielsweise die Holzhackschnitzelheizung in der Emil-Arheit-Halle und die Maßnahmen zur Unterschreitung der EnEV um 30 % beim Bau des Pavillons in der Südschule mit diesem Fonds unterstützt.

Anlagen-Contracting

Anlagen-Contracting ist ein Energielieferservice, bei dem der Contractor die Technik zur Verfügung stellt. Die Anlagen bleiben im Eigentum des Contractors.

Ein Energiedienstleistungsunternehmen (EDU) stellt Nutzenergie in Form von Wärme, Kälte, Dampf oder Strom zur Verfügung. Das EDU plant, baut, finanziert, betreibt und wartet eine neu zu errichtende Anlage weitgehend auf eigenes Risiko. Dabei kommt i.d.R. die neueste Technik zum Einsatz, der Primärenergieeinsatz liegt deutlich unter dem der Altanlagen und die Umwelt wird in hohem Maße von Schadstoffen entlastet.

Die Vergütung für den Contractor ist unabhängig von der erzielten Primärenergieeinsparung. Sie ist als Mischpreis je bereitgestellter Energieeinheit zu entrichten und setzt sich aus den Kosten für die bereitgestellte Anlage, deren Betriebsbereitschaft und dem Energieverbrauch zusammen.

Ein solches Anlagen-Contracting wird unter der technischen Betreuung der Gebäudewirtschaft in Form des Wärmelieferservices der Stadtwerke Karlsruhe beispielsweise für das Amt für Abfallwirtschaft in der Ottostraße durchgeführt.

Einspar-Contracting (Performance-Contracting)

Das Einspar-Contracting stellt die eingesparten Energiekosten in den Vordergrund. Bevorzugte Anwendungsgebiete sind Technologien mit einem hohen spezifischen Verbrauch. Dies sind vor allem Maßnahmen in den Bereichen Beleuchtung, Klima/Lüftung, Heizung, Heizungsanlagenkomponenten (z.B. Wärmerückgewinnungsanlagen, Lastmanagementanlagen), Pumpen, Druckluft, Kälte und elektrische Antriebe. Maßnahmen im Bereich Fenster-, Dach- und Fassadensanierung werden seltener mit dem Einspar-Contracting umgesetzt.

Der Contractor analysiert das Gebäude und deckt dabei Energieeinsparpotenziale auf. Sie dienen als Grundlage für die Finanzierung der Investitionsmaßnahme. Über die eingesparten Energiekosten refinanziert der Contractor seine Investitionen und Betriebskosten.

Die Finanzierungsform des Contractings ermöglicht es dem Betreiber, den Energieverbrauch und die Energiekosten zu senken, ohne eigenes Kapital investieren zu müssen. Maßnahmen können so zeitnah umgesetzt werden. Die Kosten der Energiesparmaßnahmen sind höher als bei einer Eigenfinanzierung, da Zuschläge für das Wagnis und den Gewinn des Contractors sowie für eine Verzinsung des Kapitals berücksichtigt werden müssen.

Die Vorteile eines Energiespar-Contractings durch Externe sind zum einen die organisatorische Umsetzung von Energiesparmaßnahmen ohne eigenes Personal und zum anderen die „finanzielle Entlastung“, da der Contractor die Investitionen übernimmt. Ein Contractor ist jedoch kein „Sozialamt“, sondern möchte und muss Geld verdienen. Unterm Strich ist es nach Auffassung der Gebäudewirtschaft bei den auf dem Kapitalmarkt angebotenen Darlehenszinsen immer noch günstiger, selbst zu investieren, zumal das Know-how zur Energieeinsparung in Form von eigenem Fachpersonal vorhanden ist.

In der Zusammenarbeit mit einem Contractor ist in besonderem Maße darauf zu achten, dass die Stadt Karlsruhe als Auftraggeber vorher genaue Vorstellungen sowohl in baulichen als auch in technischen Belangen entwickelt hat, um am Ende auch ein gutes Ergebnis zu bekommen. Damit wird Vorsorge in vielerlei Hinsicht getroffen. Insbesondere für die Minimierung bzw. Vermeidung von Folgekosten bei der Bewirtschaftung des Gebäudes wie z.B. bei den Energiekosten, den Wartungskosten und den Reparaturkosten. Außerdem sind die Schnittstellen in den Projekten klar zu definieren, um evtl. auftretende Probleme bereits im Vorfeld zu vermeiden.

Stadtinternes Contracting

Für investive Maßnahmen bietet das stadtinterne Contracting mit einer Refinanzierung über die erzielten Einsparungen sicherlich eine interessante Alternative zur bisherigen Finanzierung, wie das Beispiel in Stuttgart eindeutig belegt.

Eine Eigenfinanzierung durch die Stadt Karlsruhe ist günstiger als eine Finanzierung durch einen externen Contractor. So entfallen Zinsen und Zuschläge für Wagnis und Gewinn. Die tatsächlich entstandenen Investitionskosten sind innerhalb der Stadt nachvollziehbar. So könnten Energiesparmaßnahmen z.B. von Konten der Gebäudewirtschaft vorfinanziert werden. Die beim jeweiligen stadtinternen Auftraggeber erzielten Energieeinsparungen fließen so lange an die Gebäudewirtschaft zurück, bis das eingesetzte Kapital zurückgezahlt ist. Die stadtinternen Auftraggeber erhalten auf diesem Weg ein zinsloses, zweckgebundenes Darlehen. Das zurückgeflossene Geld steht dann wieder bei der Gebäudewirtschaft für gezielte Investitionen in Energiesparmaßnahmen zur Verfügung. Um ein solches Finanzierungsmodell umsetzen zu können, bedarf es einer gewissen Zeit der Anschubfinanzierung, bis die Maßnahmen ausschließlich aus den eingesparten Energiekosten finanziert werden könnten.

Im Vorfeld der Umsetzung wird eine Analyse des Energieeinsparpotenzials sowie dessen wirtschaftliche Bewertung durchgeführt. Daraus wird eine Energiekosteneinsparung prognostiziert. Zusammen mit den ermittelten Kosten entsteht so eine Entscheidungsgrundlage für die Realisierung einer Maßnahme.

Fazit:

Von den oben vorgestellten Finanzierungsmodellen bieten das stadtinterne Contracting, die Einrichtung eines mittelgebundenen Energiesparfonds und der bereits eingerichtete Fonds für Zukunftsenergien sowohl hinsichtlich der Schonung des städtischen Haushalts als auch des Einsatzes des vorhandenen Fachwissens der Gebäudewirtschaft die mit Abstand größten Vorteile.

4.2 Einsparziele und Strategien für die nächsten Jahre

Wie die folgenden Grafiken zeigen, besteht weiterer Handlungsbedarf, das Einsparpotenzial in den öffentlichen Gebäuden zu erschließen.

Dies kann z.B. durch eine Verbesserung des Wärmeschutzes, eine Modernisierung der technischen Anlagen, den Einsatz energiesparender Beleuchtungssysteme sowie die Beeinflussung des Nutzerverhaltens erreicht werden.

Die folgenden Abbildungen 4.2.1 und 4.2.2 zeigen die mittelfristig erzielbaren Energieeinsparungen in den Bereichen Heizung und Strom. Die angestrebten Mittelwerte über alle Gebäudegruppen orientieren sich an Vergleichswerten aus der Energieeinsparverordnung.

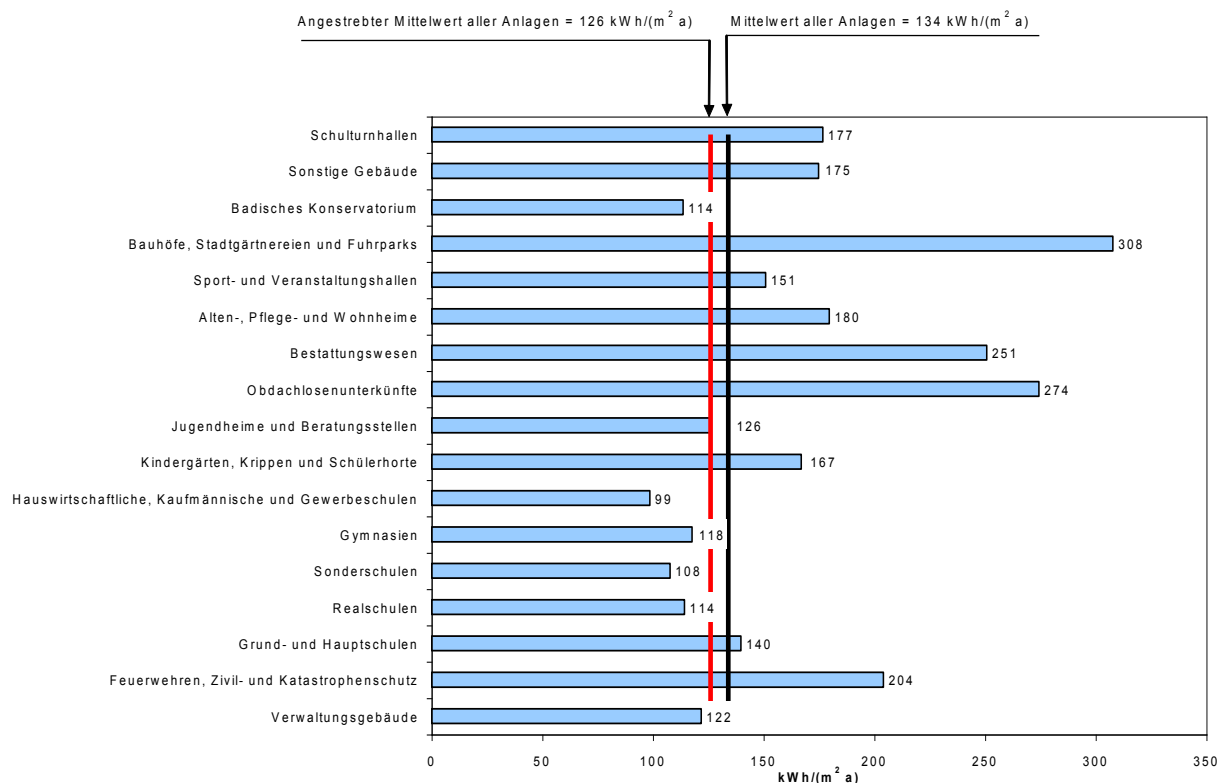


Abb. 4.2.1: Heizenergiekennzahlen der Gebäudegruppen 2007 mit dem aktuellen Mittelwert und dem angestrebten Mittelwert über alle Gebäudegruppen

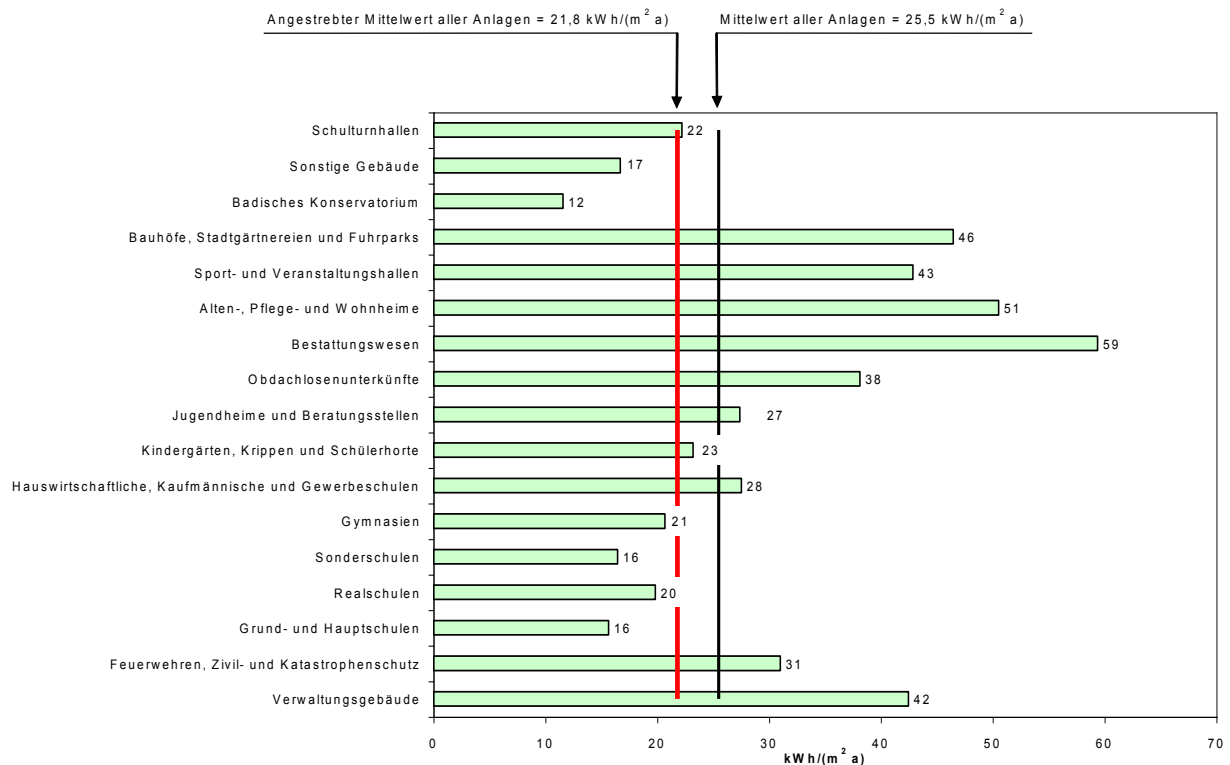


Abb. 4.2.2: Stromkennzahlen der Gebäudegruppen 2007 mit dem aktuellen Mittelwert und dem angestrebten Mittelwert über alle Gebäudegruppen

Im Bereich der Heizenergie ist somit mittelfristig eine Senkung des Energieverbrauchs von derzeit 134 kWh/(m² a) auf ca. 126 kWh/(m² a) als Mittelwert über alle Gebäudegruppen zu erzielen (siehe Abbildung 4.2.1). Mit Durchschnittskosten von ca. 62,00 Euro/MWh (Preisstand 2007) ergibt sich daraus ein Kosteneinsparpotenzial von

ca. 375.000 Euro/a.

Im Bereich der elektrischen Energie ist mittelfristig eine Senkung des Energieverbrauchs von derzeit ca. 25,5 kWh/(m² a) auf ca. 21,8 kWh/(m² a) als Mittelwert über alle Gebäudegruppen zu erzielen (siehe Abbildung 4.2.2). Mit Durchschnittskosten von ca. 155,00 Euro/MWh (Preisstand 2007) ergibt sich daraus ein Kosteneinsparpotenzial von

ca. 430.000 Euro/a.

Die obige Darstellung zeigt genügend Einsparpotenzial auf, um auch in den nächsten Jahren eine deutliche Senkung der CO₂-Emissionen zu erreichen.

Dazu bedarf es weiterhin sowohl der bewährten Zusammenarbeit aller zuständigen Sachgebiete in der Gebäudewirtschaft als auch mit anderen städtischen Ämtern und Einrichtungen. Hier werden wichtige Informationen z.B. über die Belegung der Gebäude ausgetauscht, wodurch eine optimale Anpassung der Energieversorgung sichergestellt ist. Kurze Wege bei der Beseitigung von Störungen durch das Fachamt führen zu einer hohen Verfügbarkeit der Energieversorgungsanlagen. Die bisher übliche, konsequente Einweisung bzw. regelmäßige Information und Fortbildung des Bedienpersonals in die technischen Anlagen trägt zu einem bewussten Umgang mit Endenergie durch den Nutzer bei.

Eine Fortsetzung der kontinuierlichen Verbrauchsüberwachung sowie eine verstärkte Präsenz der Fachleute der Gebäudewirtschaft vor Ort ist erforderlich, um weitere Energieeinsparmöglichkeiten erschließen zu können. Wie einige Beispiele zeigen, führt ein Nachlassen in dieser Hinsicht schnell zu wieder ansteigenden Verbräuchen. Dies hat sich vor allem, wie bereits ausführlich im Energiebericht 2001 dargestellt, bei drei Pilotprojekten in den Ortsteilen Hohenwetttersbach, Neureut und Durlach zum Thema „Energieeinsparung-Sofort“ gezeigt. Denn auch eine nachhaltige Sicherung bereits erzielter Einsparerfolge war nur durch eine dauerhafte, intensive Betreuung der Gebäude sowie eine zeitnahe Verbrauchsüberwachung und Information der Nutzer möglich und erfordert hierfür entsprechende Personalkapazitäten.

Zur effektiven und nachhaltigen Umsetzung von Energiesparmaßnahmen im Bereich des Nutzerverhaltens sollte über eine Ausweitung der finanziellen Beteiligung der Nutzer an den Energieeinsparungen, über die bisher am EinSparProjekt beteiligten Schulen hinaus, nachgedacht werden.

Der Nutzer sollte weiterhin mit Rückmeldungen des Energieverbrauchs und der Energiekosten informiert und anhand von Broschüren über die Zusammenhänge von Nutzerverhalten und Energieverbrauch aufgeklärt werden. Die begonnenen Gespräche mit den Nutzern, insbesondere in Schulen, zur Entwicklung gemeinsamer Strategien für eine Veränderung des Nutzerverhaltens sollten intensiviert werden. Die Hausmeister spielen als die Energiebeauftragten vor Ort eine entscheidende Rolle bei der Minimierung des Energieverbrauchs. Sie sind wichtige Ansprechpartner für die Gebäudewirtschaft, wenn es um Nutzungszeiten, Belegungen und die Erschließung von Einsparpotenzialen geht.

Der Ausbau des baulichen Wärmeschutzes und die kontinuierliche Verbesserung der Technik sind fortzusetzen. Die Erstgespräche bei der Planung von Neu- und Umbauten unter Einbeziehung aller Beteiligten müssen intensiviert werden. Denn nur so können die Voraussetzungen für einen möglichst geringen Energieverbrauch eines Gebäudes geschaffen werden. Sowohl der Baukörper als auch die Technik, die bei Neu- und Umbauten eingesetzt werden, bestimmen über einen Zeitraum von mindestens zwanzig Jahren zu einem wesentlichen Anteil die Energiekosten, den Energieverbrauch und die CO₂-Emissionen bei der Energieversorgung eines Gebäudes.

Unter Berücksichtigung der genannten Aspekte und der absehbar steigenden Energiepreise können Investitionen wie z.B. in den Vollwärmeschutz zusammen mit einer kontrollierten Lüftung im Gebäude, in Anlagen zur Wärmerückgewinnung etc., betriebs- und volkswirtschaftlich hoch effiziente Maßnahmen sein. Die Nutzung regenerativer Energien wird in dem Maße, in dem die benötigte Energiemenge und das erforderliche Energieniveau sinkt, auch wirtschaftlich zunehmend interessanter. So lassen sich z.B. Photovoltaikanlagen, aufgrund der zur Zeit gezahlten Einspeisevergütung, über ihre technische Lebensdauer betriebswirtschaftlich darstellen.

Weitere Hinweise auf mögliche Einsparpotenziale werden die Energieausweise für die öffentlichen Gebäude bringen, die bis zum 01.07.2009 für ca. 140 städtische Nichtwohngebäude zu erstellen sind. Hierüber lassen sich die Gebäude identifizieren, die aufgrund des ermittelten Energiekennwertes im Vergleich zu ähnlichen Gebäudetypen negativ auffallen. Diese Gebäude sollten dann einer näheren Analyse unterzogen werden. Hierbei können Synergieeffekte zu Kostenreduzierungen bei den Investitionen führen, wodurch die Wirtschaftlichkeit einer Maßnahme verbessert werden kann (z.B. flächendeckende Ertüchtigung veralteter Regelungen).