

# Energiebericht Stadt Trier 2008- 2011



## INHALT

<b>1</b>	<b>Vorwort.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Zweck des Energieberichtes.....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Herangezogene Daten.....</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Begriffsbestimmungen.....</b>	<b>4</b>
4.1	<i>Energieverbrauchskennwert .....</i>	<i>4</i>
4.2	<i>Energieverbrauch.....</i>	<i>4</i>
4.3	<i>Witterungsbereinigung.....</i>	<i>5</i>
4.4	<i>Verbrauchskennwert Wärme.....</i>	<i>6</i>
4.5	<i>Verbrauchskennwert Strom.....</i>	<i>6</i>
4.6	<i>Endenergiebedarf.....</i>	<i>6</i>
4.7	<i>Primärenergiebedarf.....</i>	<i>6</i>
4.8	<i>Nah- und Fernwärme .....</i>	<i>7</i>
<b>5</b>	<b>Kosten und Verbrauchsentwicklung.....</b>	<b>7</b>
5.1	<i>Zusammenfassung .....</i>	<i>7</i>
5.2	<i>Strom.....</i>	<i>15</i>

5.3	<i>Wärmestrom</i> .....	17
5.4	<i>Heizöl EL</i> .....	19
5.5	<i>Erdgas E</i> .....	22
5.6	<i>Flüssiggas</i> .....	24
5.7	<i>Heizenergie insgesamt</i> .....	25
5.8	<i>Trinkwasser</i> .....	28
<b>6</b>	<b>Verbrauchsanalyse</b> .....	<b>30</b>
6.1	<i>Problematik bei der Bildung von Eckwerten</i> .....	30
6.2	<i>Energetische Bewertung ausgewählter Gebäude</i> .....	30
<b>7</b>	<b>Schadstoffbilanz</b> .....	<b>35</b>
<b>8</b>	<b>Abgeschlossene Projekte</b> .....	<b>41</b>
8.1	<i>Schulzentrum Mäusheckerweg</i> .....	41
8.1.1	<i>Erneuerung der Heizungszentrale und des Nahwärmenetzes</i> .....	41
8.1.2	<i>Einsatz hocheffizienter LED-Beleuchtungstechnik</i> .....	44
8.1.3	<i>Photovoltaik Anlage im Rahmen Bürgersolarkraftwerks</i> .....	46
8.2	<i>Schulzentrum Wolfsberg</i> .....	46
8.3	<i>Berufsbildende Schule Gebäude J</i> .....	47
8.4	<i>Nahwärmeinsel Krahnenufer / BBS W</i> .....	50
8.5	<i>Museum Simeonstift</i> .....	51
8.6	<i>Grundschule Tarforst</i> .....	52
8.7	<i>Frankenturm</i> .....	54
8.8	<i>Coolstes Rathaus</i> .....	54
<b>9</b>	<b>Projekte in Vorbereitung und Ausführung</b> .....	<b>56</b>
9.1	<i>Blockheizkraftwerk Ex-Haus</i> .....	56
<b>10</b>	<b>Maßnahmen aus den Klimaschutzteilkonzepten</b> .....	<b>58</b>
10.1	<i>Klimaschutzteilkonzept I</i> .....	58
10.2	<i>Klimaschutzteilkonzept II</i> .....	60
<b>11</b>	<b>Ausblick</b> .....	<b>62</b>
11.1	<i>Einsatz fester Biomasse</i> .....	62
11.2	<i>BHKW vs. getrennte Strom- und Wärmeproduktion</i> .....	62
<b>12</b>	<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>64</b>
<b>13</b>	<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>67</b>

## 1 Vorwort

Der **Energiebericht** dokumentiert die Wärme-, Strom und Trinkwasserverbräuche sowie die Schadstoffemissionsentwicklung durch die kommunal genutzten Gebäude der Stadt Trier der **Jahre 2008 bis 2011**.

Weiterhin sind Entwicklungen von Energie- und Trinkwasserkosten sowie erzielte Energieeinsparungen dargestellt. Der letzte Energiebericht wurde im Jahr 2005 mit den Verbrauchs- und Kostendaten des Jahres 2004 erstellt.

Angesichts der aktuellen Entwicklungen am Energiemarkt, gewinnen Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz zunehmend an Bedeutung. Entlastungen der öffentlichen Haushalte sind gerade in Zeiten knapper Kassen und eines großen Sparzwanges enorm wichtig. In vielen Fällen lassen sich dabei Ökonomie und Ökologie miteinander verbinden. Durch Energiesparmaßnahmen werden deutliche Kosten- und Verbrauchssenkungen erreicht. Die Minimierung des Energieverbrauches ist ein wesentlicher Faktor zur Reduzierung der Luftbelastung durch Treibhausgase und somit ein wichtiger Baustein zum Klimaschutz. Politik und Verwaltung haben in den Kommunen beim Einsparen von Energie und der Reduktion von Schadstoffemissionen dabei eine Vorbildfunktion. Durch innovative Investitionen in Energiesparprojekte werden Bürgerinnen und Bürger, Unternehmen sowie weitere Zielgruppen zum Energiesparen motiviert. Das Einsparen von Strom, Wärmeenergie und Trinkwasser schont nicht nur den Geldbeutel, sondern ist auch eine wirksame Maßnahme zum erforderlichen Klimaschutz. Außerdem werden knappe Ressourcen an fossilen Energieträgern wie Öl, Gas und Kohle geschont.

Energetische Modernisierung von Altbausubstanz bedeutet hinsichtlich der ab dem Jahr 2006 verpflichtenden Ausstellung von Energiepässen für Gebäude zudem eine gewisse Werterhaltung des kommunalen Immobilienvermögens und generiert somit Wertschöpfung und Beschäftigungssicherung im örtlichen Handwerk.

Die Integration des Energiemanagements in die Gebäudewirtschaft unterstützt durch Synergieeffekte die Koordination und Zusammenführung vielfältiger Aufgaben in der Verwaltung und bildet die Basis für weitere wirtschaftliche und klimaschützende Erfolge. Aufgrund der enormen Preisanstiege in der jüngsten Vergangenheit gewinnen Investitionen in energiesparende Maßnahmen aus wirtschaftlichen und umweltschutzrelevanten Gründen zunehmend an Bedeutung. Neben investiven Maßnahmen bildet die Bewusstseinsbildung zum Energiesparen bei Nutzern und Betreibern von betriebstechnischen Anlagen in den kommunal genutzten Gebäuden eine wichtige Voraussetzung zum umweltverträglichen und sparsamen Umgang mit Energie und Trinkwasser.

## 2 Zweck des Energieberichtes

Ziel des Energieberichtes ist es, die erfassten Verbrauchsdaten von Wärme, Strom und Trinkwasser aufzuarbeiten um sie mit den Daten der vorangegangenen Jahre vergleichen zu können.

Da Außentemperaturen eine entscheidende Rolle beim Wärmebedarf spielen, müssen die erfassten Daten so aufgearbeitet werden, dass sie mit den Vorjahren verglichen werden können. Ebenso muss eine eventuelle Umnutzung der untersuchten Liegenschaften betrachtet und berücksichtigt werden.

Durch die Bereinigung der entsprechenden Daten können sogenannte „Ausreißer“ bei verschiedenen Verbräuchen erkannt, analysiert und deren Ursache behoben werden.

### 3 Herangezogene Daten

Als Grundlage der Berechnungen und Betrachtungen dienten die Abrechnungen der Stadtwerke Trier, sowie die von den Hauswarten dokumentierten Zählerstände der einzelnen Liegenschaften.

## 4 Begriffsbestimmungen

### 4.1 Energieverbrauchskennwert

Der Energieverbrauchskennwert gibt den spezifischen Jahresenergieverbrauch, bezogen auf eine Bezugsgröße, an. Als Bezugsgröße kann die Grundfläche, die Beschäftigtenzahl oder die Schülerzahl gewählt werden. Da aber auch bei schwankender Belegung eines Gebäudes in der Regel das ganze Gebäude geheizt wird, hat sich als Bezugsgröße die Fläche herauskristallisiert. Für Bäder hat sich die Beckenoberfläche als geeignete Bezugsfläche erwiesen. Bei den Energieverbrauchskennwerten unterscheidet man zwischen Verbrauchskennwert Wärme und dem Verbrauchskennwert Strom.

### 4.2 Energieverbrauch

Unter Energieverbrauch wird der gemessene Jahresendenergieeinsatz verstanden,

Energieträger	Heizwert (Energieinhalt)
Heizöl EL	10,0 kWh/l
Erdgas E	10,35-11,1 kWh/m <sup>3</sup>
Flüssiggas	13,0 kWh/kg
Flüssiggas	7,5 kWh/l
Holzhackschnitzel, Wassergehalt 15%, je nach Holzart	690 - 1.100 kWh/srm

der ins Gebäude zur Umwandlung für den jeweiligen Nutzungszweck (z.B. Wärme, Licht, Kraft) gelangt. Der Jahresendenergieverbrauch wird mit geeigneten Messgeräten (Stromzähler, Gaszähler, Ölmengenzähler u. a.) erfasst oder über mehrere Jahresrechnungen, Lieferscheine etc. abgeschätzt. Zur einheitlichen Bewertung verschiedenartiger Energieträger werden die eingesetzten Mengen durch Multiplikation mit dem Heizwert (Energieinhalt) in den Energieverbrauch umgerechnet. Die nachfolgende Tabelle

enthält die wichtigsten Energieträger mit den entsprechenden Heizwerten.

### 4.3 Witterungsbereinigung

Um Wärmeverbräuche verschiedener Jahre kontrollieren und miteinander vergleichen zu können, wird eine Witterungsbereinigung über die Gradtagzahlen durchgeführt. Der Witterungseinfluss auf den Wärmeverbrauch wird somit berücksichtigt. Durch den Bezug auf die Gradtagzahl für Trier des Bezugsjahres 1993, können die Heizenergieverbräuche der nachfolgenden Jahre unabhängig von Witterungsverhältnissen miteinander verglichen werden.

Die Gradtagzahl ist das Produkt aus der Anzahl der Heiztage und der Differenz zwischen mittlerer Raumtemperatur (20°C) und der mittleren Außentemperatur. Heiztage sind Tage, an denen das Tagesmittel der Außentemperatur unter 15°C liegt.

Beispiel:

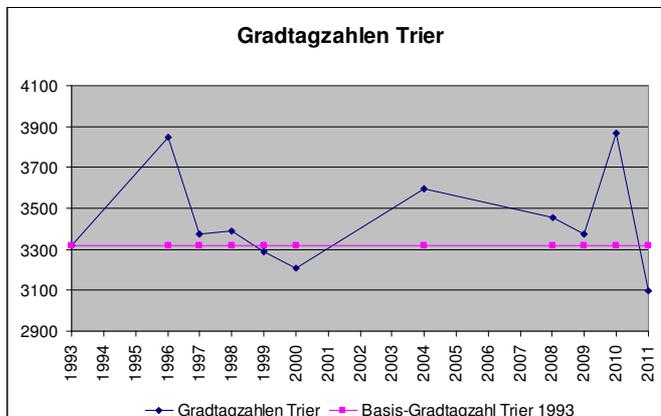
Gradtagzahl für den Monat Dezember 2010

Anzahl der Heiztage: 31 Tage

Mittlere Außentemperatur: -2,1 °C

Gradtagzahl = 31 Tage x (20 °C - (-2,1 °C)) = 685,1 Kd/Monat

Die Gradtagzahl für das Jahr 2010 ist die Summe der monatlichen Gradtagzahlen von Januar bis Dezember = 3.870 Kd/a.



Soll z. B. der Verbrauch eines Gebäudes aus dem Jahr 2010 mit dem Verbrauch aus dem Basisjahr 1993 verglichen werden, wird der Heizwärmeverbrauch durch die Gradtagzahl von 2010 dividiert (3.870 Kd/a) und mit der von 1993 (3319 Kd/a) multipliziert.

Abbildung 1: Verlauf Gradtagzahl für Trier

Die Witterungsbereinigung nach VDI 3807 wird jedoch über das langjährige Mittel (1951-1971) für den Standort Würzburg durchgeführt. Das heißt, sämtliche Gebäude in Deutschland werden auf die Gradtagzahl 3.883 Kd/a bezogen und können somit miteinander verglichen werden.

Da sich in den letzten Energieberichten immer auf das Jahr 1993 bezogen wurde, sind die Wärmeverbräuche dieses Berichtes ebenfalls auf 1993 bereinigt. Jedoch ist beabsichtigt, alle zukünftigen Energieberichte gemäß der gängigen Vorschriften nach VDI 3807 zu bereinigen.

#### **4.4 Verbrauchskennwert Wärme**

Der Verbrauchskennwert Wärme (Heizenergieverbrauchskennwert) ergibt sich aus dem Endenergieverbrauch für die Wärmeversorgung einschließlich der Warmwasserbereitung, bezogen auf die beheizte Bezugsfläche des Gebäudes und einen Bezugszeitraum von einem Jahr. Der Verbrauchskennwert Wärme basiert auf dem witterungsbereinigten Energieverbrauch.

#### **4.5 Verbrauchskennwert Strom**

Der Verbrauchskennwert Strom ergibt sich aus dem Stromverbrauch eines Jahres, bezogen auf die Bezugsfläche des Gebäudes. Elektrische Heizungen fallen unter den Verbrauchskennwert Wärme.

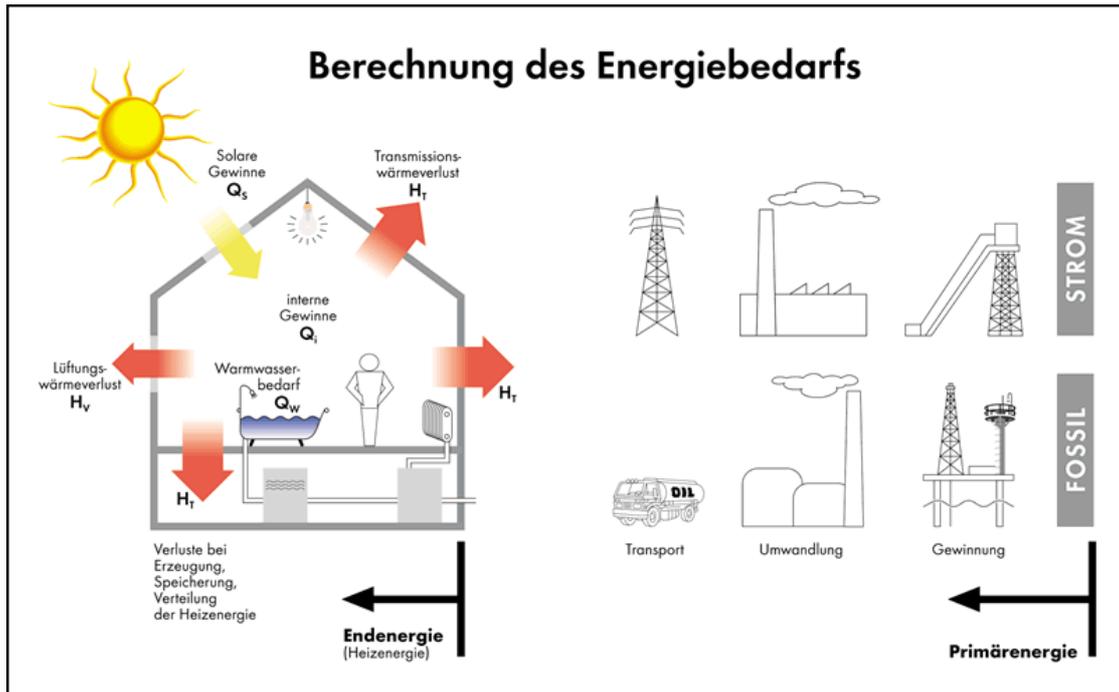
#### **4.6 Endenergiebedarf**

Als Endenergiebedarf bezeichnet man die Energiemenge, welche für die Gebäudebeheizung unter Berücksichtigung des Heizwärmebedarfs und der Verluste des Heizungssystems sowie des Warmwasserwärmebedarfs und der Verluste des Warmwassersystems aufgebracht werden muss. Die Endenergie bezieht die für den Betrieb der Anlagentechnik (Pumpen, Regelung, etc.) benötigte Hilfsenergie mit ein.

Die Endenergie wird an der Schnittstelle „Gebäudehülle“ übergeben und stellt somit die Energiemenge dar, die vom Verbraucher bezahlt werden muss.

#### **4.7 Primärenergiebedarf**

Als Primärenergiebedarf bezeichnet man die Energiemenge, welche zur Deckung des Endenergiebedarfs benötigt wird unter Berücksichtigung der zusätzlichen Energiemenge, die durch vorgelagerte Prozessketten außerhalb der Systemgrenze „Gebäude“ bei der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung der jeweils eingesetzten Brennstoffe entstehen.

Abbildung 2: Darstellung Energiebedarf<sup>1</sup>

## 4.8 Nah- und Fernwärme

Als Nahwärme wird die Übertragung von Wärme zwischen Gebäuden zu Heizzwecken umschrieben, wenn sie im Vergleich zur Fernwärme nur über verhältnismäßig kurze Strecken erfolgt. Der Übergang zur Fernwärme mit größeren Leitungslängen ist fließend. Als einzige städtische Liegenschaft wird die Grundschule Mariahof mit Fernwärme versorgt, alle anderen Gebäude, welche sich in einem Wärmeverbund befinden, werden mit Nahwärme beheizt.

## 5 Kosten und Verbrauchsentwicklung

### 5.1 Zusammenfassung

Die Gesamtkosten für Energie- und Trinkwasser der kommunal genutzten Gebäude sind im Haushaltsjahr 2008 gegenüber 2004 gestiegen.

Im Jahr 2008 mussten insgesamt **4,064 Mio. Euro** und damit **52 % mehr** für Energie und Trinkwasser aufgewendet werden, als dies im Jahr 2004 erforderlich war. Die Gesamtkosten 2008 liegen 49 % oberhalb den Energie- und Trinkwasserkosten vom Basisjahr 1993.

In dieser Aufstellung ist die Bewirtschaftung von Straßenbeleuchtung, Ampelanlagen und Parkscheinautomaten nicht enthalten. Die Verbrauchs- und Kostendaten basieren auf den Abrechnungsunterlagen der Energieversorger.

<sup>1</sup> Quelle: [http://www.ursa.de/1197\\_1200.htm](http://www.ursa.de/1197_1200.htm), 01.02.2012; 16:02 Uhr

Maßgeblicher Grund für diese Kostenerhöhung ist der **enorme Preisanstieg** für Heizenergie seit dem Jahr 2000 und Strom seit dem Jahr 2004. Die Kosten für eine kWh Strom haben sich seit 2004 um **40 %** erhöht, Heizenergie ist **2011 fast dreimal so teuer** wie noch im Jahr 2000.

Obwohl der witterungsbereinigte Wärmeverbrauch 2004 und 2008 annähernd konstant war, sind die Kosten im Jahr 2008 **um 811.206 Euro** oder **49 %** angestiegen.

Obwohl der witterungsbereinigte Wärmeverbrauch von Jahr zu Jahr sinkt, kann die **Kostenexplosion** speziell bei den fossilen Energieträgern **durch die erzielten Einsparungen nicht kompensiert** werden.

**Daher werden insbesondere zusätzliche Investitionsmaßnahmen in heizenergiesparende Techniken immer wichtiger!**

Die Kosten für den **Strombezug** haben sich seit 2004 um **482.722 Euro** bzw. knapp **63% erhöht**, der **Verbrauch stieg** in diesem Zeitraum **um 3,9 %**.

Durch **Verbrauchseinsparungen** beim **Trinkwasser** im Jahr 2008 zum Jahr 2004 in Höhe von ca. **5,5 %**, **erhöhten** sich die **Kosten** hierfür **um 179.580 Euro oder 68%**. Grund hierfür ist, dass die Kanalgebühren in diesem Bericht beim Trinkwasserpreis mit einbezogen werden. Das Kanalsystem der Stadt Trier war bis Ende 2004 noch städtisch, d. h. beim damaligen Amt 69 angesiedelt, weshalb in älteren Energieberichten nur die reinen Trinkwassergebühren betrachtet wurden.

Die größten prozentualen Mehrausgaben im Vergleich zwischen den Jahren 2008 und 2004 liegen mit **68%** im Bereich Trinkwasser vor.

Der Stromverbrauch zwischen den Jahren 2004 und 2008 erhöhte sich um **15,7 %**. Maßgebliche Ursache für diesen Anstieg war sicherlich die Verbesserung der technischen Ausstattung in Verwaltungs- und Schulgebäuden durch PC-Systeme, Server, Plotter, Scanner, Sonderausstattungen etc., die zu wesentlich höheren Stromverbrauchswerten führt. Seit 2009 ist ein sinkender Stromverbrauch zu beobachten, was durch den Einsatz energieeffizienterer elektrische Geräte, Leuchtmittel und tageslichtabhängiger Beleuchtungssteuerungen etc. zu begründen ist.

Die in diesem Bericht betrachtete Brutto-Grundrissfläche im Jahr 2008 beträgt insgesamt **357.832 m<sup>2</sup>**. Ein Vergleich der Brutto-Grundfläche (BGF) von diesem Bericht auf die der vergangenen ist nicht möglich. Begründet ist es in der Einführung der Doppik, da in dieser Zeit sämtliche Gebäude, welche sich im Besitz der Stadt Trier befinden, aufgenommen und bewertet wurden. Die so im Jahre 2006 ermittelten Brutto-Grundflächen wurden diesem Bericht zugrunde gelegt und sollen auch in Zukunft unsere Basis bleiben.

Seit 2005 sind folgende Gebäude bzw. zu bewirtschaftende Flächen hinzugekommen, Klammerwerte sind BGF:

- Museum Simeonstift, Neubau (1.438 m<sup>2</sup>)
- Aufstockung MPG (954 m<sup>2</sup>)
- Turnhalle AVG (1.038 m<sup>2</sup>)
- Frankenturm (575 m<sup>2</sup>)

- Räumlichkeiten des FWG und des KSI in der ehemaligen Landes-Lehr- und Versuchsanstalt (1.489 m<sup>2</sup>)
- Medardschule, ehemals Lycée Ausonne (7.307 m<sup>2</sup>)

Demgegenüber stehen die Abgänge folgender Gebäude bzw. Flächen:

- Teilabriss Kurfürst-Balduin-Hauptschule
- Teilstilllegung B-Flügel Grundschule Ruwer

Tabelle 1 zeigt die spezifischen Verbräuche der Jahre 1993 bis 2011, wobei die Werte von 1993 bis einschließlich 2004 aus dem vorherigen Energiebericht übernommen wurden.

Jahr	spezifische Kosten			spezifischer Verbrauch			
	Wärme [€/m <sup>2</sup> a]	Strom [€/m <sup>2</sup> a]	Wasser [€/m <sup>2</sup> a]	Wärme [kWh/ m <sup>2</sup> a]	Wärme <u>witte- rungs- bereinigt</u> [kWh/m <sup>2</sup> a]	Strom [kWh/m <sup>2</sup> a]	Wasser [m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> a]
1993	4,84	3,52	0,89	180,25	180,25	19,61	0,64
2000	3,88	2,36	1,01	109,29	113,00	21,38	0,64
2004	5,11	2,38	0,82	113,99	105,15	19,69	0,52
2008	6,99	3,68	1,30	94,90	101,20	21,65	0,47
2009	6,51	3,74	1,26	91,23	99,70	22,06	0,39
2010	6,14	3,67	1,29	98,17	93,59	20,70	0,39
2011	5,09	3,51	1,10	77,96	92,88	18,43	0,33

Tabelle 1: spezifische Verbräuche und Kosten

Der spezifische witterungsbereinigte Wärmeverbrauch ist von 2008 bis zum Jahre 2011 jährlich um durchschnittlich 2,15 % gesunken, der spezifische Trinkwasserverbrauch fiel im Schnitt um 9,2 % p. a. Der flächenbezogene Stromverbrauch ist von 2008 bis 2011 um durchschnittlich 4,1 %.

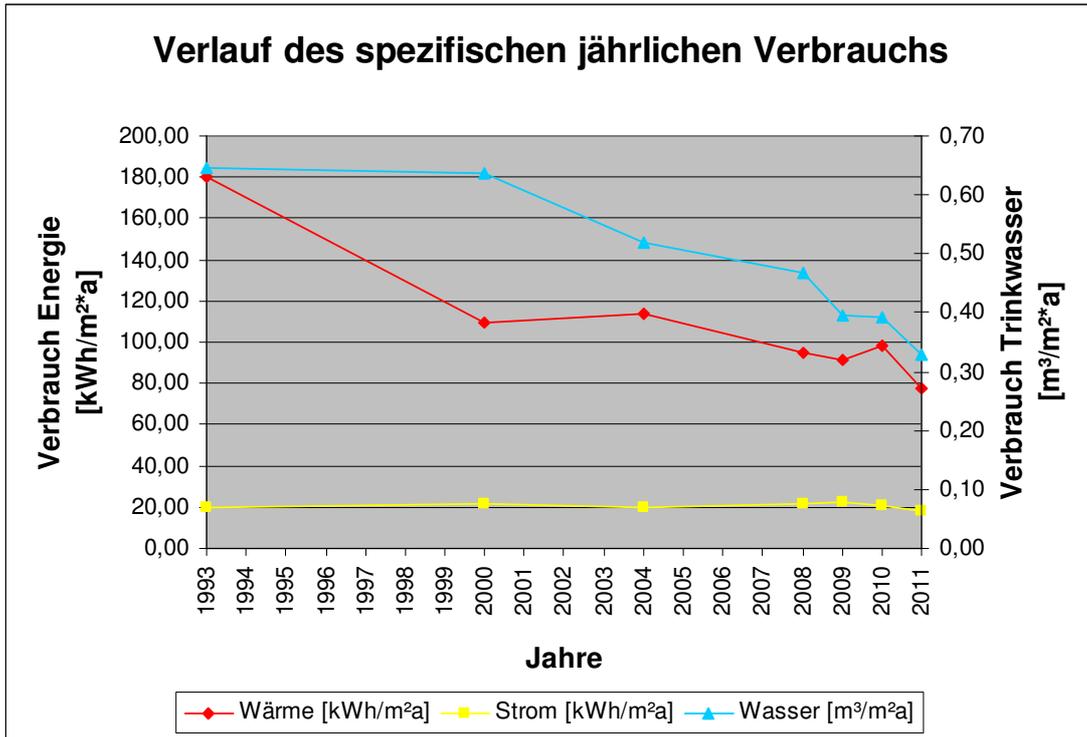


Abbildung 3: Verlauf des spezifischen Verbrauchs

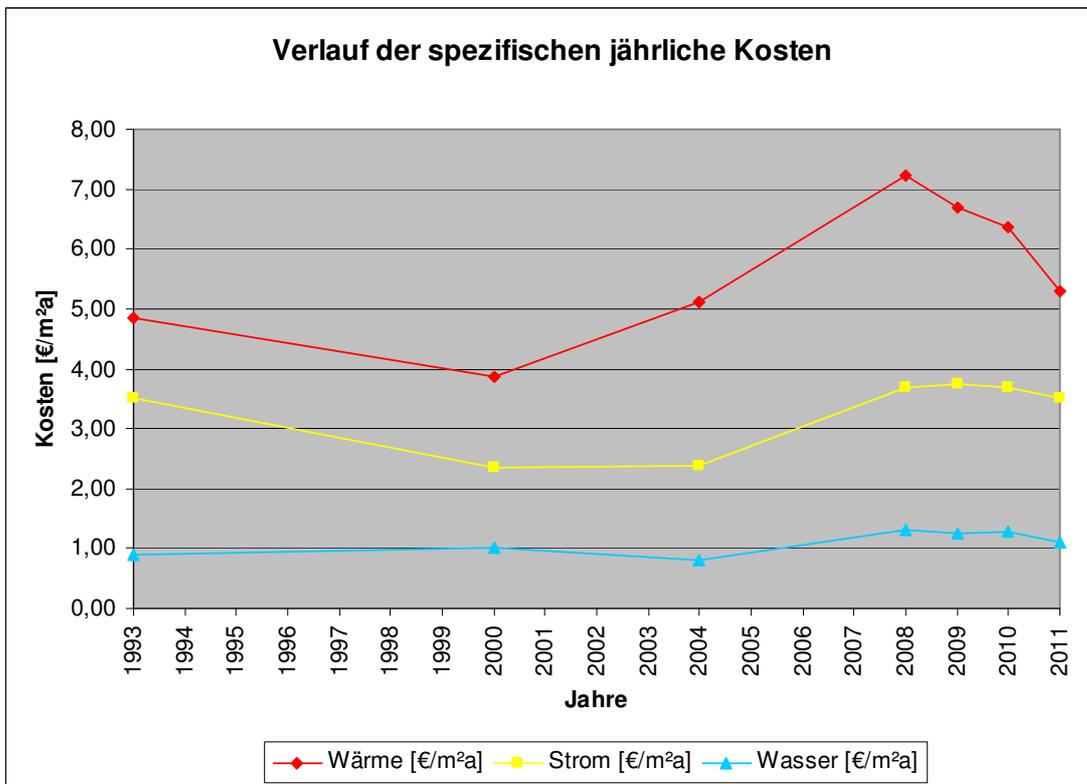


Abbildung 4: Verlauf der spezifischen Kosten

Wie Abbildung 3 und Abbildung 4 zeigen, sind die spezifischen Kosten für Wärmeenergie seit dem Jahr 2000 stark gestiegen, wogegen der spezifische Verbrauch seit 1993 stetig fällt.

Der Rückgang des spezifischen Trinkwasserverbrauches liegt darin begründet, dass effizientere Armaturen und Spülsysteme zum Einsatz kommen. An dieser Stelle sei jedoch darauf hingewiesen, dass es durch vermehrtes Leitungsspülen zukünftig zu Mehrverbräuchen kommen kann, die evtl. nicht durch die generierten Einsparungen aufgefangen werden können. Der Grund für diese Hygienespülungen liegt in der Legionellenproblematik und der höheren Hygieneanforderungen in der aktuellen Trinkwasserverordnung.

Der leichte Anstieg des spezifischen Stromverbrauch ist damit zu begründen, dass, trotz effizienteren Elektrogeräten und Leuchtmitteln in der Vergangenheit Gebäude auf den genormten Standard aufgerüstet wurden. D. h. viele Gebäude waren nicht ausreichend beleuchtet, und hatten daher einen geringeren spezifischen Stromverbrauch.

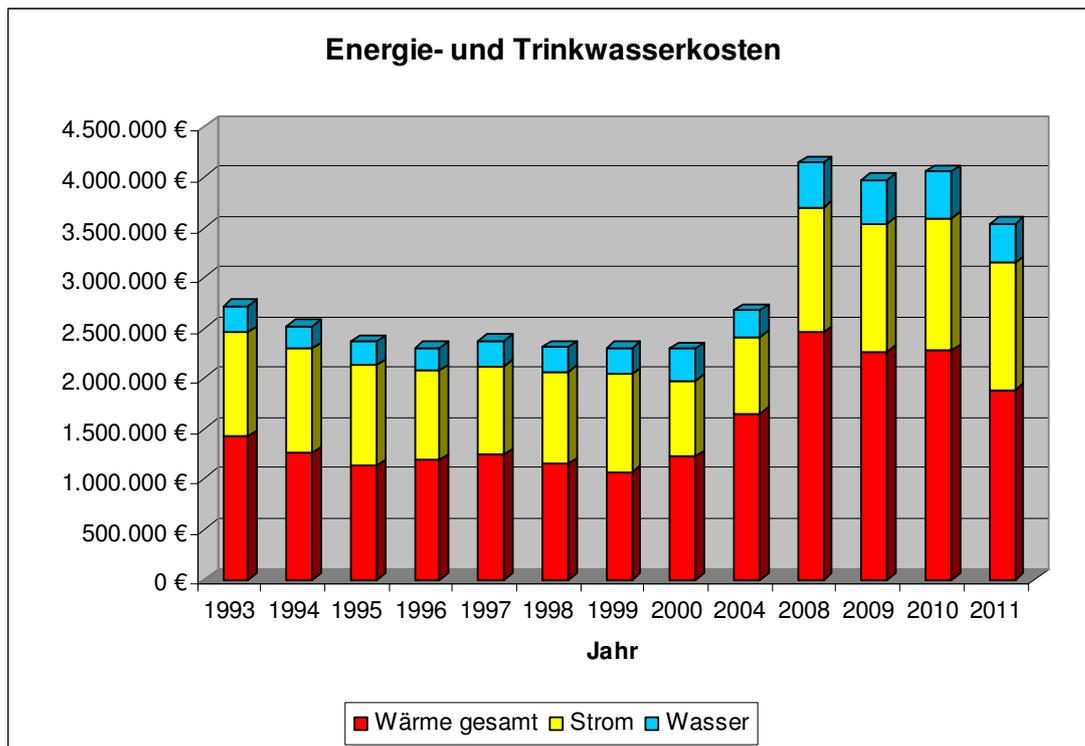


Abbildung 5: Energie- und Trinkwasserkosten

Der Kostenanteil für Wärmeenergie reduzierte sich im Jahr 2008 von 61% (Jahr 2004) auf 59%. Im Energiebereich Strom erhöhte sich der Kostenanteil gegenüber dem Jahr 2004 von 29% auf 30%. Beim Trinkwasser erfolgte ebenfalls ein Anstieg von 10% im Jahr 2004 auf 11% im Jahr 2008.

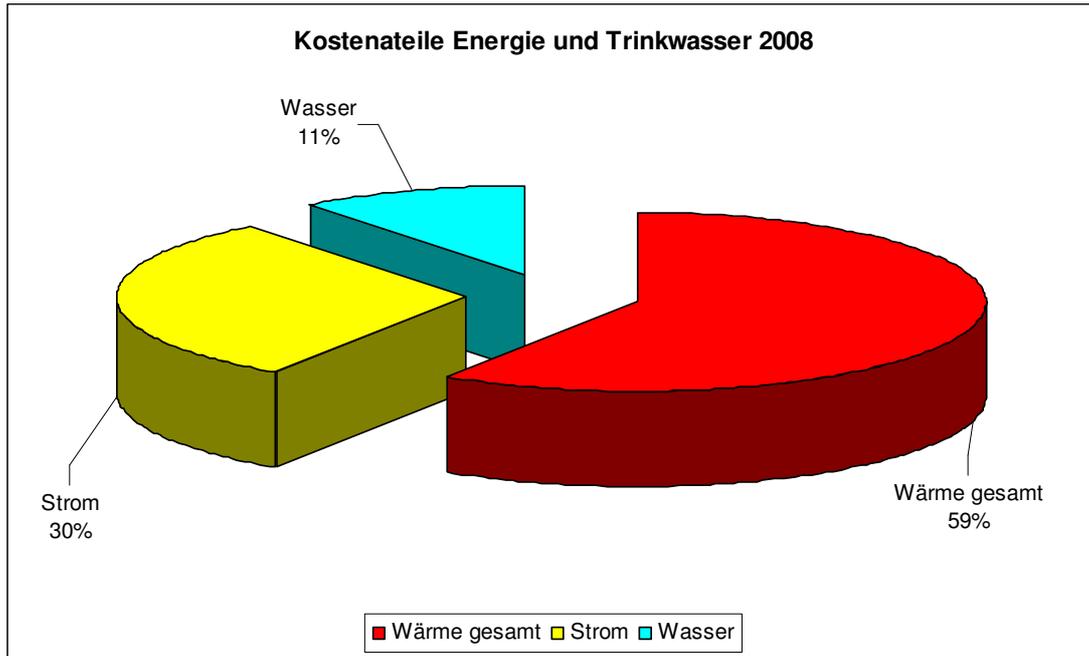


Abbildung 6: Kostenanteile Energie und Trinkwasser 2008

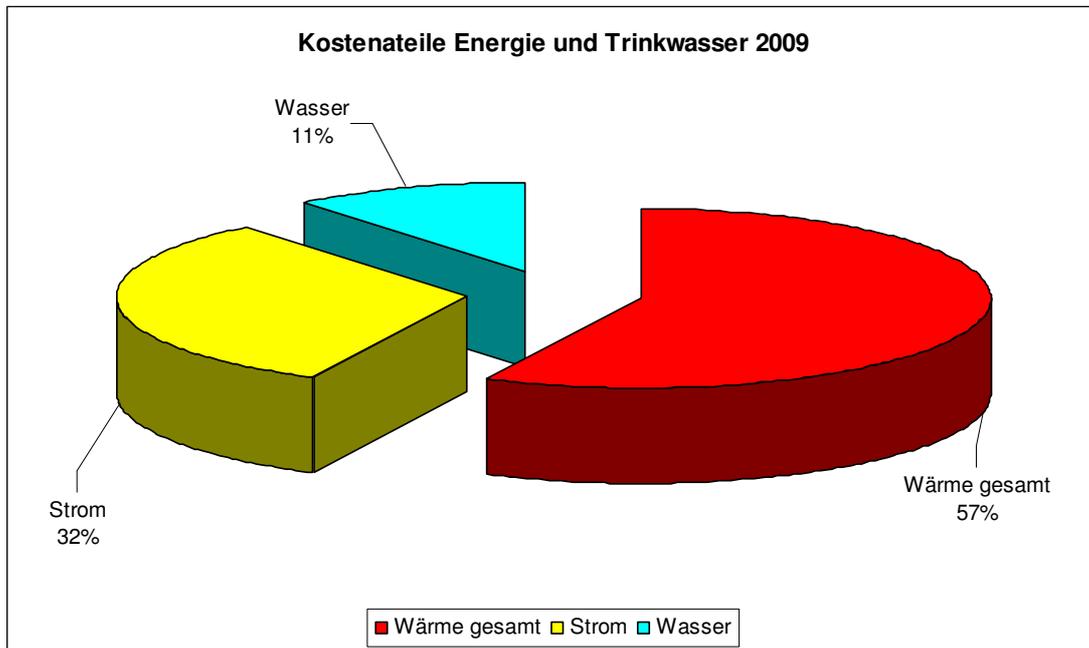


Abbildung 7: Kostenanteile Energie und Trinkwasser 2009

Für das Jahr 2009 ergibt sich ein ähnliches Bild wie 2008, mit einer kleinen Verschiebung im Bereich Wärmeenergie und Strom. Auf Wasser fallen 11% der Kosten, auf Wärmeenergie 57% und auf Strom 32%.

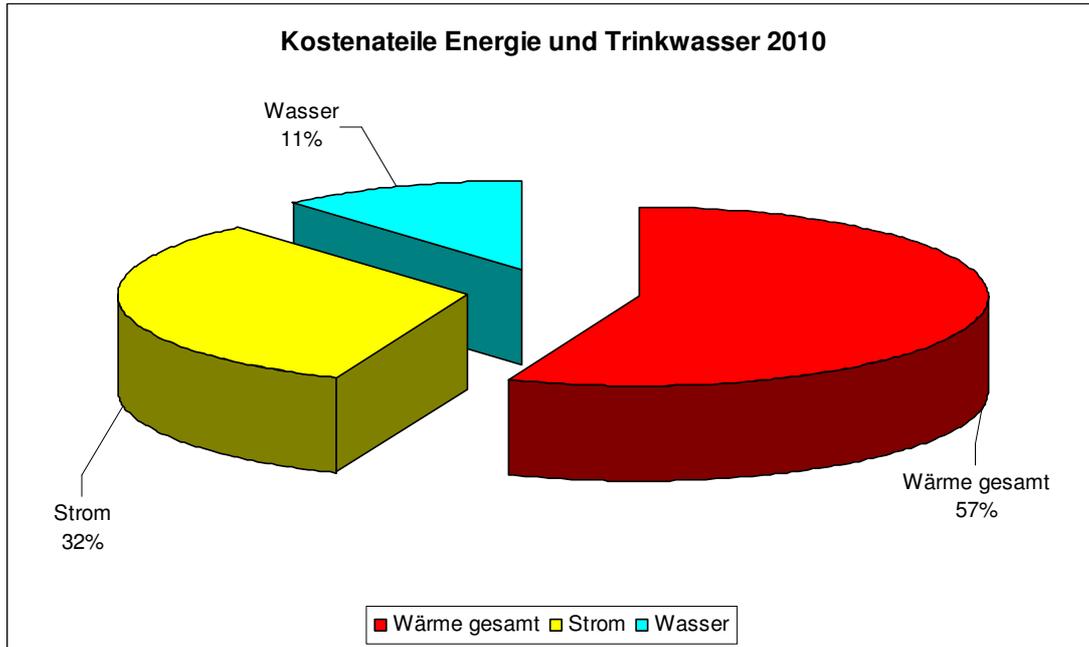


Abbildung 8: Kostenanteile Energie und Trinkwasser 2010

In 2010 lassen sich ebenfalls wieder nur minimale Veränderungen bezüglich der Kostenanteile feststellen. Der Wasseranteil bleibt bei 11%, Wärme erhöht sich auf 58% und der Stromkostenanteil reduziert sich auf 31%.

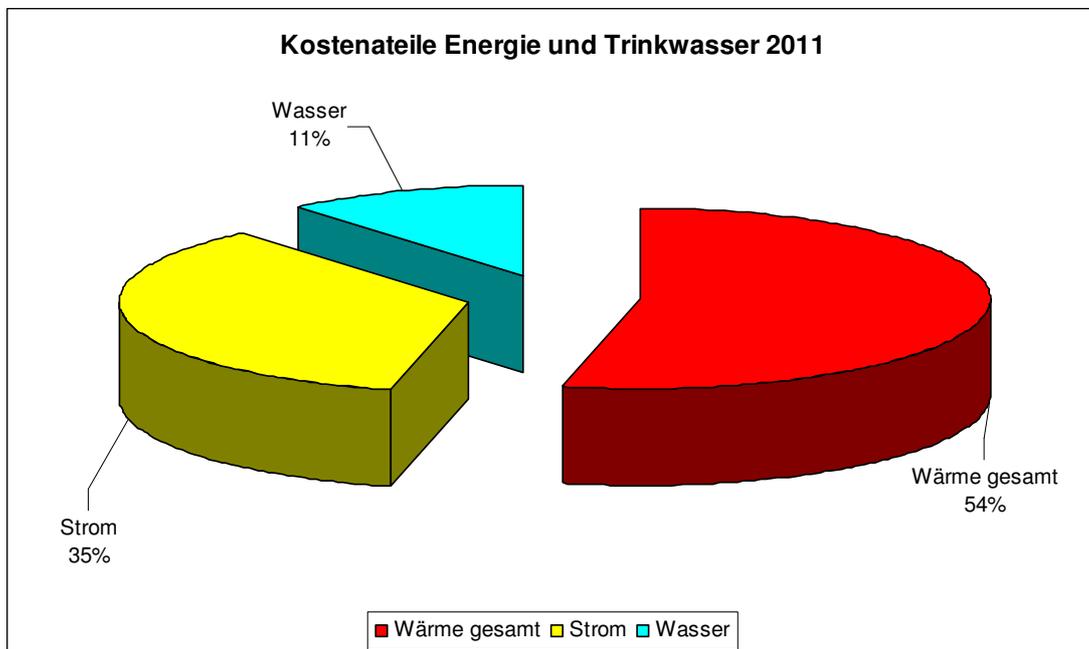


Abbildung 9: Kostenanteile Energie und Trinkwasser 2011

Für das Jahr 2011 ist beim Kostenanteil für Wärme ein leichter Rückgang um 3 % zu verzeichnen, Trinkwasser bleibt stabil und der Strom nimmt um 3 % zu.

Jahr	Wärme gesamt	Strom	Wasser	Gesamt
1993	1.422.486 €	1.035.149 €	262.777 €	2.720.412 €
1994	1.261.321 €	1.033.959 €	223.447 €	2.518.727 €
1995	1.131.490 €	1.004.061 €	233.392 €	2.368.944 €
1996	1.191.856 €	884.909 €	229.039 €	2.305.804 €
1997	1.246.463 €	879.146 €	254.002 €	2.379.611 €
1998	1.150.833 €	922.284 €	239.996 €	2.313.113 €
1999	1.073.320 €	970.551 €	255.258 €	2.299.129 €
2000	1.227.018 €	746.430 €	319.214 €	2.292.662 €
2004	1.646.428 €	767.365 €	263.108 €	2.676.902 €
2008	2.457.634 €	1.248.418 €	442.688 €	4.148.740 €
2009	2.272.488 €	1.268.902 €	427.392 €	3.968.782 €
2010	2.279.180 €	1.314.446 €	462.165 €	4.055.792 €
2011	1.891.461 €	1.250.087 €	392.678 €	3.534.226 €

Tabelle 2: Gesamtkosten

In Tabelle 2 sind die Gesamtkosten seit dem Basisjahr 1993 aufgeführt. Die Kosten für Wärmeenergie sind **nicht** witterungsbereinigt, bezeichnen also das, was real aufgewendet werden musste.

Jahr	Wärme witterungs-bereinigt [kWh]	Strom [kWh]	Wasser [m <sup>3</sup> ]
1993	52.971.000	5.761.845	189.361
1996	38.506.000	5.841.402	156.806
1997	42.198.000	6.013.570	179.250
1998	38.253.000	6.275.474	164.539
1999	38.173.000	6.447.401	167.854
2000	35.735.000	6.760.975	201.050
2004	33.910.959	6.350.999	167.822
2008	34.366.142	7.352.154	158.511
2009	33.857.778	7.490.732	133.908
2010	33.488.940	7.406.238	140.086
2011	33.234.871	6.595.974	118.222

Tabelle 3: Gesamtverbräuche

Nebenstehende Tabelle zeigt die Wärme-, Strom- und Wasserverbräuche seit dem Basisjahr 1993 auf.

Um die Wärmemengen vergleichen zu können, wurden die ermittelten Verbräuche einer Witterungsbereinigung unterzogen, und auf die Klimadaten von 1993 bezogen.

Die Verbräuche von Strom und Trinkwasser sind die real ermittelten Werte.

## 5.2 Strom

Die mittleren Strompreise wurden auf Grundlage der erfassten Verbräuche und der hierfür in Rechnung gestellten Summen ermittelt. Dieser spezifische Preis enthält sowohl die Leistungspreise als auch die Zählergebühren.

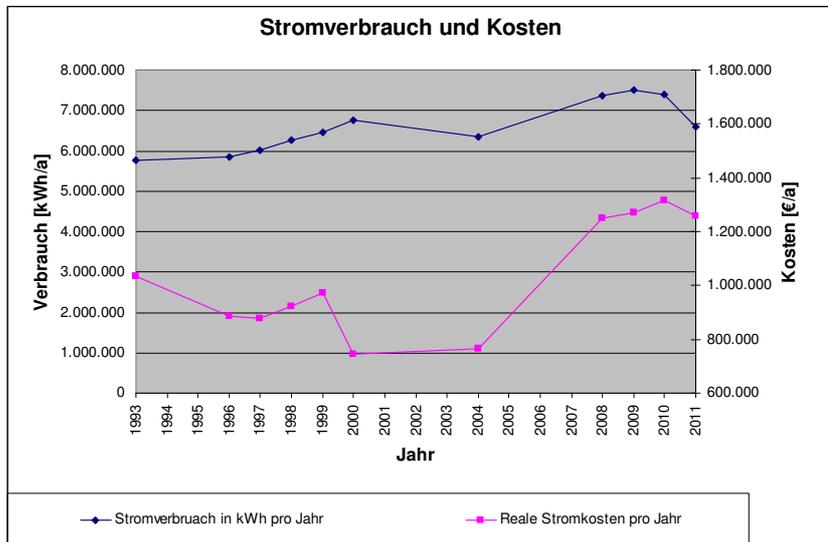


Abbildung 10: Stromverbrauch und Kosten, vgl. Tabelle 3

Außer einem leichten Rückgang in den Jahren 2004 und 2010, stieg der Strombedarf insgesamt seit 1993 stetig an.

Dies ist sicherlich darin begründet, dass sämtliche Verwaltungsgebäude und Schulen mit PCs und dazugehöriger Peripherie ausgestattet wurden.

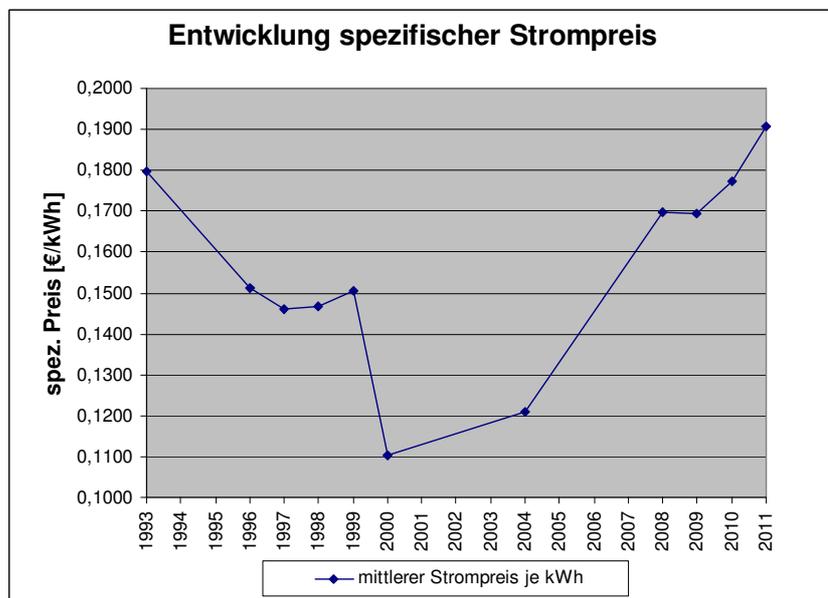
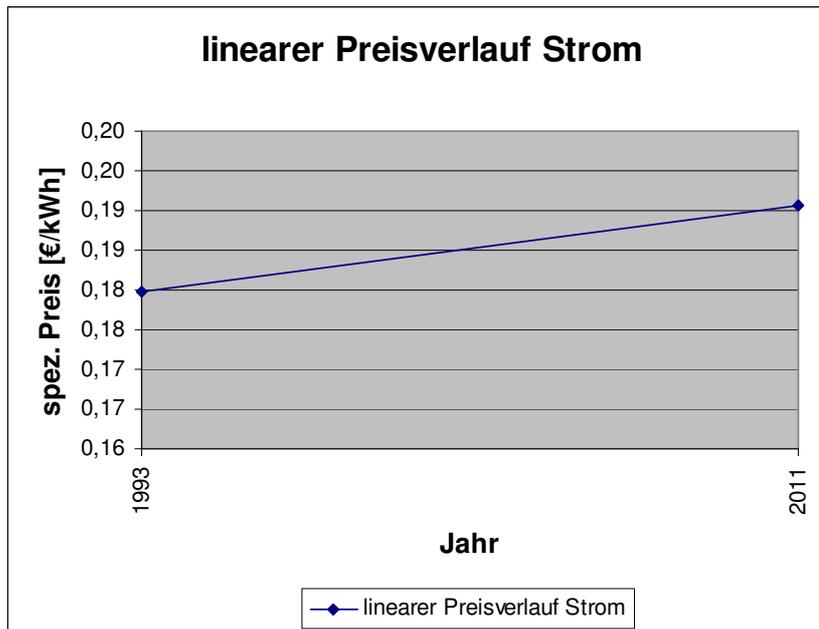


Abbildung 11: Entwicklung spezifischer Strompreis

Nach einem starken Preisrückgang im Jahr 2000, folgte ein ebenso steiler Wiederanstieg. Im Jahr 2010 lag der spezifische Preis je Kilowattstunde Strom noch leicht unter dem Niveau von 1993, 2011 dagegen rund 1 ct/kWh darüber.

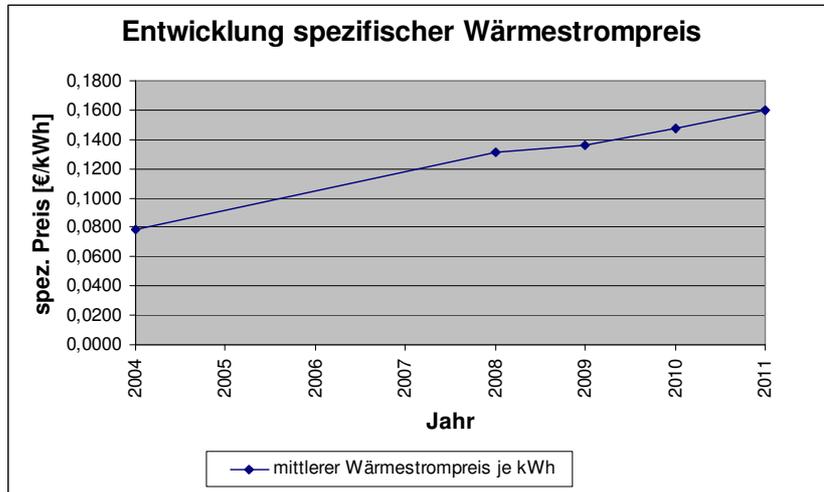


Betrachtet man den linearen Preisverlauf des spezifischen Stromeinkaufspreises der Stadt Trier, ergibt eine Preissteigerung von 0,33 %/a.

Abbildung 12: linearer Preisverlauf Strom

### 5.3 Wärmestrom

Die mittleren Preise für den Wärmestrom wurden auf Grundlage der erfassten Verbräuche und der hierfür in Rechnung gestellten Summen ermittelt. Dieser spezifische Preis enthält sowohl die Leistungspreise als auch die Zählergebühren.



Der spezifische Wärmestrompreis ist seit 2004 um 89% gestiegen.

D. h., eine Kilowattstunde Wärmestrom war 2011 etwa doppelt so teuer, wie noch 2004.

Abbildung 13: Entwicklung spez. Wärmestrompreis

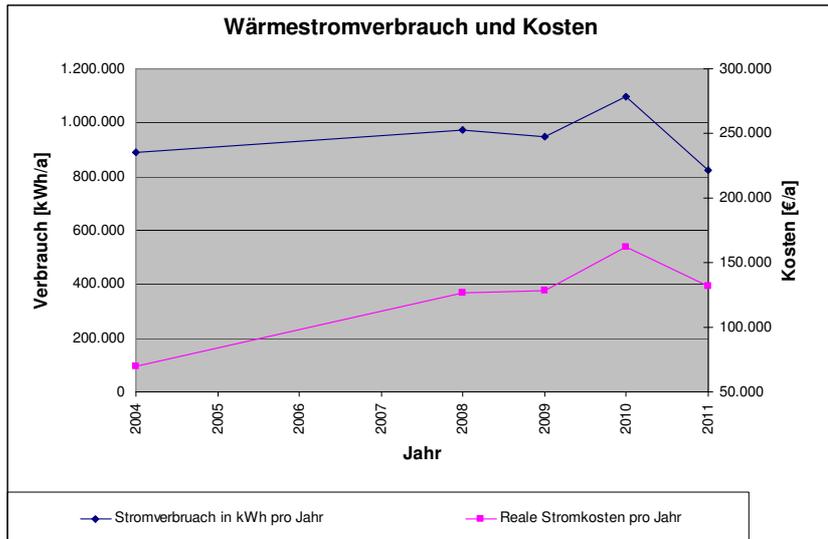
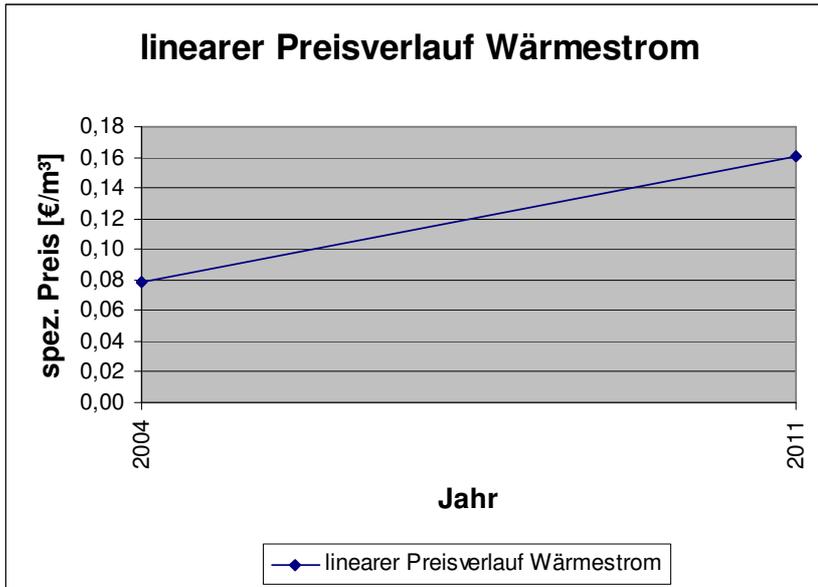


Abbildung 14: Wärmestromverbrauch und Kosten

Da sich der Wärmestrompreis, wie in Abbildung 13 dargestellt, derart negativ entwickelt hat und die CO<sub>2</sub>-Bilanz von Strom generell als eher schlecht einzuordnen ist, sollen sukzessive alle Liegenschaften, welche noch mit Strom beheizt werden auf andere Energieträger umgerüstet werden. Folgende Gebäude werden derzeit noch teilweise oder ganz mit Wärmestrom beheizt:

- Kita St. Peter Ehrang
- Grundschule Quint
- Grundschule Pfalzel mit Turnhalle
- Grundschule Ruwer mit Turnhalle
- Warmwasserbereitung (Sommer) Turnhalle Keune
- Sportanlage Tarforst „alt“



Betrachtet man den linearen Preisverlauf des spezifischen Wärmestrompreises, ergibt sich seit 2004 im Schnitt ein Preisanstieg von 10,8 %/a.

Abbildung 15: linearer Preisverlauf Wärmestrom

### 5.4 Heizöl EL

Die mittleren Heizölpreise wurden aus den erfassten Verbräuchen und der gestellten Rechnungen ermittelt.

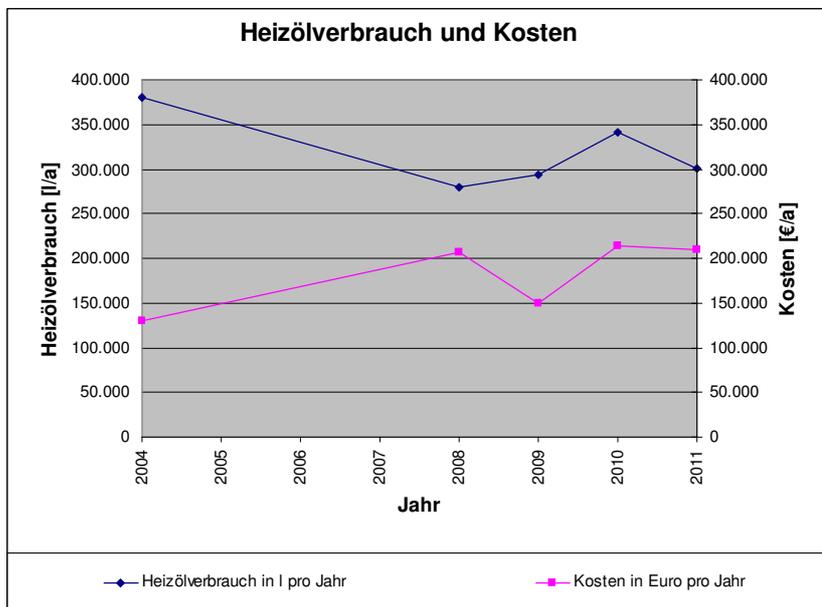


Abbildung 16 zeigt, dass der Heizölverbrauch zwischen 2004 und 2008 zwar erheblich gesunken ist, die Kosten sind jedoch weiter angestiegen. Dies ist durch den Anstieg des spezifischen Heizölpreises zu begründen, was aus Abbildung 17 hervorgeht.

Abbildung 16: Heizölverbrauch und Kosten

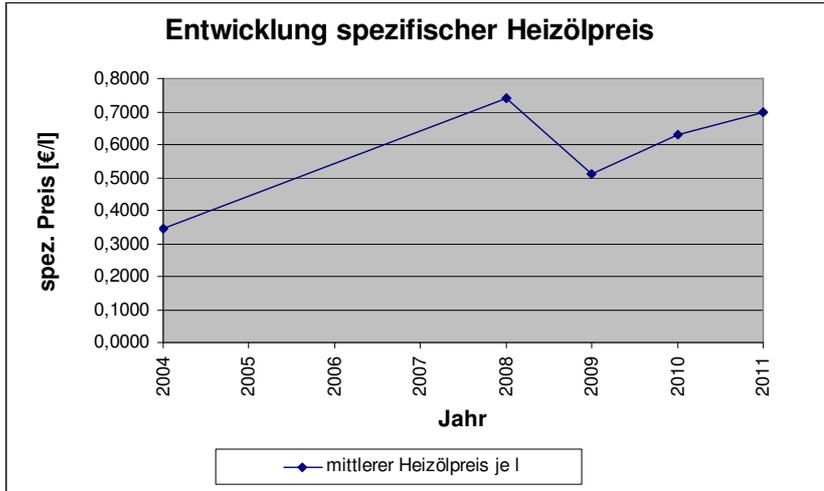
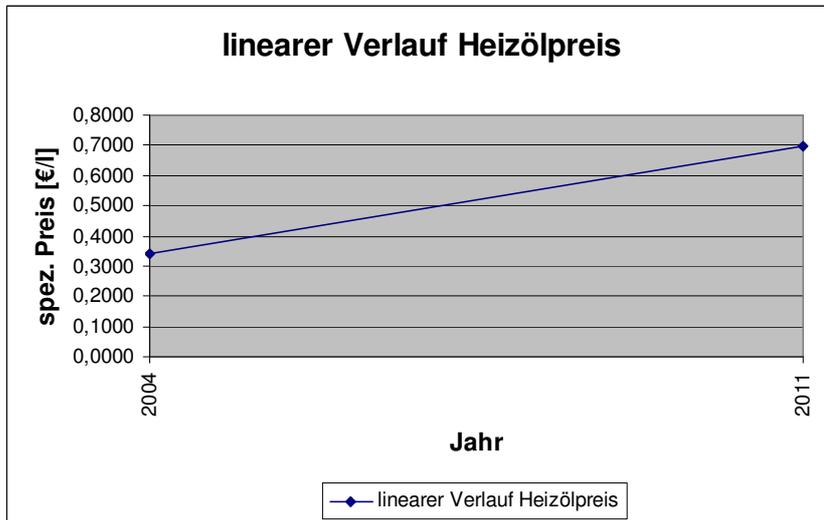


Abbildung 17: Entwicklung spezifischer Heizölpreis



Der lineare Anstieg des spezifischen Heizölpreises beträgt 10,68 % pro Jahr.

Abbildung 18: linearer Preisverlauf Heizöl

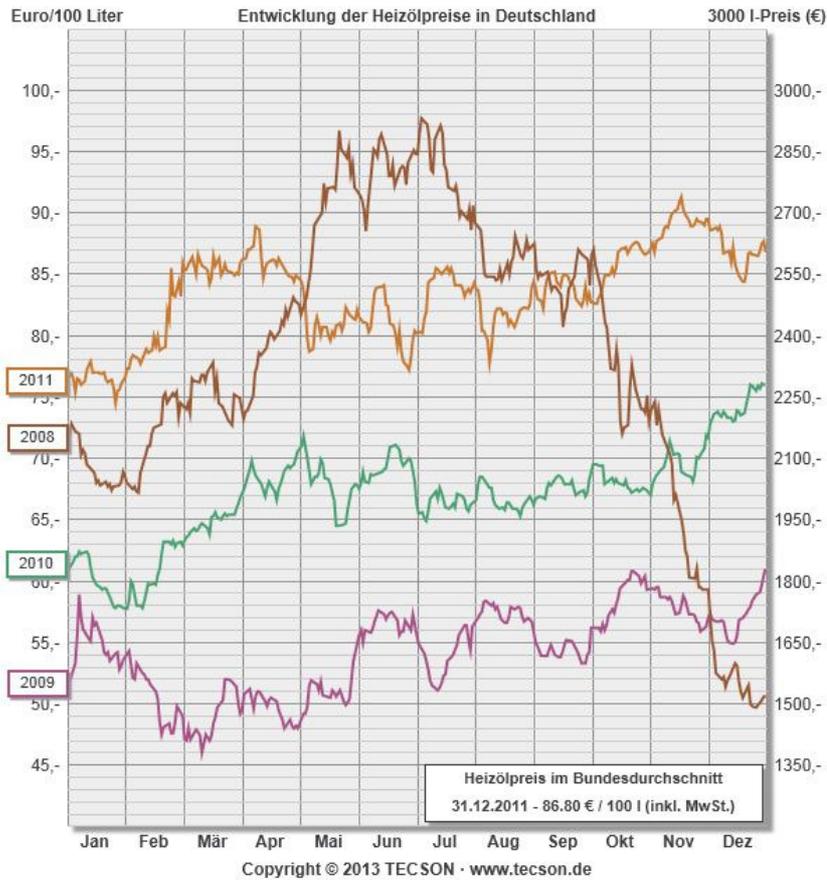


Abbildung 19 zeigt den Verlauf des durchschnittlichen Heizölpreises im Bundesdurchschnitt für die Jahre 2008-2011.

Ein Vergleich mit Abbildung 17 zeigt, dass dieser Schnitt auch auf die Stadt Trier zutrifft.

Abbildung 19: Bundesdurchschnittlicher Heizölpreis<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Quelle: www.tecson.de

## 5.5 Erdgas E

Die mittleren Gaspreise wurden auf Grundlage der erfassten Verbräuche und der hierfür in Rechnung gestellten Summen ermittelt. Dieser spezifische Preis enthält sowohl die Leistungspreise als auch die Zählergebühren.

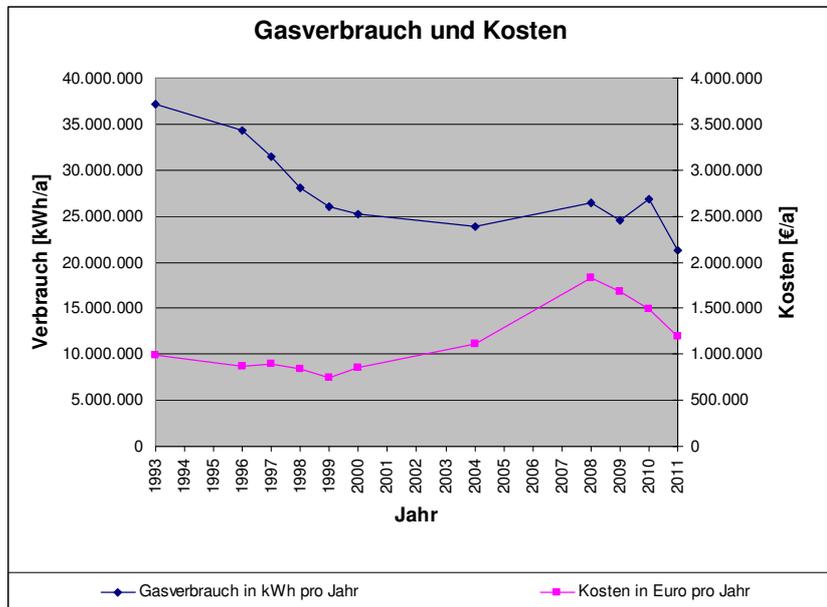
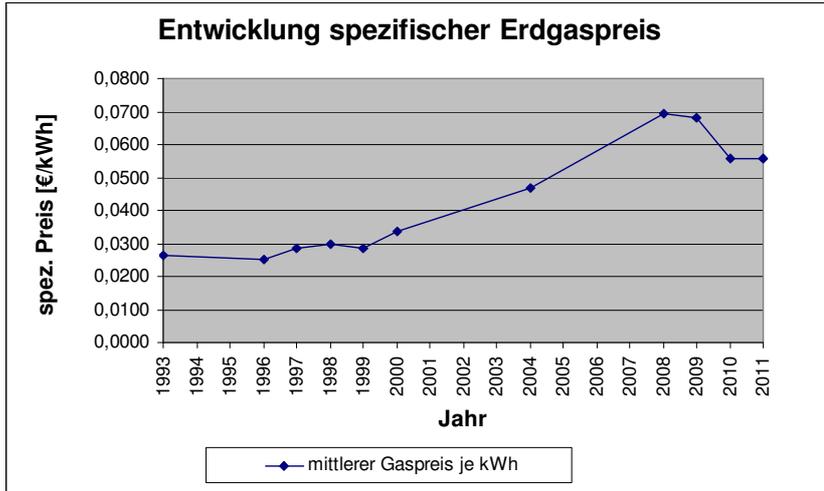


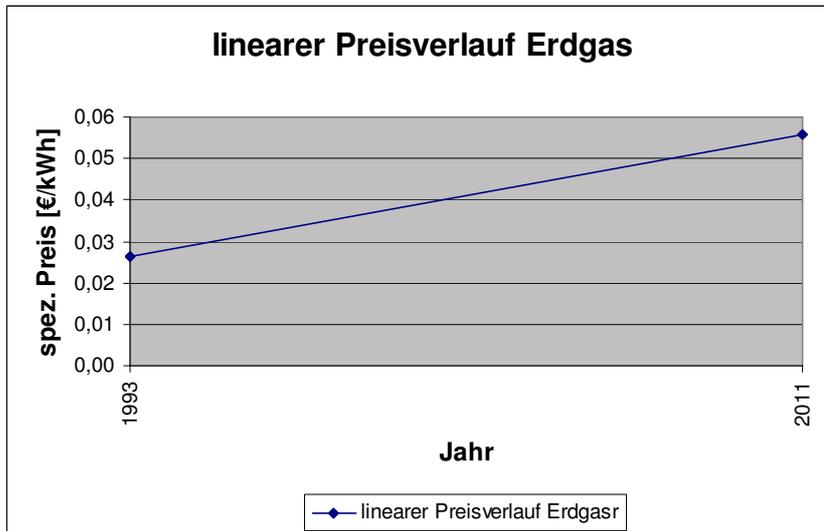
Abbildung 20: Gasverbrauch und Kosten

Betrachtet man nebenstehende Abbildung wird deutlich, dass zwischen 2004 und 2008 ein erheblicher Kostenanstieg zu verzeichnen war, obwohl der Gasverbrauch gesunken ist. Begründet ist diese Tatsache dadurch, dass der spezifische Gaspreis stark angestiegen ist (vgl. Abbildung 21).



Insgesamt ist seit 1993 ein Preisanstieg beim Erdgas zu verzeichnen, seit 2008 ist jedoch ein Rückgang der spezifischen Erdgaspreis zu bemerken.

Abbildung 21: Spezifischer Gaspreis



Seit 1993 ist der spezifische Erdgaspreis, linear betrachtet, im Schnitt um 4,24 % pro Jahr gestiegen.

Abbildung 22: Linearer Preisverlauf Erdgas

## 5.6 Flüssiggas

Die mittleren Flüssiggaspreise wurden aus den erfassten Verbräuchen und der gestellten Rechnungen ermittelt.

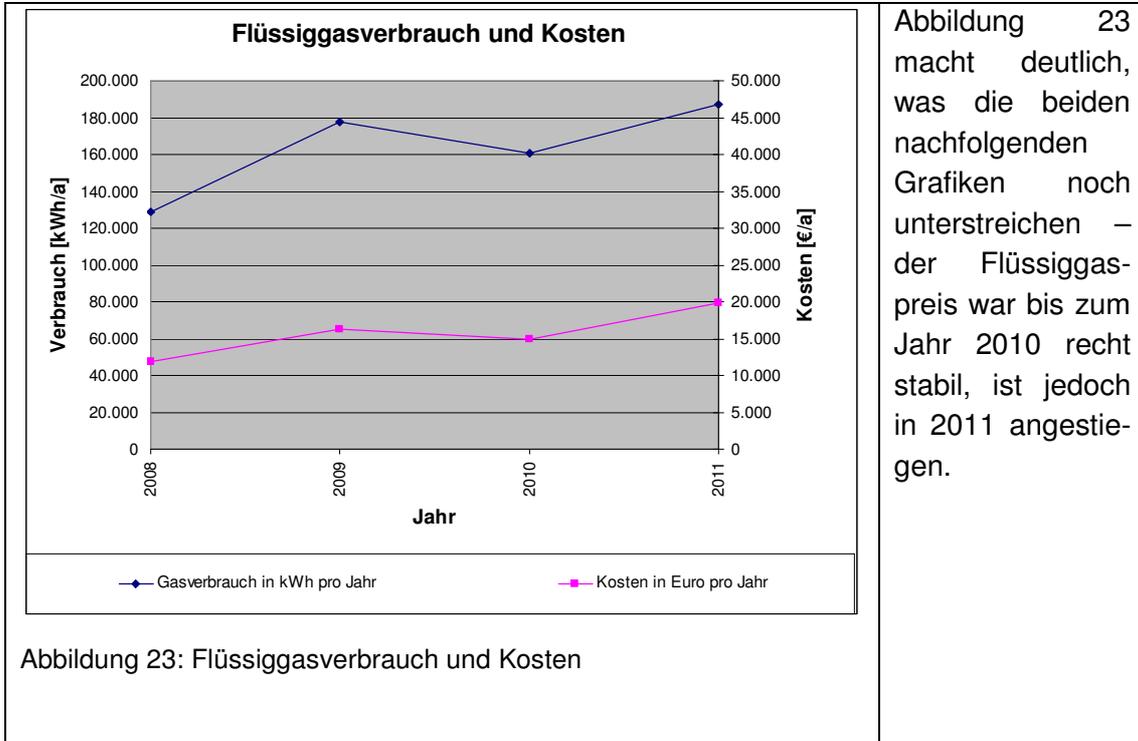


Abbildung 23 macht deutlich, was die beiden nachfolgenden Grafiken noch unterstreichen – der Flüssiggaspreis war bis zum Jahr 2010 recht stabil, ist jedoch in 2011 angestiegen.

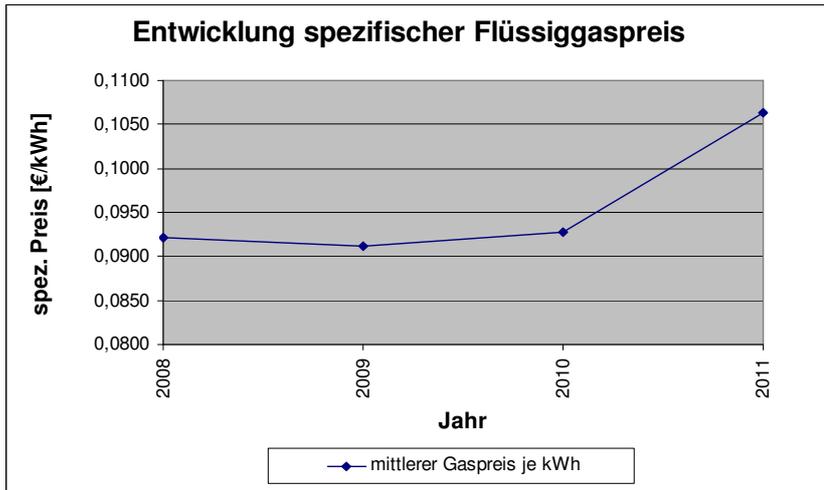
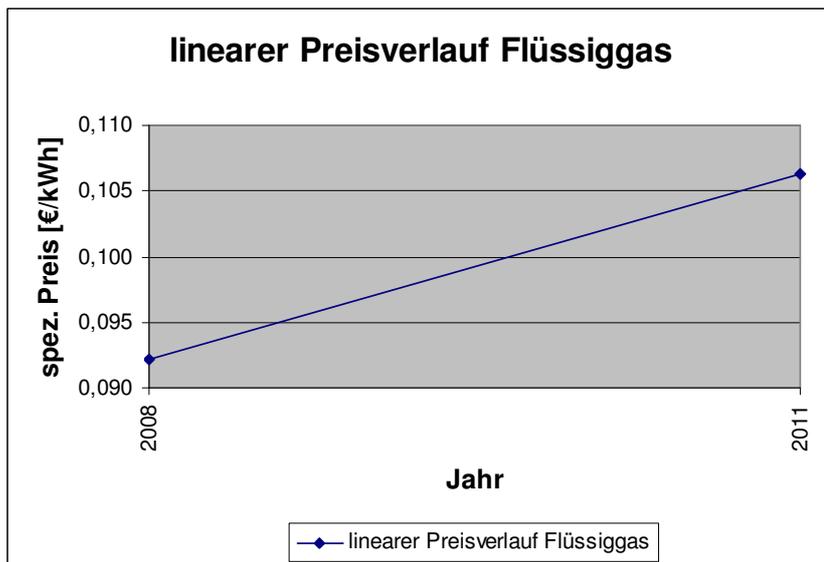


Abbildung 24:Spezifischer Flüssiggaspreis



Linear betrachtet stieg der Flüssiggaspreis zwischen 2008 und 2011 um 4,88 % pro Jahr.

Abbildung 25: linearer Preisverlauf Flüssiggas

## 5.7 Heizenergie insgesamt

Abbildung 26 macht deutlich, dass der Heizwärmeverbrauch seit 1993 bis auf einen kleinen Anstieg 1996 stetig gesunken ist. Zu betrachten ist hier der witterungsbereinigte Verbrauch.

Die rote Markierung im Diagramm zeigt die Auswirkungen der Witterungsbereinigung. Die Differenz zwischen tatsächlichem Verbrauch (blau) und witterungsbereinigtem Verbrauch (rosa) stellt den Unterschied zwischen „realer Heizperiode“ und „Norm-Heizperiode“ dar.

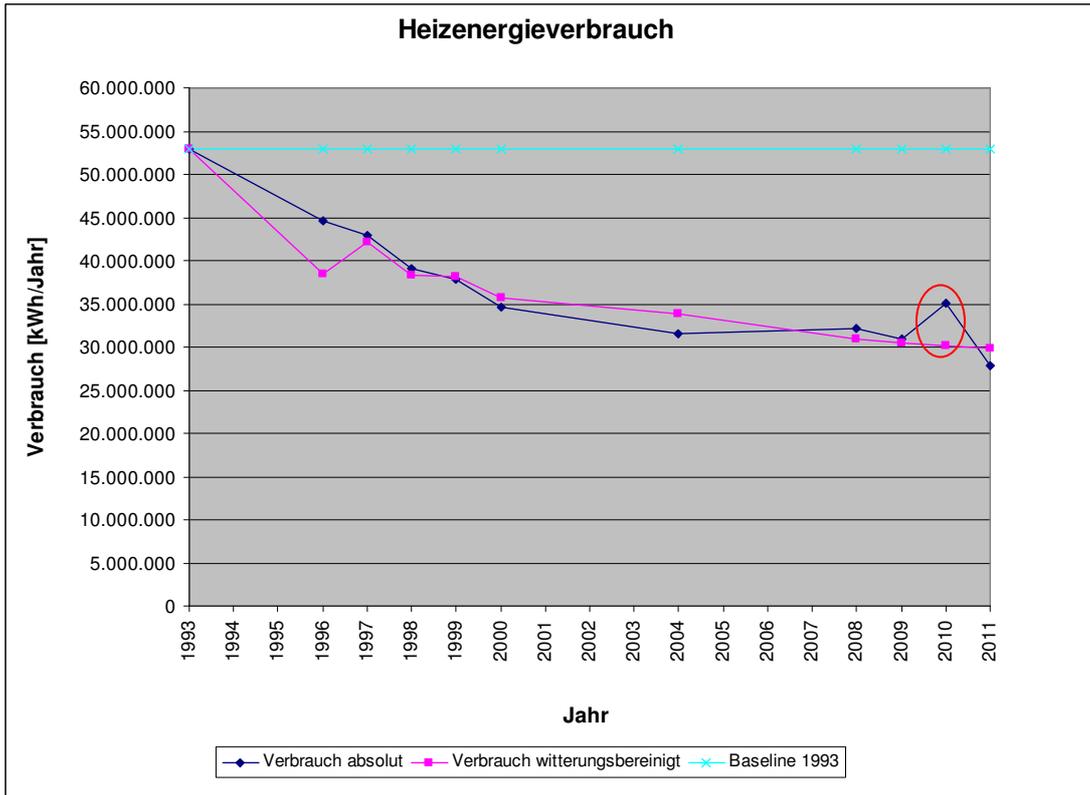


Abbildung 26: Heizenergieverbrauch

Abbildung 27 zeigt die spezifischen Gesamtkosten der verschiedenen Energieträger. Die spezifischen Gesamtkosten sind sozusagen ein Kosten-Mix, errechnet aus den spezifischen Einzelkosten. Da Erdgas den größten Anteil stellt, schmiegt sich die Kurve der spezifischen Gesamtkosten an die des Erdgases an.

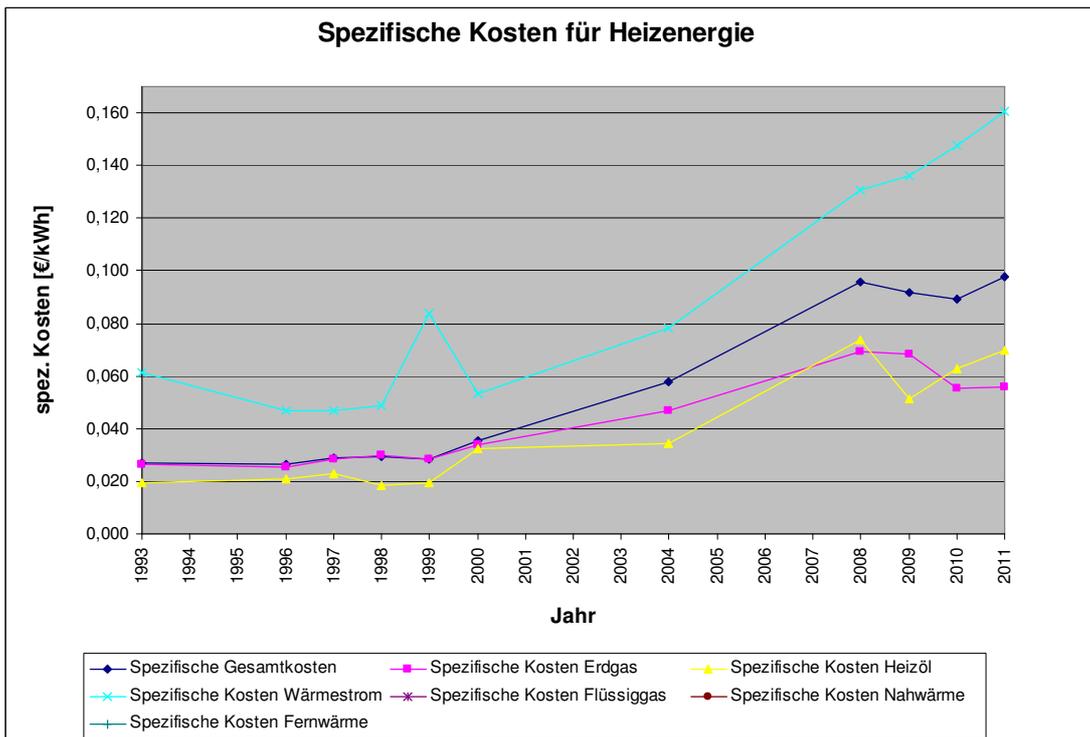


Abbildung 27: spezifische Kosten für Heizenergie

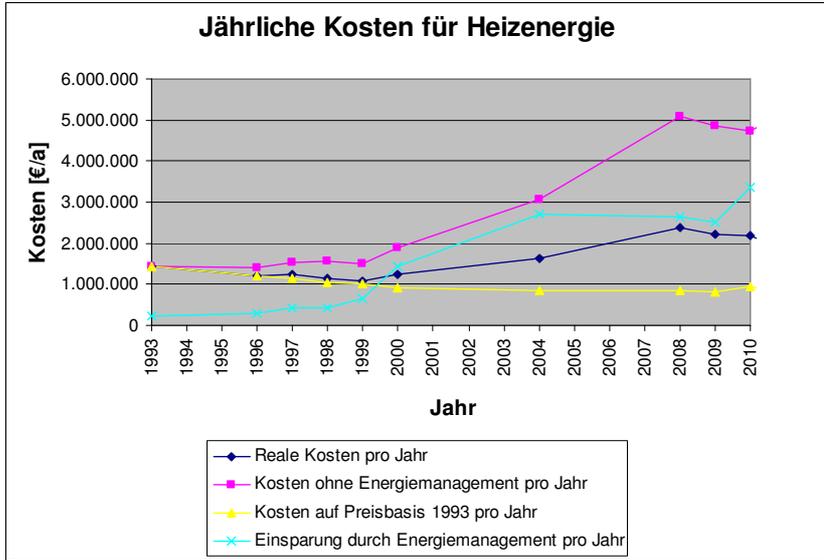


Abbildung 28 macht deutlich, wo die Energiekosten der Stadt Trier ohne Einführung des Energiemanagements liegen würden.

Abbildung 28: Jährliche Kosten für Heizenergie

## 5.8 Trinkwasser

Die mittleren Trinkwasserpreise wurden auf Grundlage der erfassten Verbräuche und der hierfür in Rechnung gestellten Summen ermittelt. Dieser spezifische Preis enthält sowohl die Leistungspreise als auch die Zählergebühren. In diesem Energiebericht setzt sich der **Trinkwasserpreis anders als im vergangenen Bericht** noch aus Trinkwasser- und Kanalgebühr zusammen. Grund hierfür ist, dass das Kanalsystem der Stadt Trier bis Ende 2004 noch städtisch, d. h. beim damaligen Amt 69 angesiedelt war. Die Gebühren wurden zwar ebenfalls in Rechnung gestellt, sind jedoch in einen Sonderhaushalt geflossen. Dadurch sind die Kosten von 2004 bis 2011 um 49 % gestiegen.

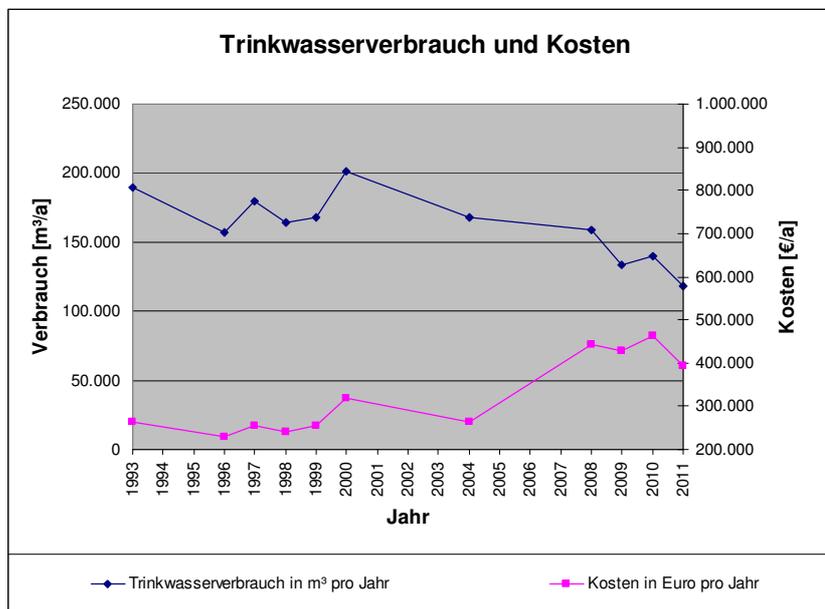


Abbildung 29: Trinkwasserverbrauch und Kosten

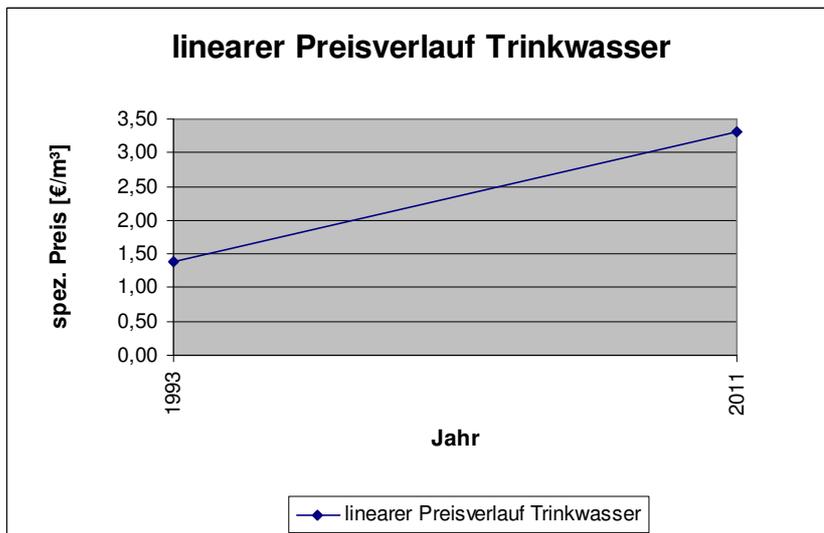
Deutlich zu sehen ist der sprunghafte Anstieg der Trinkwasserkosten ab dem Jahr 2005.

Grund hierfür ist, dass die Kanalgebühren in diesem Bericht beim Trinkwasserpreis mit einbezogen werden. Das Kanalsystem der Stadt Trier war bis Ende 2004 noch städtisch, d. h. beim damaligen Amt 69 angesiedelt, weshalb in älteren Energieberichten nur die reinen Trinkwassergebühren betrachtet wurden.



Der Verlauf der spezifischen Trinkwasserpreise von 1993 bis 2010 ist in Abbildung 30 dargestellt.

Abbildung 30: Entwicklung spez. Trinkwasserpreis



Linear betrachtet sieht der Preisanstieg des Trinkwassers wie nebenstehend dargestellt aus.

Es ergibt sich somit ein Preisanstieg von 4,96 %/a.

Abbildung 31: absoluter Preisverlauf Wasser

Im Jahr 2011 wurden in den städtischen Gebäuden insgesamt 118.222 m³ Trinkwasser genutzt. Gegenüber dem Jahr 2004 sank somit der Verbrauch um 49.600 m³, was einer Reduzierung von 30 % entspricht. Der Trinkwasserbedarf im Jahre 2011 ist um 71.139 m³ niedriger als noch im Jahre 1993.

## 6 Verbrauchsanalyse

### 6.1 Problematik bei der Bildung von Eckwerten

Um Gebäude gleicher Art und Nutzung miteinander vergleichen zu können, bedient man sich dem Werkzeug der Eckwertbildung. Das bedeutet, dass beispielsweise Energie- und Wasserverbräuche auf die bewirtschaftete Flächen bezogen werden. Weitere Bezugspunkte können auch das Volumen, die Anzahl der Schüler etc. sein.

Für Vergleichswerte wird die „Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchskennwerte und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand“ vom 30.07.2009 zu Grunde gelegt.

Im zuvor genannten Regelheft sind Mittelwerte spezifischer Verbrauchsdaten – unterteilt nach unterschiedlichen Gebäudegruppen- genannt. Diese Angaben sind Richtwerte, mit denen man die spezifischen Energieverbrauchskennwerte der städtischen Gebäude vergleichen bzw. interpretieren kann.

Problematisch wird der Vergleich jedoch, wenn beispielsweise Grundschulen mit integrierten Sport- bzw. Gymnastikhallen mit Schulen ohne diese Sonderzonen miteinander verglichen werden. Die Nutzungszeiten von Schulen sind in etwa gleich, die der Turnhallen weichen mitunter stark voneinander ab. Im Anhang des Energieberichtes sind die Schulen bei deren Energieverbrauchsermittlungen die Turnhallen mit berücksichtigt wurden besonders gekennzeichnet.

### 6.2 Energetische Bewertung ausgewählter Gebäude

Nachfolgend werden die witterungsbereinigten Verbräuche ausgewählter Gebäude und Liegenschaften in Wärmeverbrauchskennwerte umgewandelt und dargestellt. Die Witterungsbereinigung erfolgte auf die Gradtagszahlen aus dem Jahre 1993, da dies aufgrund der Einführung des Energiemanagements als Basisjahr gilt.

Rückschlüsse auf vorangegangene Energieberichte sind nicht mehr möglich, da, wie bereits in 5.1 beschrieben, durch die Einführung der Doppik andere Bruttogeschossflächen zu Grunde gelegt wurden, welche jedoch genau ermittelt wurden.

Der Unterschied der spezifischen Verbrauchswerte einzelner Jahre ist durch das Nutzerverhalten zu begründen. D. h., sind die Nutzer sparsamer, brauchen weniger Wärme, schalten konsequent in Abwesenheit PC und Beleuchtung aus etc., sinkt der spezifische Verbrauch.

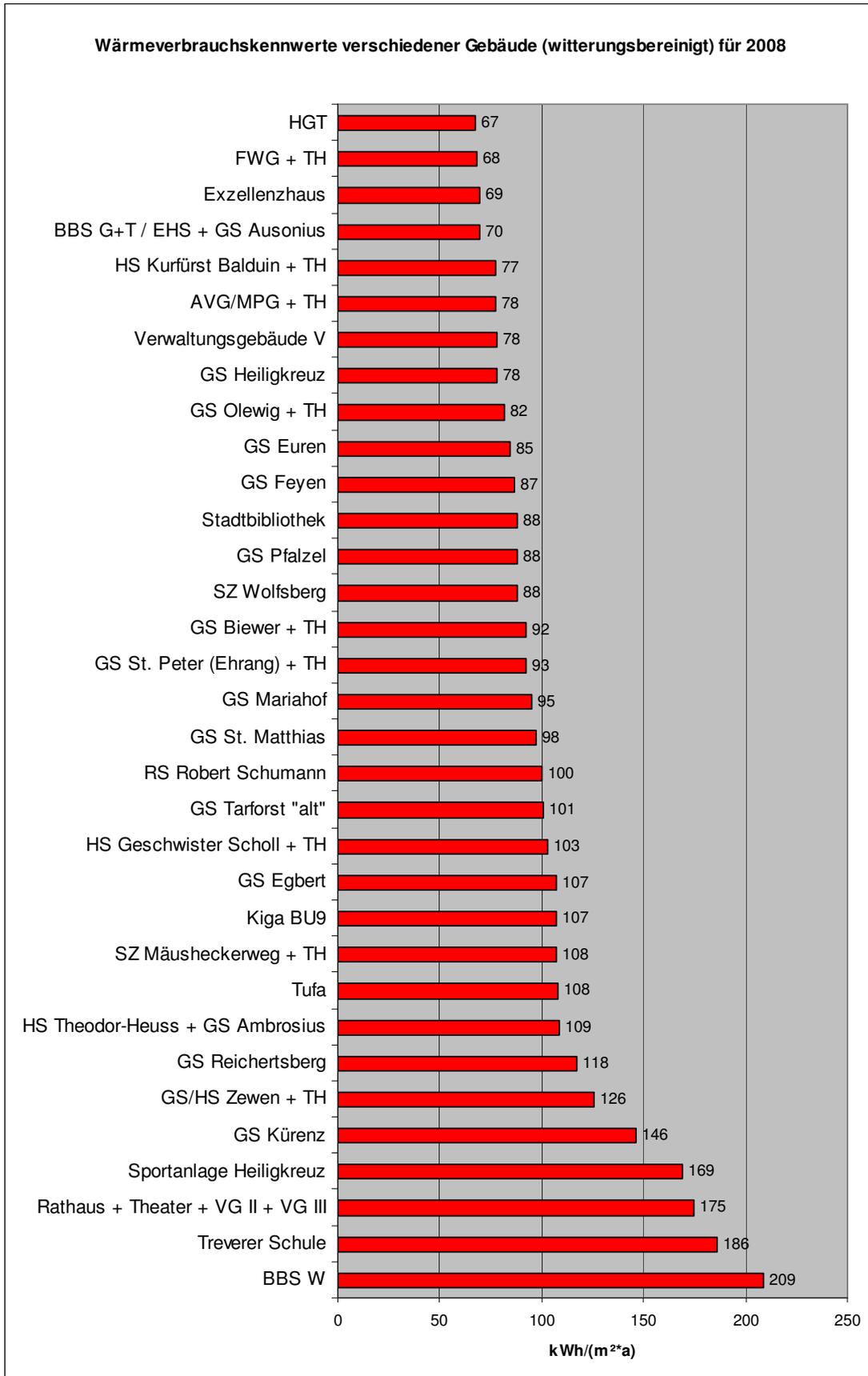


Abbildung 32: Wärmeverbrauchskennwerte 2008

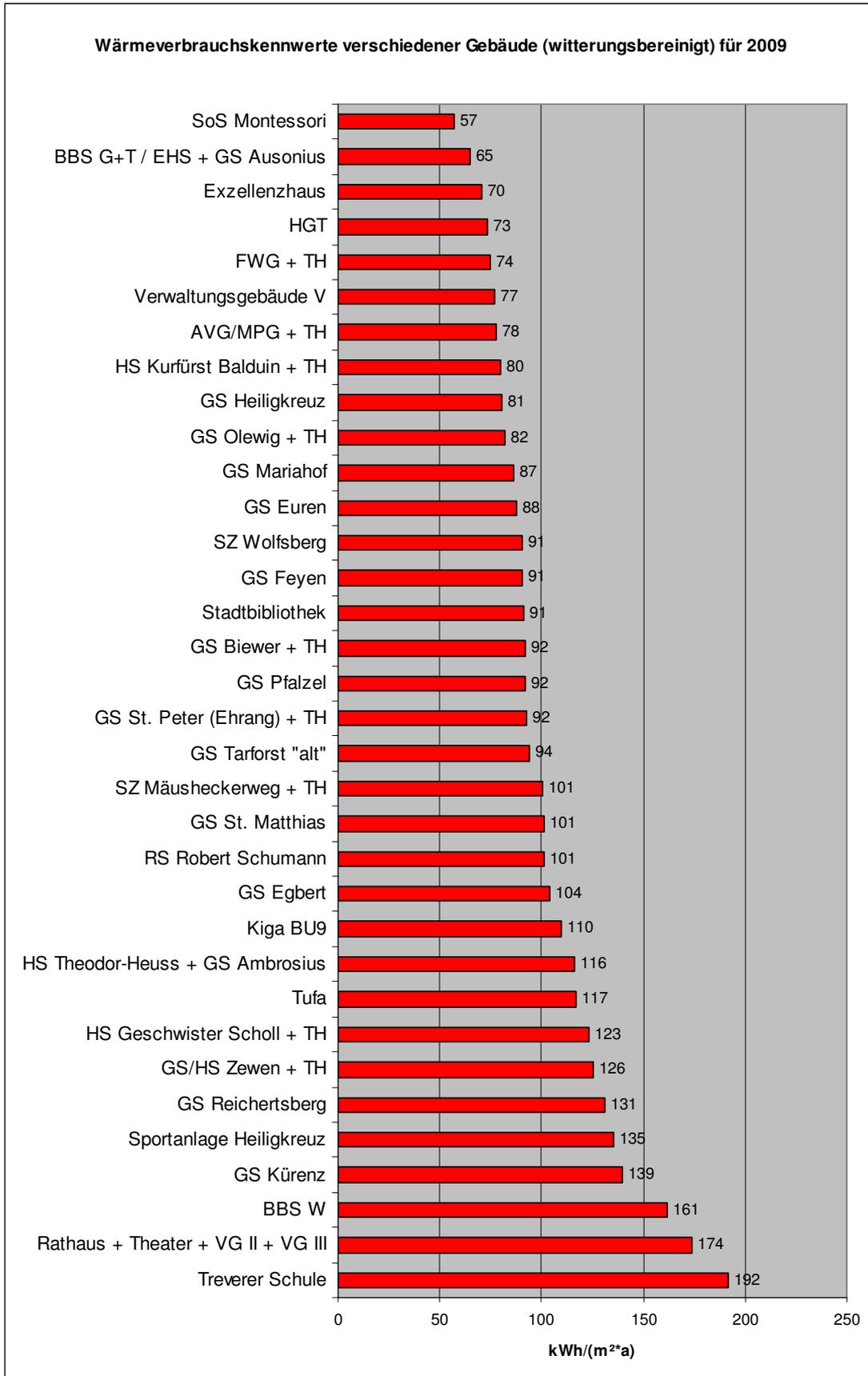


Abbildung 33: Wärmeverbrauchskennwerte 2009

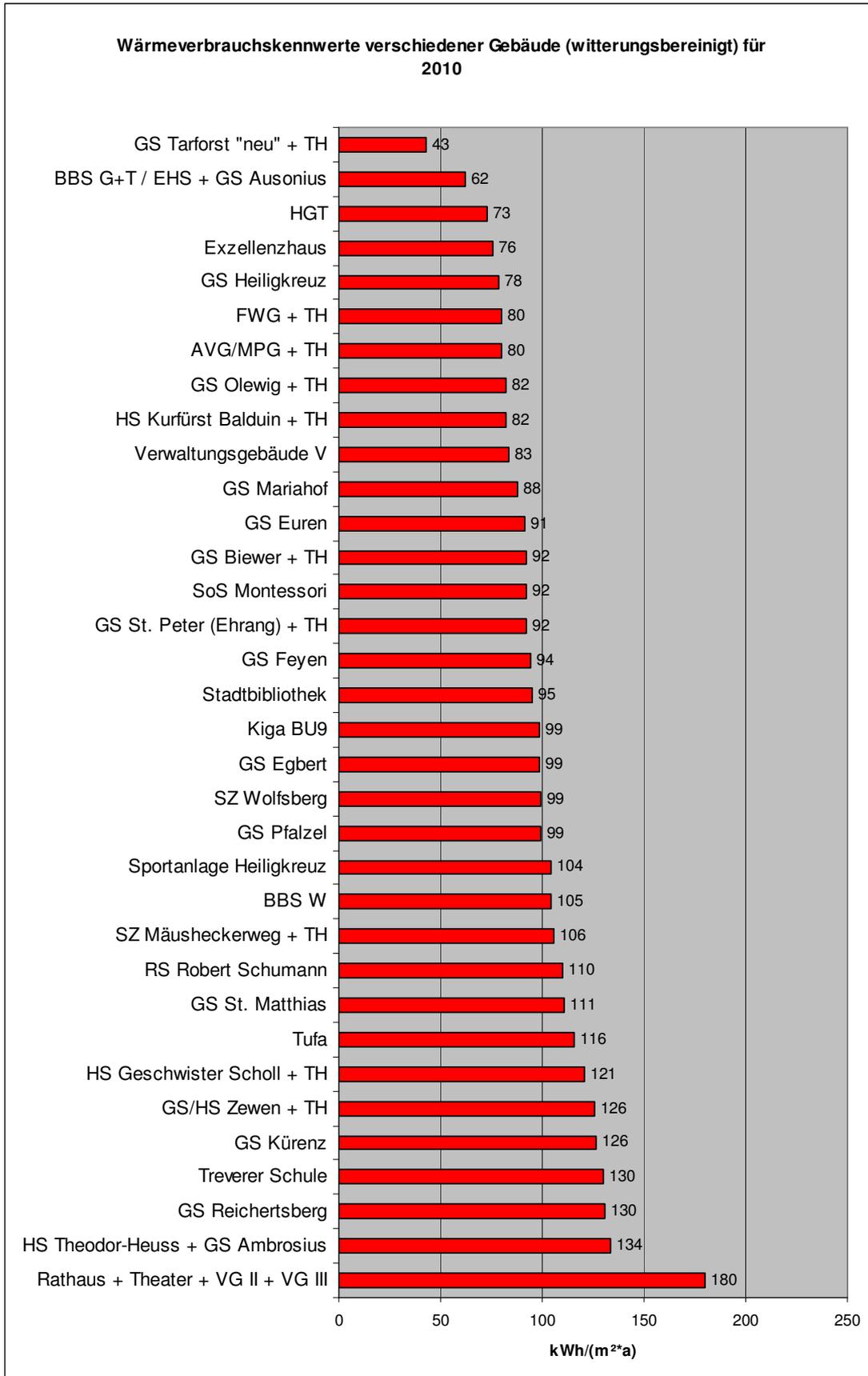


Abbildung 34: Wärmeverbrauchskennwerte 2010

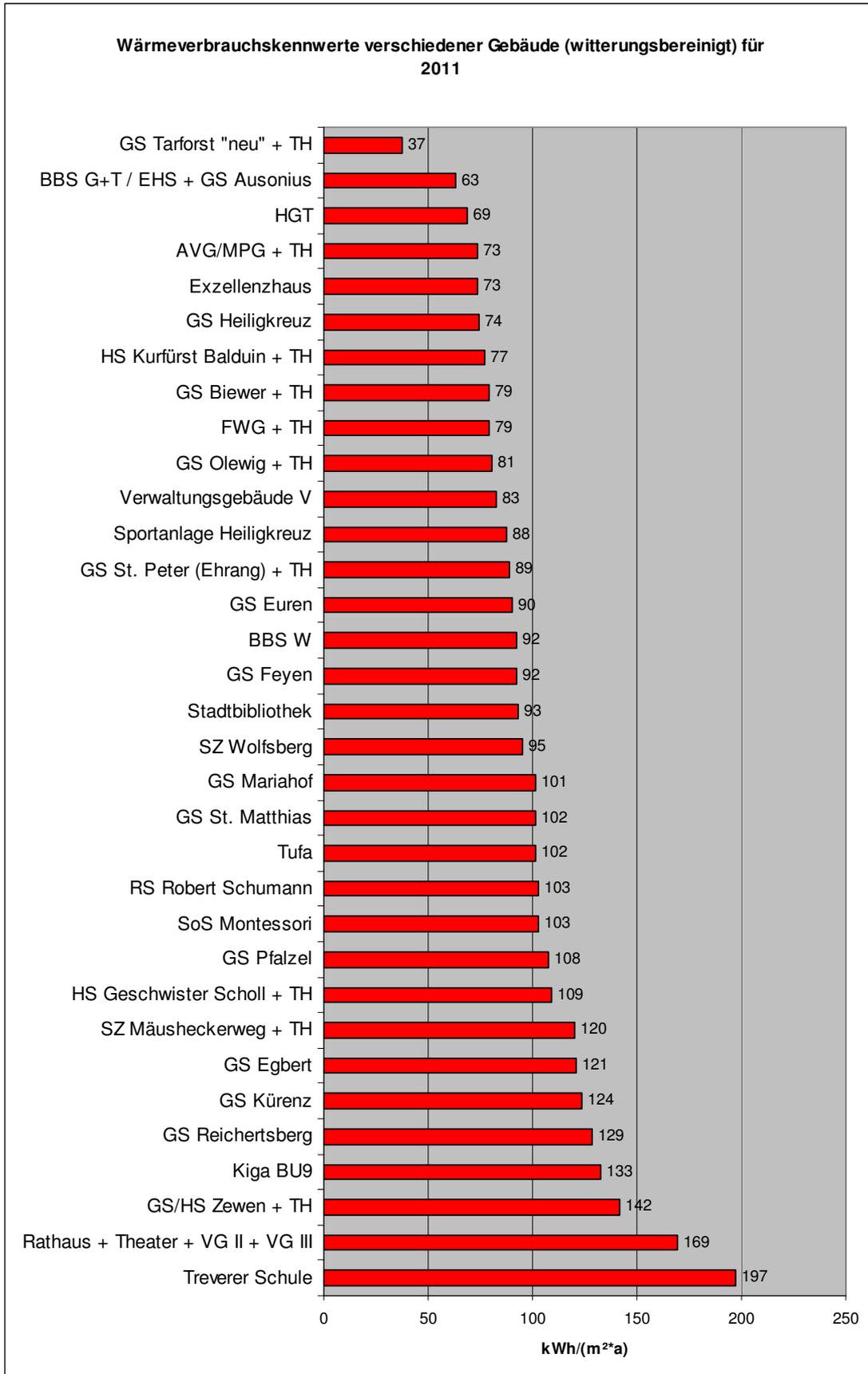


Abbildung 35: Wärmeverbrauchskennwerte 2011

## 7 Schadstoffbilanz

Energieträger	CO <sub>2</sub> -Äquivalent in t/MWh Endenergie
Heizöl EL	0,302
Erdgas E	0,244
Flüssiggas	0,263
Holz-Hackschnitzel	0,35
Brennholz	0,006
Holz-Pellets	0,41
Strom-Mix	0,633
Fernwärme	0,313
Nahwärme	0,119

Tabelle 4: CO<sub>2</sub>-Äquivalente verschiedener Energieträger<sup>3</sup>

Basierend auf Energieverbrauchswerten und spezifischen Umrechnungsfaktoren lassen sich umweltschädliche Emissionen, die bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe zur Erzeugung von Wärme und Strom entstehen, ermitteln. Die Berechnung der Schadstoffmengen erfolgt mit spezifischen Emissionsfaktoren, in denen die Schadstoffemissionen die bei der gesamten Prozesskette von der Gewinnung, Aufbereitung, Transport bis zur Entsorgung anfallen, Berücksichtigung finden.

Tabelle 4 zeigt die CO<sub>2</sub>-Äquivalente der einzelnen Energieträger. Der Wert für den Strom-Mix unterliegt einer ständigen Anpassung, da sich dessen Zusammensetzung ändert. Kommen beispielsweise anteilig mehr regenerative Energien zum Einsatz, sinkt das Äquivalent.

CO<sub>2</sub> ist das elementarste Gas für den zusätzlichen Treibhauseffekt aus Verbrennungsprozessen fossiler Energieträger. Der Einfluss sämtlicher klimarelevanter Treibhausgase (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, N<sub>2</sub>O etc.) wird durch die Bildung von CO<sub>2</sub>-Äquivalenten berücksichtigt. Sie entsprechen der Menge an CO<sub>2</sub>-Emissionen, die das gleiche Treibhauspotential aufweisen, wie die Summe aller treibhausaktiven Gasemissionen.

Die Entwicklung der Emissionen spiegelt im Wesentlichen die Verbrauchsentwicklungen bei Strom und Wärmeenergie wider.

<sup>3</sup> Quelle: [http://www.iwu.de/fileadmin/user\\_upload/dateien/energie/werkzeuge/kea.pdf](http://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/werkzeuge/kea.pdf), 09.05.2012, 11:29 Uhr

Jahr	Erdgas	Flüssiggas	Heizöl	Fernwärme	Nahwärme	Strom	Gesamt
1993	8.845		3.603	655		4.706	17.809
1996	8.161		1.987	656		4.756	15.560
1997	7.484		2.433	661		4.552	15.130
1998	6.687		2.156	611		5.017	14.471
1999	6.198		2.119	694		4.831	13.842
2000	6.014		1.240	1.043		5.225	13.522
2004	6.938		1.331	548		4.376	13.193
2008	6.457	34	846	73	194	5.269	12.873
2009	5.991	47	886	65	258	5.341	12.587
2010	6.567	42	1.030	76	393	5.383	13.492
2011	5.190	49	906	70	284	4.696	11.197

Tabelle 5: Emissionen in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten (t/a)

Die Emissionen an Treibhausgasen wurde seit 2004 um 4% gesenkt. Der Wert von 2010 liegt sogar 29% unter dem des Jahres 1993. Addiert man die Einsparungen der erfassten Jahre seit 1993 auf, ergibt sich daraus eine **Einsparung von 42.223 t CO<sub>2</sub>-Äquivalenten!**

Ein PKW der Kompaktwagenklasse emittiert ca. 0,2 kg CO<sub>2</sub> je Kilometer<sup>4</sup>, die eingesparte Menge an CO<sub>2</sub>-Äquivalenten entspricht also einer Fahrleistung von rund **211 Mio. Kilometern, oder 5.278 Weltumrundungen.**

<sup>4</sup> Quelle: <http://klimaohnegrenzen.de/Vermeiden/mobilitaet>, 01.06.2012, 09:35 Uhr

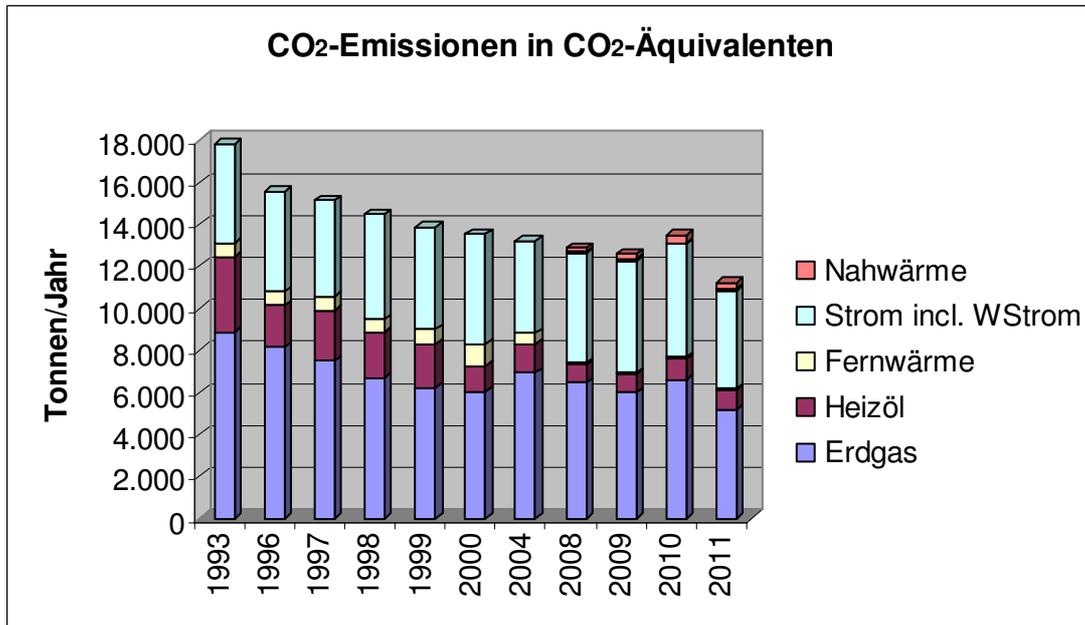
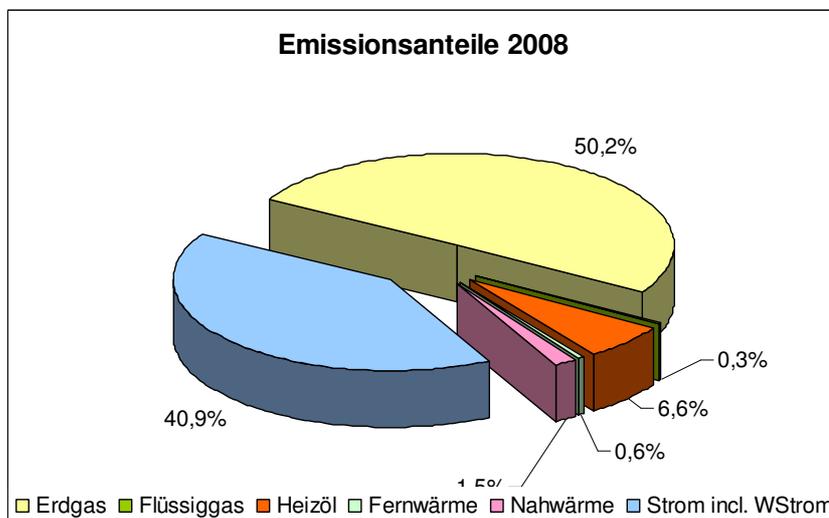


Abbildung 36: Einsparungen an CO<sub>2</sub>-Äquivalenten

Beflügelt durch diesen Erfolg müssen die Anstrengungen zur Reduzierung des Energieverbrauchs und damit auch den Schadstoffemissionen unvermindert weitergeführt werden. Neben Energie-Verbrauchsreduzierungen kann durch die Wahl der Energieträger eine nachhaltige Senkung der Emissionen erreicht werden. Durch Umstellungen von Elektroheizungen auf gas- oder biomassebetriebene Heizanlagen sowie die Sanierung bestehender, öl- und/oder gasbeheizter Anlagen mit Holz-Hackschnitzel- oder Holz-Pellet-Heizanlagen, können treibhausrelevante Emissionen weiter verringert werden. Zudem bieten solche Anlagen aufgrund der gegenüber fossilen Energieträgern oder elektrischer Energie deutlich geringeren spezifischen Energiekosten die Möglichkeit, die Heizenergiekosten maßgeblich zu senken. Durch entsprechende Maßnahmen können sowohl ökonomische Vorteile mit gleichzeitigem ökologischen Nutzen verbunden werden.



Nebenstehende Grafik zeigt die Emissionsanteile, welche die einzelnen Energieträger an den Gesamtemissionen im Jahre 2008 hatten.

Abbildung 37: Emissionsanteile 2008

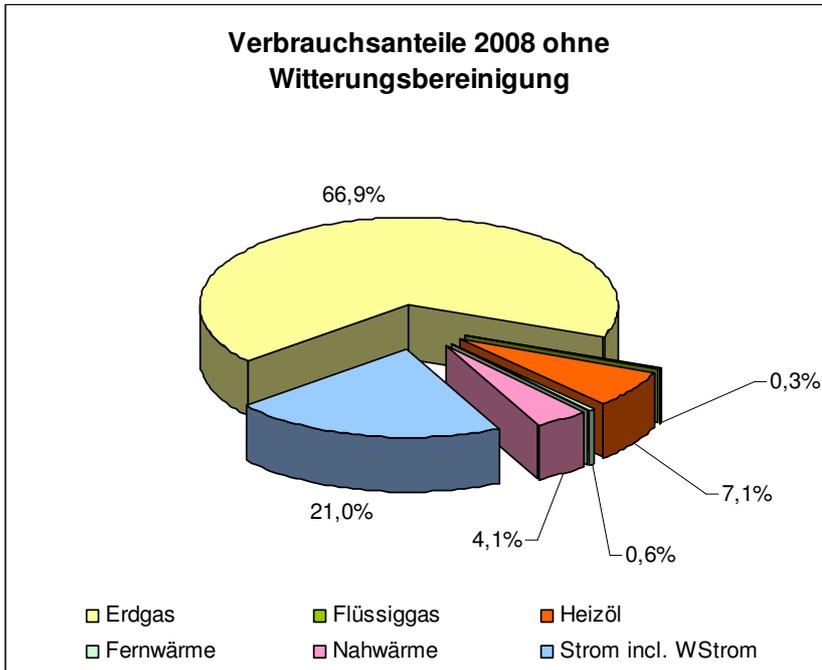
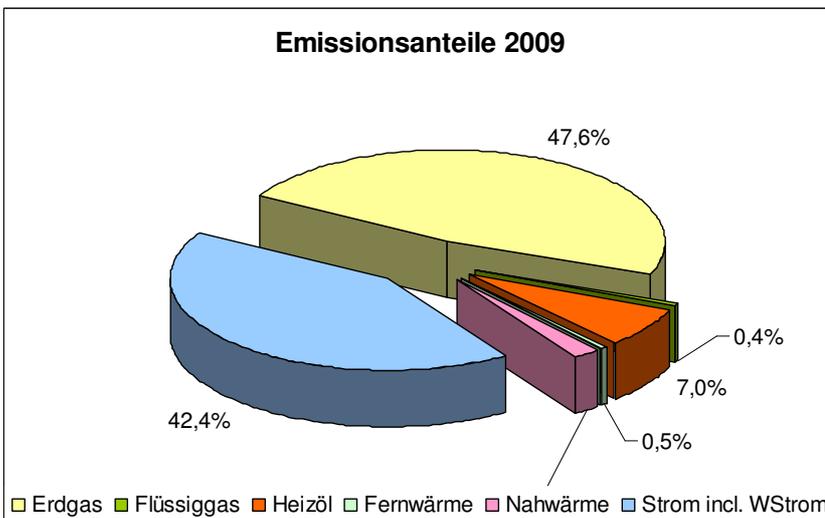


Abbildung 38 zeigt die Anteile der verschiedenen Energieträger am gesamten Verbrauch.

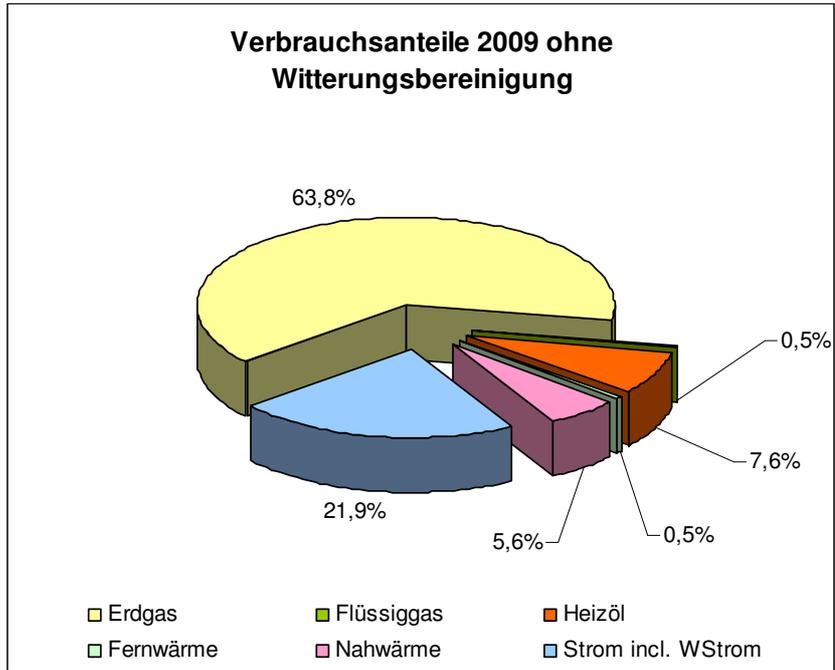
Die Verbräuche zur Gebäudebeheizung sind dabei **nicht** witterungsbereinigt.

Abbildung 38: Verbrauchsanteile 2008



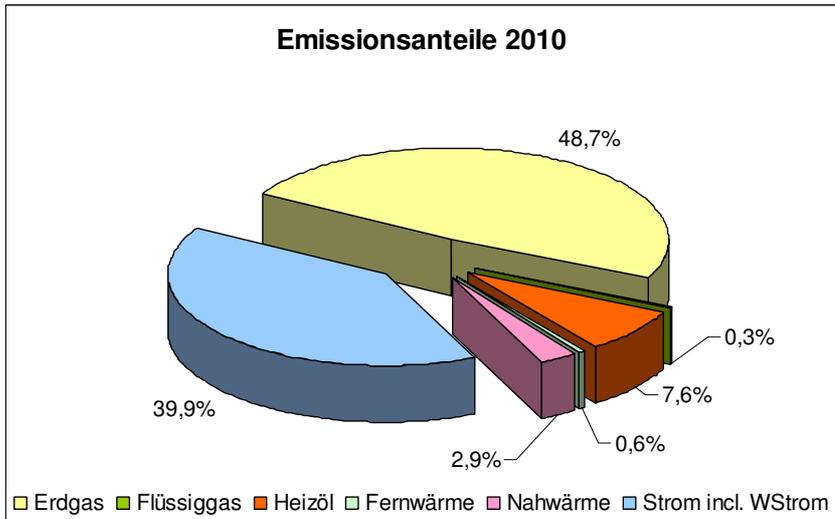
Im Vergleich zu 2008 haben sich die Emissionsanteile kaum verändert.

Abbildung 39: Emissionsanteile 2009



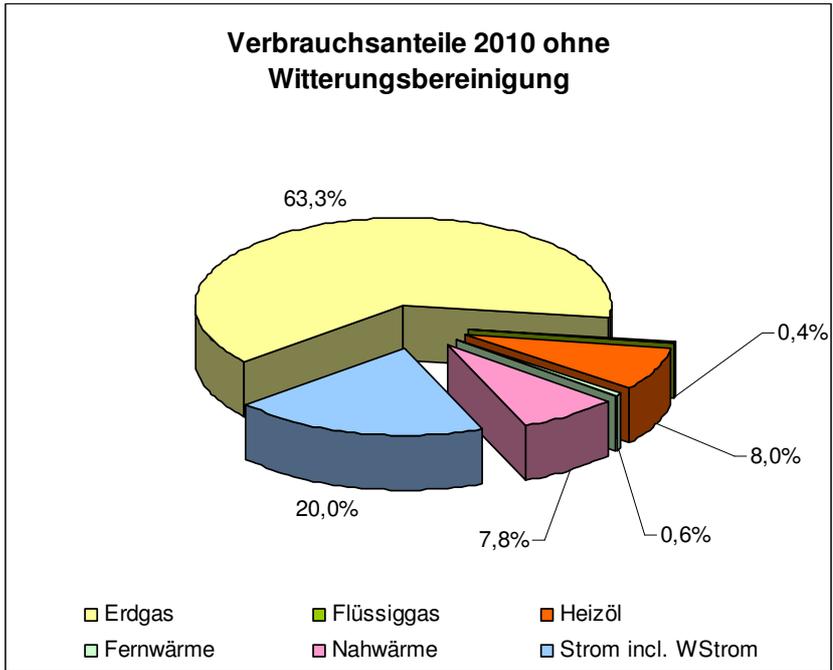
Die Verbrauchsanteile sind im Vergleich zu 2008 im Jahre 2009 relativ konstant geblieben. Erdgas stellt immer noch den größten Energieträger dar.

Abbildung 40: Verbrauchsanteile 2009



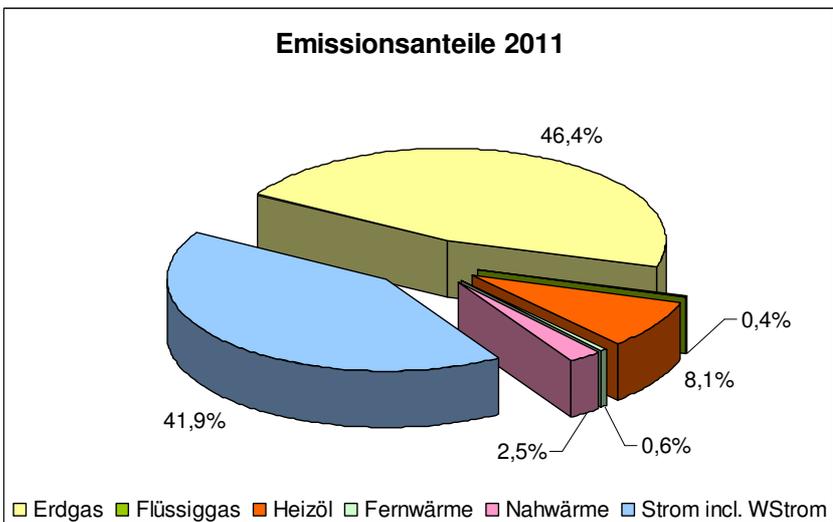
Im Vergleich zu 2009 haben sich die Emissionsanteile bis auf den Bereich **Nahwärme** kaum verändert, man befindet sich in etwa auf dem Niveau von 2008.

Abbildung 41: Emissionsanteile 2010



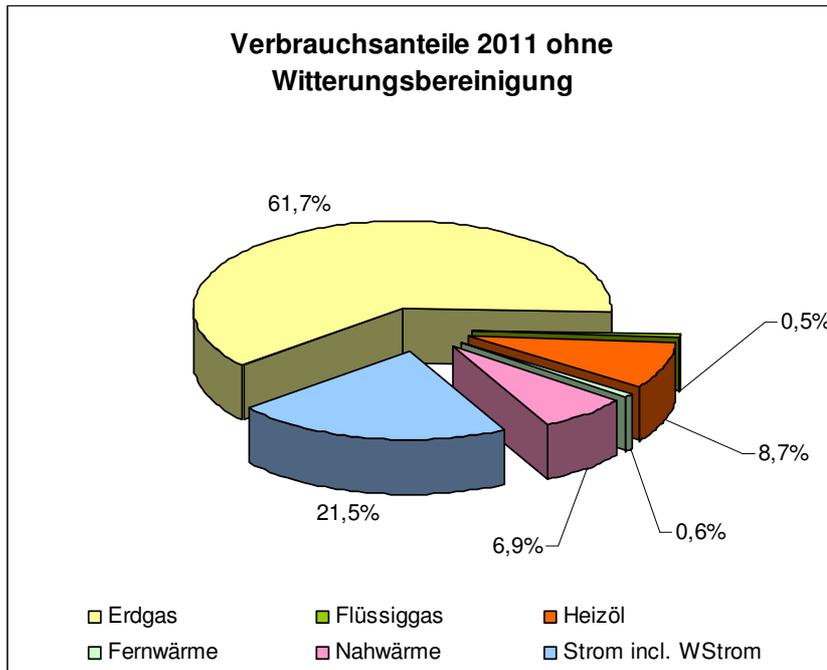
Die Verbrauchsanteile von Erdgas und Strom sind leicht rückläufig, wogegen eine Zunahme von rund 2,5% an Nahwärme zu verzeichnen gibt. Ebenso hat der Heizölanteil ein wenig zugelegt.

Abbildung 42: Verbrauchsanteile 2010



Im Vergleich zu 2010 haben sich die Emissionsanteile kaum verändert.

Abbildung 43: Emissionsanteile 2011



Die Verbrauchsanteile liegen im Jahr 2011 in etwa so wie 2010, von ein paar Verschiebungen abgesehen.

Abbildung 44: Verbrauchsanteile 2011

## 8 Abgeschlossene Projekte

Seit der Veröffentlichung des letzten Energieberichtes im Jahre 2005 wurden einige größere Projekte in Bezug auf Erneuerung von Heizungsanlagen geplant und umgesetzt. Neben Ressourcenschonung sind natürlich Kostenersparnis und CO<sub>2</sub>-Reduktion als positive Wirkungen zu nennen.

### 8.1 Schulzentrum Mäusheckerweg

#### 8.1.1 Erneuerung der Heizungszentrale und des Nahwärmenetzes

Im Schulzentrum wurden in den letzten Jahren verschiedene Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz und zur Ressourcenschonung durchgeführt. Die Erneuerung der Heizungsanlage, sowie der Austausch des vorhandenen Nahwärmenetzes wurden im Rahmen des KII – Programms durchgeführt. Die Förderung seitens des Bundes bzw. des Landes betrug 80% der Förderfähigen Kosten.

Die Wärmeerzeugung erfolgt anhand eines Holzhackschnitzelkessels, der mit Hackschnitzeln aus dem eigenen Forst betrieben wird, sowie anhand eines Blockheizkraftwerkes und eines Gasspitzenlastkessels. Eine wichtige Rolle hinsichtlich der Effizienzsteigerung übernimmt ein Pufferspeicher mit 50.000 l Volumen, somit ist gewährleistet dass alle Wärmeerzeuger nahezu ideale Laufzeiten im Vollastbetrieb erreichen. Diese Maßnahme in Verbindung mit der kompletten Erneuerung des Nahwärmenetzes sorgt für eine massive Senkung der Energiekosten hinsichtlich der Wärmeversorgung am Schulzentrum.



Abbildung 45: Holz hackschnitzelkessel (300 kW<sub>th</sub>)



Abbildung 46: Gasspitzenlastkessel links (580 kW<sub>th</sub>), BHKW rechts (207 kW<sub>th</sub>/147 kW<sub>elektr.</sub>)



Abbildung 47: Hauptverteilung in der Kesselzentrale



Abbildung 48: Pufferspeicher (50.000 l)

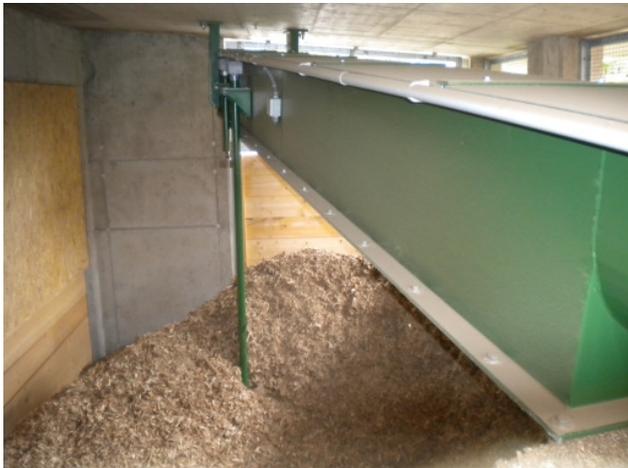


Abbildung 49: Tageslager am Schulzentrum (45 m<sup>3</sup>)



Abbildung 50: Brennstoffcontainer (35m<sup>3</sup>)

Die Holzhackschnitzelversorgung aus dem städtischen Forst, erfolgt in enger Zusammenarbeit mit Amt 62 und speziell mit Frau Kerstin Schmitt. Um eine kontinuierlich gute Hackschnitzel Qualität zu erreichen wurde im städtischen Forst eine Halle zur Lagerung und vor allem zur Trocknung der Holzhackschnitzel errichtet. Der Standort liegt an den Transportwegen der Langholz-LKWs und in unmittelbarer Nähe zum Schulzentrum. Bei dieser Art der Brennstoffversorgung liegt die Wertschöpfung innerhalb der Stadt und zusätzliche werden lange Transportwege und damit verbundenen CO<sub>2</sub> – Emissionen vermieden.



Abbildung 51: Hackschnitzellager- und Trocknungshalle



Abbildung 52: 1.400 m³ Fassungsvermögen

### 8.1.2 Einsatz hocheffizienter LED-Beleuchtungstechnik

Die Gebäudewirtschaft Trier hat 2010 erfolgreich am Wettbewerb „Kommunen in neuem Licht“ teilgenommen und eine 100% Förderung in Höhe von 2.000.000 € erhalten.

Im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) ausgetobten Wettbewerb wurde die vorhandene Beleuchtung in 114 Klassenräumen, sowie in allen Lehrezimmern und der Bibliothek (in Summe 1.632 Beleuchtungskörper) durch hocheffiziente LED-Beleuchtung ausgetauscht. Weiterhin wird im Außenbereich die Beleuchtung ebenfalls erneuert und durch punktuelle Anstrahlung der Gebäude erweitert. Diese Maßnahme trägt dem Leuchtturmcharakter des Wettbewerbs Rechnung. Die Umsetzung der Maßnahme erfolgte in Zusammenarbeit mit zahlreichen Projektpartnern mit VDI als Projektträger des BMBF:

- Stadtwerke Trier Projektkoordination
- Fachhochschule Trier (messtechnische Begeleitung),
- IREES (Institut für Ressourcenschonung und Energieeffizienz) sozialwissenschaftliche Begleitforschung.
- TU-Darmstadt Lichttechnische Begleitforschung
- Ing.-Büro Volz Ingenieurleistungen
- Philips Entwicklung der „Trierer Leuchte“ im Innenbereich
- Zumtobel Entwicklung Sonderleuchte im Außenbereich

Die Gesamtmaßnahme wird in kürze umgesetzt sein und damit ein im Moment in Deutschland einzigartiges Projekt im Bereich der LED-Beleuchtung darstellen. Die aus der Umrüstung resultierende Energieeinsparung erreicht die Größenordnung von 90% und trägt somit erheblich zum Klimaschutz bei.



Abbildung 53: Musterraum A22 in der ehemaligen Hauptschule

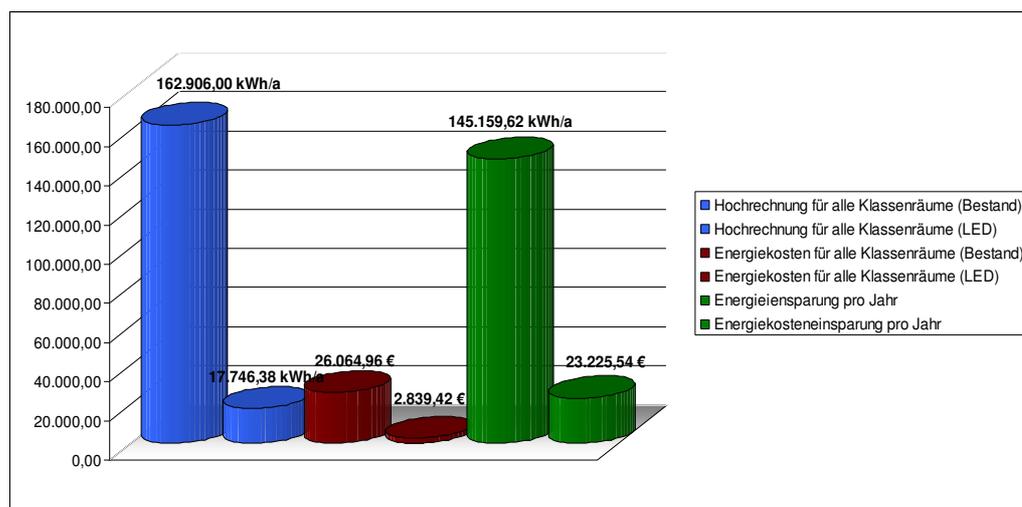


Abbildung 54: Energie- und Kosteneinsparung durch die Umrüstung

### 8.1.3 Photovoltaik Anlage im Rahmen Bürgersolarkraftwerks

Auf den Dachflächen der Fachklassengebäude A und B wurde ein Photovoltaik Anlage mit einer Gesamtleistung von 180 kW<sub>p</sub> im Rahmen des von der LA 21 unterstützten Bürgersolarkraftwerkes errichtet.



Abbildung 55: PV –Anlage Gebäude A



Abbildung 56: PV –Anlage Gebäude B

Die Summe dieser aufgeführten Maßnahmen stellt in Trier ein einzigartiges Beispiel für den Einsatz von regenerativen Energieträgern im Zusammenspiel mit einer massiven Steigerung der Energieeffizienz dar. Die bilanzielle Auswertung aller Maßnahmen steht noch aus, es allerdings davon auszugehen dass man dem Ziel „grünes Schulzentrum“ sehr nahe kommen dürfte.

## 8.2 Schulzentrum Wolfsberg

Im Schulzentrum Wolfsberg wurde im Jahr 2006/2007 die komplette Heizungsanlage des Schulzentrums erneuert. Die abgängigen Gasheizkessel wurden gegen modernste Heizkessel mit Brennwertnutzung ausgetauscht.



Abbildung 57: Neue Heizkessel



Abbildung 58: Abgaswärmetauscher

In der Turnhalle des Schulzentrum wurde im Rahmen der Maßnahme ebenfalls ein moderner Brennwertkessel installiert. Damit konnte die stark veraltete Fernwärmeleitung stillgelegt werden. Die Summe dieser Maßnahmen tragen, wie in der nachfolgenden Grafik erkennbar, massiv zur Energiekostensenkung bei.



Abbildung 59: Neuer Heizkessel in der Turnhalle



Abbildung 60: Neuer Heizkreisverteiler

### 8.3 Berufsbildende Schule Gebäude J

Im Rahmen des Konjunkturprogramms II wurde die Generalsanierung des Gebäude J durchgeführt.

Im Rahmen dieser energetischen Sanierung wurden nachfolgend aufgeführte Maßnahmen ausgeführt:

- Erneuerung der Fenster
- Aufbringen eines Wärmedämmverbundsystems
- Aufbringen einer Dachdämmung
- Erneuerung des Heizsystem (Fußbodenheizung)
- Installation neuer Wärmeerzeuger (Luft-Wärmepumpe)
- Installation von Dezentralen Lüftungsgeräten in den Klassenräumen



Abbildung 61: Vorderansicht Gebäude J



Abbildung 62: Rückansicht Gebäude J und Sanitärgebäude



Abbildung 63: Dezentrales Lüftung (innen)



Abbildung 64: Lüftung (außen)



Abbildung 65: Lüftungsgerät Klassen



Abbildung 66: Zentrale Lüftungsgeräte (Spitzboden)

Die Evaluation der Ergebnisse anhand der energetischen Sanierung werden im nächsten Energiebericht detailliert aufgeführt. Die Summe der Maßnahmen trägt erheblich zur Ressourcenschonung und damit auch zur Reduktion der Energiekosten bei.

### 8.4 Nahwärmeinsel Krahnenufer / BBS W



Abbildung 67: Schema Nahwärmeinsel Krahnenufer

Die Nahwärmeinsel Krahnenufer ist der derzeit größte Nahwärmeverbund in der Stadt Trier. Die Hauptzentrale befindet sich bei den Vereinigten Hospitien (BHKW, Holzpelletkessel), die zweite Zentrale ist in der Berufsbildende Schule Wirtschaft (Gasspitzenlastkessel) installiert.



Abbildung 68: Spitzenlastkessel BBS-W



Abbildung 69: Verteilung

## 8.5 Museum Simeonstift



Abbildung 70: Straßensicht



Abbildung 71: Innenhof

Im Jahr 2007 sanierten städtischen Museum Simeonstift wurde zur Beheizung im Winter sowie zur Kühlung im Sommer eine Geothermieanlage mit insgesamt 80 KW Leistung installiert. Hierzu waren 13 Bohrungen von jeweils 100 m Tiefe notwendig.

Der Neubau des Museums kann durch diese Anlage zu 100 % und der sogenannte Altbau (Simeonstift) zu 75% mit Heizenergie versorgt werden.

In die hergestellten Bohrungen werden sogenannte Erdwärmesonden in U-Form eingelassen, die ein Wasser-Glycol-Gemisch (Sole) enthalten. Diese Sole wird von der Wärmepumpe aus durch die Sonden ins Erdreich und wieder zurück an die Anlage gepumpt. Die aufgenommene Wärmeenergie wird dann durch einen Kompressor, der Bestandteil der Wärmepumpenanlage ist, auf ein höheres Temperaturniveau „gepumpt“.

Der Kompressor (Verdichter) wird zwar mit teurerer, hochwertiger elektrischen Energie betrieben, jedoch können durch diesen Kreisprozess bei einer Kilowattstunde eingesetzter Energie vier bis fünf Kilowattstunden Umweltwärme nutzbar gemacht werden.



Abbildung 72: Darstellung Sole-Wasser-Wärmepumpe<sup>5</sup>

## 8.6 Grundschule Tarforst

Die im Jahr 2009 fertig gestellte Grundschule in Tarforst wurde mit modernster Technik ausgestattet und mit einer ökologisch verträglichen Regenwasserbewirtschaftung ausgeführt. Zur Versickerung des Regenwassers wurde eine großzügige Retentionmulde angelegt. Ebenso erhielt die Schule ein begrüntes Dach, welches eine Abflussverzögerung des Regenwassers hervorruft.



Abbildung 73: Grundschule Tarforst

<sup>5</sup> Quelle: [www.dimplex.de](http://www.dimplex.de), 24.05.2012, 11:30 h

Für die Mehrzwecknutzung der angegliederten Sporthalle wird ein Lüftungsgerät mit einer hocheffizienten Wärmerückgewinnung installiert, sodass im wesentlichen keine Nacherhitzung der Frischluft erfolgen muss.



Abbildung 74: Zentrale Lüftungsanlage



Abbildung 75: Zentrale Regelungseinrichtung

Die Wärmeversorgung der neu errichteten Grundschule Tarforst erfolgt anhand modernster Gasbrennwerttechnik. Es wurde eine Kaskadenanlage errichtet um eine entsprechende Redundanz hinsichtlich der Wärmeerzeugung zu erreichen. Ein weiterer Vorteil dieser Installation ist, dass der energieeffiziente Betrieb auch im Teillastbereich gewährleistet ist.



Abbildung 76: Gasbrennwert Wärmeerzeuger



Abbildung 77: Hauptverteilung

## 8.7 Frankenturm

Ebenso wurde der im Mittelalter erbaute Wohn- und Wehrturm, **der Frankenturm**, für die Öffentlichkeit restauriert und im Rahmen der Renovierung im Jahr 2007 mit einer Geothermieanlage ausgestattet, die die Grundtemperatur von ca. 15 °C im Winter gewährleistet. Hierfür wurden vier Bohrungen von jeweils 100 m Tiefe in unmittelbarer Nähe um des Gebäudes hergestellt.



Abbildung 78: Rückseite Frankenturm

Abbildung 79: Innenraum Frankenturm

## 8.8 Coolstes Rathaus

Durch eine Initiative im Rahmen der Auslobung der „Lebendige Stadt“ wurde eine Beteiligung an einem nachhaltigen energieeffizienten Beleuchtungskonzept für unser Rathaus möglich. Bei dem von der Firma Philips GmbH zugeschnittenen Beleuchtungssystem wurden integrierte Lichtregelsysteme (Tageslichtabhängige- und Bewegungsaktive Systeme) in Abhängigkeit mit den geforderten EU-Normen auf die jeweiligen Räume angepasst. Es handelte sich um ca. 300 Beleuchtungskörper die in Büros, Fluren und Bürgeramt installiert wurden.

Bei der Installation wurde großes Augenmerk auf die Qualität der Beleuchtung hinsichtlich Lichtklima, Leuchtdichtverteilung, Beleuchtungsstärke, Blendung, Lichtrichtung, Wartungsfaktor, Lichtfarbe, Farbwiedergabe, Flimmern, stroboskopische Effekte, Tageslicht, Bildschirmarbeitsplatzbeleuchtung und einer Energiebetrachtung gelegt.

Bei der Umsetzung des Beleuchtungssystems im Bürgeramt wurde deutlich, dass ein Beleuchtungssystem mit einem indirekten (30%) Anteil an die Decke, den Raum freundlicher und heller erscheinen lässt. In den Büros lag unser Augenmerk auf die richtige Beleuchtung der Arbeitsplätze. Hier ist bei der Bestandsaufnahme auch sehr viel Wert auf die Einrichtung der jeweiligen Büros gelegt worden, damit eine angepasste Installation der Beleuchtungskörper vorgenommen werden konnte. Die jeweiligen Beleuchtungskörper wurden mit tageslichtabhängiger und bewegungsaktiver

Regelung ausgestattet, so dass damit die Beleuchtungsstärke automatisch auf die benötigte Einstellung regelt.



Abbildung 80: Vorher-Nachher-Vergleich Flure

Mit dem energieeffizienten Beleuchtungskonzept wurde die wichtige Aufgabe der Stadt Trier als Vorbildfunktion in Verbindung mit der Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes umgesetzt.



Abbildung 81: Büroräume im Rathaus



Abbildung 82: Flure im Rathaus

Gleichwohl soll dieses Projekt den Bürgern und den Mitarbeitern der Stadt Trier ein gebautes Beispiel sein, wie man Lichtqualität und Energieeffizienz verwirklicht und erlebbar werden kann.

## 9 Projekte in Vorbereitung und Ausführung

### 9.1 Blockheizkraftwerk Ex-Haus

Die Wärmeversorgung des Nahwärmenetzes wird anhand eines im Nordbad befindlichen **BlockHeizKraftWerk** (BHKW) mit 138 kW<sub>th</sub> in Verbindung mit einem Pufferspeicher (15.000 l) hergestellt.

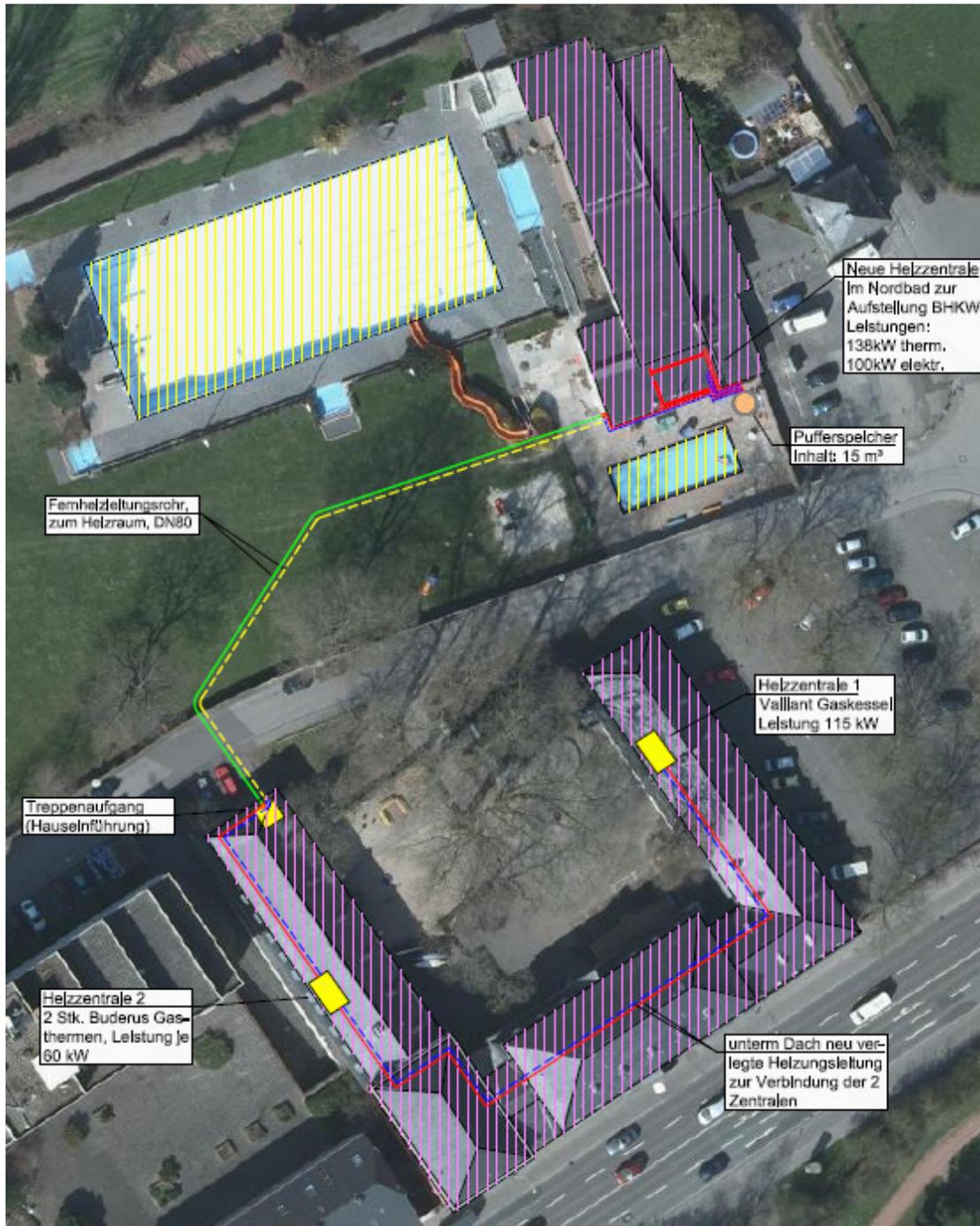


Abbildung 83: Schema Nahwärmeverbund Exhaus

Die im Exhaus vorhandenen Gaskessel dienen in diesem Nahwärmeverbund als Spitzenlastkessel und werden somit effizient in das Gesamtkonzept eingebunden. Im Sommer wird das Schwimmbadwasser auf die erforderliche Temperatur anhand der vorhandenen thermischen Solaranlage mit Unterstützung des BHKW's erwärmt. Im Winter funktioniert der Wärmeverbund in die andere Richtung und das Ex-Haus wird entsprechend beheizt. Durch die Nutzung der räumlichen Nähe der Gebäude können ideale Synergieeffekte zur Steigerung der Laufzeit des BHKW's genutzt und somit die Wirtschaftlichkeit des Heizsystems optimiert werden.

## 10 Maßnahmen aus den Klimaschutzteilkonzepten

An dieser Stelle sollen noch einmal Verbesserungsvorschläge, bzw. Investitionsmaßnahmen aus den beiden Klimaschutzteilkonzepten angeführt werden.

Die Ausführung der Maßnahmen ist für 2013 und 2014 geplant und angemeldet, hinsichtlich der aktuellen Diskussion zum Schulentwicklungskonzept muss jedoch genau geprüft werden, welche Schulen evtl. geschlossen werden, um keine unnötigen Investitionen zu tätigen.

### 10.1 Klimaschutzteilkonzept I

#### **MAX-PLANCK-GYMNASIUM**

##### ***Elektrizität***

Umrüstsätze mit T5-Leuchtstofflampen  
Schlüsselschaltung  
Tageslichtabhängige Beleuchtungssteuerung

#### **AUGUSTA-VICTORIA-GYMNASIUM**

##### ***Elektrizität***

Tageslichtabhängige Beleuchtungssteuerung in der alten Turnhalle  
Schlüsselschaltung für die alte Turnhalle und Gymnastikhalle

#### **MAX-PLANCK-GYMNASIUM UND AUGUSTA-VICTORIA-GYMNASIUM**

##### ***Heizung - Lüftung - Klima***

Einsatz drehzahl geregelter Umwälzpumpen/Hydraulischer Abgleich  
Erneuerung der zentralen Regelung Unterverteilung Turnhalle MPG sowie  
Unterverteilung alte Turnhalle AVG  
Einsatz eines Klein-Blockheizkraftwerkes

#### **GYMNASIUM / KLOSTERBAU**

##### ***Elektrizität***

Umrüstsätze mit T5-Leuchtstofflampen

##### ***Heizung - Lüftung - Klima***

Hydraulischer Abgleich

**SCHULZENTRUM MÄUSHECKERWEG**

***Heizung - Lüftung - Klima***

Hydraulischer Abgleich/Einsatz drehzahl geregelter Umwälzpumpen

**MEHRZWECKHALLE MÄUSHECKERWEG**

***Heizung - Lüftung - Klima***

Überprüfung/Erneuerung der CO<sub>2</sub>- und Temperaturregler in der Halle

**GRUNDSCHULE BARBARA**

***Elektrizität***

Schlüsselschaltung für die Turnhalle

**TURNHALLE DER PESTA-LOZZI HAUPTSCHULE, HAUPTSCHULE PESTALOZZI**

***Elektrizität***

Umrüstsätze mit T5-Leuchtstoff-lampen

Tageslichtabhängige Beleuchtungssteuerung Pestalozzi-Turnhalle

**GRUNDSCHULE BARBARA, HAUPTSCHULE PESTALOZZI**

***Heizung - Lüftung - Klima***

Einsatz drehzahl geregelter Umwälzpumpen/Hydraulischer Abgleich

Erneuerung der zentralen Regelung Pestalozzi-Schule

**BERUFSBILDENDE SCHULE WIRTSCHAFT**

***Elektrizität***

Umrüstsätze mit T5-Leuchtstofflampen

***Heizung - Lüftung - Klima***

Hydraulischer Abgleich/Einsatz drehzahl geregelter Umwälzpumpen

## 10.2 Klimaschutzteilkonzept II

### **BERUFSBILDENDE SCHULE,**

### **GEWERBE & TECHNIK GEBÄUDE G/ BERUFSBIL-DENDE SCHULE ER-NÄH-RUNG UND HAUSWIRT-SCHAFT - SOZIALES**

#### ***Heizung - Lüftung - Klima***

Einsatz drehzahl geregelter Hocheffizienz-Umwälzpumpen

Hydraulischer Abgleich/Begren-zung auf Maximaltemperaturen/ Umwälzpumpen

Einsatz eines Blockheizkraftwerkes

### **TUCHFABRIK**

#### ***Elektrizität***

Kompakt-Leuchtstofflampen

#### ***Heizung - Lüftung - Klima***

Hydraulischer Abgleich/Hoch-effizienz-pumpen

Einsatz einer Klein-BHKW-Anlage

### **BERUFSBILDENDE SCHULE, GEWERBE & TECHNIK F1 und F2**

#### ***Heizung - Lüftung - Klima***

Erneuerung der Einzelraumregelung

Hydraulischer Abgleich/Umwälzpumpen

### **GRÜNFLÄCHENAMT**

#### ***Heizung - Lüftung - Klima***

Anpassung der Aufheizphase

Hydraulischer Abgleich/Hoch-effizienz-pumpen

### **EXZELLENZHAUS**

#### ***Elektrizität***

Einsatz von Leuchtdioden/LED-Chip

Tageslichtabhängige Beleuchtungssteuerung

#### ***Heizung - Lüftung - Klima***

Bedarfsanpassung des Heizbetriebes/Erweiterung der Regeltechnik

**KINDERTAGESSTÄTTE AUF DER BAUSCH**

***Heizung - Lüftung - Klima***

Hydraulischer Abgleich/Hocheffizienzpumpen

**SCHULZENTRUM WOLFSBERG / IGS INKL. SPORT-HALLE**

***Elektrizität***

Tageslichtabhängige Beleuchtungssteuerung für die Sporthalle

**SPORTHALLE DES SCHUL-ZENTRUMS WOLFSBERG/IGS**

***Heizung - Lüftung - Klima***

Steuerung der Brauchwasserzirkulationspumpe

Anpassung der Aufheizphase

RLT-Anlage/Bedarfsgerechte Steuerung

**GRUNDSCHULE MIT TURNHALLE EUREN**

***Elektrizität***

Schlüsselschaltung

***Heizung - Lüftung - Klima***

Hydraulischer Abgleich/Hoch-effizienzpumpen

Wärmeverteilung/Reduzierung der Verteilungsverluste

**FRIEDRICH-WILHELM-GYMNASIUM UND SPORTHALLE**

***Elektrizität***

Tageslichtabhängige Beleuchtungssteuerung Gymnastikhalle und Sporthalle

Einsatz von Kompaktleuchtstofflampen

**VERWALTUNGSGEBÄUDE THYRSUSSTR. 17 / 19**

***Heizung - Lüftung - Klima***

Hydraulischer Abgleich/Hocheffizienzpumpen

Steuerung der Abluftventilatoren

Einsatz einer Klein-BHKW-Anlage

## 11 Ausblick

### 11.1 Einsatz fester Biomasse

Gemäß Angaben des Forstamtes Trier, könnte jährlich eine Menge von ca. 700 Festmetern (fm) aus dem städtischen Forst als Brennstoff zur Verfügung gestellt werden. Auf diese Weise würden rund 193.000 Liter Heizöl EL eingespart bzw. substituiert werden und die Wertschöpfung bliebe innerhalb der Stadt Trier.

Berechnung der vermiedenen CO<sub>2</sub>-Emissionen:

1 fm = 1,4 rm = 2,0 bis 2,4 srm

Heizwert von Holz ca. 4,2 kWh/kg

Dichte von Holz (lufttrocken) ca. 470 kg/rm

700 fm = 980 rm

900 rm x 470 kg/rm = 460.600 kg

460.600 kg x 4,2 kWh/kg = 1.934.520 kWh

1.934.520 kWh = 193.452 l Heizöl EL

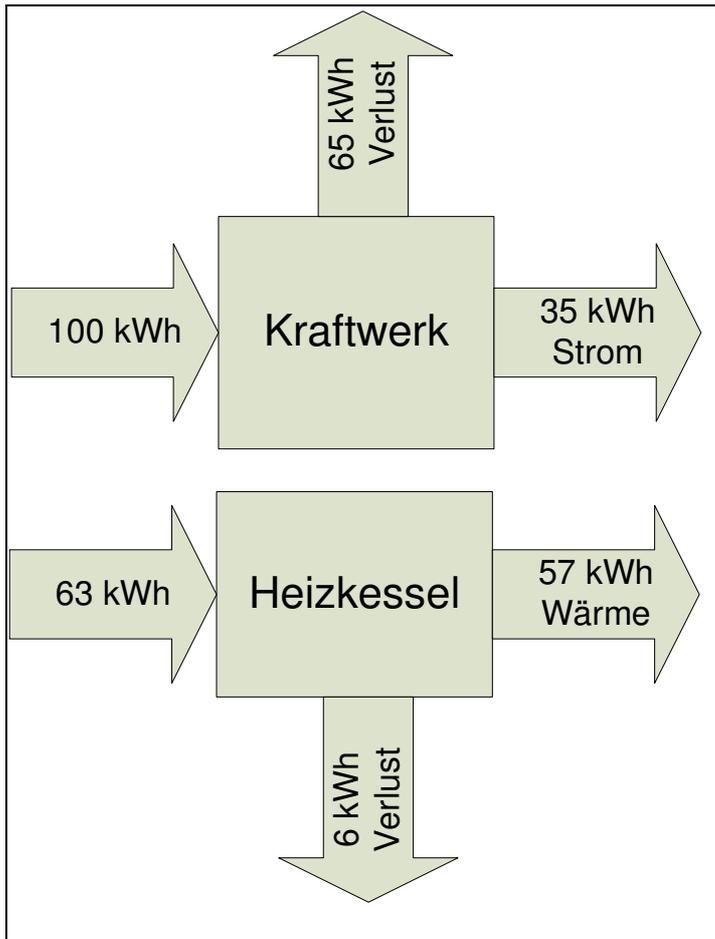
1.934.520 kWh, produziert durch Heizöl EL, verursachen 584 t CO<sub>2</sub>-Äquivalent. Erzeugt man die gleiche Wärmemenge mit Holz, entstehen –bedingt durch die vorgelegte Prozesskette– 11,6 t CO<sub>2</sub>-Äquivalent, was eine Einsparung von rund 572 t entspricht.

Diese Gegenüberstellung macht deutlich, dass die Kapazitäten aus dem städtischen Forst unbedingt ausgeschöpft werden sollten und evtl. durch Zukauf von Biomasse aus umliegenden Wäldern ergänzt werden müssen.

### 11.2 BHKW vs. getrennte Strom- und Wärmeproduktion

Blockheizkraftwerke (BHKW) sind Kleinkraftwerke auf Basis von Verbrennungsmotoren im elektrischen Leistungsspektrum zwischen 5 und 10000 kW. Durch weitgehende Nutzung der Motorabwärme erzielen BHKW-Anlagen Gesamtwirkungsgrade von bis zu 92 % (siehe Abb. 2). Dabei liegen die elektrischen Wirkungsgrade je nach Verbrennungsprinzip zwischen 35% (Otto-Prozess) und 38% (Diesel-Prozess).

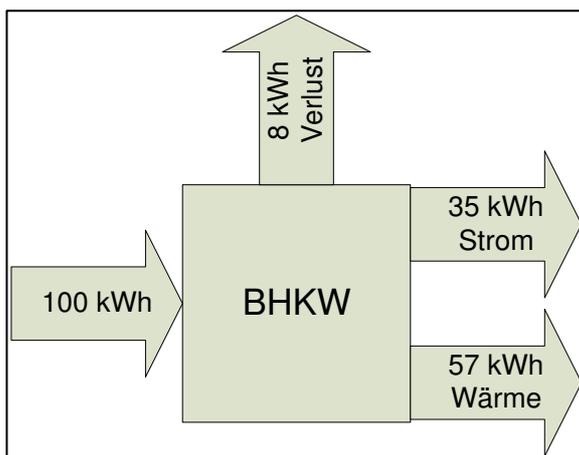
Derzeit sind in Deutschland 6500 bis 7000 Blockheizkraftwerke mit einer elektrischen Gesamtleistung von rund 4500 MW in Betrieb.



Bei der getrennten Strom- und Wärmeproduktion wird Strom im Kraftwerk produziert, und die Wärme zu Gebäudebeheizung in der konventionellen Heizungsanlage innerhalb der Gebäude.

Da in Kraftwerken die überschüssige Wärme in der Regel über Kühltürme verpufft wird, ergibt sich hier für die Stromerzeugung ein Wirkungsgrad –ähnlich wie beim BHKW- von ca. 35 %. Der Gesamtwirkungsgrad der getrennten Strom und Wärmeproduktion liegt somit bei 56 %.

Abbildung 84: Fließschema getrennte Strom- und Wärmeerzeugung



Bei der Stromerzeugung in einem BHKW wird das „Abfallprodukt“ Wärme ebenfalls nutzbar gemacht und dem Heizungssystem zugeführt. Somit ergibt sich ein Gesamtwirkungsgrad von ca. 92%.

Abbildung 85: Fließschema BHKW

## 12 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Verlauf Gradtagzahl für Trier .....	5
Abbildung 2: Darstellung Energiebedarf .....	7
Abbildung 3: Verlauf des spezifischen Verbrauchs .....	10
Abbildung 4: Verlauf der spezifischen Kosten.....	10
Abbildung 5: Energie- und Trinkwasserkosten.....	11
Abbildung 6: Kostenanteile Energie und Trinkwasser 2008 .....	12
Abbildung 7: Kostenanteile Energie und Trinkwasser 2009 .....	12
Abbildung 8: Kostenanteile Energie und Trinkwasser 2010 .....	13
Abbildung 9: Kostenanteile Energie und Trinkwasser 2011 .....	13
Abbildung 10: Stromverbrauch und Kosten, vgl. Tabelle 3 .....	15
Abbildung 11: Entwicklung spezifischer Strompreis.....	15
Abbildung 12: linearer Preisverlauf Strom .....	16
Abbildung 13: Entwicklung spez. Wärmestrompreis .....	17
Abbildung 14: Wärmestromverbrauch und Kosten.....	18
Abbildung 15: linearer Preisverlauf Wärmestrom.....	19
Abbildung 16: Heizölverbrauch und Kosten.....	19
Abbildung 17: Entwicklung spezifischer Heizölpreis .....	20
Abbildung 18: linearer Preisverlauf Heizöl .....	20
Abbildung 19: Bundesdurchschnittlicher Heizölpreis .....	21
Abbildung 20: Gasverbrauch und Kosten .....	22
Abbildung 21: Spezifischer Gaspreis.....	23
Abbildung 22: Linearer Preisverlauf Erdgas .....	23
Abbildung 23: Flüssiggasverbrauch und Kosten.....	24
Abbildung 24:Spezifischer Flüssiggaspreis .....	25
Abbildung 25: linearer Preisverlauf Flüssiggas .....	25
Abbildung 26: Heizenergieverbrauch.....	26
Abbildung 27: spezifische Kosten für Heizenergie.....	27
Abbildung 28: Jährliche Kosten für Heizenergie .....	27
Abbildung 29: Trinkwasserverbrauch und Kosten.....	28
Abbildung 30: Entwicklung spez. Trinkwasserpreis .....	29
Abbildung 31: absoluter Preisverlauf Wasser .....	29
Abbildung 32: Wärmeverbrauchskennwerte 2008 .....	31

Abbildung 33: Wärmeverbrauchskennwerte 2009 .....	32
Abbildung 34: Wärmeverbrauchskennwerte 2010 .....	33
Abbildung 35: Wärmeverbrauchskennwerte 2011 .....	34
Abbildung 36: Einsparungen an CO <sub>2</sub> -Äquivalenten .....	37
Abbildung 37: Emissionsanteile 2008.....	37
Abbildung 38: Verbrauchsanteile 2008.....	38
Abbildung 39: Emissionsanteile 2009.....	38
Abbildung 40: Verbrauchsanteile 2009.....	39
Abbildung 41: Emissionsanteile 2010.....	39
Abbildung 42: Verbrauchsanteile 2010.....	40
Abbildung 43: Emissionsanteile 2011 .....	40
Abbildung 44: Verbrauchsanteile 2011 .....	41
Abbildung 45: Holzhackschnitzelkessel (300 kW <sub>th</sub> ).....	42
Abbildung 46: Gasspitzenlastkessel links (580 kW <sub>th</sub> ), BHKW rechts (207 kW <sub>th</sub> /147 kW <sub>elektr.</sub> ) .....	42
Abbildung 47: Hauptverteilung in der Kesselzentrale.....	43
Abbildung 48: Pufferspeicher (50.000 l).....	43
Abbildung 49: Tageslager am Schulzentrum (45 m <sup>3</sup> ).....	43
Abbildung 50: Brennstoffcontainer (35m <sup>3</sup> ) .....	43
Abbildung 51: Hackschnitzellager- und Trocknungshalle.....	44
Abbildung 52: 1.400 m <sup>3</sup> Fassungsvermögen .....	44
Abbildung 53: Musterraum A22 in der ehemaligen Hauptschule.....	45
Abbildung 54: Energie- und Kosteneinsparung durch die Umrüstung .....	45
Abbildung 55: PV –Anlage Gebäude A.....	46
Abbildung 56: PV –Anlage Gebäude B.....	46
Abbildung 57: Neue Heizkessel.....	46
Abbildung 58: Abgaswärmetauscher .....	46
Abbildung 59: Neuer Heizkessel in der Turnhalle .....	47
Abbildung 60: Neuer Heizkreisverteiler.....	47
Abbildung 61: Vorderansicht Gebäude J .....	47
Abbildung 62: Rückansicht Gebäude J und Sanitärgebäude .....	48
Abbildung 63: Dezentrales Lüftung (innen).....	48
Abbildung 64: Lüftung (außen) .....	48

---

Abbildung 65: Lüftungsgerät Klassen .....	49
Abbildung 66: Zentrale Lüftungsgeräte (Spitzboden) .....	49
Abbildung 67: Schema Nahwärmeinsel Krahnenufer .....	50
Abbildung 68: Spitzenlastkessel BBS-W .....	51
Abbildung 69: Verteilung .....	51
Abbildung 70: Straßenansicht .....	51
Abbildung 71: Innenhof .....	51
Abbildung 72: Darstellung Sole-Wasser-Wärmepumpe .....	52
Abbildung 73: Grundschule Tarforst .....	52
Abbildung 74: Zentrale Lüftungsanlage .....	53
Abbildung 75: Zentrale Regelungseinrichtung .....	53
Abbildung 76: Gasbrennwert Wärmeerzeuger .....	53
Abbildung 77: Hauptverteilung .....	53
Abbildung 78: Rückseite Frankenturm .....	54
Abbildung 79: Innenraum Frankenturm .....	54
Abbildung 80: Vorher-Nachher-Vergleich Flure .....	55
Abbildung 81: Büroräume im Rathaus .....	55
Abbildung 82: Flure im Rathaus .....	56
Abbildung 83: Schema Nahwärmeverbund Exhaus .....	57
Abbildung 84: Fließschema getrennte Strom- und Wärmeerzeugung .....	63
Abbildung 85: Fließschema BHKW .....	63

## 13 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: spezifische Verbräuche und Kosten.....	9
Tabelle 2: Gesamtkosten.....	14
Tabelle 3: Gesamtverbräuche .....	14
Tabelle 4: CO <sub>2</sub> -Äquivalente verschiedener Energieträger.....	35
Tabelle 5: Emissionen in CO <sub>2</sub> -Äquivalenten (t/a) .....	36