

Mai 2015

Energiebericht Donaueschingen 2014

Heizenergie - Strom - Wasser
Verbrauchs- und Kostenentwicklung
Schadstoffemissionen

Bearbeitet vom Stadtbauamt Donaueschingen

dem Energiebüro 21



und dem Umweltbüro GVV Donaueschingen



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Verbrauchsentwicklung generell.....	3
2.1	Heizenergie	3
2.2	Strom	6
2.3	Wasser.....	7
3	Schulprojekt: „fifty / fifty“	8
4	Blockheizkraftwerke	8
5	Umsetzung Energiesparmaßnahmen.....	9
5.1	Evaluation älterer Maßnahmen	9
5.2	Maßnahmenumsetzung Klimaschutzkonzept	11
5.3	Pumpwerke	13
5.4	Straßenbeleuchtung.....	15
5.5	Weitere Maßnahmen in Gebäuden	17
6	Großverbraucher: Auswahl markanter Änderungen	18
6.1	Baarsporthalle	18
6.2	Erich Kästner-Halle	19
6.3	Eichendorffschule	19
6.4	Donauhalle	20
6.5	Parkschwimmbad	20
6.6	Bauhof Donaueschingen	22
6.7	Freibad Wolterdingen.....	23
6.8	Kindergarten Wunderfitz.....	23
6.9	Kindergarten / Mehrzweckhalle Neudingen	24
7	Vergleichsdiagramme	25
7.1	Wasser.....	25
7.2	Strom	27
7.3	Wärme	29

1 Einleitung

Seit rund 20 Jahren wird in Donaueschingen Energiemanagement betrieben. Es werden die Bereiche Heizenergie, Stromverbrauch und Wasserverbrauch untersucht. Die jährliche Auswertung der Verbrauchszahlen der städtischen Einrichtungen in einem Energiebericht hat folgende Aufgaben:

- Überblick über Verbrauchsentwicklung der letzten Jahre
- Entscheidungshilfe für die nächsten Jahre
- Dokumentation der durchgeführten Maßnahmen
- Identifikation und Recherche von Auffälligkeiten

Der Energiebericht basiert auf Daten, die vom Energiebüro 21 erhoben und geführt werden. Auf Auffälligkeiten im Verbrauch wird auch im laufenden Jahr reagiert; in den wichtigsten Liegenschaften finden monatliche oder vierteljährliche Begehungen des Energiebüros 21 mit den Hausmeistern und dem Energiebeauftragten im Stadtbauamt statt. Die Daten wurden vom Umweltbüro grafisch aufbereitet.

Reduzierungen im Energieverbrauch wurden erreicht durch:

- Investive Maßnahmen
- Verantwortungsbewusstes Nutzerverhalten.
- Kontrolle bei den durchgeführten Begehungen

Seit 1995 wurden in den Verbrauchsbereichen Wärme, Strom und Wasser deutliche Einsparungen erzielt. Wären die Verbräuche auf dem Niveau von 1995 geblieben, so müsste die Stadt jährlich 470.000 € mehr ausgeben. Gelänge es durch weitere Energiesparinvestitionen und optimierte Betriebsführung, die Verbräuche nochmals um 10 % zu reduzieren, so würde die Stadt pro Jahr weitere 100.000 € einsparen.

2 Verbrauchsentwicklung generell

2.1 Heizenergie

In der Stadt Donaueschingen werden folgende Energieträger eingesetzt:

Erdgas

Durch die Umstellung von Heizöl auf Gas im Rahmen von Heizungsmodernisierungen nimmt der Gasverbrauch leicht zu. Noch stärker aber nimmt er ab durch den Anschluss kommunaler Gebäude an Nahwärmenetze (die im Fall der Brigachschiene freilich indirekt auch mit Gas befeuert werden).

Flüssiggas

Mit Flüssiggas werden nur sehr wenige Liegenschaften beheizt.

Heizöl EL

In Ortsteilen ohne Gasversorgung werden die meisten kommunalen Liegenschaften mit Heizöl geheizt.

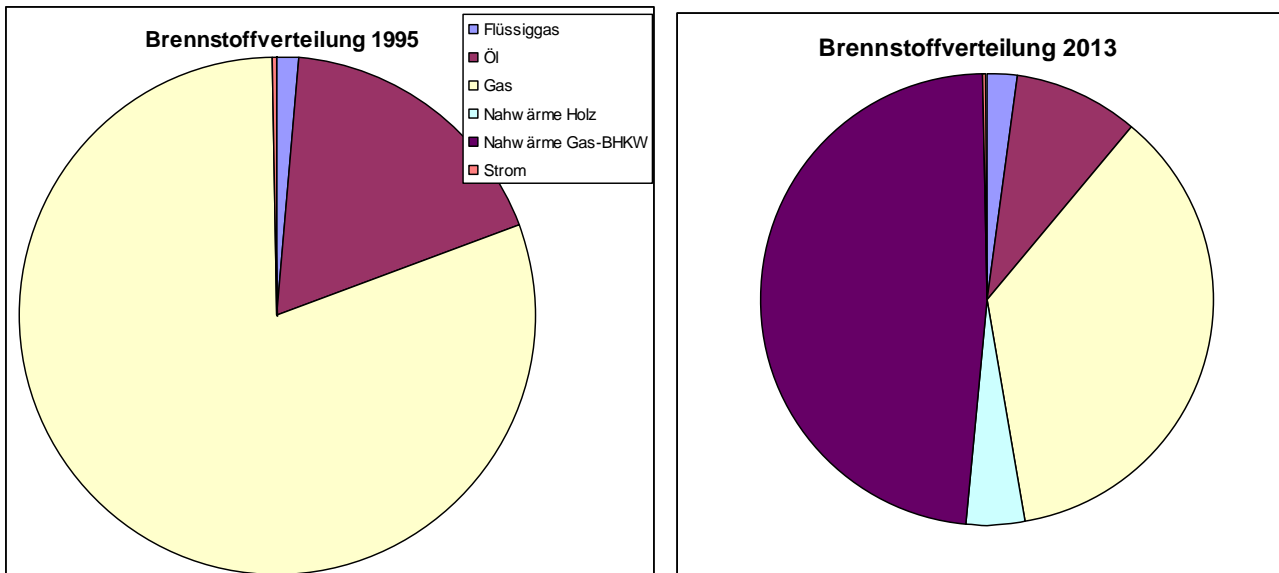
Nahwärme

Wärmecontracting über Nahwärmenetze (Brigachschiene und Nahwärme Zwick) hat stark zugenommen, da die Wärmenetze ausgedehnt wurden. In 2013 gab es nochmals einen Sprung durch den Anschluss der Schulen in der Humboldtstraße.

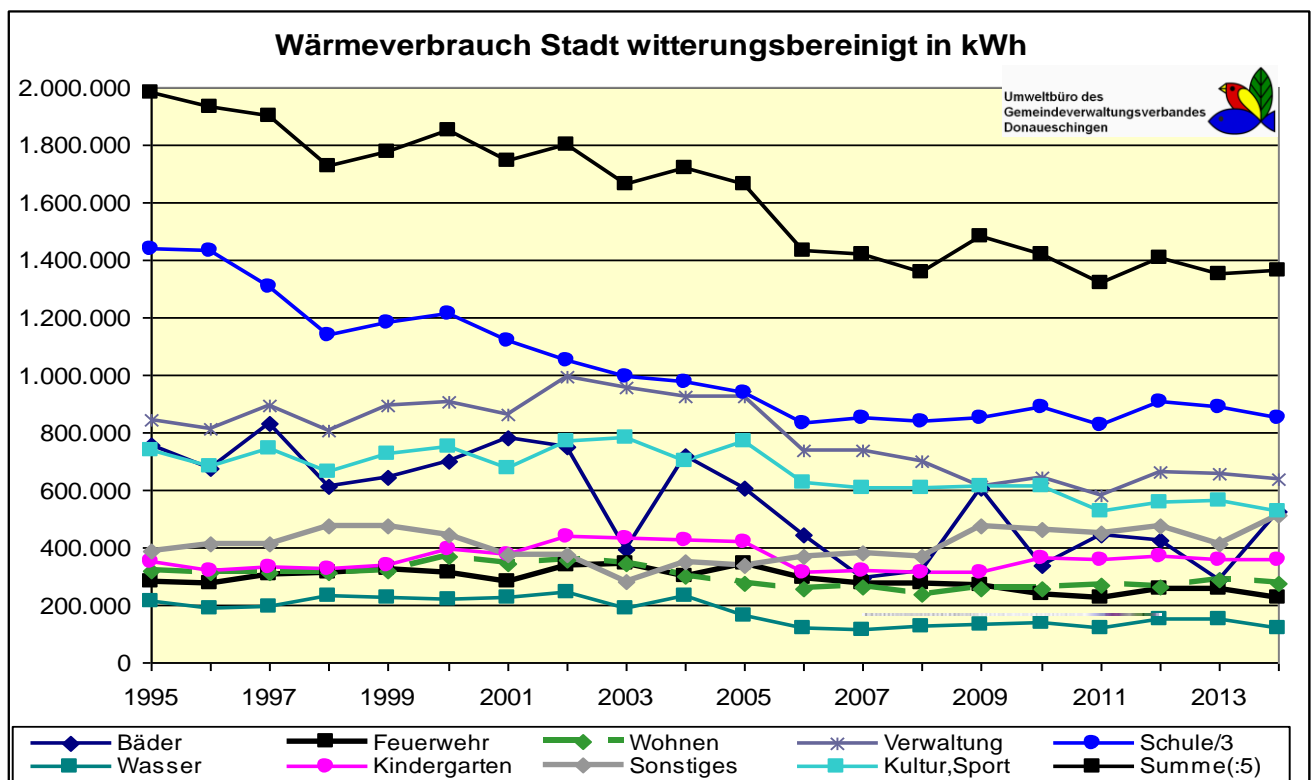
Strom

Der Anteil an Strom im Wärmesektor ist vernachlässigbar gering. Er wird nur eingesetzt in Gebäuden, die nur sporadisch beheizt werden und wo sich deshalb ein anderes Heizsystem nicht rentiert (Aussegnungshallen).

In den nachfolgenden Diagrammen ist dargestellt, wie sich der Einsatz der Energieträger in den städtischen Einrichtungen seit 1995 verändert hat. Auffallend ist die deutliche Zunahme der Nahwärmeversorgung auf Basis Gas-BHKW (Kernstadt über Brigachschiene) und auf Basis Holz (Wolterdingen). Abgenommen hat der Anteil von Erdgas und – noch stärker – Heizöl.



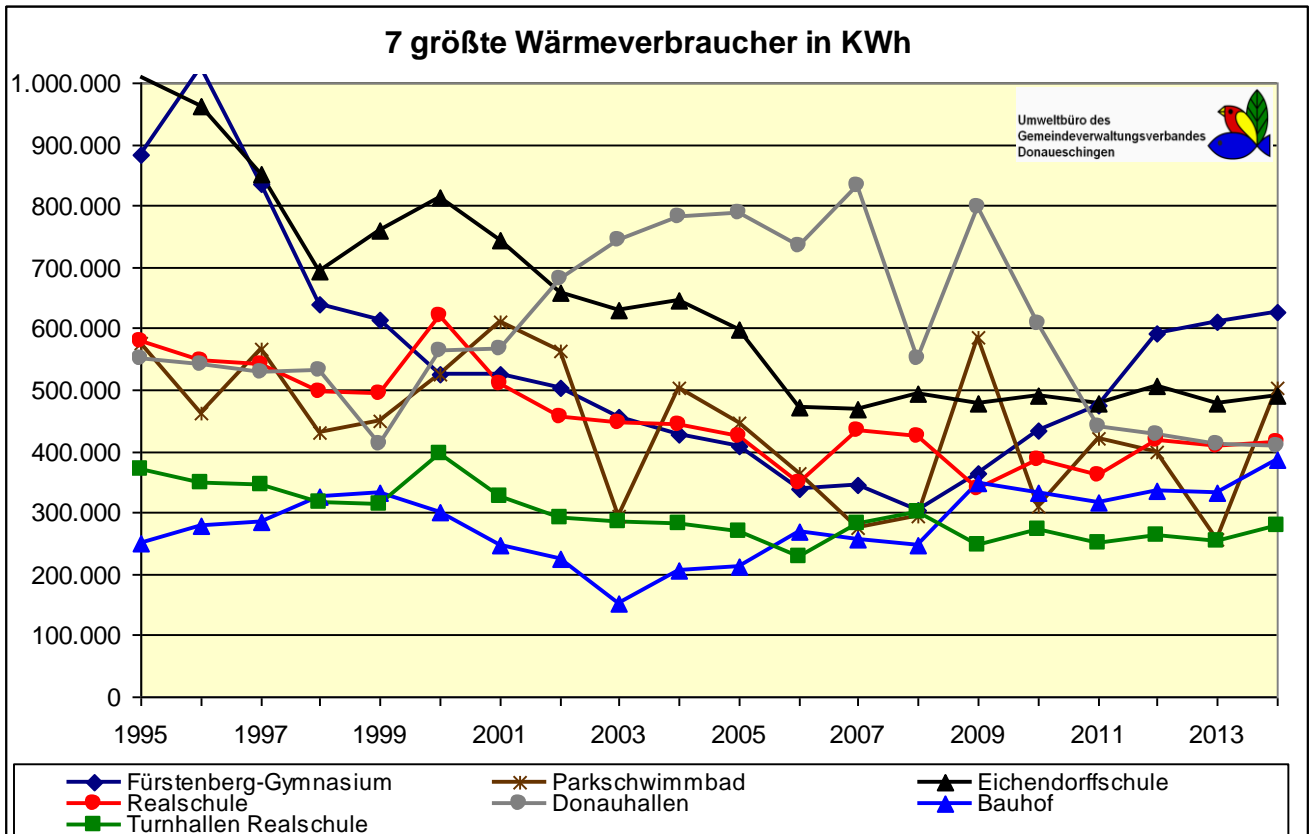
Im nachfolgenden Diagramm ist die Entwicklung der Wärmeverbräuche – gegliedert nach den Nutzungsarten – dargestellt. Deutlich ersichtlich ist der dominierende Einfluss der Schulen.



Gegenüber dem Beginn des Energiemanagements im Jahr 1995 reduzierte sich der Jahresverbrauch um rund 3,1 Millionen kWh. Das heißt, wäre der Verbrauch konstant geblieben, hätte die Stadt im Jahr 2014 etwa 220.000 € mehr allein für die Beheizung ausgeben müssen.

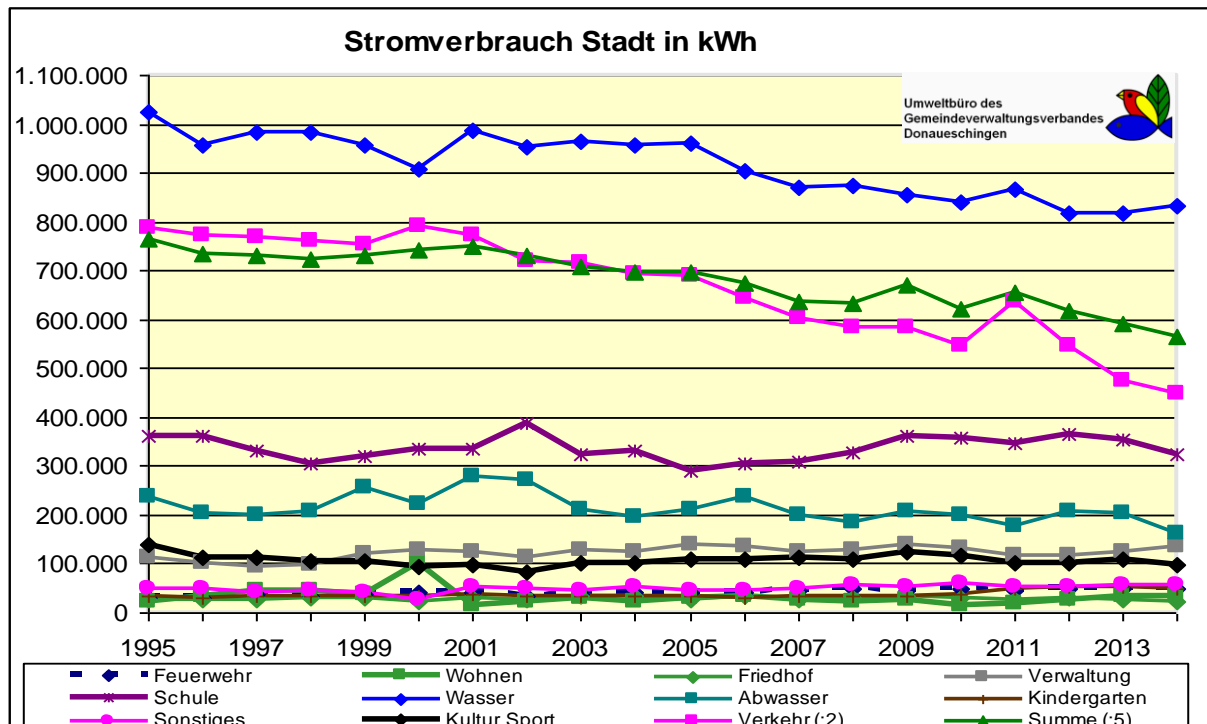
Allerdings ist auch sichtbar, dass seit 2006 nur noch geringe Verbesserungen erreicht wurden.

Die sieben größten Wärmeverbraucher sind im nachfolgenden Diagramm dargestellt:



2.2. Strom

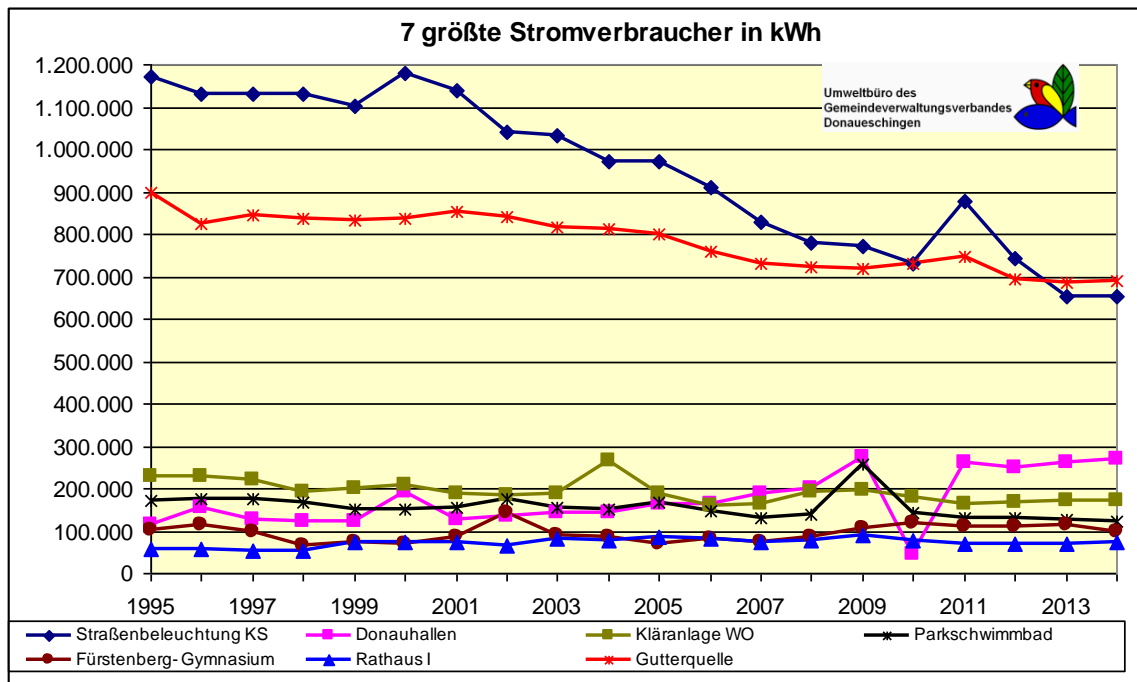
Im nachfolgenden Diagramm ist der Stromverbrauch der letzten Jahre dargestellt, gegliedert nach Nutzungsarten:



Dominierend sind die Pumpwerke für Trink- und Abwasser und die Straßenbeleuchtung. Bei der Straßenbeleuchtung ist seit 2000 ein kontinuierlicher Rückgang zu beobachten, der mit dem Austausch der Quecksilberdampflampen durch NAV-Lampen und LED erreicht wurde. Die Zunahme in 2011 ist als Ausreißer anzusehen, da es dort zu Verzögerungen bei der Ablesung kam und der Verbrauch nicht dem Kalenderjahr entspricht.

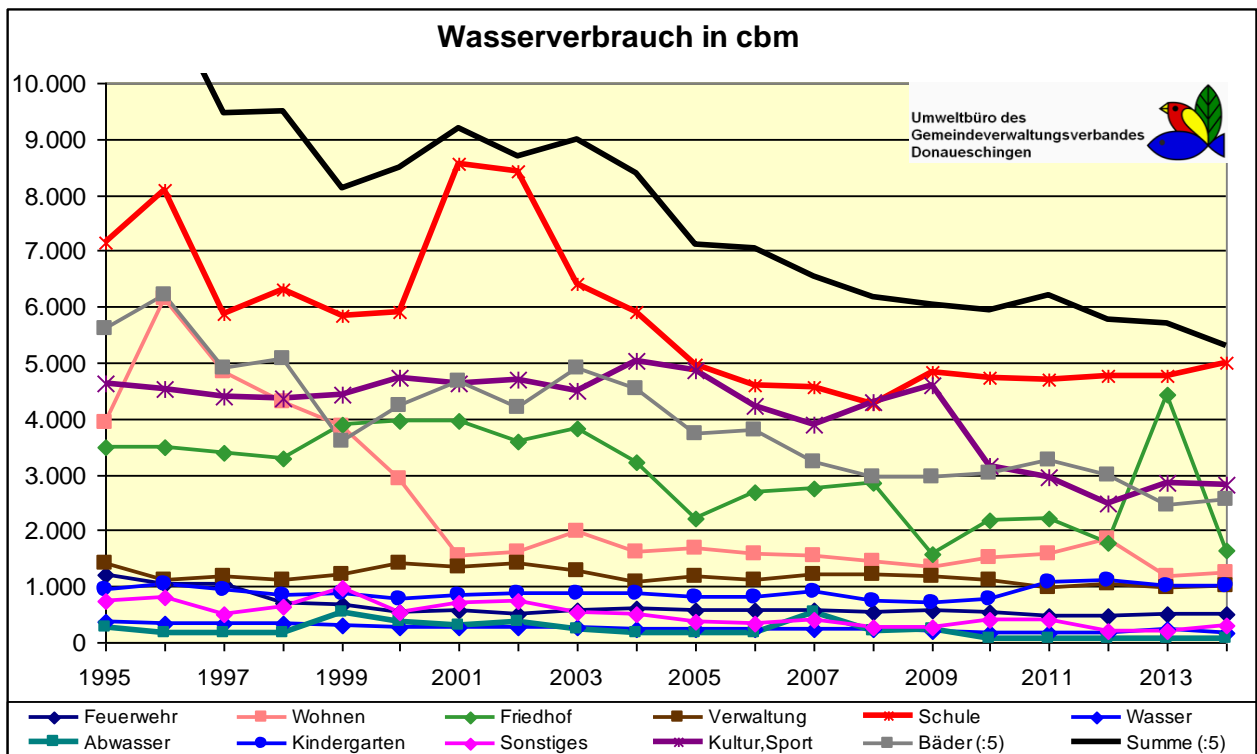
Insgesamt ist der Stromverbrauch rückläufig, was angesichts der zunehmenden Geräteausstattung erfreulich ist. Wäre der Stromverbrauch auf dem Niveau von 1995 geblieben, so würde die Stadt heute 1 Mio. kWh mehr verbrauchen und hierfür jährlich rund 200.000 € mehr aufwenden.

Die 7 größten Stromverbraucher sind im nachfolgenden Diagramm dargestellt:



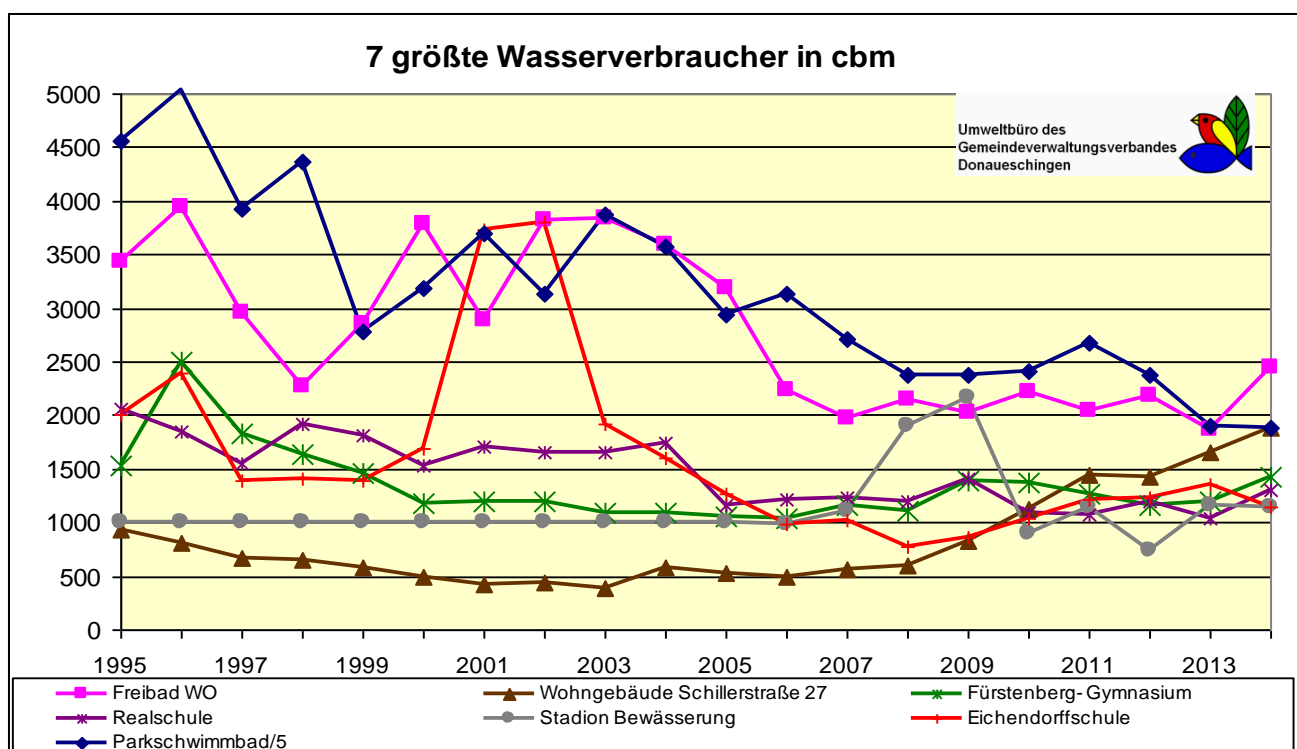
2.3 Wasser

Im nachfolgenden Diagramm ist der Wasserverbrauch für die Einrichtungen der Stadt dargestellt, gegliedert nach Nutzungen.



Gegenüber den 90er Jahren ist der Verbrauch stark gesunken. Läge der Verbrauch auf dem Niveau von 1995, so würden heute pro Jahr rund 26.000 cbm mehr verbraucht rund 125.000 € mehr aufgewendet werden. Die starke Zunahme beim Verbrauch im Friedhof in 2014 liegt an der Bewässerung neu angelegter Rasenflächen über einen längeren Zeitraum.

Die 7 größten Wasserverbraucher sind im nachfolgenden Diagramm dargestellt:



3 Schulprojekt: „fifty / fifty“

Im Jahr 2006 wurde den Donaueschinger Schulen von der Stadtverwaltung angeboten, zur Hälfte an eingesparten Energie- und Wasserkosten beteiligt zu werden. Hintergrund dieser Aktion war es, zusätzlich Anreize zum effizienten und schonenden Umgang mit Ressourcen zu schaffen. Es beteiligen sich sechs Schulen.

Es wurden anfangs Einsparungen erzielt und den Schulen Prämien ausbezahlt. Wie die weiter unten dargestellten Verbrauchsdiagramme der Schulen zeigen, haben sich diese Effekte allerdings nicht konsolidiert, weshalb im Jahr 2010 nur noch eine Schule eine Prämie erhielt. Dabei dürfte auch die verstärkte Ganztagsnutzung der Schulen eine Rolle gespielt haben. Das Projekt wurde deshalb bis auf weiteres eingestellt. Nach wie vor gibt es jedoch in einigen Schulen interne Verfahren zum Energiesparen (z.B. Energieverantwortliche in jeder Klasse).

4 Blockheizkraftwerke

1990 wurden in den drei großen Schulen Blockheizkraftwerke im Rahmen eines Contracting mit Kraftwerk Lauenburg eingebaut. Die Anlagen haben später mehrfach den Besitzer gewechselt. Zuletzt wurden sie vor einigen Jahren durch die Stadt zurückgekauft. In der Realschule wurde das BHKW mit dem Anschluss an die (ebenfalls BHKW-gespeiste) Brigachschiene stillgelegt und verkauft. In der Eichendorffschule läuft das BHKW weiter, im Fürstenberg-Gymnasium wurde es 2013 stillgelegt, als die Schule an die Brigachschiene angeschlossen wurde.

In den Gebäuden Rathaus I, Bauhof und Schule Pföhren wurden im November 2005 jeweils zwei Mini-BHKW-Module installiert. Diese werden mit Erdgas betrieben und liefern Strom und Wärme. Die wirtschaftliche Bilanz stellt sich in den einzelnen Einrichtungen unterschiedlich dar, eine Amortisation ist jedoch überall gegeben.

Nachfolgend wird das Ergebnis einer Evaluation dargestellt:

	Rathaus 1		Bauhof		Pfohren Schule/MZH		
Mittelwert von bis	01.01.2006 31.12.2009		01.01.2006 31.12.2009		01.01.2006 31.12.2009		
	Modul 1	Modul 2	Modul 1	Modul 2	Modul 1	Modul 2	
Betriebsstunden pro Jahr	4.093	3.883	4.119	4.144	3.301	3.320	
elektrische Arbeit	20.477	20.702	20.367	22.120	17.572	17.657	kWh
mittl. El. Leistung	5,00	5,33	4,95	5,34	5,32	5,32	kW
thermische Arbeit	49.039	46.526	52.783	53.109	45.280	45.533	kWh
mittl. th. Leistung	11,98	11,98	12,82	12,82	13,72	13,72	kW
Gasverbrauch BHKW, ca.	164.598		165.260		132.420		kWh
davon Mehrverbrauch f. Strom	46.794		48.281		40.032		kWh
Rückspeisung, Strom	9.585		30.170		24.779		kWh
Eigenverbrauch, Strom	31.593		12.318		10.450		kWh
Anteil, Eigenverbrauch Strom	77%		29%		30%		
Einsparung KWK p.a.	3.646,31 €		2.953,41 €		2.426,32 €		
Investition	44.093,19 €		39.492,71 €		44.703,90 €		
Zuschuss	- 12.806,00 €		- 11.847,81 €		- 13.120,00 €		
Eigenanteil	31.287,19 €		27.644,90 €		31.583,90 €		
Amortisation, statisch	8,6		9,4		13,0		Jahre

Im Rathaus 1 ergibt sich die kürzeste Amortisation durch den hohen Eigenverbrauchsanteil. Im Bauhof wird der fehlende Eigenverbrauch teilweise durch die längeren Laufzeiten kompensiert. In Pfohren sind die Laufzeiten deutlich geringer und auch der Eigenverbrauch ist relativ gering. Daraus ergibt sich hier die längste Amortisation.

Mittlerweile sind zahlreiche städtische Gebäude an das Nahwärmenetz Brigachschiene angeschlossen. Etwa die Hälfte des städtischen Wärmebedarfs wird auf diese Weise über Kraft-Wärme-Kopplung gedeckt.

5 Umsetzung Energiesparmaßnahmen

5.1 Evaluation älterer Maßnahmen

Im Rahmen der Aufstellung des Klimaschutzkonzeptes für das Städtedreieck wurden zurückliegende Energiesparmaßnahmen (vor 2011) einer Evaluation unterzogen. Die Ergebnisse sind nachfolgend dargestellt:

5.1.1 Wasserwerk

Im Wasserwerk wurden 2004 die folgenden Maßnahmen durchgeführt:

- Fassadendämmung
- Erneuerung der Fenster
- Modernisierung der Heizungsanlage durch Ersatz des alten Heizkessels gegen Gas-Brennwert-Technik

Mit einer Investition von 53.000 € konnten jährliche Heizenergieeinsparungen von 66.000 kWh (40 %) erreicht werden, was damals 3.500 € entsprach. Dies entspricht einer statischen Amortisation von 15 Jahren. Tatsächlich ist die Amortisation deutlich kürzer, da seither deutliche Energiepreissteigerungen stattgefunden haben.

Die Einsparung fällt mit ca. 66 MWh/a ca. doppelt so hoch aus als dies rechnerisch zu erwarten wäre. Als Hauptursachen hierfür werden der durch die neuen Fenster verminderte Lüftungswärmeverlust sowie zusätzliche Effekte bei der Optimierung der alten Heizungsanlage im Rahmen des Kesselaustauschs angenommen. Für die Nutzer ist als Nebeneffekt hauptsächlich der Wegfall der Zugluft an den Fenstern zu nennen. Da die Außenwände bereits vorher eine Innendämmung hatten, ist der Anstieg der inneren Oberflächentemperatur nicht so deutlich ausgefallen wie bei komplett unsaniertem Mauerwerk.

5.1.2 Baarsporthalle

In der Baarsporthalle wurde 2001 die Hallenbeleuchtung modernisiert. Es wurden neue EVG-bestückte Leuchten mit effizienten Leuchtmitteln installiert. Mit einer Investition von 100.000 € konnte der Jahresverbrauch um 35.000 kWh (ca. 40 %) reduziert werden, was einer Kosteneinsparung von ca. 8.000 € entspricht. Die Maßnahme amortisiert sich also nach ca. 12 Jahren.

5.1.3 Fürstenberg-Gymnasium

Im Fürstenberg-Gymnasium wurde in den Jahren 2003 und 2004 die Beleuchtung in den Klassenräumen modernisiert. Es wurden neue EVG-bestückte Leuchten mit effizienten Leuchtmitteln installiert. Mit Kosten von 59.000 € wurden jährlich Stromeinsparungen von 25.000 kWh bzw. 5.000 € erreicht. Dies entspricht einer statischen Amortisation von 12 Jahren, die sich jedoch durch die seitherigen Strompreissteigerungen deutlich verkürzt hat. Die Einsparung lag leicht über dem prognostizierten Wert (22.000 kWh/a).

5.1.4 Schule Pfohren

Im Jahr 2001 wurden die Fassade gedämmt und neue Fenster eingebaut. Mit Kosten von 283.000 € wurde der Wärmeverbrauch um 82.000 kWh reduziert, was einer Einsparung von 4.252 € entspricht. Dies ergäbe eine statische Amortisation von 67 Jahren. Tatsächlich liegt jedoch die Amortisation angesichts der Energiepreissteigerungen bei 25 Jahren.

Die Einsparung fällt mit ca. 82 MWh/a in etwa so hoch aus, wie dies rechnerisch zu erwarten ist. Für die Nutzer ist als Nebeneffekt hauptsächlich der Wegfall der Zugluft an den Fenstern zu nennen. Auch die Außenwände weisen einen deutlichen Anstieg der inneren Oberflächentemperatur auf, der von den Nutzern wahrgenommen wird. Insbesondere die im Vergleich teure Fensterinvestition führt zu den langen Amortisationszeiten, die angesichts der Lebensdauer der Bauteile jedoch akzeptabel ist.

5.1.5 Freibad Wolterdingen

Es wurde 2007 eine Solaranlage mit Absorberrohren zur Schwimmbeckennachheizung installiert. Im Gegenzug wurde die Nachheizung durch die Heizungsanlage (Nahwärme Zwick) komplett abgestellt. Mit Kosten von 26.000 € wurden Einsparungen von 114.00 kWh jährlich realisiert. Dies entspricht einer Einsparung von 6.700 € und einer statischen Amortisation von 5 Jahren.

5.1.6 Fazit der Evaluation

Es hat sich gezeigt, dass bei den meisten der Maßnahmen die Prognosen zur Energieeinsparung eintrafen oder sogar noch übertroffen wurden. Dies spiegelt sich auch in den zumeist überschaubaren Amortisationszeiträumen wider.

Lange Amortisationszeiträume treten insbesondere beim Austausch von Fenstern auf, da dies spezifisch teure Maßnahmen sind. Allerdings ist damit meist auch eine Verbesserung der Nutzungsqualität durch die Vermeidung von Zugluft verbunden.

Aus heutiger wirtschaftlicher Sicht haben sich die Maßnahmen sehr bewährt, da durch die Energiepreissteigerungen die realen Amortisationen deutlich kürzer sind als prognostiziert. Weiter anstehende Energiesparmaßnahmen sollten deshalb zügig umgesetzt werden.

5.2 Maßnahmenumsetzung Klimaschutzkonzept

Alle beheizten kommunalen Gebäude wurden auf Einsparpotentiale untersucht. Dies sind in Donaueschingen 52 Gebäude. Nach einer umfassenden Ist-Analyse wurden Maßnahmenvorschläge erarbeitet, deren Einsparpotenzial und Wirtschaftlichkeit ermittelt.

Von 290 geprüften Maßnahmen ist bei 131 eine Amortisation innerhalb der Abschreibungszeit zu erwarten. Die häufigste Maßnahme ist der hydraulische Abgleich der Heizungen, der bereits in Umsetzung ist. Es folgt die Außenwanddämmung sowie die Dämmung der obersten Geschossdecke. 33 Maßnahmen amortisieren sich in weniger als zehn Jahren.

Werden alle rentierlichen Maßnahmen umgesetzt, so würde das rund 4,33 Mio. € kosten und 2,38 Mio. kWh pro Jahr an Energie sparen. Werden diejenigen Maßnahmen umgesetzt, die sich in weniger als zehn Jahren amortisieren, so kostet dies 424.000 € und spart jährlich 516.000 kWh ein.

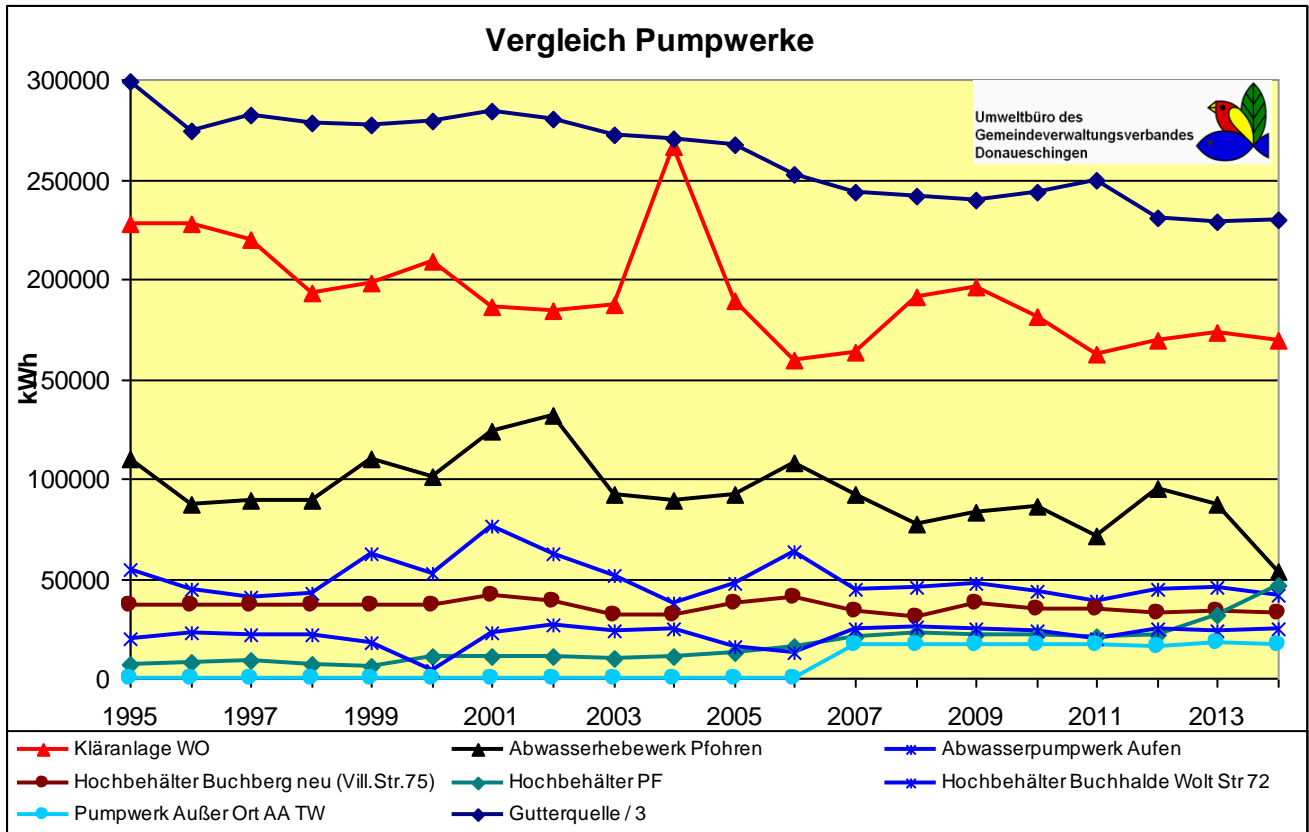
Zahlreiche Maßnahmen wurden bereits umgesetzt. In den Jahren 2011 und 2012 lag der Schwerpunkt der Umsetzung beim hydraulischen Abgleich, dem Einbau von hocheffizienten Heizungspumpen und Dämmmaßnahmen. Außerdem läuft seit einigen Jahren die Umrüstung der Straßenbeleuchtung auf zunächst NAV-Lampen, mittlerweile auf LED-Lampen. Mittlerweile sind rund 95 % der Leuchten umgerüstet.

Nachfolgend ist eine Liste der bereits umgesetzten Maßnahmen wiedergegeben:

Ort	Gebäude	Maßnahmenart	Erwartete Einsparung in kWh/a
DS-Aasen	Rathaus	Dämmung obere Geschoßdecke und Wand	20.167,66
DS-Aasen	Rathaus	Abgleich des Rohrnetz	4.894,58
DS-Aasen	Rathaus	Dachflächendämmung raumseitig	1.826,45
DS-Aasen	Rathaus	Fensteraustausch	9.299,55
DS-Aasen	Rathaus	Temperaturregelung der Räume	4.894,58
DS-Heidenhofen	Feuerwehrgerätehaus	Abgleich des Rohrnetz	951,20
DS-Heidenhofen	Rathaus	Dämmung o. Geschoßdecke	5.598,00
DS-Heidenhofen	Feuerwehrgerätehaus	Temperaturregelung der Räume	951,20
DS-Kernstadt	Bibliothek DS	Abgleich des Rohrnetz	8.246,50
DS-Kernstadt	Eichendorffschule	Abgleich des Rohrnetz	25.194,20
DS-Kernstadt	Eichendorffschule Turnhallen	Abgleich des Rohrnetz	12.732,75
DS-Kernstadt	Erich Kästner Schule	Abgleich des Rohrnetz	9.105,45
DS-Kernstadt	Feuerwehrgerätehaus	Abgleich des Rohrnetz	5.973,98
DS-Kernstadt	H. Feuerstein Schule	Abgleich des Rohrnetz	12.820,98
DS-Kernstadt	Jugendmusikschule	Abgleich des Rohrnetz	2.561,60
DS-Kernstadt	Karlstraße 54 (Rathaus III)	Abgleich des Rohrnetz	6.666,20
DS-Kernstadt	Rathaus II	Abgleich des Rohrnetz	8.272,50
DS-Kernstadt	Realschule	Abgleich des Rohrnetz	20.380,05
DS-Kernstadt	Wohnhaus-Lehenstr.	Abgleich des Rohrnetz	4.031,02
DS-Kernstadt	Feuerwehrgerätehaus	Außenwanddämmung	11.466,27
DS-Kernstadt	Friedrichstr. 12 - Wohngebäude	Außenwanddämmung	22.500,90
DS-Kernstadt	Eichendorffschule	Dämmung o. Geschoßdecke	119.294,67
DS-Kernstadt	Friedrichstr. 12 - Wohngebäude	Dämmung o. Geschoßdecke	3.369,50
DS-Kernstadt	H. Feuerstein Schule	Dämmung o. Geschoßdecke	44.895,34
DS-Kernstadt	Wasserwerk	Dämmung o. Geschoßdecke	11.282,61
DS-Kernstadt	Realschule	Dämmung o. Geschoßdecke	14.134,28
DS-Kernstadt	Kiga Aufen	Dämmung obere Geschoßdecke	9.136,12
DS-Kernstadt	Uffheim	Dämmung obere Geschoßdecke und Innenwand	4.794,64
DS-Kernstadt	Friedrichstr. 12 - Wohngebäude	Fenster EnEV	1.370,43
DS-Kernstadt	Uffheim	Fensteraustausch	619,89
DS-Kernstadt	Eichendorffschule Turnhallen	Fensterscheiben austauschen	29.776,43
DS-Kernstadt	Friedrichstr. 12 - Wohngebäude	Kellerdeckendämmung	2.132,87
DS-Kernstadt	Baarsporthalle	Scheibenaustausch	15.929,66
DS-Kernstadt	Kiga Äußere Röte	Temperaturregelung der Räume	2.445,55
DS-Kernstadt	Mühlenstr.42 - Stadtmühle	Temperaturregelung der Räume	6.339,32
DS-Neudingen	MZH / Kiga	Kellerdeckendämmung	2.647,59
DS-Neudingen	MZH / Kiga	Temperaturregelung der Räume	8.622,83
DS-Pföhren	Schule	Abgleich des Rohrnetz	3.884,05
DS-Pföhren	Turn- u. Festhalle	Fenster EnEV	798,66
DS-Pföhren	Schule	Kellerdeckendämmung	2.274,29
DS-Pföhren	Turn- u. Festhalle	Kellerdeckendämmung	1.800,81
DS-Wolterdingen	Grundschule	Abgleich des Rohrnetz	2.352,80
DS-Wolterdingen	Feuerwehr	Fenster EnEV	1.628,73
DS-Wolterdingen	Mehrzweckhalle	Fenster EnEV	1.801,65
DS-Wolterdingen	Kiga	Fensterverglasung	7.132,23
DS-Aasen	Rathaus	Kellerdeckendämmung und Wanddämmung	3.707,69
DS-Kernstadt	Eichendorffschule	Außenwanddämmung	168.911,34
		Summe	669619,588

5.3 Pumpwerke

Pumpwerke der Trinkwasserversorgung und der Abwasserentsorgung gehören zu den größten kommunalen Stromverbrauchern. Nachfolgend ist die Entwicklung der Verbräuche dargestellt.



Die Effizienzsteigerung durch die Erneuerung des Pfohrer Abwasserpumpwerks ist deutlich sichtbar. Die Donaueschinger Pumpwerke wurden im Rahmen des Klimaschutzkonzeptes auf ihre Effizienz geprüft und sinnvolle Optimierungen wurden vorgeschlagen. Bedingt durch das Alter der eingebauten Pumpen (es gibt große Effizienzfortschritte bei der Pumpenentwicklung), aber auch durch Qualitätsunterschiede bei der Planung und Auslegung der Trink- und Abwassersysteme, setzen die Pumpwerke den eingesetzten Strom in sehr unterschiedlicher Weise in Lageenergie um. Systemwirkungsgrade von über 50 %, aber auch unter 10 % können auftreten und treten in Donaueschingen auch real auf.

Die untersuchten Pumpwerke sind die Folgenden:

PW Pfohren, Donaueschingen - Pfohren, Hüfinger Straße, Abwasser
 PW Neudingen, Donaueschingen – Neudingen, Längestraße, Abwasser
 PW Aufen, Donaueschingen – Aufen, Brigachtalstraße, Abwasser
 TB Gutterquelle, Donaueschingen – Allmendshofen, Trinkwasser
 HB Buchberg (neu), Donaueschingen, Villinger Straße, Trinkwasser

Durch Ermittlung der geodätischen Förderhöhe und Messung verschiedener Parameter wurden die Wirkungsgrade bzw. Verluste von Antriebsmotor, Pumpe und Leitung ermittelt. Teilweise mussten für die Durchführung der Messungen zunächst Anschlüsse eingebaut werden, um die Messgeräte einsetzen zu können. Die Messungen wurden schließlich in verschiedenen Betriebszuständen durchgeführt.

Die zahlenmäßigen Ergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt:

Energieeffizienz Pumpwerke	Bezogene Leistung	Wirkungsgrad Netzteil	Wirkungsgrad des Motors	Wirkungsgrad der Pumpe	Wirkungsgrad der Leitung	Nutzleistung	Gesamtwirkungsgrad	Energieverluste	Stromverbrauch pro Jahr
PW Pfohren	24,6 kW	100%	85%	37%	34%	2,8 kW	11%	21,8 kW	86620 kWh
	21,3 kW	100%	85%	65%	27%	3,2 kW	15%	18,1 kW	
	40,7 kW	100%	79%	70%	19%	4,3 kW	11%	36,3 kW	
PW Neudingen	6,5 kW	99%	79%	61%	19%	0,6 kW	9%	5,9 kW	15721 kWh
	7,4 kW	99%	63%	62%	20%	0,6 kW	8%	6,8 kW	
PW Aufen	12,2 kW	99%	78%	61%	32%	1,8 kW	15%	10,4 kW	43138 kWh
	11,0 kW	100%	78%	48%	33%	1,4 kW	12%	9,6 kW	
	9,6 kW	92%	78%	45%	29%	0,9 kW	10%	8,7 kW	
	9,2 kW	99%	78%	55%	15%	0,6 kW	6%	8,2 kW	
PW Gutterquelle, Tiefbrunnen	14,3 kW	100%	79%	55%	39%	2,4 kW	17%	11,9 kW	730329 kWh
	14,5 kW	100%	79%	57%	38%	2,5 kW	17%	12,0 kW	
	14,2 kW	99%	79%	53%	40%	2,4 kW	17%	11,7 kW	
PW Gutterquelle, Buchberg	55,3 kW	100%	88%	70%	89%	30,0 kW	54%	25,3 kW	
	53,9 kW	100%	88%	64%	90%	27,2 kW	50%	26,8 kW	
	55,9 kW	100%	88%	68%	89%	29,8 kW	53%	26,1 kW	
Gutterquelle, Schellenberg	22,3 kW	100%	82%	60%	96%	10,5 kW	47%	11,8 kW	
	22,5 kW	100%	84%	72%	72%	12,0 kW	54%	10,4 kW	
Gutterquelle, Pfohren	14,1 kW	100%	79%	66%	69%	5,1 kW	36%	9,0 kW	
	14,0 kW	100%	79%	70%	68%	5,2 kW	37%	8,7 kW	
PW Gutterquelle, Zwischenpumpen	8,3 kW	99%	77%	45%	16%	0,5 kW	6%	7,8 kW	
	9,7 kW	99%	77%	50%	15%	0,6 kW	6%	9,1 kW	
HB Buchberg , neu	8,3 kW	100%	80%	68%	90%	4,0 kW	49%	4,2 kW	34289 kWh
	8,4 kW	100%	80%	69%	87%	4,1 kW	48%	4,4 kW	

Für jedes Pumpwerk konnten sinnvolle und rentierliche Maßnahmen ermittelt werden. Bei der Entscheidung ist jedoch jeweils zu berücksichtigen, dass auch Modernisierungsinvestitionen hinsichtlich Elektrotechnik und Steuerung anstehen, mit denen die Einsparinvestitionen abgestimmt werden müssen.

Als schlecht hat sich generell der Parallelbetrieb mehrerer Pumpen erwiesen, da dadurch hohe Effizienzverluste auftreten. Ebenso lässt sich Energie sparen, wenn Wasser nicht kurzzeitig mit hoher Geschwindigkeit, sondern über längere Zeiträume mit geringer Geschwindigkeit gepumpt wird.

Einsparmaßnahmen werden für folgende Pumpwerke empfohlen:

- Trinkwasserpumpwerk Gutterquelle-Buchberg
- Trinkwasserpumpwerk Gutterquelle-Schellenberg
- Gutterquelle Zwischenpumpen
- Pumpwerk Hochbehälter Buchberg

Energiesparmaßnahme Abwasserpumpwerk Pfohren

Zum Pumpwerk gehören 3 Pumpen. Der Gesamtwirkungsgrad war mit knapp 13 % sehr schlecht. Angesichts der maroden Druckleitung wurde diese im Jahr 2013 komplett ersetzt. Dadurch hat sich bereits eine Stromersparung von rund 30 % ergeben. Die Pumpen 1 und 2 wurden im Januar 2014 ersetzt, danach wurden die Elektrotechnik umgebaut, eine SPS-Steuerung eingerichtet, FUs nachgerüstet und die Betriebsweise energiesparend optimiert. Dadurch wurde gegenüber dem Ausgangszustand fast 46 % Strom eingespart.

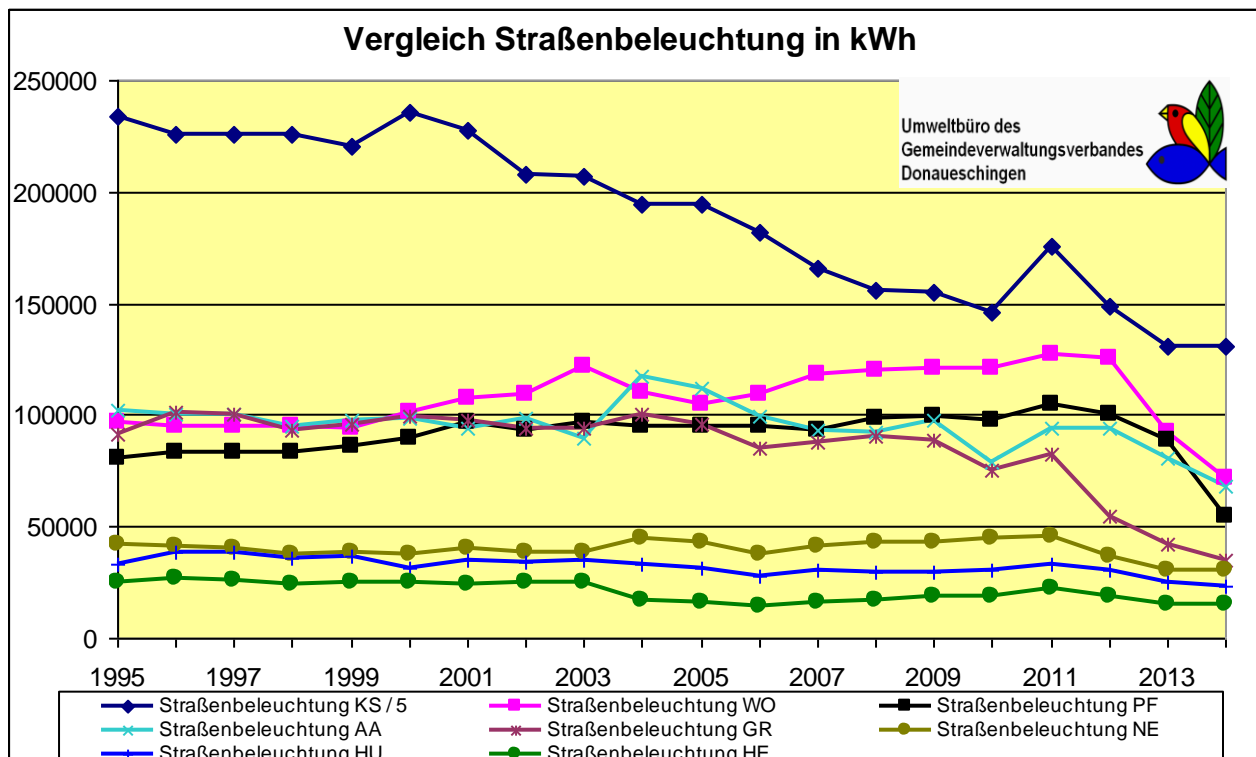
5.4 Straßenbeleuchtung

Obwohl seit Beginn der Energieberichterstattung das Netz der Straßenbeleuchtung im Stadtgebiet (z. B. Bühlsstraße, Holzsteig II, Buchbergstraße usw.) und den Ortsteilen (z. B. Pfohren: An der Halde, Wolterdingen: Längelfeld, Neudingen: Auf Löbern, usw.) ergänzt bzw. erweitert wurde, ist der Verbrauch rückläufig - besonders stark in der Kernstadt, in Pfohren, Wolterdingen und in Grüningen. Dies ist auf die Umstellung der früher vorhandenen Quecksilberleuchten auf NAV-Leuchten und seit 2 Jahren auf LED-Lampen zurückzuführen.

In den letzten Jahren wurden die folgenden Gebiete umgestellt:

2010: Teile der Kernstadt, Umrüstung auf NAV:	26 Kugelleuchten, nun 35 Watt statt vorher 120 Watt (8 x 15 W)
	52 Leuchten, nun 70 W statt vorher 125 W
2011: Allmendshofen, Umrüstung auf NAV:	32 Leuchten, nun 70 W statt vorher 125 W
Umrüstung auf LED:	58 Leuchten, nun 33/45 W statt vorher 125 W
Störling, Umrüstung auf LED:	78 Leuchten, nun 33 W statt vorher 125 W
Aufen, Umrüstung auf LED:	64 Leuchten, nun 33 W statt vorher 125 W
2012: Kernstadt, u.a. Äußere Röte:	303 Leuchten, nun 23 W statt vorher 80 W oder 125 W
2012: Neudingen	53 Leuchten, Umrüstung auf LED, nun 45 W statt 125 W
2013: Kernstadt, Aasen, Wolterd., Pfohren u.a.	Umrüstung auf LED
2014: Kernstadt, Grüningen, Neudingen u.a.	Umrüstung auf LED

Die Entwicklung des Verbrauches für Straßenbeleuchtung stellt nachfolgende Grafik dar:



In Wolterdingen ging der Verbrauch nach Umrüstung der Beleuchtung in der Hauptstraße und der Ringstraße auf NAV im Jahr 2003 zwar zurück, stieg allerdings seit 2006 wieder an, was auf großzügigen Netzausbau (Baugebiet Tannheimer Straße) und komfortablere Schaltzeiten zurückzuführen sein dürfte. Deutliche Rückgänge gibt es seit dem Umbau auf LED ab 2013.

In Pfohren war der frühere Umbau auf NAV und Energiesparlampen an der Verbrauchsentwicklung nur in der Geisinger Straße ablesbar. Hier nahm der Verbrauch deutlich ab, wurde allerdings durch Netzausbau an der Halde und komfortablere Schaltzeiten kompensiert. Ein großzügiger Umbau auf LED fand in 2013 statt und schlägt sich deutlich im Verbrauch nieder.

Auch in Aasen konnte der Umbau in der Vergangenheit lediglich den Anstieg durch Erweiterung von Baugebieten kompensieren, seit 2013 gibt es aber deutliche absolute Rückgänge.

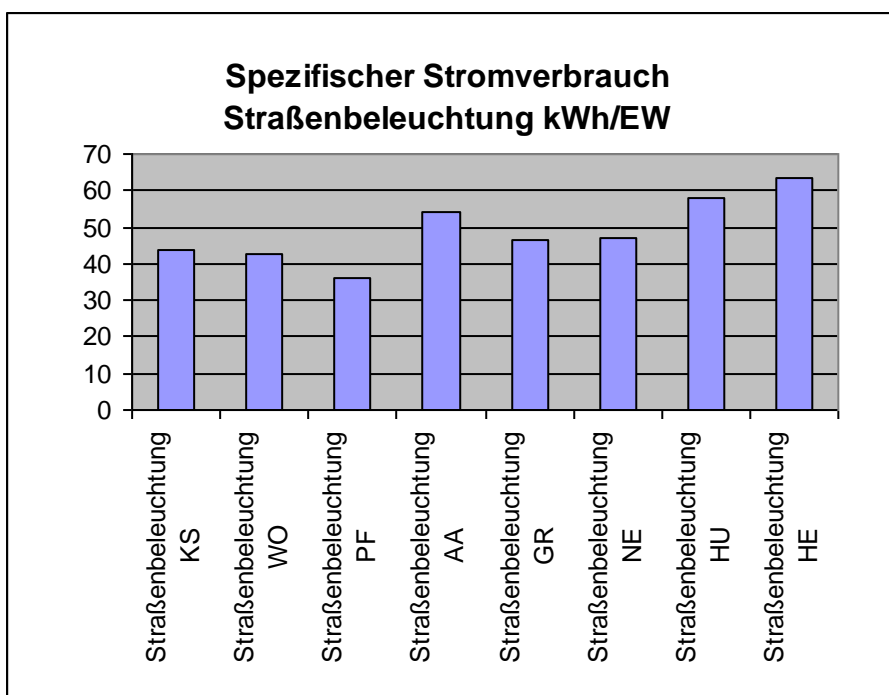
In Heidenhofen fand im Jahr 2004 eine Umrüstung von 16 Leuchten auf NAV statt, der sich sehr schön in der Verbrauchsentwicklung nachvollziehen lässt.

Auch in Neudingen hat sich die 2012 erfolgte Umrüstung auf LED bereits deutlich in geringeren Verbräuchen niedergeschlagen.

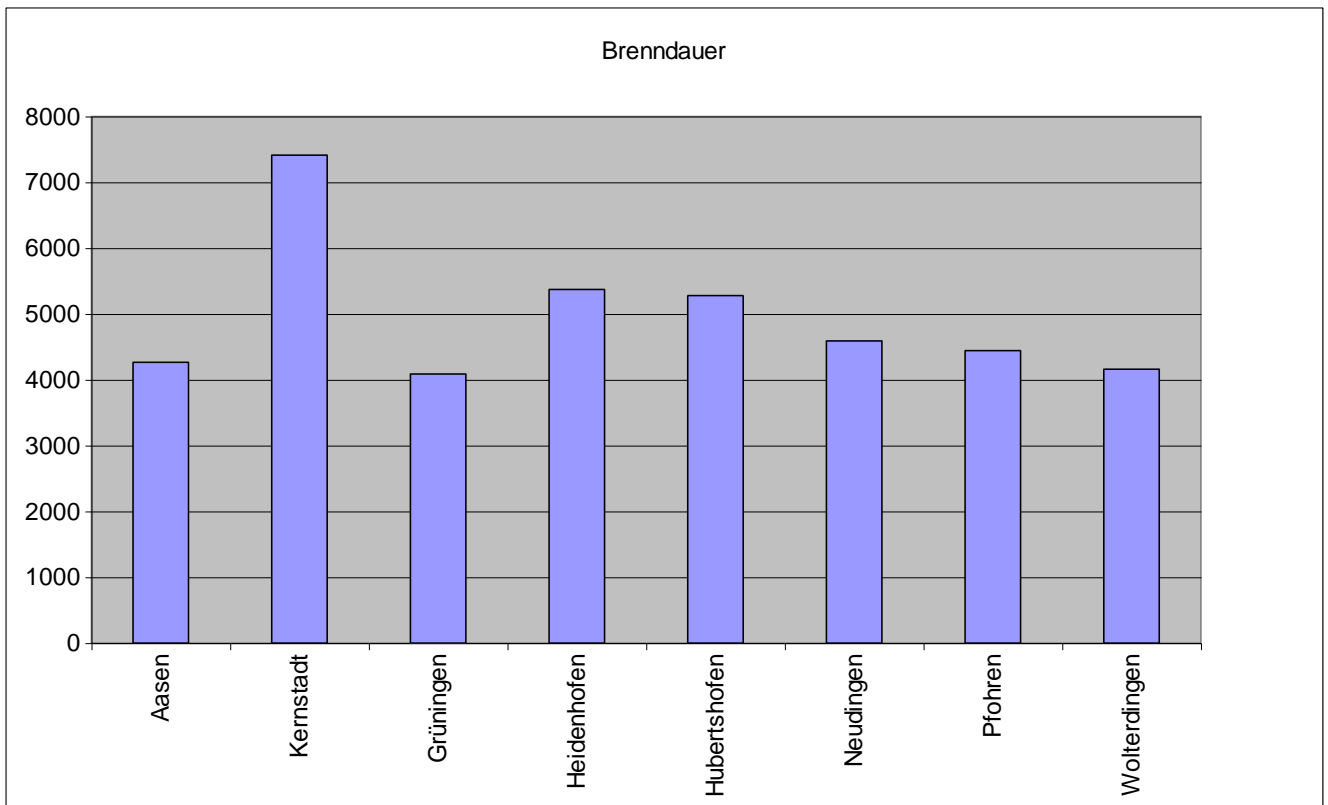
Die Umrüstung von 40 Lampen in Hubertshofen im Jahr 2006 auf NAV wurde offenbar vollständig durch gestiegenen Komfort kompensiert. Die 2013 erfolgte Umrüstung von 29 Lampen auf LED schlägt sich dagegen in einer Verringerung des Verbrauchs nieder.

Insgesamt lässt sich sagen, dass die Umrüstung auf LED wesentlich höhere Einspareffekte gebracht hat als die frühere Umrüstung auf NAV. Bis auf ganz wenige Lampen ist die Umrüstung nun abgeschlossen.

Bezogen auf die Einwohnerzahl sieht der aktuelle Verbrauch wie folgt aus:



Über das Lampenkataster wurde erhoben, wie die durchschnittliche Brenndauer in den einzelnen Ortsteilen liegt (Stromverbrauch in Bezug auf installierte Leistung). Darin geht auch das teilweise Abschalten ein. Der Normalwert nach der Literatur liegt bei 4000 Stunden (das Jahr hat 8700 Stunden). Dieser Wert wird nur in Grüningen, Aasen und Wolterdingen erreicht. In den anderen Ortsteilen, vor allem aber in der Kernstadt liegen die Werte deutlich höher. Dies deutet auf ein erhebliches Einsparpotenzial bei der Steuerung der Straßenbeleuchtung hin.



5.5 Weitere Maßnahmen in Gebäuden

Bei den noch ausstehenden gebäudebezogenen Maßnahmen wurden die nachfolgenden in Priorität 1 eingestuft und sollten mit Ausnahme der Außenwanddämmungen geprüft und abgearbeitet werden:

Ort	Gebäude	Maßnahmenart	Kosten	Erwartete Einsparung in kWh/a
DS-Kernstadt	Gymnasium	Abgleich des Rohmetz	20.625,00	19.217,60
DS-Kernstadt	Mühlenstr.42 - Stadtmühle	Scheibenaustausch	16.085,40	7.054,07
DS-Kernstadt	Bauhof - Betriebsgebäude	Abgleich des Rohmetz	2.450,00	3.624,36
DS-Kernstadt	Friedrichstr. 12 - Wohngebäude	Abgleich des Rohmetz	1.590,00	2.658,57
DS-Kernstadt	Rathaus II	Außenwanddämmung	103.996,00	51.004,92
DS-Kernstadt	Schule, Allmendshofen	Außenwanddämmung	65.284,00	28.393,21
DS-Pfohren	Alte Schule	Fensterverglasung	9.033,60	2.942,70
DS-Pfohren	Schule	Temperaturregelung der Räume	10.200,00	3.884,05
DS-Wolterdingen	Feuerwehr	Dämmung o. Geschoßdecke	4.655,00	9.580,13

Die Maßnahmen der Priorität 1 würden 233.000 € kosten und jährlich 128.000 kWh Energie einsparen. Es verbleiben weitere 87 amortisierende Maßnahmen, die zusammen rund 2,4 Mio. € kosten und jährlich 1,2 Mio. kWh einsparen würden. Dabei sind freilich auch Maßnahmen wie die Außenwanddämmung der Realschule, deren Umsetzung nach heutigem Stand fraglich ist.

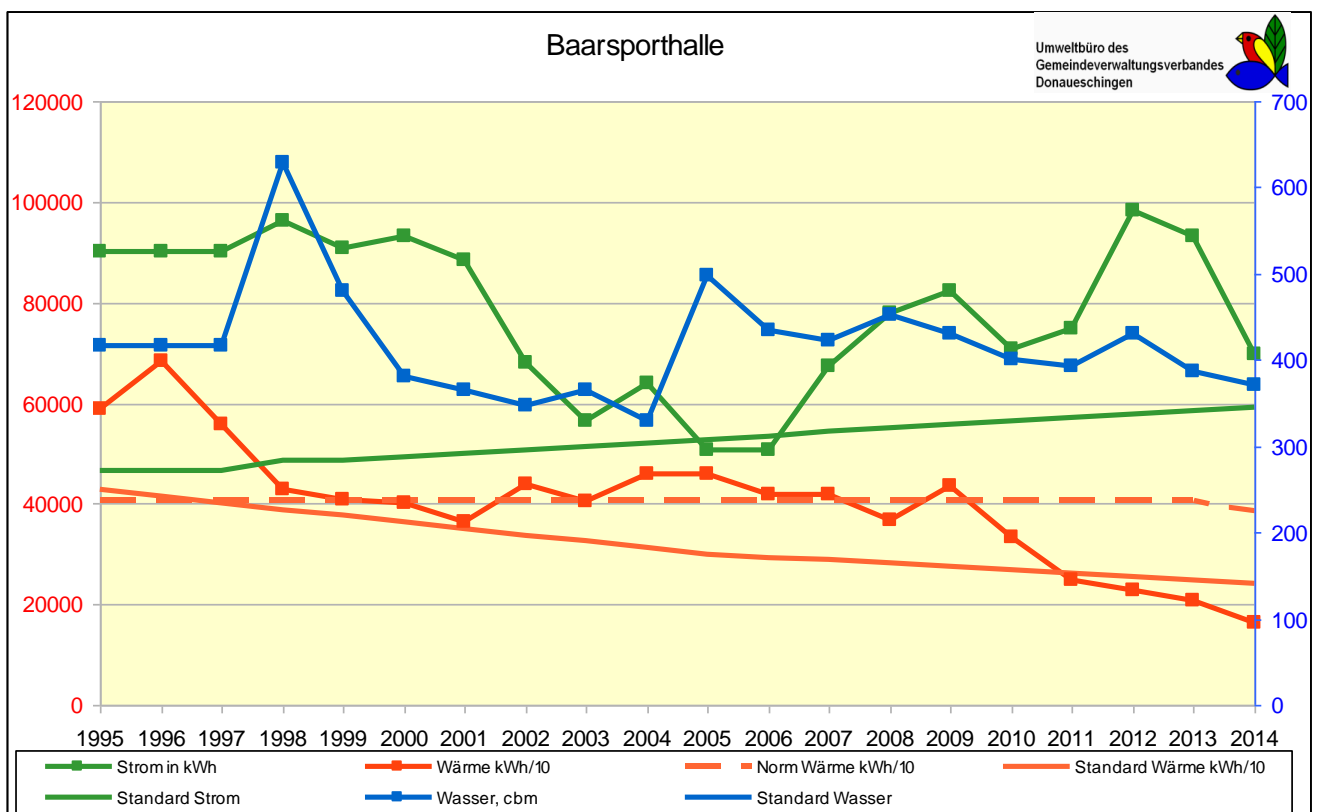
6 Großverbraucher: Auswahl markanter Änderungen

Aufgrund der Höhe des Energieverbrauches wird die Entwicklung der nachstehenden Verbraucher separat dargestellt. In den Grafiken wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit bei der Wärme 10 kWh als Einheit gewählt. Für den Verbrauch an Wärme und Strom gilt die linke Achse und für den Verbrauch an Wasser die rechte Achse der Diagramme. Bei Wärme und Strom sind sogenannte „Norm-„ und „Standardverbräuche“ angegeben. „Normverbrauch“ ist der auf Grund der konkreten Bauphysik des Gebäudes zu erwartende Verbrauch. „Standardverbrauch“ bezeichnet den auf Grund von überregionalen Daten ermittelten durchschnittlichen Verbrauch für diesen Gebäudetyp, berechnet aus spezifischem Verbrauch und Fläche.

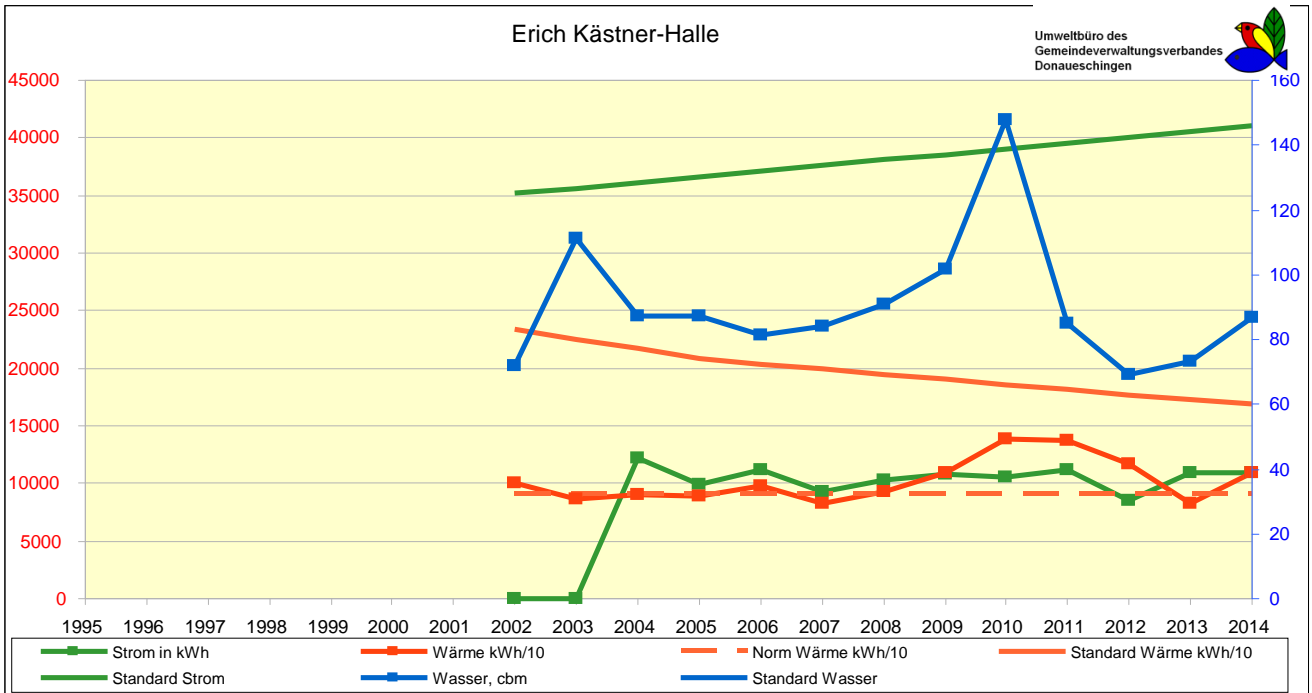
Der Heizenergieeinsatz ist immer witterungsbereinigt angegeben und die Änderungen beziehen sich auf den Vorjahreszeitraum, sofern nicht anders erwähnt. Die Verbrauchsentwicklung ist erfreulich. Bei der Wärme ist eine kontinuierliche Abwärtsentwicklung festzustellen, besonders deutlich nach dem Anschluss an die Brigachschiene im Jahr 2010. Beim Strom konnte der Anstieg aus dem Vorjahr wieder umgekehrt werden, liegt aber noch über dem Standardverbrauch.

6.1 Baarsporthalle

Die Modernisierung der Beleuchtung der Baarsporthalle im Jahr 2001 hat zu einem deutlichen Rückgang beim Stromverbrauch geführt. Leider hat sich diese Entwicklung seit 2006 wieder umgekehrt. Die Ursachen sind noch unklar: Die Überprüfung der Tagesganglinien brachte keine Ergebnisse. Allerdings sinkt der Verbrauch seit zwei Jahren wieder, liegt aber noch über dem Standardverbrauch. Die Erneuerung der Belüftung im Jahr 2009 hat zu einer Reduktion des Wärme-, nicht aber des Strombedarfs geführt. Möglicherweise ist die Einregelung noch nicht optimal. Dies sollte weiter untersucht werden. Der Wärmeverbrauch ist erfreulich niedrig und liegt unter dem Norm- und dem Standardwert. Auch der Wasserverbrauch ist abnehmend.

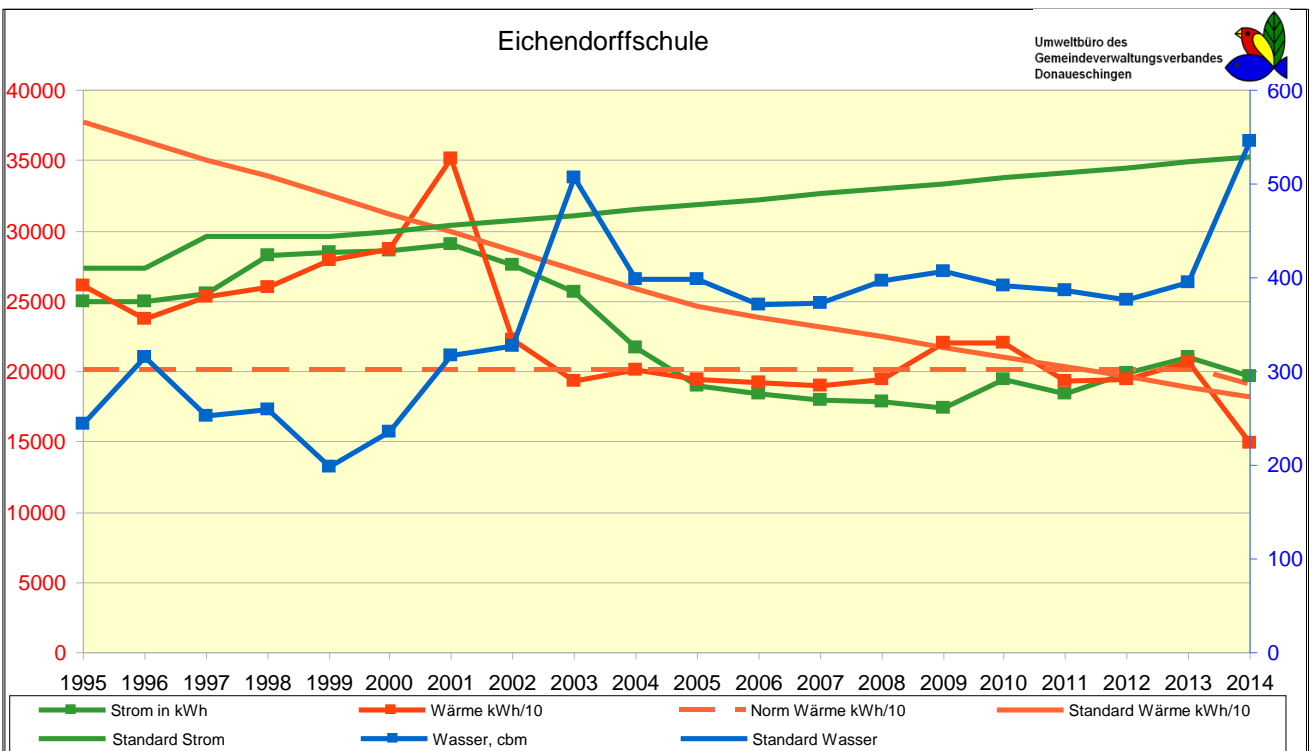


6.2 Erich Kästner-Halle



Die Ursache des Ausreißers beim Wasserverbrauch in 2010 ist unbekannt, die Werte 2011 waren jedoch wieder normal. Wasser- und Wärmeverbrauch haben im letzten Jahr zugenommen, die Wärme liegt nun geringfügig über dem Normwert. Der Stromverbrauch liegt deutlich unter dem Standardwert.

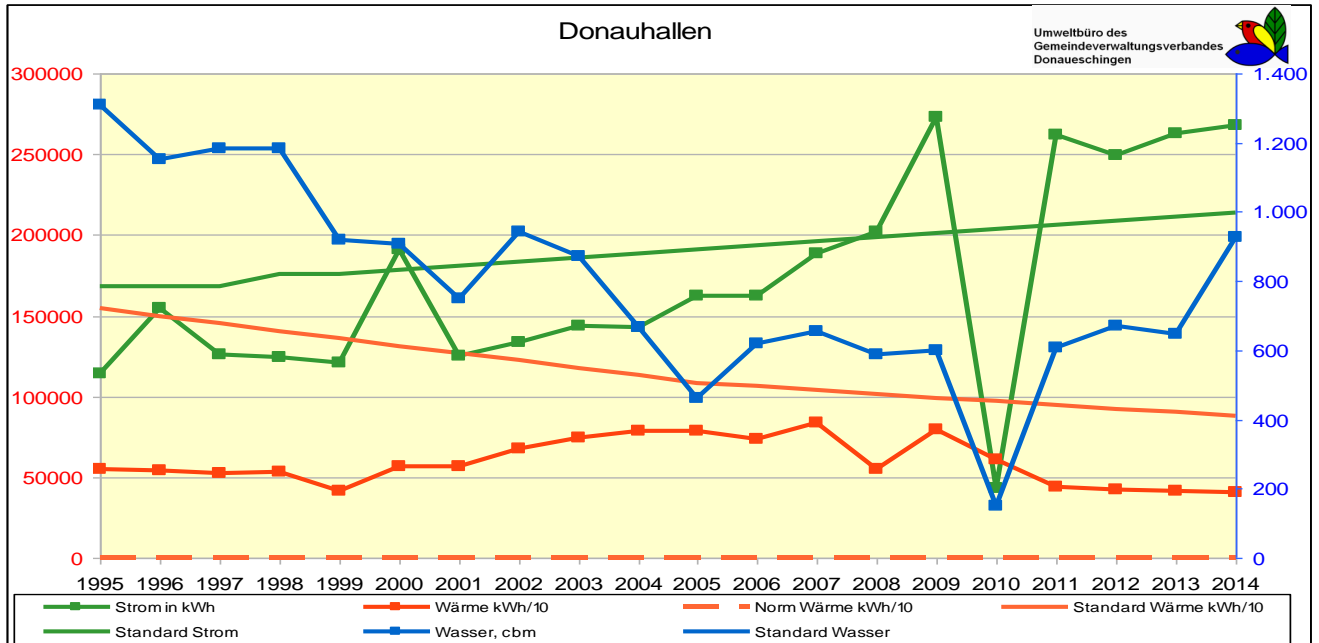
6.3 Eichendorffschule



Erfreulicherweise sind sowohl Strom- als auch Wärmeverbrauch trotz Ganztagsnutzung stabil, der Wärmeverbrauch ist zuletzt sogar stark gefallen. Anders verhält es sich beim Wasserverbrauch. Die Zunahme liegt zum einen an der längeren Anwesenheit der Schüler, zum anderen gab es in 2014 zwei Wasserrohrbrüche, die sofort behoben wurden.

Bei der Turnhalle der Eichendorffschule ist die Zunahme des Wärmeverbrauchs (hier nicht dargestellt) auf die Räume der Ganztagschule zurückzuführen, die am selben Heizstrang hängen. Es wird eine Trennung der Heizstränge empfohlen.

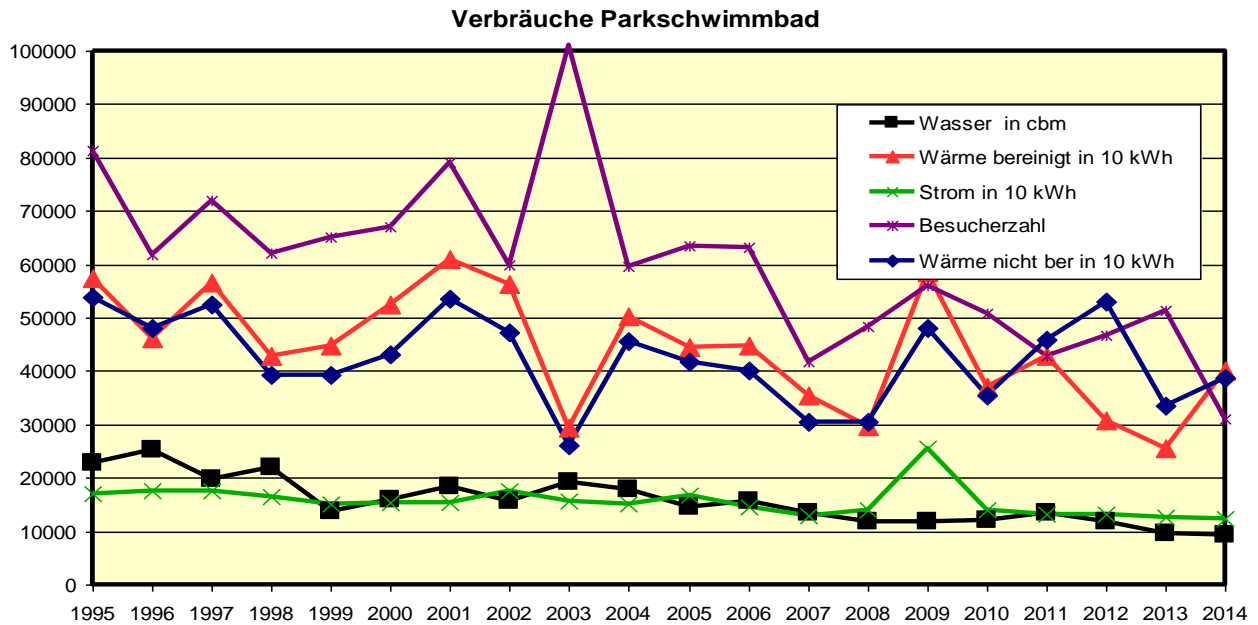
6.4 Donauhalle



Nach dem baubedingten Rückgang des Wasser- und Stromverbrauchs sind sich die Werte wieder gestiegen. Der Wärmeverbrauch sinkt, was durch den verbesserten Wärmeschutz und den Anschluss an die Brigachschiene erklärt werden kann. Dass der Stromverbrauch trotz moderner Gebäudetechnik auf einem sehr hohen Niveau verharret, lässt sich teils durch die Auslastung und Belegung der Donauhalle mit entsprechender Veranstaltungstechnik begründen. Dennoch sollte die Anpassung der Regelungstechnik an die tatsächlichen Nutzungszeiten überprüft werden. Es wird empfohlen, Beleuchtung und Lüftung messtechnisch zu analysieren, um sinnvolle Maßnahmen zu ermitteln. Auch der Wasserverbrauch ist zuletzt stark gestiegen.

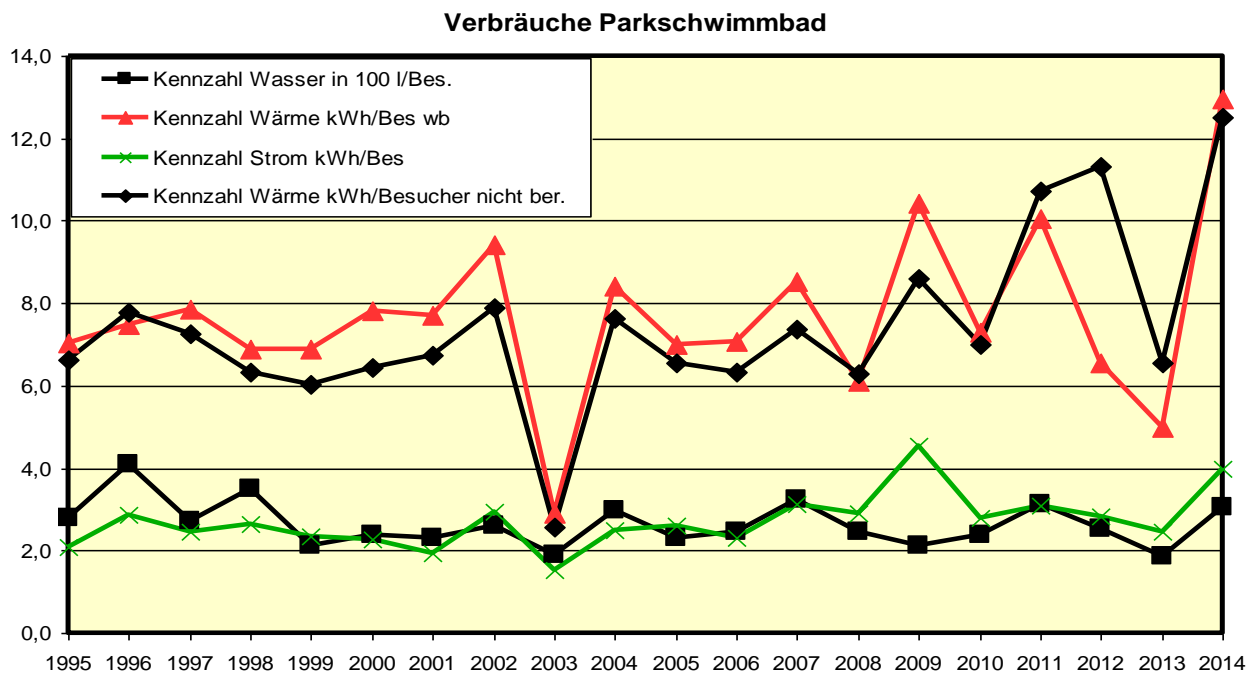
6.5 Parkschwimmbad

Im Parkschwimmbad wurde in den vergangenen Jahren in effiziente Energietechnik investiert. Die Solaranlage wurde erneuert. Dennoch wurden keine stabil niedrigeren Energieverbräuche zu erreicht. Während der Wasserverbrauch langfristig sinkend ist und der Stromverbrauch stabil, schwankt der Wärmeverbrauch, sowohl witterungsbereinigt als auch unbereinigt.



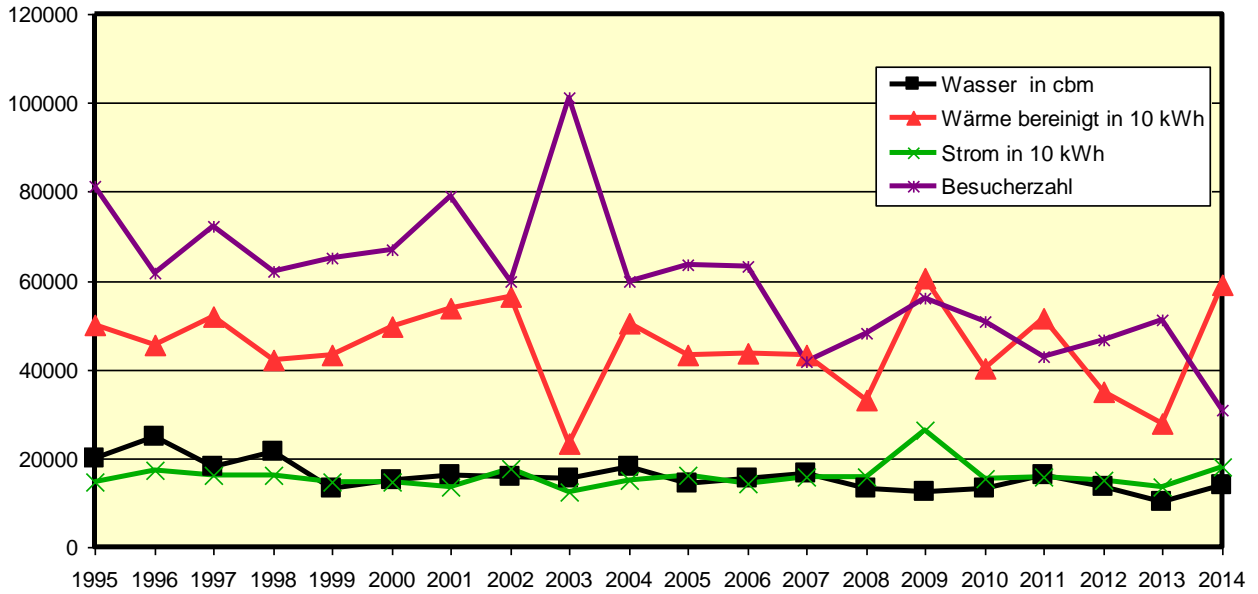
Die niedrigen spezifischen Verbräuche in 2003 lagen an einem besonders warmen Jahr mit hohen Besucherzahlen und geringem Nachheizbedarf.

Im nachfolgenden Diagramm sind die Verbräuche besucherbezogen dargestellt.

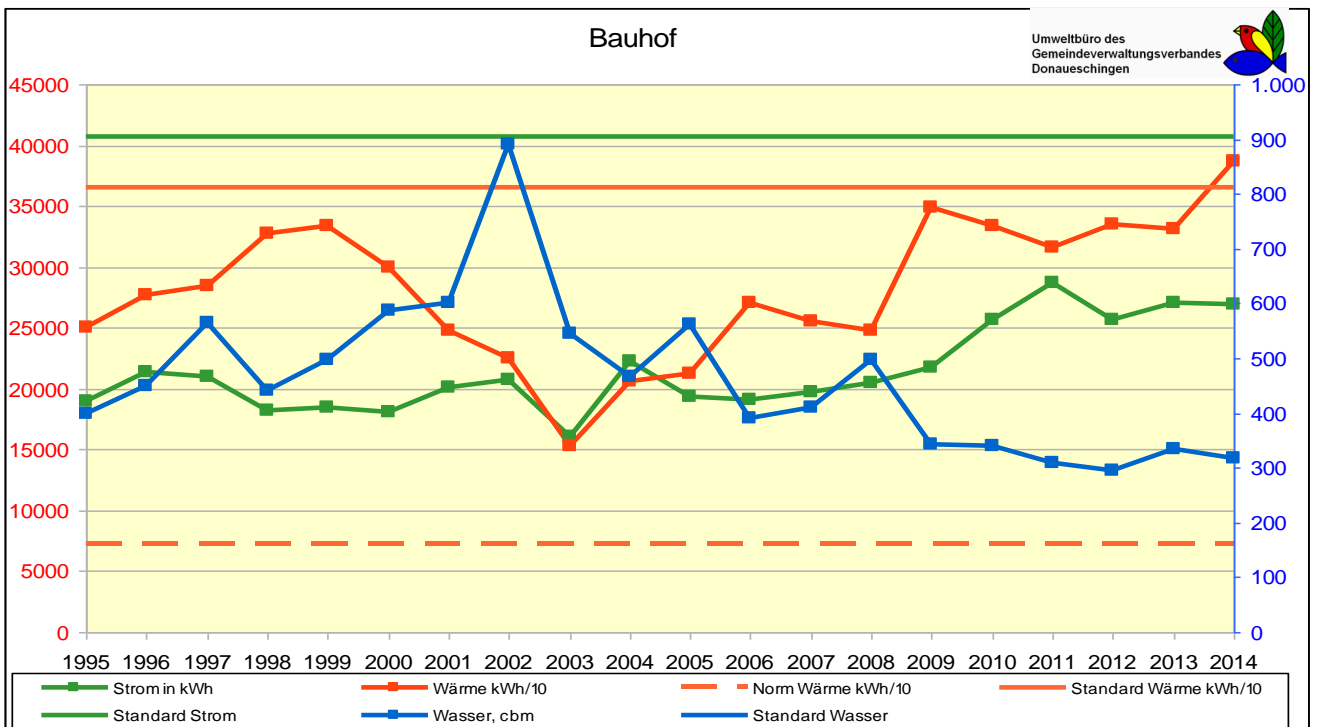


Bei einer hybriden Bereinigung (auf Besucher und Witterung) stellen sich die Verbräuche wie folgt dar:

Verbräuche Parkschwimmbad hybridbereinigt



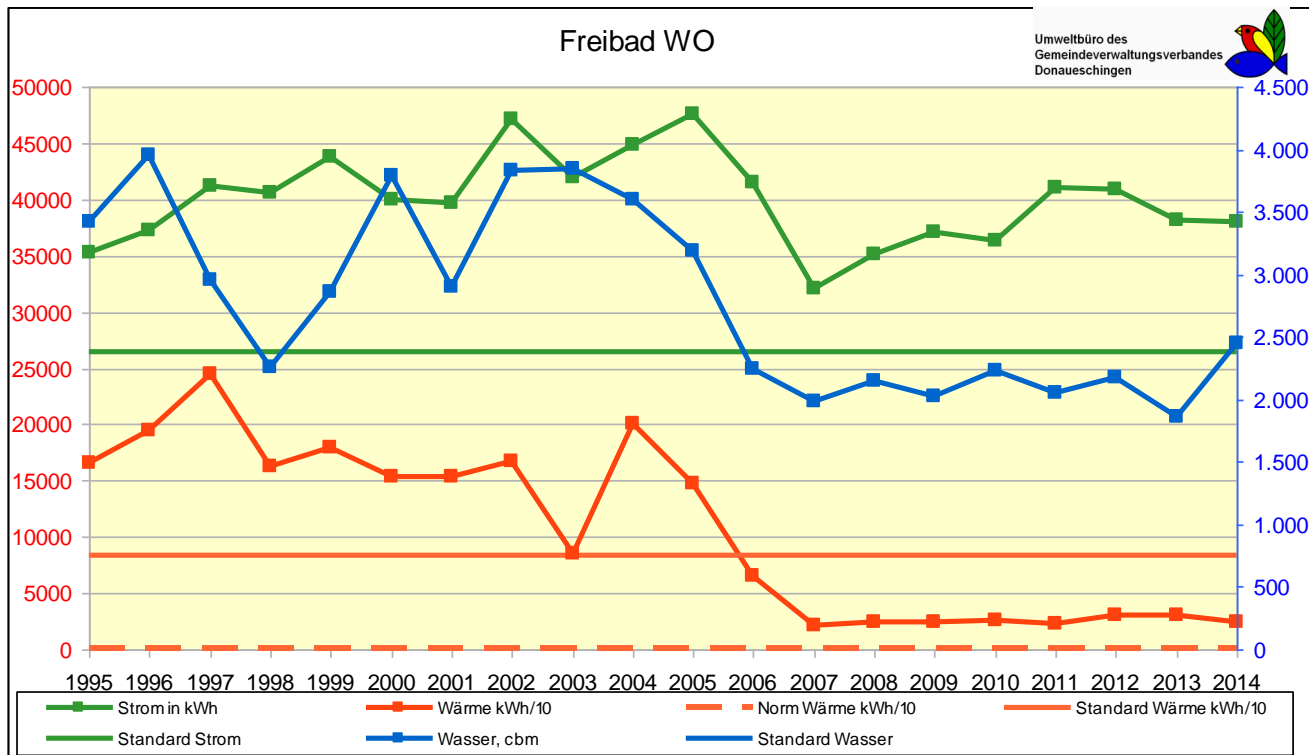
6.6 Bauhof Donaueschingen



Der Wasserverbrauch hat sich in den letzten Jahren erfreulich entwickelt. Strom- und Wärmeverbräuche haben sich dagegen seit 2008 fast verdoppelt. Beim Stromverbrauch kann die Zunahme teilweise durch den neuen, zu kühlenden Konfigurationsbehälter erklärt werden. Verglichen mit dem Standardverbrauch liegt der Stromverbrauch noch im Rahmen.

Die Zunahme des Wärmeverbrauchs ist vermutlich durch Defekte im internen Wärmeverteilnetz begründet, die für die Jahre 2012 bis 2014 belegt sind. Sie sollen in 2015 beseitigt werden, hierfür sind im Ergebnishaushalt entsprechende Mittel bereitgestellt.

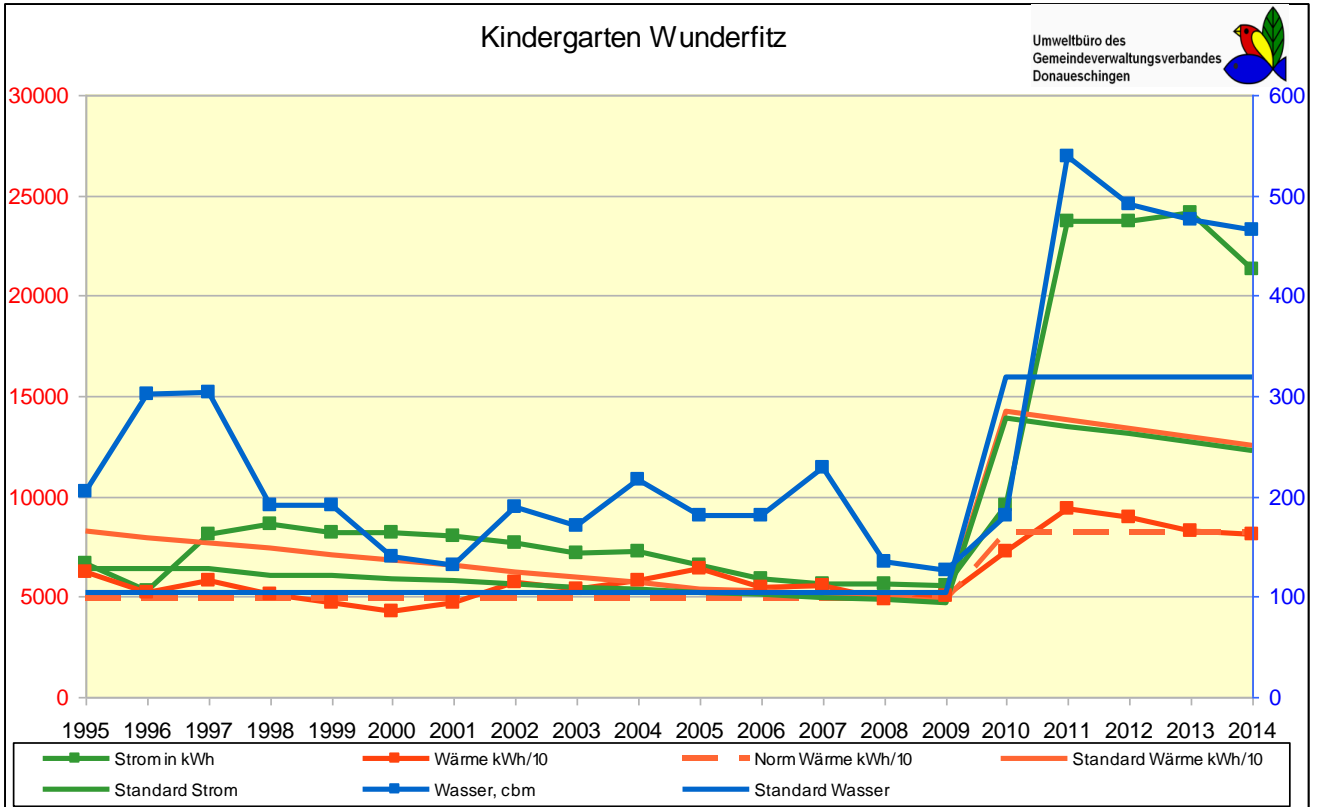
6.7 Freibad Wolterdingen



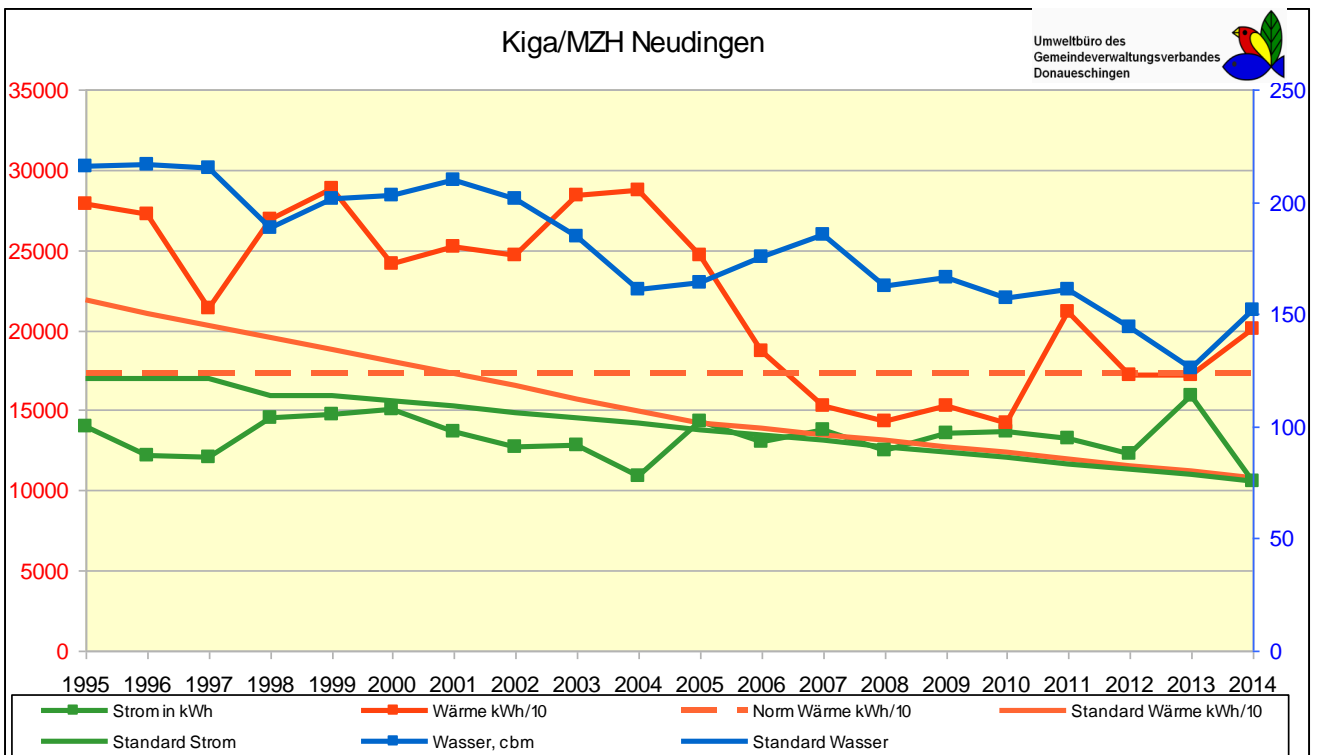
Die Verbräuche von Wasser und Wärme sind seit Installation der Solaranlage stark zurückgegangen. Seit 2006 wird das Bad durch den Förderverein betrieben, damit ist eine kontinuierlichere Überwachung möglich, was zu Verbrauchsreduktionen geführt hat. Die jüngste Zunahme beim Wasserverbrauch lag an einem Leck, das kürzlich beseitigt wurde.

6.8 Kindergarten Wunderfitz

Im Kindergarten Wunderfitz sind seit dem Umbau alle Verbräuche stark gestiegen und seither nur mäßig gesunken. Die Vergrößerung sowie die Ausdehnung der Nutzungszeiten kann dies größtenteils erklären. Die Regelung der Lüftungsanlage wurde verbessert, das Personal eingewiesen. Die Wärmelasten des Küchenbereichs wurden bei der Planung unzureichend berücksichtigt. Einige Optimierungen wurden mittlerweile eingeleitet, an weiteren wird gearbeitet. Der Wärmeverbrauch liegt mittlerweile beim Normverbrauch, Strom und Wasser sind noch überhöht. Durch den Wasserschaden 2014 und die anschließende Sanierung ist die Datenerhebung unterbrochen. Nach Fertigstellung der Sanierung soll die Anlage neu eingeregelt werden.



6.9 Kindergarten / Mehrzweckhalle Neudingen



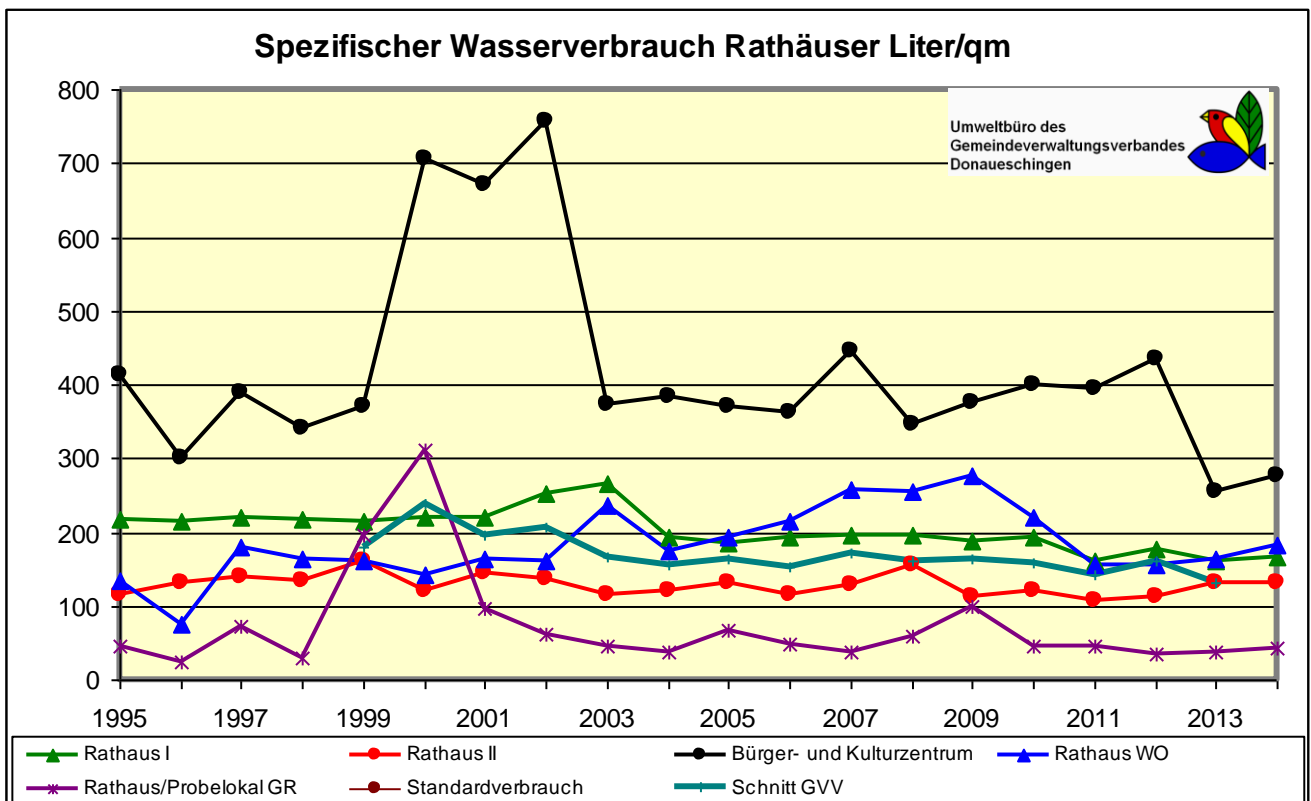
Der Stromverbrauch ist nach einem vorübergehenden Anstieg unbekannter Ursache wieder auf den Standardwert gefallen. Der Wärmeverbrauch liegt über dem Standardwert und nach einem aktuellen Anstieg auch über dem Normwert. Der Wasserverbrauch ist tendenziell fallend, allerdings seit 2013 wieder gestiegen. Dies könnte durch den angelegten Matsch-Spielplatz begründet sein. Die Entwicklung des Wasserverbrauchs sollte geprüft werden.

7 Vergleichsdiagramme

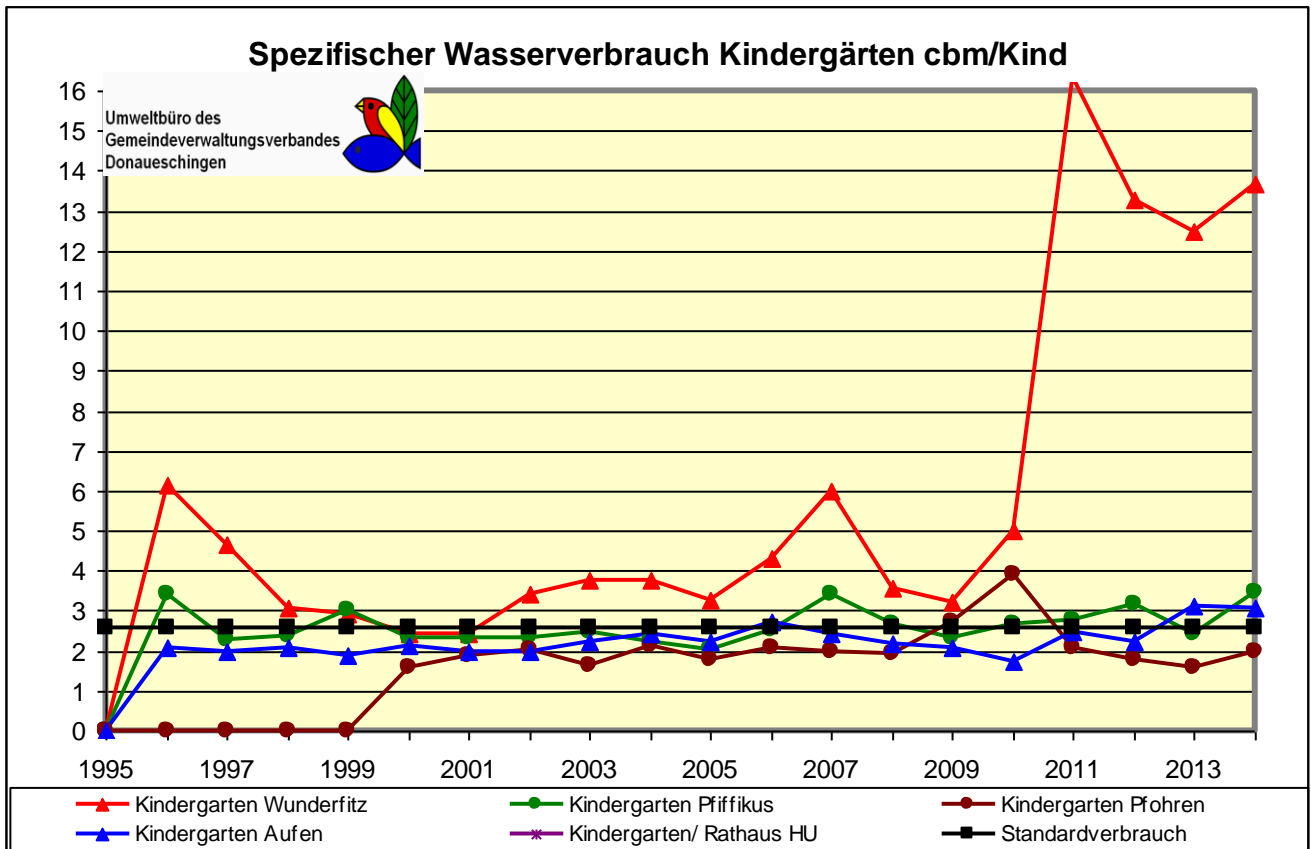
Nachfolgend sind die spezifischen Verbräuche von Gebäuden mit gleicher Nutzung vergleichend dargestellt. Die Verbräuche sind jeweils auf qm Nutzfläche bezogen. Der Wasserverbrauch in Schulen und Kindergärten dagegen ist auf die Anzahl der Kinder bezogen.

Bei der Interpretation müssen freilich Randbedingungen beachtet werden. Es gibt Gebäude mit Mischnutzung, die nicht immer korrekt aufgeteilt werden können (Ortsteilrathaus / Vereinsräume / Schule). Die Gebäude befinden sich in einem unterschiedlichen energetischen Zustand, und schließlich können die Nutzungszeiten stark variieren (Rathaus Kernstadt / Rathaus Ortsteil).

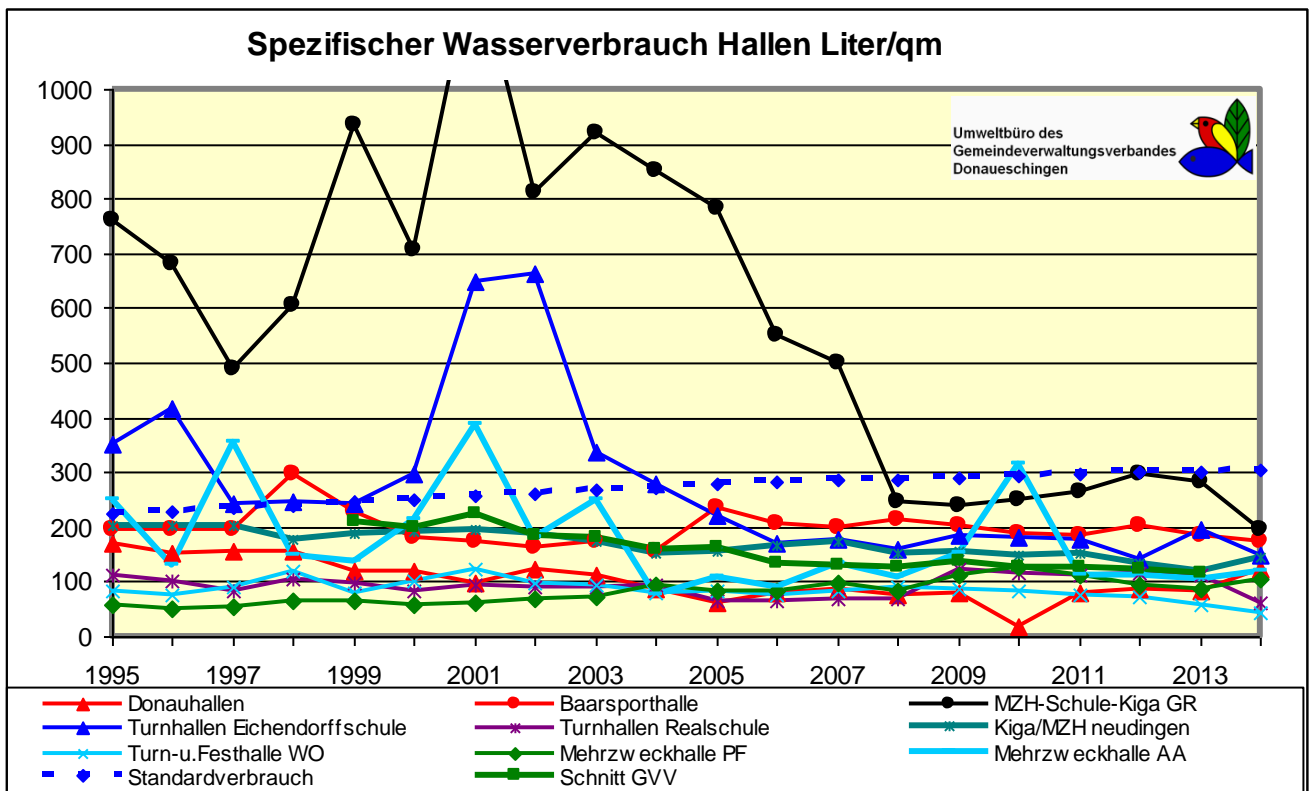
7.1 Wasser



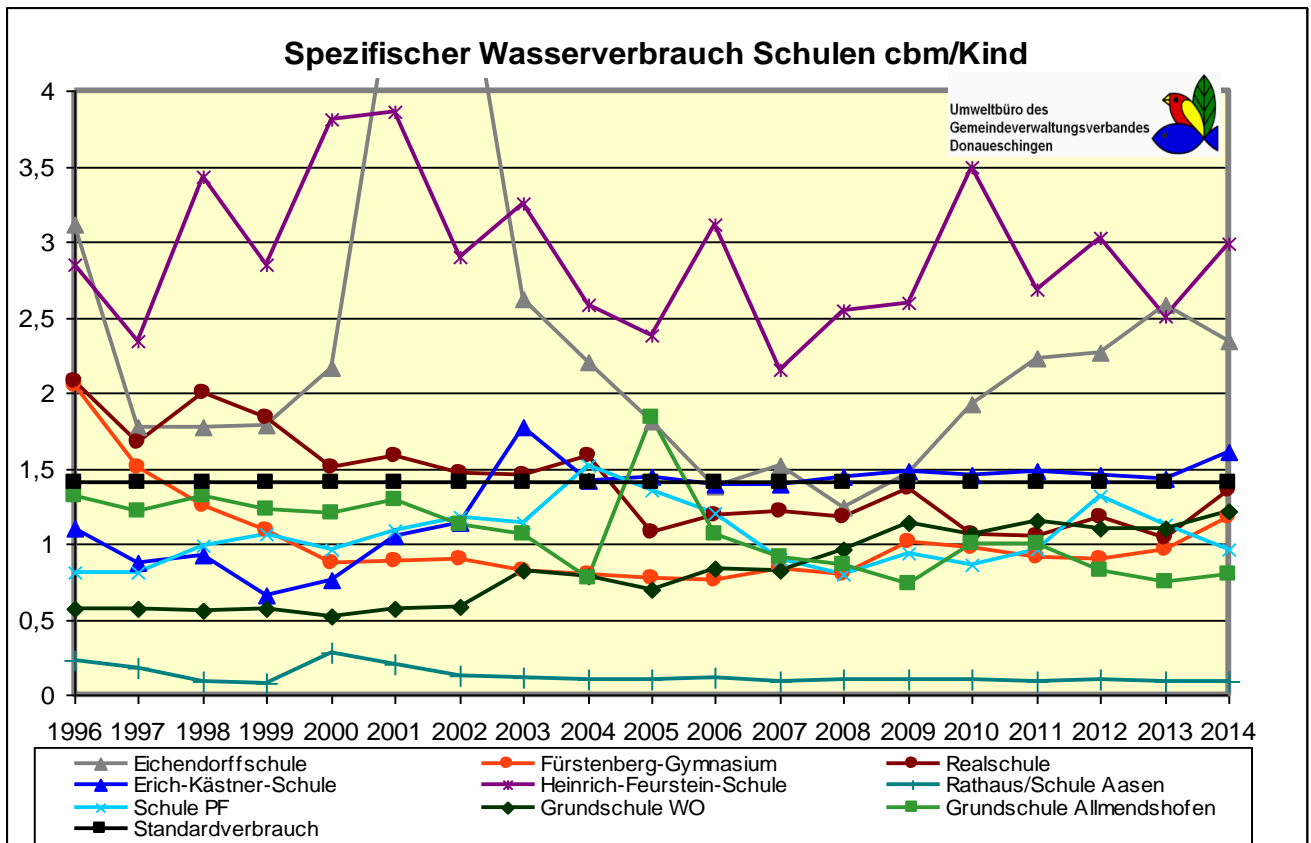
Der hohe Wasserverbrauch beim Bürger- und Kulturzentrum liegt am dortigen öffentlichen WC. Die hohen Verbräuche von 2000 bis 2002 lagen an technischen Defekten, die danach behoben wurden.



Der spezifische Wasserverbrauch im Kindergarten Wunderfitz lag schon immer hoch, hat sich aber seit der Erweiterung noch verdoppelt. Dies kann durch den Ausbau der Kleinkindbetreuung teilweise erklärt werden.

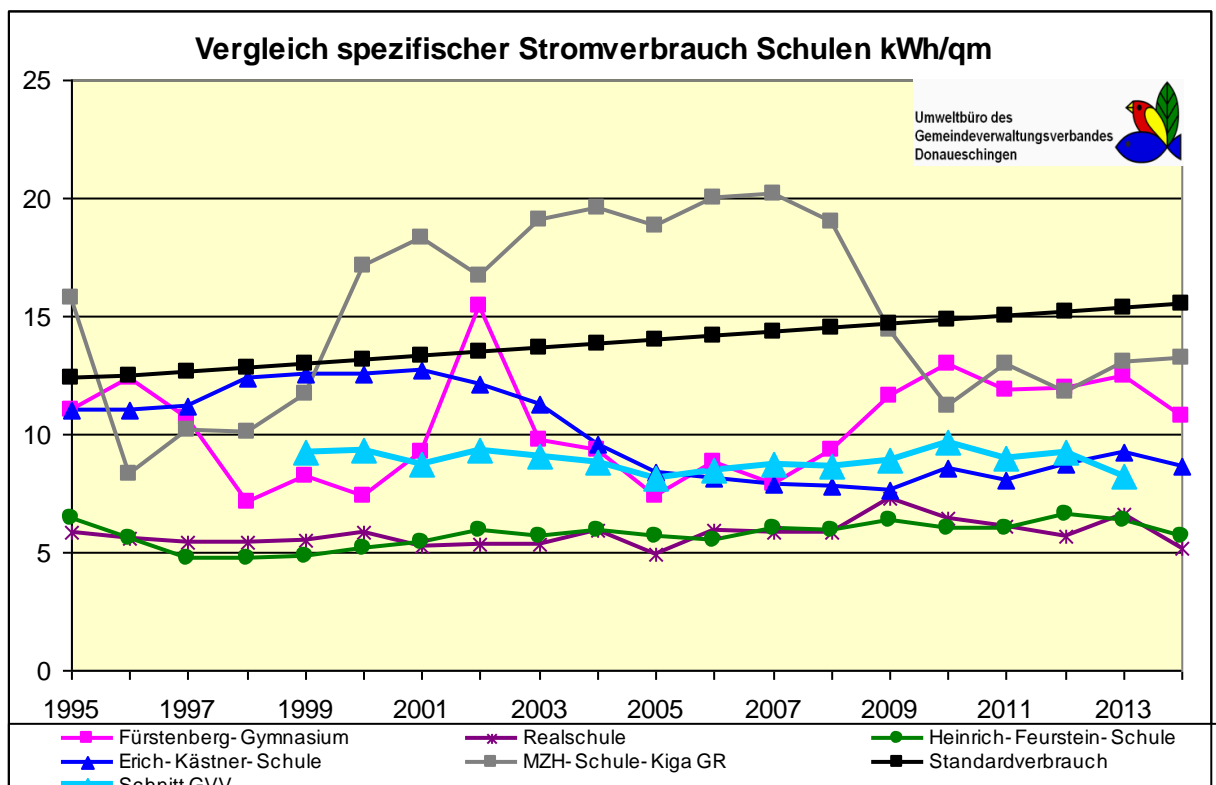


Die teilweise sehr hohen Verbräuche haben sich seit 2008 deutlich reduziert und liegen nun durchweg unter dem Standardverbrauch. Dabei spielt u.a. eine Rolle, dass der Wasserverbrauch des Sportvereins bei der Mehrzweckhalle Grüningen seither über einen separaten Zähler läuft.

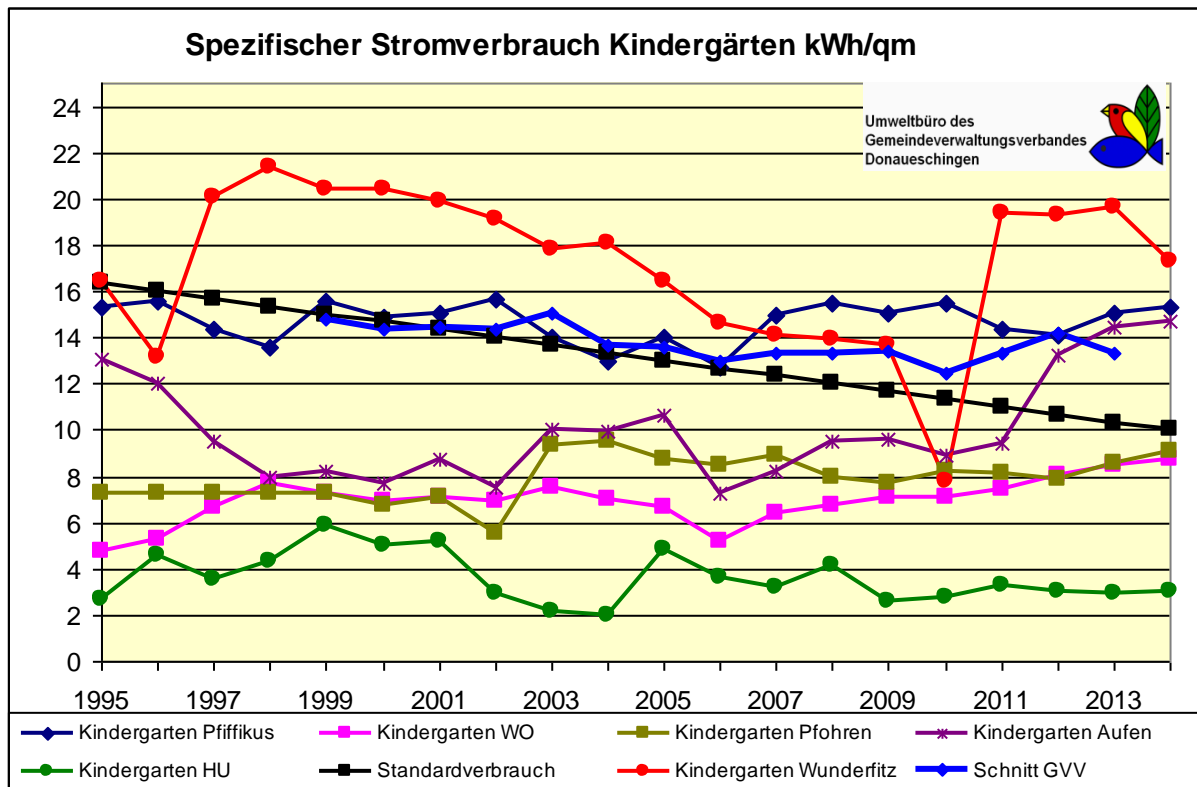


Die meisten Schulen liegen beim spezifischen Wasserverbrauch beim oder unter dem Standardverbrauch, lediglich die Heinrich-Feurstein-Schule und die Eichendorffschule haben einen höheren Verbrauch.

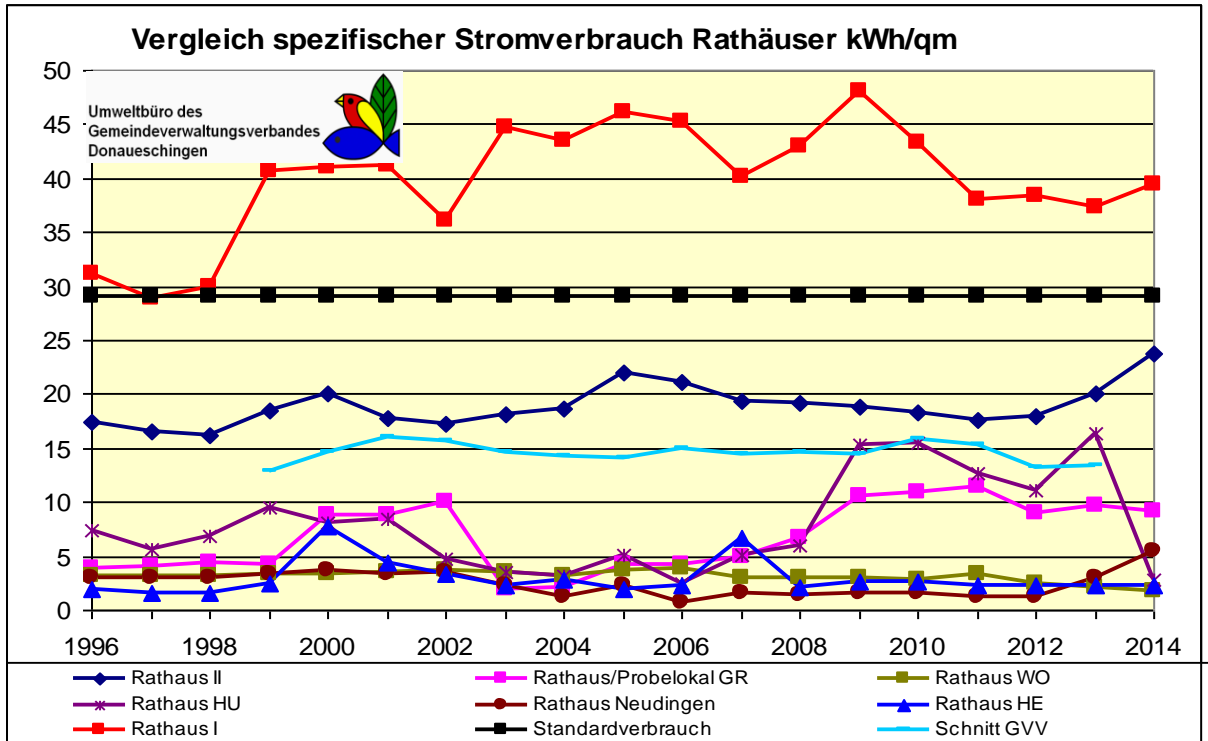
7.2 Strom



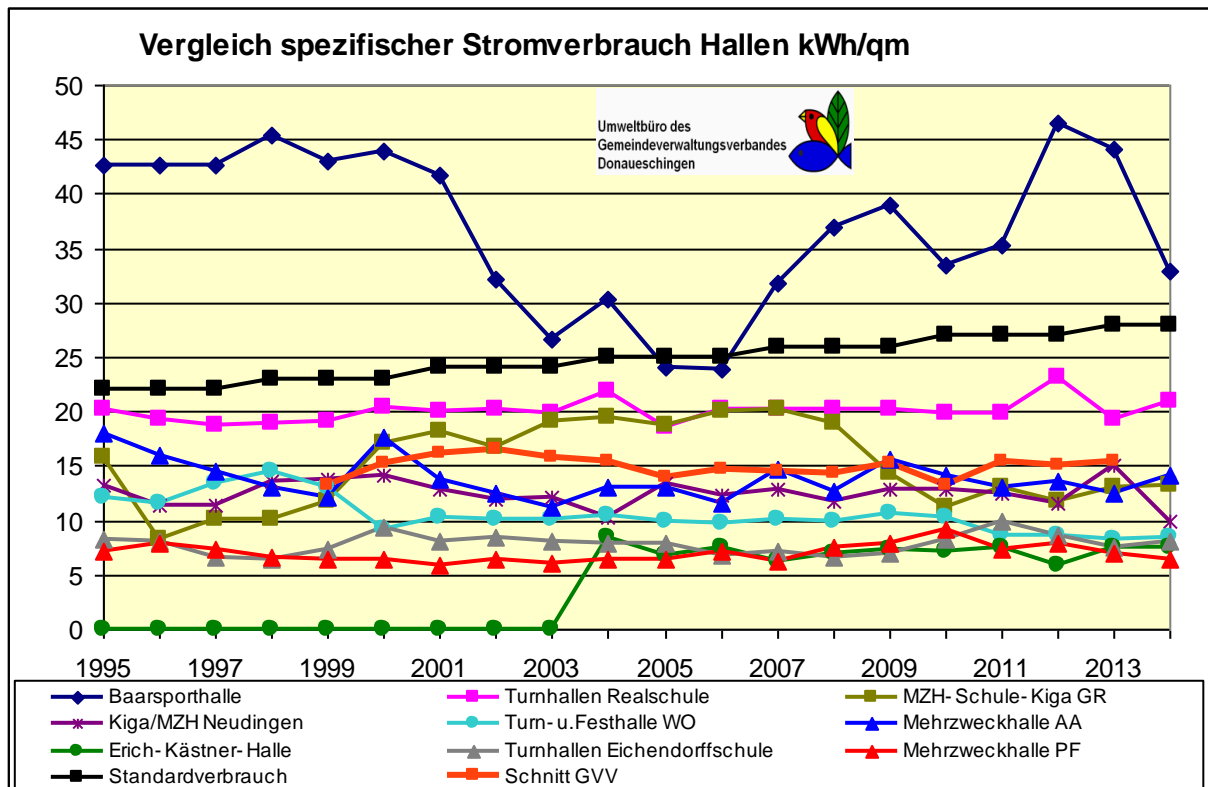
Praktisch alle Schulen liegen beim spezifischen Stromverbrauch beim oder unter dem Standardverbrauch.



Die Kindergärten Wunderfritz und Aufen haben stark steigende Stromverbräuche, der Kindergarten Pfiffikus einen hohen, aber stabilen Verbrauch. Beim Wunderfritz zeichnet sich eine Verbesserung ab, die auf die jüngsten Optimierungen zurückgeht. Sehr sparsam ist der Kindergarten Hubertshofen.

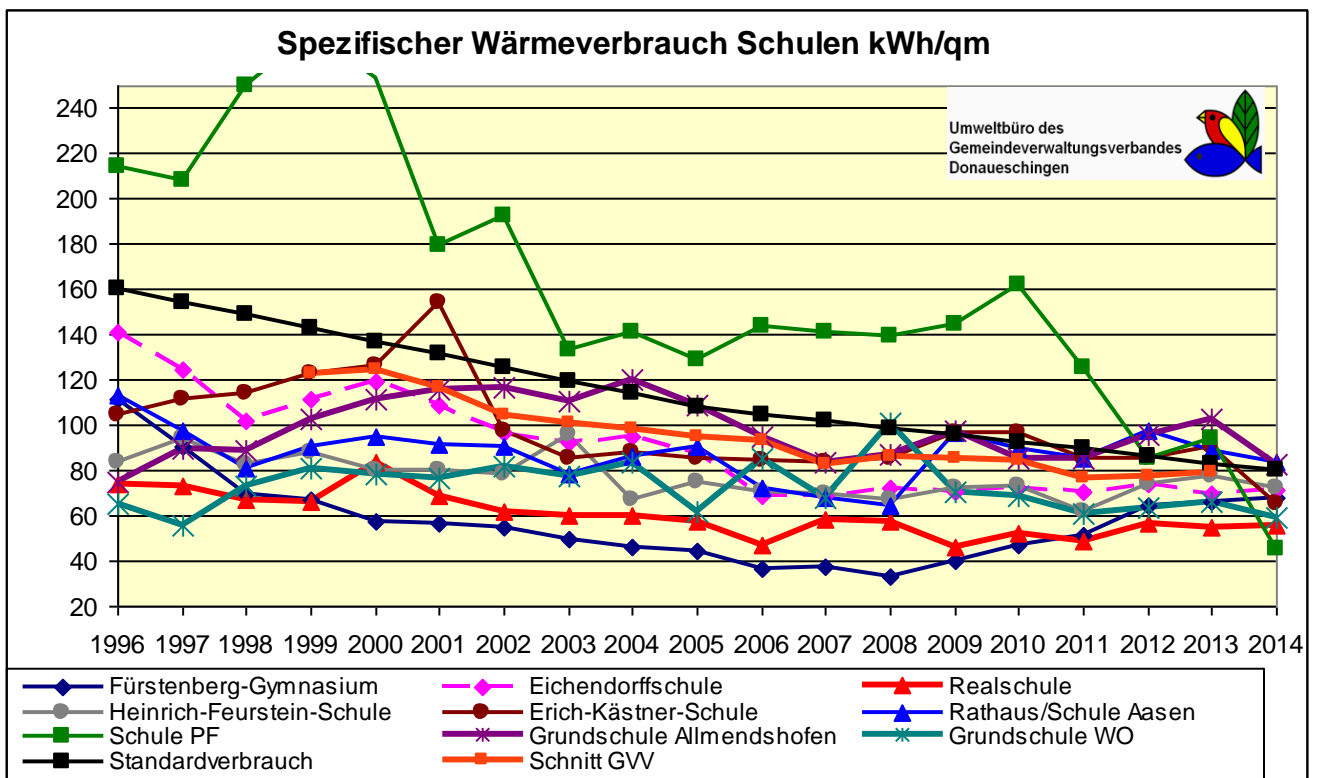


Bei den Rathäusern hat nur das Rathaus I einen über dem Standard liegenden Verbrauch. Hier ist die Zentrale der EDV und es gibt einige Großdrucker. In den letzten zwei Jahren fiel der Verbrauch stark, was an Entwicklungen in der EDV (Virtualisierung, Flachbildschirme) und bei der Beleuchtung liegen dürfte. Zu prüfen ist dagegen der Anstieg beim Rathaus II.

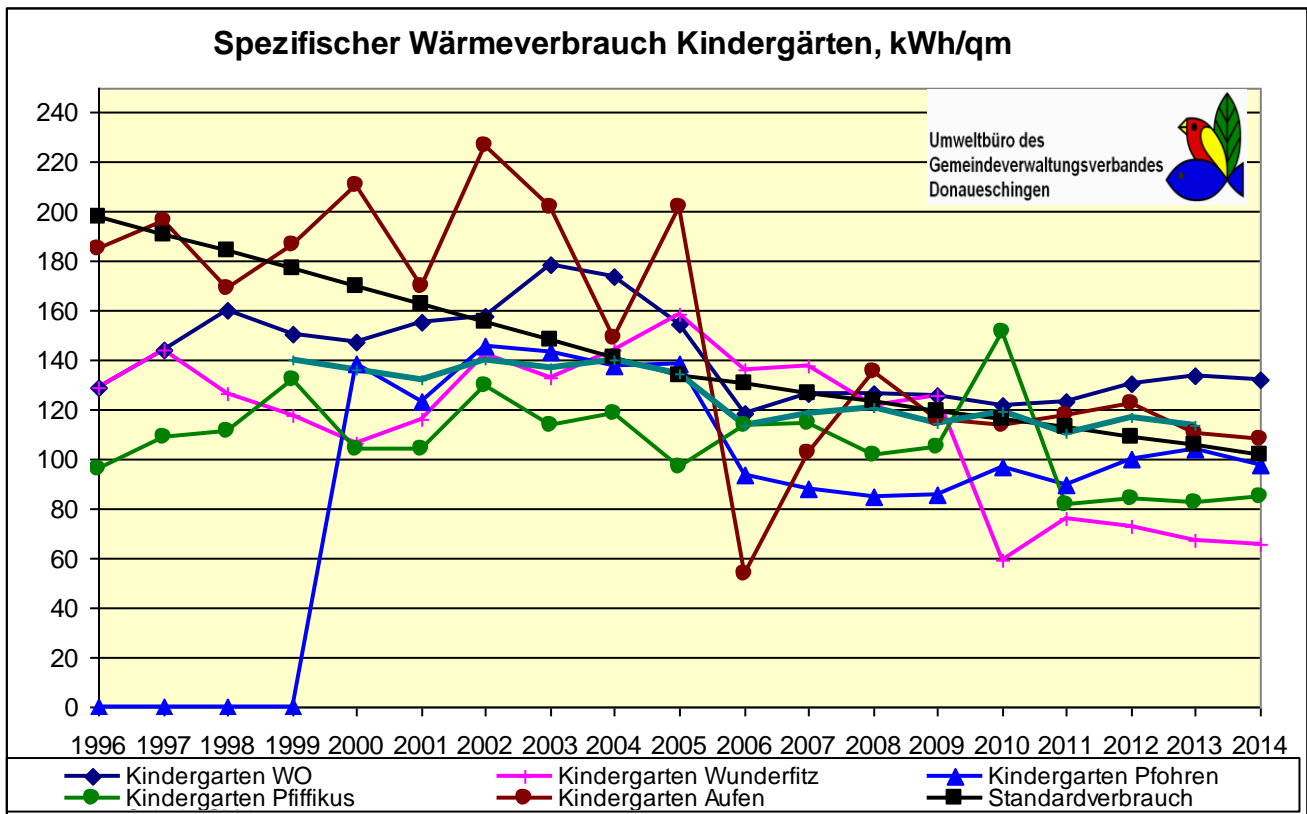


Die meisten Hallen liegen unter dem Standardverbrauch, nur die Turnhallen der Realschule und die Baarsporthalle haben einen höheren Verbrauch. Abhilfe könnte bei der Realschule der Austausch der Beleuchtung schaffen, der aber mit hohen Kosten verbunden ist.

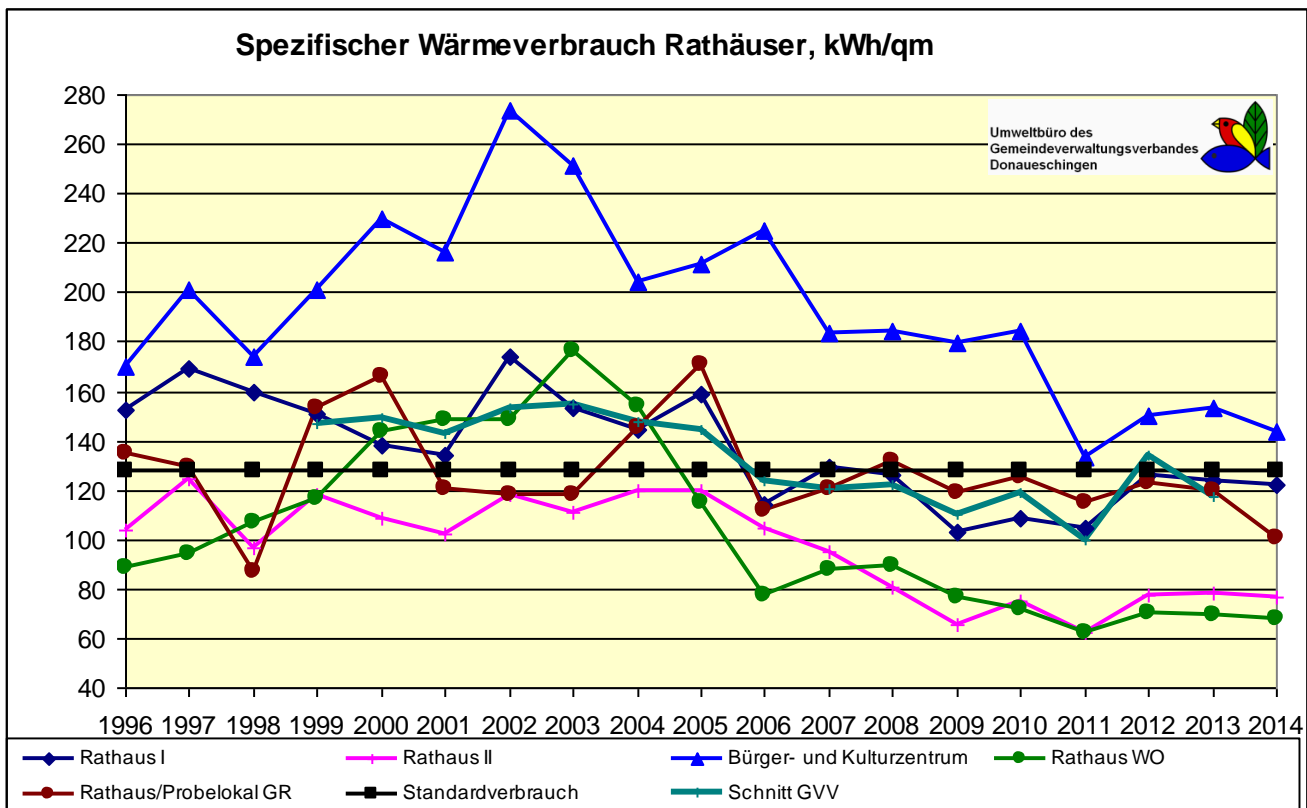
7.3 Wärme



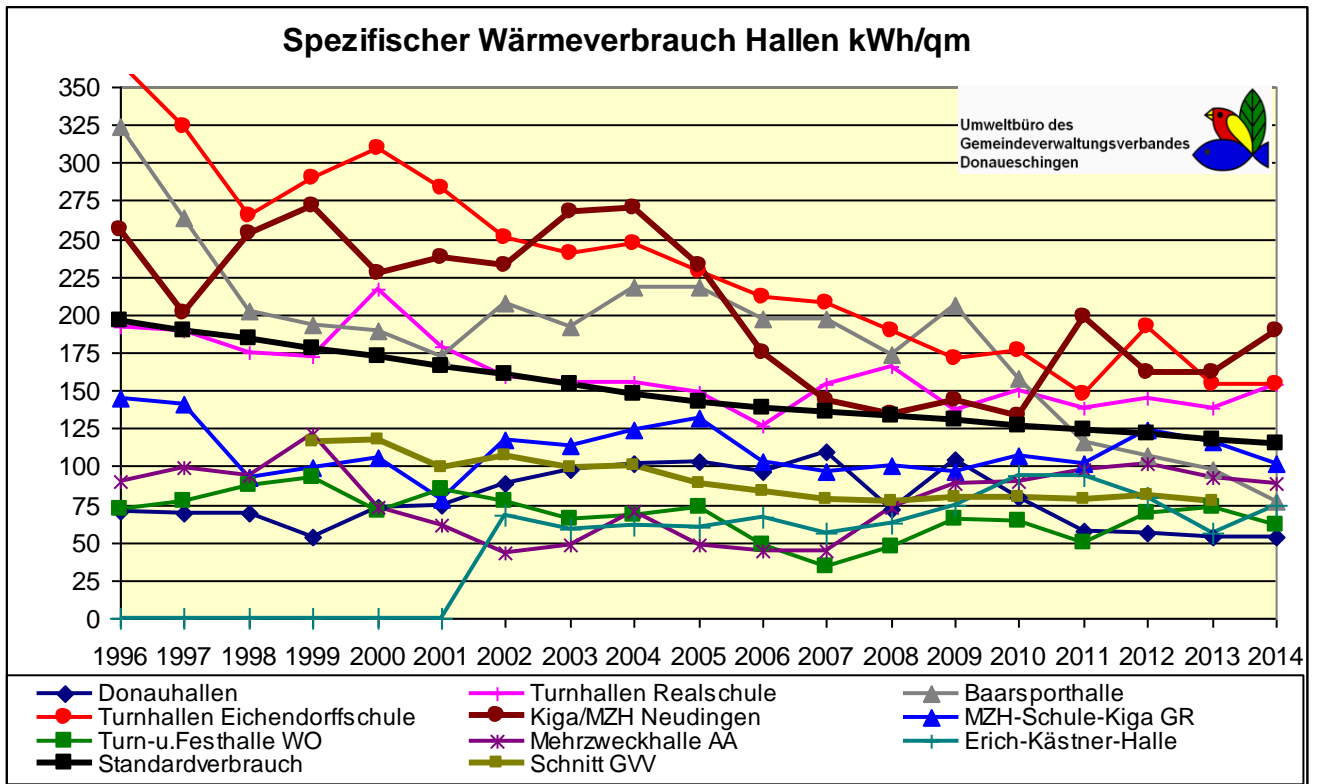
Der früher hohe Wärmeverbrauch der Schule Pfohren liegt nun stabil niedrig. Damit liegen alle Schulen im oder unter dem Standardverbrauch. Allerdings steigen die Verbräuche im Fürstenberg-Gymnasium seit einiger Zeit kontinuierlich.



Die Kindergärten haben tendenziell abnehmende Verbräuche und liegen beim spezifischen Wärmeverbrauch teils unter, teils über dem Standardverbrauch.



Die Rathäuser haben einen im Vergleich zum Standard niedrigen Wärmeverbrauch mit weiter abnehmender Tendenz. Der vergleichsweise hohe Verbrauch beim Bürger- und Kulturzentrum (Rathaus III) liegt wohl daran, dass es neben der Verwaltung noch andere Nutzungen beherbergt.



Der Wärmeverbrauch der meisten Hallen liegt unter dem Standardverbrauch.