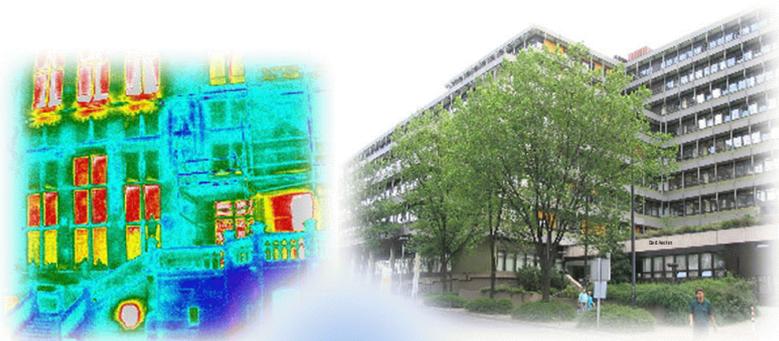




# Energiebericht des Gebäudemanagements der Stadt Aachen





Liebe Mitbürgerinnen und Mitbürger !

„Wir tragen bei Entscheidungen, die wir heute treffen, die Verantwortung dafür, dass sich die nachfolgenden Generationen mit den Folgen auseinander setzen müssen.“

Mit diesem Satz als Leitmotiv der Staaten, die sich 1992 in Rio auf die Agenda 21 verständigten, wurde ein Handlungsprogramm, das Nachhaltigkeit gleichermaßen auf ökologischer, ökonomischer und sozialer Ebene erreichen will, verabschiedet. Diese Agenda 21 fordert Städte und Gemeinden auf, „Global zu denken - Lokal zu handeln“, Handlungsprogramme mit konkreten Schritten zu entwickeln und praktisch umzusetzen.

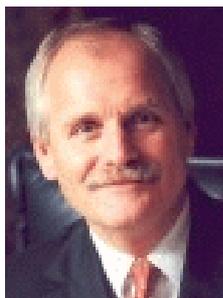
Die Stadt Aachen, insbesondere auch in der Verantwortung als Kur - und Badestadt, hat sich zum Ziel gesetzt, eine deutliche Reduzierung der Kohlendioxidemission zu erreichen.

Dieser vorliegende Energiebericht 2003 soll aufzeigen, wie im Bereich der städtischen Gebäude der Energieverbrauch sowie die Entwicklung energie- und rohstoffschonender Konzepte in den letzten Jahren seit 1995 verlaufen ist.

Eine moderne Stadtverwaltung muss neben der Versorgungssicherheit ihrer städtischen Liegenschaften auch die Wirtschaftlichkeit, Umweltverträglichkeit und Ressourcenschonung zum Ziel haben. Deshalb wird nach Möglichkeiten gesucht, den Energieverbrauch zu senken, ohne den notwendigen Komfort einzuschränken.

Das Erreichte soll Ansporn sein, alle technischen und organisatorischen Möglichkeiten auszuschöpfen. Es gibt noch viel zu tun.

Der Oberbürgermeister



Dr. Jürgen Linden



Grußwort /Vorwort

- 1 Der Eigenbetrieb Gebäudemanagement der Stadt Aachen
- 2 Ergebnisbetrachtung des kommunalen Energiemanagements der Stadt Aachen
- 3 Bauliche und technische Maßnahmen zur Energieeinsparung
  - 3.1 Fassadensanierung der Alkuin-Realschule
  - 3.2 Fassadensanierung der Hugo-Junkers-Realschule
  - 3.3 Fassadensanierung der Luise-Hensel-Realschule
  - 3.4 Energetische Sanierung der Käthe-Kollwitz-Schule
  - 3.5 Heiztechnische Sanierung der Grundschule Marktstraße
  - 3.6 Heiztechnische Sanierung der Grundschule Karl-Kuck-Straße
  - 3.7 Grundschule Kornelimünster, Abteigarten
  - 3.8 Sanierung des Rhein-Maas-Gymnasiums
  - 3.9 Umstellung des Einhard-Gymnasiums, Robert-Schumann-Straße
  - 3.10 Sanierung der städtischen Schwimmhallen
    - 3.10.1 Schwimmhalle Süd, Amyastr.
    - 3.10.2 Schwimmhalle Brand, Wolferskaul
    - 3.10.3 Schwimmhalle West, Händelstr.
  - 3.11 Einbau eines Energieschirmes in der Stadtgärtnerei Soers
  - 3.12 Modernisierung der Heizung und Installation eines BHKW's (Blockheizkraftwerk) im Schulkomplex Laurensberg
  - 3.13 Mini - BHKW's in Aachener Schulen
  - 3.14 Lichtmanagement für die Sporthalle Inda-Gymnasium
  - 3.15 Gebäudeautomationstechnik
    - 3.15.1 Anlagenoptimierung und Energieeinsparung mit einer Gebäudeautomation
  - 3.16 Das Bonussystem als „nicht-investive“ Maßnahme
- 4 Tendenzen des Wandels im Einsatz der Primärenergiearten
  - 4.1 Wärmeverbrauch städtischer Objekte
    - 4.1.1 Gasverbrauch städtischer Objekte
    - 4.1.2 Fernwärmeverbrauch städtischer Objekte
    - 4.1.3 Ölverbrauch städtischer Objekte
    - 4.1.4 Sonstige Wärmeverbraucher städtischer Objekte
  - 4.2 Stromverbrauch städtischer Objekte
  - 4.3 Wasserverbrauch städtischer Objekte
    - 4.3.1 Einsparung durch Reduzierung der Wasserzählergröße
- 5 Energie und Umwelt
  - 5.1 Emissionsbericht städtischer Objekte
- 6 Schlussbetrachtung
- 7 Anhang (Statistik)



## 1 Der Eigenbetrieb Gebäudemanagement der Stadt Aachen

Der Rat der Stadt Aachen hat am 08.10.2003 beschlossen, den Eigenbetrieb Gebäudemanagement mit Wirkung zum 01.01.2004 zu gründen. Dieser ist letztlich aus dem Hochbauamt hervorgegangen; schon in den 80er Jahren gab es einen Arbeitsschwerpunkt „Grundsatzfragen der Energietechnik“.

Die Bildung eines eigenständigen Sachgebietes Energiemanagement war 1998 eine wichtige Voraussetzung für ein professionelles und konsequentes Energiecontrolling. Das Energiemanagement sieht seine Aufgabe darin, den Energieeinsatz im Gebäudebestand zu minimieren und die Umsetzung der Klimaschutzziele zu verwirklichen.

Der Eigenbetrieb soll künftig nach dem sog. Vermieter-Mieter-Modell geführt werden. Das Gebäudemanagement nimmt im Auftrag der Stadt die Eigentümer-Funktionen wahr und bewirtschaftet und unterhält die Objekte nach Vereinbarungen mit den Nutzern. Im Gegenzug erhält der Eigenbetrieb Mieten, Mietnebenkosten und Entgelte für seine Dienstleistungen (z.B. Verwaltungskosten, Mittel für Planungen nach HOAI).

Solange die Grundlagen für das differenzierte Vermieter-Mieter-Modell noch nicht geschaffen sind, werden die für die Durchführung des Betriebes erforderlichen Finanzmittel pauschal durch die Stadt zur Verfügung gestellt.

Ab dem Wirtschaftsjahr 2006 soll der Aufbau soweit fortgeschritten sein, dass die oben beschriebene differenzierte Verrechnung mit den Nutzern umgesetzt ist.

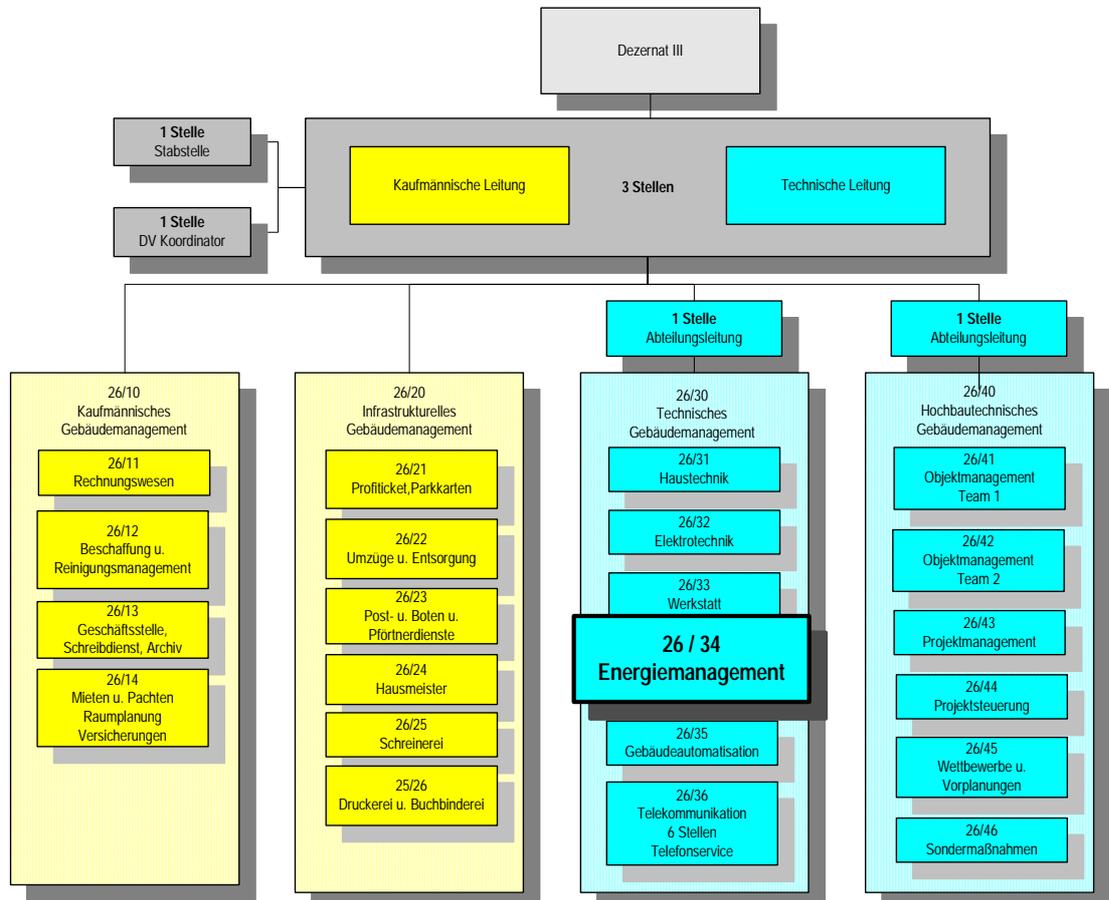
Dies bedeutet, dass in den nächsten zwei Jahren die Gebäudebewirtschaftungskosten ermittelt werden, um sie den Nutzern in einem Nebenkostenverfahren in Rechnung zu stellen.

In diesem Prozess wird das Energiemanagement einen weiteren wichtigen Beitrag zum Aufbau eines an kaufmännischen Grundsätzen orientierten Facility Managements zu leisten haben.



# GEBÄUDEMANAGEMENT DER STADT AACHEN

Stand 27.01.03



Die Werkleitung des Eigenbetriebes Gebäudemanagement der Stadt Aachen

Vera Bortz  
Kaufmännische Geschäftsführerin

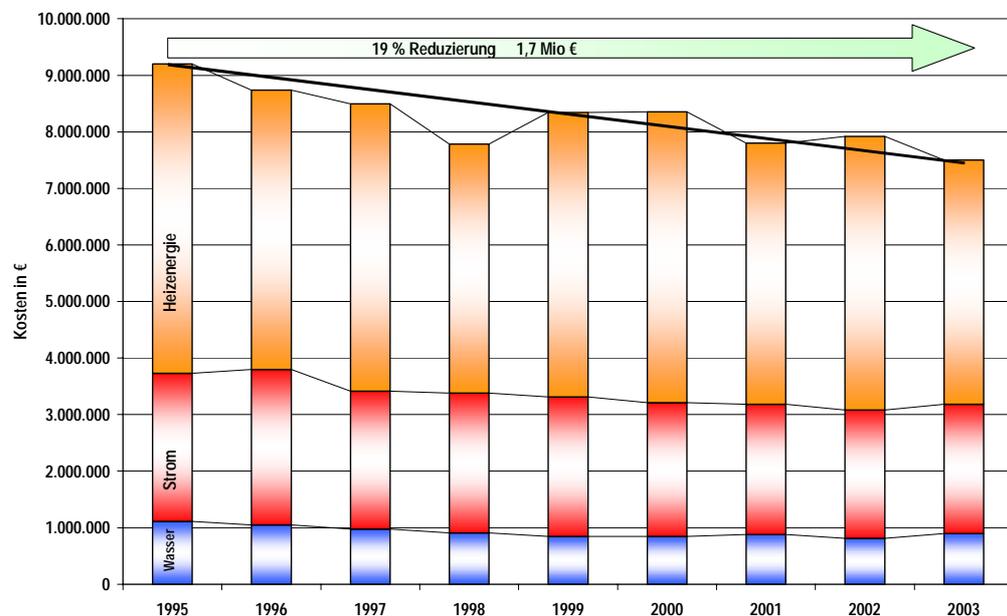
Michael Ferber  
Technischer Geschäftsführer



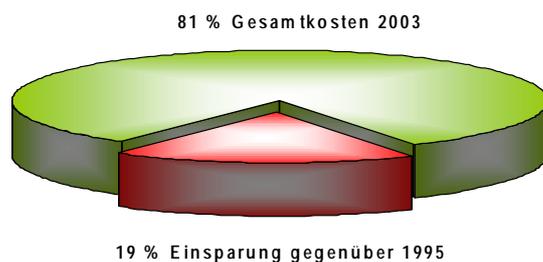
## 2 Ergebnisbetrachtung des kommunalen Energiemanagements der Stadt Aachen

Das oberste Ziel des kommunalen Energiemanagements bleibt die Reduzierung der Primärenergie und des Wasserverbrauches. Dies stellt den unmittelbarsten und wirksamsten Umweltschutz dar. Sie soll ohne Komforteinbußen bei gleichzeitiger Wertsteigerung der Gebäude erreicht werden. Der Eigenbetrieb Gebäudemanagement der Stadt Aachen ist für ca. 650 kommunale Immobilien verantwortlich.

Der nachfolgende Tätigkeitsbericht zeigt, wie das Energiemanagement sich diesem Ziel nähert, was erreicht wurde und wo noch Tätigkeitsfelder zu bearbeiten sind.



Die in der Grafik dargestellte Kostenentwicklung von 1995 bis 2003 für Heizenergie, Strom und Wasser ist auf den Preisindex des Jahres 2003 bereinigt. Die Heizenergiekosten sind zudem witterungsbereinigt dargestellt.



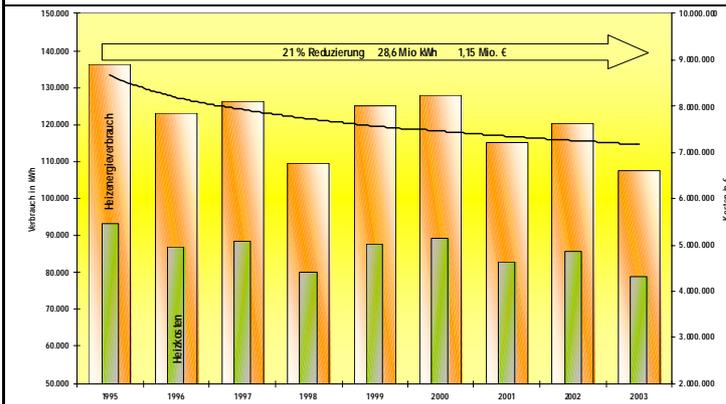
Die vorangestellten Grafiken zeigen die Energiekosteneinsparungen, die jährlich aufgrund von Einsparmaßnahmen erreicht wurden. Die Kostenreduzierung in 2003 beträgt gegenüber 1995 1,7 Mio. Euro. Dies entspricht einer prozentualen Einsparung von 19 %.



Die nachfolgenden Abbildungen geben Auskunft über die Größenordnung der in den jeweiligen Bereichen erzielten Verbrauchs- und Kosteneinsparungen.

**Heizenergieverbrauch und Kostenbetrachtung**

Der nachfolgend dargestellte Heizenergieverbrauch stellt mit 21 % Reduzierung ein hervorragendes Ergebnis dar und spiegelt den Einsatz von Maßnahmen zu rationellen Energieanwendungen wider. Alle Verbrauchswerte sind witterungsbereinigt.

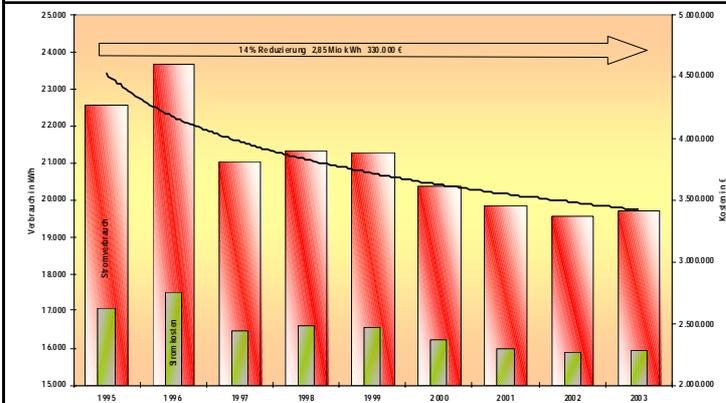


Bezogen auf den Preisindex 2003 wurde gegenüber 1995 eine Kosteneinsparung von 1,15 Mio € erreicht.



**Stromverbrauch und Kostenbetrachtung**

Die nachfolgend dargestellte Grafik zeigt einen 13%igen Rückgang des Stromverbrauches in städtischen Objekten. Gründe für die mäßige Reduzierung trotz umfangreicher energiesparender Maßnahmen sind unter anderem die Vielzahl von Multimediainstallationen.

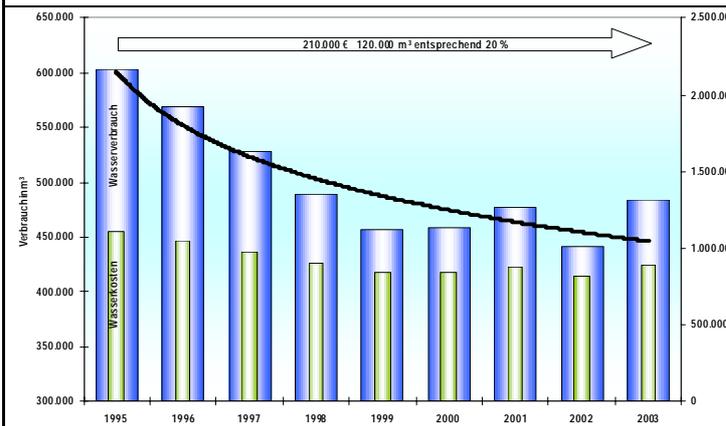


Bezogen auf den Preisindex 2003 wurde gegenüber 1995 eine Kosteneinsparung von 330.000 € erreicht.



**Wasserverbrauch und Kostenbetrachtung**

Nachfolgende Grafik spiegelt den Wasserverbrauch von 1995 bis 2003 wider. Durch energiesparende Maßnahmen, Einbau von Sparduschen und Armaturen sowie umweltbewusstes Nutzerverhalten konnten auch hier 20 % des Wasserverbrauchs eingespart werden.



Bezogen auf den Preisindex 2003 wurde gegenüber 1995 eine Kosteneinsparung von 1,100.000 € erreicht.





### 3 Bauliche und technische Maßnahmen zur Energieeinsparung

Nachfolgend sind Maßnahmen der letzten 7 Jahren dargestellt, die zu einer wesentlichen Energieeinsparung beigetragen haben. Zu erkennen ist, dass bauliche Maßnahmen an der Gebäudehülle hohe Einsparpotentiale aber auch hohe Investitionskosten aufweisen.

Im Anschluss an diese Tabelle werden einige Sanierungsmaßnahmen beispielhaft näher betrachtet.

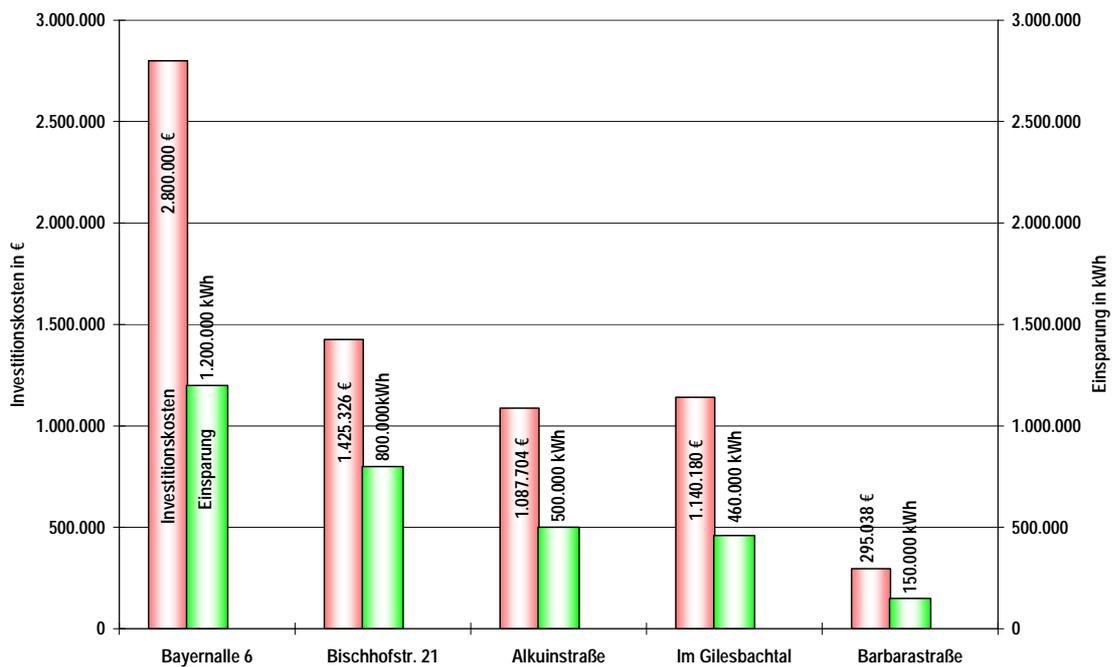
Bauliche und Technische Maßnahmen im Zeitraum 1995 bis 2003								
Investive Maßnahmen			Leistung	Investitionskosten	Einsparung	KWh	KWh	Einsparung
Kategorie	Objekt	Objektart	in kW	in €	KWh	vorher	nachher	Prozent
Baul. u. Technische								
Vollsanierung	Bayernallee 6	Berufsfachschule		2.800.000	1.200.000	2.600.000	1.400.000	46
Fassadensanierung	Bischhofstr. 21	Realschule		1.425.326	800.000	1.490.000	700.000	50
	Alkuinstraße	Realschule		1.087.704	500.000	970.000	470.000	50
	Im Gilesbachtal	Realschule		1.140.180	460.000	1.250.000	790.000	37
	Barbarastraße	Grundschule		295.038	150.000	750.000	600.000	20
	Schillerstraße	Arbeiterunterkunft		22.000	20.000	48.000	28.000	42
Heizungssanierung	Lagerhausstr. 20	Verwaltungsgebäude	1.440		800.000	2.000.000	1.200.000	40
	Marktstraße	Grundschule	440		465.000	775.000	320.000	59
	Luisenstraße 42	Grundschule	370		55.000	530.000	475.000	10
	Am Haarbachtal 10	Grundschule	600		300.000	1.000.000	700.000	30
	Beginenstraße	Grundschule	357		200.000	700.000	500.000	29
	Stolbergerstraße 155	Feuerwache	400		300.000	1.300.000	1.000.000	23
	Heider Hof Weg 1	Feuerwache	96		25.000	160.000	135.000	16
	Kaiserstraße 59	Hauptschule	660		100.000	800.000	700.000	13
	Schwalbenweg 4	Grundschule	1.000		600.000	1.700.000	1.100.000	35
	Karl- Kuck Straße 35	Grundschule	500		600.000	1.600.000	1.000.000	38
	Talbotstraße 20	Sonderschule	180		27.000	210.000	183.000	13
	Lintertstraße 68	Grundschule	125		18.750	498.750	480.000	4
	Ahornstraße	Grundschule	285		42.750	500.000	457.250	9
	Grüntalerstrasse 2	Grundschule	247		37.050	350.000	312.950	11
	Brühlstraße	Grundschule	285		42.750	320.000	277.250	13
	Lothringerstraße 10	Berufsfachschule	285		60.000	130.000	70.000	46
	Elsassstraße 92	Sonderschule	635		350.000	650.000	300.000	54
	Richardastraße 7	Betreuungseinrichtung	142		100.000	430.000	330.000	23
	Süsterfeldstraße 69	Unterkunft	150		60.000	400.000	340.000	15
	Stappertsstraße	Kindertageseinrichtung	65		50.000	190.000	140.000	26
	Parkstraße 130	Kindertageseinrichtung	105		15.750	150.000	134.250	11
	Im Grüntal 47	Kindertageseinrichtung	65		40.000	210.000	170.000	19
	Johannerstr. 2	Kindertageseinrichtung	96		14.400	196.000	181.600	7
	Johannstraße 15	Kindertageseinrichtung	65		45.000	210.000	165.000	21
	Am Reulert 89	Kindertageseinrichtung	96		60.000	140.000	112.000	53
	Franz- Wallraff Straße 2	Kindertageseinrichtung	40		60.000	110.000	50.000	52
	Eibenweg 16	Kindertageseinrichtung	107		30.000	180.000	150.000	17
	Wiesental 8	Kindertageseinrichtung	130		50.000	250.000	200.000	20
	Albert Einstein Straße 84	Kindertageseinrichtung	80		12.000	90.000	78.000	13
	Passstraße 123	Kindertageseinrichtung	96		80.000	240.000	160.000	33
	In den Kupperbenden 2	Kindertageseinrichtung	43		50.000	160.000	110.000	31
	Branderhofer Weg 15	Sportstätte	65		15.000	80.000	65.000	19
	Hasselholzer Weg 58	Sportstätte	154		50.000	140.000	90.000	36
	Siegelallee	Sportstätte	48		29.000	115.000	86.000	25
	Adenauerallee 243	Sportstätte	47		7.050	100.000	92.950	7
	Vaalsler Straße 335	Friedhof	46		6.900	98.000	91.100	7
	Lintertweg 10	Friedhof	200		30.000	300.000	270.000	10
	Mühlenstraße 19	Jugendtreff	43		6.450	250.000	243.550	3
	Am Mühlenteich 30	Jugendtreff	253		37.950	160.000	122.050	24
	Lernierser Berg 12	Jugendtreff	130		19.500	250.000	230.500	8
	Monschauer Straße 128	Feuerwehr	65		9.750	210.000	200.250	5
	Josefsallee 6	VHS	92		13.800	200.000	186.200	7
Fernwärmeumstellung	Franzstraße 58	Hauptschule	800		900.000	1.500.000	600.000	60
	Kronenberg 132	Kindertageseinrichtung	50		5.000	98.000	33.000	13
	Neukölnerstraße 15	Berufsfachschule	2.000		3.227.000	7.520.000	4.293.000	43
	Rhein- Maas- Straße 2	Gymnasium	800		1.216.293	1.936.293	720.000	63
	Robert Schumann Straße 4	Gymnasium	1.000		900.000	1.750.000	850.000	51
	Wolferskaul 19 A	Schirmhalle	800		500.000	2.047.000	1.547.000	24
	Blücherplatz 43	Verwaltungsgebäude	700		200.000	1.000.000	800.000	20
	Krefelder Str.	Sportanlage	1.200		150.000	522.000	372.000	29
	Michaelsbergstraße 14	Kindertageseinrichtung	300		150.000	498.500	348.500	30
	Saarstraße 66	Grundschule	550		500.000	1.100.000	600.000	45
	Jesuitenstraße 8	Grundschule	250		220.000	454.700	234.700	48
	Jesuitenstraße 20	Grundschule	180		190.000	583.100	393.100	33
	Vetschauerstraße 2	Grundschule	325		130.000	438.400	308.400	30
	Vetschauerstraße 20	Gesamtschule	1.100		330.000	2.158.700	1.828.700	15
	Laurentiusstraße 60	Kindertageseinrichtung	100		24.000	92.100	68.100	26



Da bauliche Maßnahmen wie Fassadensanierungen hohe Investitionen mit sich bringen, werden sie nicht aus Umweltschutzgründen allein in Angriff genommen, sondern in der Regel erst, wenn der Zustand anderer Bauteile wie der Fenster dieses erforderlich macht.

Die Stadt Aachen hat sich durch Ratsbeschluss gebunden, die gesetzlichen Vorgaben zur Verminderung der Transmissionswärmeverluste um 30 % zu unterschreiten. Bereits heute verringern übliche Dämmstärken von 12 cm den Wärmeverlust gegenüber ungedämmten Fassaden und Dächern um 65 % bis 75 %.

Die nachfolgende Grafik zeigt beispielhaft die Investition mit der einhergehenden Reduzierung des Energieverbrauchs. Die Berufsschule in der Bayernallee ist im Vergleich zu den anderen dargestellten Schulobjekten als Ausnahme anzusehen, da es sich hier um eine Vollsanieung im baulichen und technischen Bereich handelt.



Alle aufgeführten Maßnahmen werden in den nachfolgenden Abschnitten näher erläutert. Die spezifischen Investitionskosten liegen zwischen 1,78 und 2,48 € je eingesparte kWh. Der Schwankungsbereich von bis zu 40 % ist durch die jeweilige Fassadengestaltung begründet.

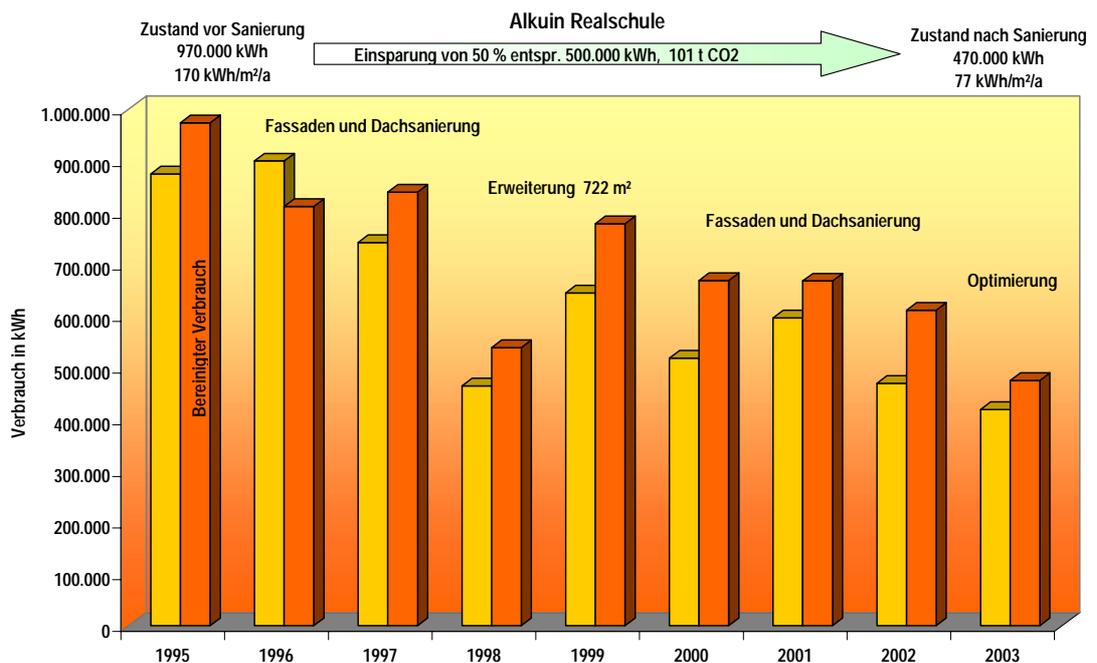


### 3.1 Fassadensanierung der Alkuin-Realschule

Die Alkuin-Realschule ist hinsichtlich ihrer Bauform typisch für Schulgebäude, die Anfang der 70er Jahre erbaut wurden. Der Energieverbrauchskennwert von 170 kWh/m<sup>2</sup>a lag etwas über dem nach VDI-Blatt 3807 angegebenen Mittelwert von 140 kWh/m<sup>2</sup>a, was jedoch für den unsanierten Zustand im Jahr 1995 akzeptabel war.

In den Jahren 1996 bis 1998 sind die ersten Fassaden- und Dachflächen saniert worden. Im Jahr 1999 ist ein Verbindungsriegel im Innenhof des Atriums mit einer gesamt beheizten Fläche von 722 m<sup>2</sup> errichtet worden. Auch die bis dato mit Strom beheizten Pavillons wurden auf die Gaszentralheizung der Schule aufgeschaltet. In den Folgejahren wurden die übrigen Fassaden- und Dachflächen saniert. Die zeitliche Streckung der Gesamtsanierung ist durch die beschränkte Ausführungszeit auf die Sommer- und Herbstferien bedingt.

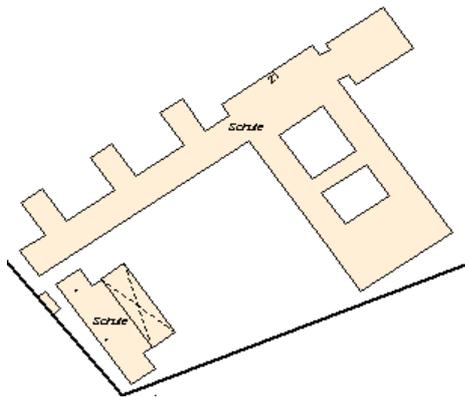
Die im Jahr 2002 vorgenommene Optimierung der Heizungsanlage führte im Jahr 2003 zu einem Heizenergiekennwert von 77 kWh/m<sup>2</sup>a. Der nach VDI 3807 angegebene ambitionierte Richtwert von 75 kWh/m<sup>2</sup>a wird somit vollständig erreicht. Dieses stellt in bezug auf den Ausgangswert von 170 kWh/m<sup>2</sup>a eine Einsparung von 55 % dar. Bezogen auf den Heizenergieverbrauch des Jahres 1995 werden 500.000 kWh/a weniger verbraucht, die CO<sub>2</sub> Emission wird jährlich um 101 t verringert.



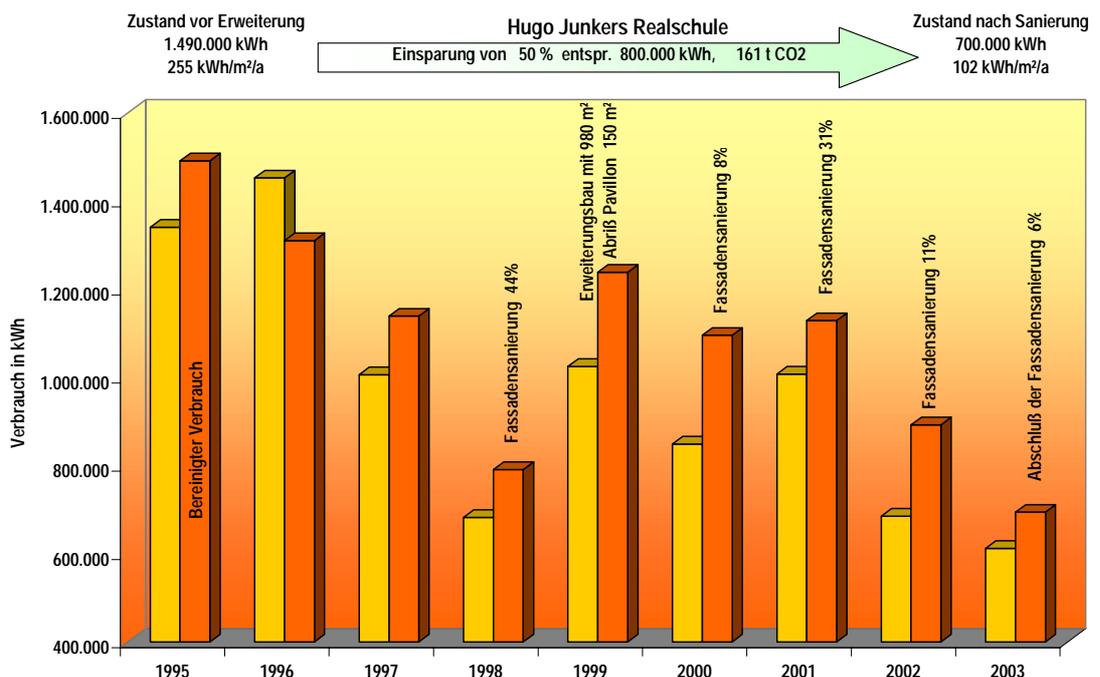


### 3.2 Fassadensanierung der Hugo-Junkers-Realschule

Die Fassade der Hugo-Junkers-Realschule wurde in den Jahren 1998 bis 2003 saniert. Im Jahr 1999 wurde der 150 m<sup>2</sup> große Pavillon abgerissen und durch einen Erweiterungsbau mit 980 m<sup>2</sup> ersetzt. Letzterer ist in dem nachstehenden Foto abgebildet.



Die Energiekennzahl des unsanierten Gebäudes von 255 kWh/m<sup>2</sup>a vor der Sanierung ist im Vergleich zur Alkuin-Realschule mit 170 kWh/m<sup>2</sup>a um 33 % schlechter. Da die Gebäudestruktur nicht verändert wurde, konnte auch nach der Sanierung die Kennzahl mit 102 kWh/m<sup>2</sup>a nicht so optimal ausfallen! [Hinzu kommt, dass dieses Gebäude auch als Abendrealschule wesentlich höhere Jahresbenutzungsstunden aufweist].

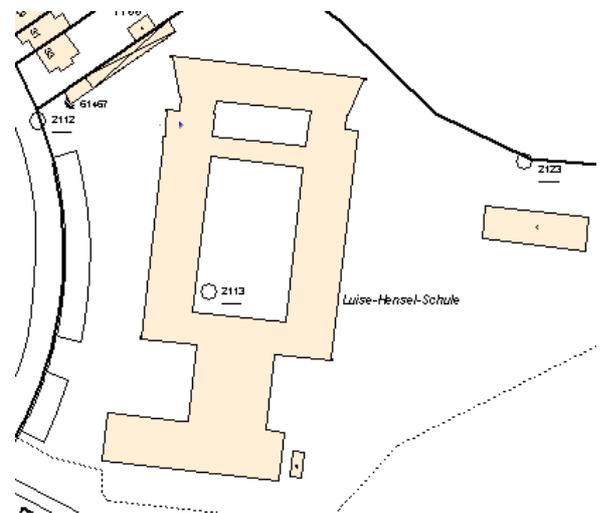




### 3.3 Fassadensanierung der Luise-Hensel-Realschule

Die Fassadenflächen der Luise-Hensel-Realschule wurden in den Jahren 1999 bis 2002 saniert. Auch hier sind die bewährten Holz-Aluminium-Fenster mit einem U- Wert<sub>Glas</sub> von 1,3 W/m<sup>2</sup>K und Wärmedämmverbundsystem mit einer Materialstärke von 10 cm eingesetzt worden. Da die Dachflächen sich in einem vergleichsweise guten Zustand befanden, wurden sie bei der Sanierung nicht gedämmt.

Der spezifische Wärmeverbrauch von 230 kWh/m<sup>2</sup> konnte so auf 142 kWh/m<sup>2</sup> reduziert werden. In bezug auf den Richtwert von 75 kWh/m<sup>2</sup> besteht noch ein Einsparpotential, das durch weitere technische und bauliche Maßnahmen in den kommenden Jahren erschlossen werden sollte.

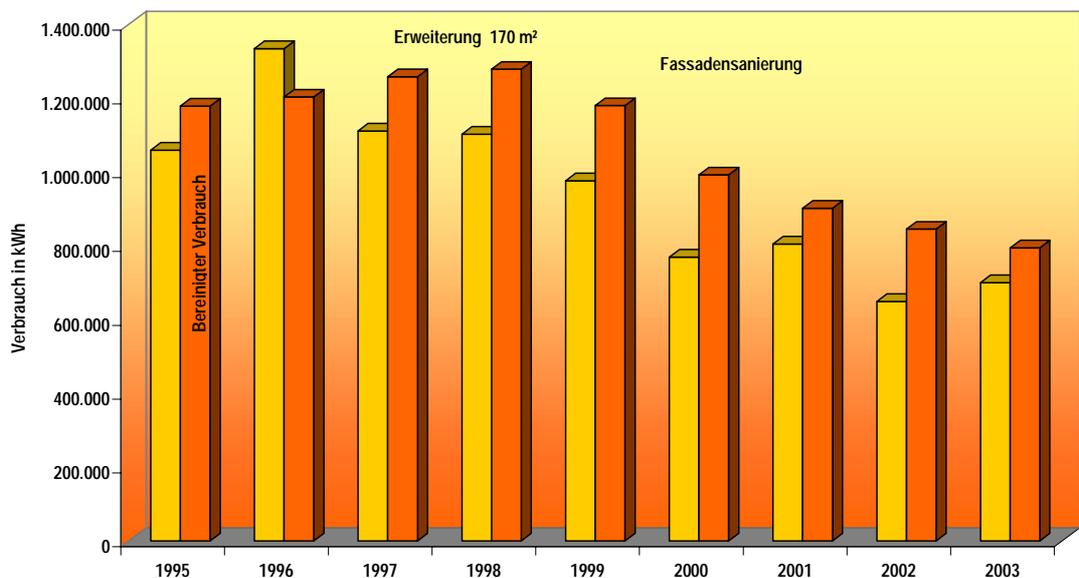


Zustand vor Sanierung  
1.250.000 kWh  
230 kWh/m<sup>2</sup>/a

Realschule Im Gillesbachtal

Zustand nach Sanierung  
790.000 kWh  
142 kWh/m<sup>2</sup>/a

Einsparung von 37 % entspr. 460.000 kWh, 101 t CO<sub>2</sub>





### 3.4 Energetische Sanierung der Käthe-Kollwitz-Schule

Die Käthe-Kollwitz-Schule (Bayernallee 6) wurde im Rahmen des Förderprogramms „Energetische Sanierung der Bausubstanz“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie einer umfangreichen energetischen Sanierung unterzogen.

**Voraussetzung für dieses Förderprogramm war, dass nach Fertigstellung des Projektes der Gesamtprimärenergieverbrauch um mindestens 50 % reduziert sein musste.**

Dabei wurde der dämmtechnische Standard deutlich verbessert, bauphysikalische Schwachstellen beseitigt und die gesamte Heizungs-, Lüftungs- und Regelungstechnik dem möglichen Stand der verfügbaren Technik angepasst.

Im Vordergrund des Programms steht die Demonstrationswirkung: Es sollten exemplarisch an verbreiteten „Gebäudetypen“ die Möglichkeiten der Energieeinsparung ausgeschöpft und das Ergebnis wissenschaftlich evaluiert werden.

Nach umfangreicher Prüfung durch das Forschungszentrum Jülich sowie durch das Fraunhofer Institut für Bauphysik wurde das Projekt am 03.07.2000 mit einem Fördervolumen von 1,3 Mio. € in das Bundesprogramm aufgenommen.

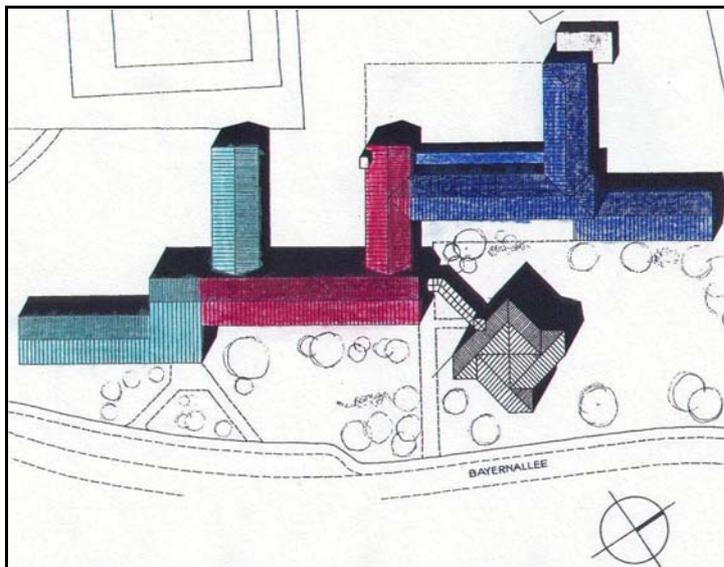
*Die Stadt Aachen war mit dem Projekt „Sanierung der Käthe-Kollwitz-Schule“ eine unter den ersten von 18 bundesweit bewilligten Schulbauvorhaben.*





### Objektbeschreibung

Die Käthe-Kollwitz-Schule wurde in den Jahren 1951 und 1955 im Stadtteil Burtscheid errichtet. Die Anlage wurde 1978 durch eine Turnhalle und 1990 durch eine Erweiterung ergänzt.



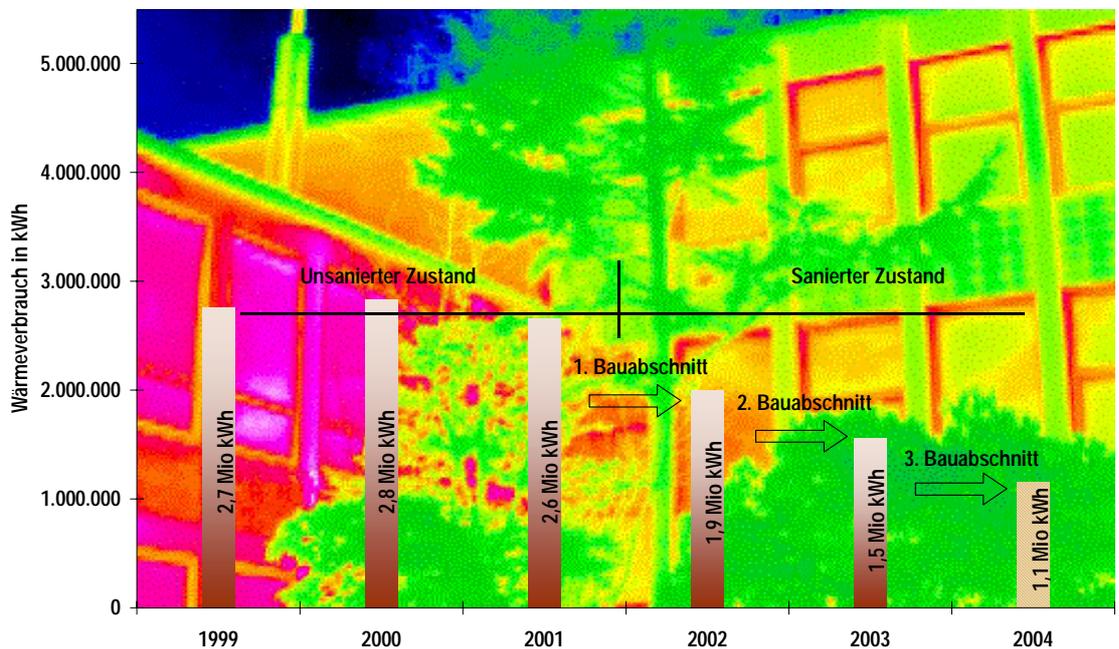
Das Schulgebäude beherbergt heute auf ca. 9.670 m<sup>2</sup> Bruttogeschossfläche ein Berufskolleg für ca. 2.200 Schüler und 85 Lehrer. Die Schule ist in ihrer Bauform und Baukonstruktion typisch für Schulgebäude der 50er Jahre. Schulgebäude dieser Altersgruppe und Größe weisen bzgl. des Heizenergiebedarfs das größte Einsparpotential aller Schulen auf, es wird dort mit durchschnittlich 53,2 % angegeben. Die Planungen der Maßnahmen wurden im Sommer 2000 begonnen. Der Abschluss des Vorhabens ist im Jahr 2004 erfolgt. Die zeitliche Streckung wurde notwendig, um den Schulbetrieb während der baulichen Aktivitäten nicht übermäßig zu stören.

Ziel des Gesamtvorhabens ist u.a., mit einem angepassten Maßnahmenbündel den Primärenergieverbrauch um mindestens 50 % zu reduzieren, z.B. durch folgende Hauptsanierungspunkte:

- Austausch sämtlicher Außenfenster
- Einsatz einer wärmegeämmten Fassade
- Dämmung der Kellerdecke sowie der obersten Geschossdecke
- Beseitigung von Wärmebrücken
- Umstellung der Heizungsversorgung auf Fernwärme
- Einzelraumregelung mittels Bustechnik
- Einsatz verschiedener Lüftungsvarianten
- Rückbau des Warmwasserrohrnetzes
- Bedarfsorientierte Warmwasserspeicher
- Austausch der gesamten Beleuchtung
- Visualisierung der Energieströme mittels messtechnischer Einrichtungen



Die nachfolgende Thermographieaufnahme zeigt im rechten Bildbereich den sanierten Fassadenzustand. Deutlich zu erkennen ist die gegenüberliegende linke unsanierte Fassade mit deutlich höheren Wärmeverlusten. Die Außenfenster strahlen im unsanierten Zustand über die Glasfläche sehr große Wärmeverluste ab (rot), wobei auch im sanierten Zustand das Fensterrahmenprofil als schwächstes Glied der Dämmung zu erkennen ist.

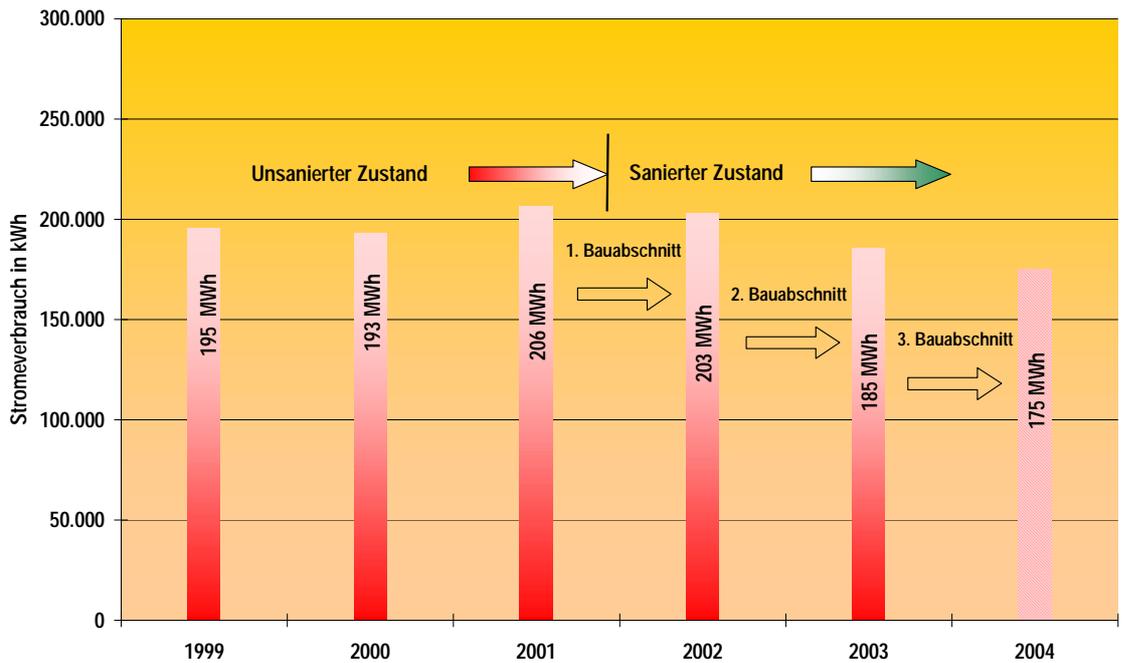


Der Wärmeverbrauch beträgt für die Jahre 1999 bis 2001 durchschnittlich 2,7 Mio. kWh. Der prognostizierte Wärmeverbrauch des Jahres 2004 mit 1,1 Mio. kWh stellt in bezug auf die Ausgangsdaten eine prozentuale Reduzierung von 60 % dar. Bereits der Jahresverbrauch 2003 mit 1,5 Mio. kWh ergibt eine Einsparung von 45 %, so dass bereits heute davon ausgegangen werden kann, dass das Projektziel einer 50%igen Energiereduzierung erreicht wird.

Die Energiekennzahl im sanierten Zustand beträgt derzeit 114 kWh/m<sup>2</sup>a und wird nach Abschluss des Projektes voraussichtlich unter 70 kWh/m<sup>2</sup>a enden.



Der Stromverbrauch weist im Gegensatz zum Wärmeverbrauch geringere Reduzierungen auf. In der nachfolgenden Grafik sind die Verbrauchsdaten der Jahre 1999 bis 2003 dargestellt. Der Jahresverbrauch 2004 ist interpoliert.



Der Stromverbrauch des Jahres 2001 ist mit 203 MWh Verbrauch entsprechend den Vorjahren. Der 1. Bauabschnitt zeigt keinen Verbrauchseinfluss. Dieser Umstand ist zum einen dadurch begründet, dass die Sanierung erst nach den Sommerferien fertiggestellt wurde, zum anderen, dass der sanierte Bauabschnitt flächenmäßig den geringsten der drei Abschnitte darstellt.

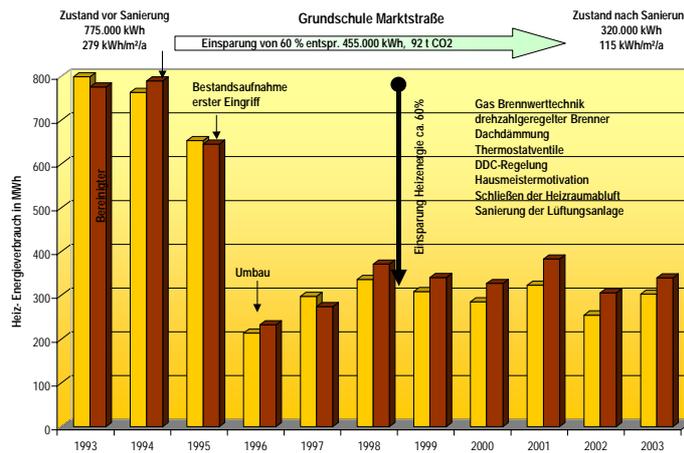
Im Jahr 2003 zeichnet sich eine Stromreduzierung von ca. 10 % ab, wobei auch hier der Einfluss des 2. Bauabschnittes durch die Fertigstellung in den Sommerferien mit nur 30 % gewertet werden kann.

Generell wird die Reduzierung des Stromverbrauches nicht wie in dem Maße der Wärmereduzierung stattfinden, da die vorhandene Beleuchtungstechnik überwiegend unterdimensioniert war und zusätzlich ein EDV-Netz innerhalb der gesamten Schule aufgebaut wurde.



### 3.5 Heiztechnische Sanierung der Grundschule Marktstraße

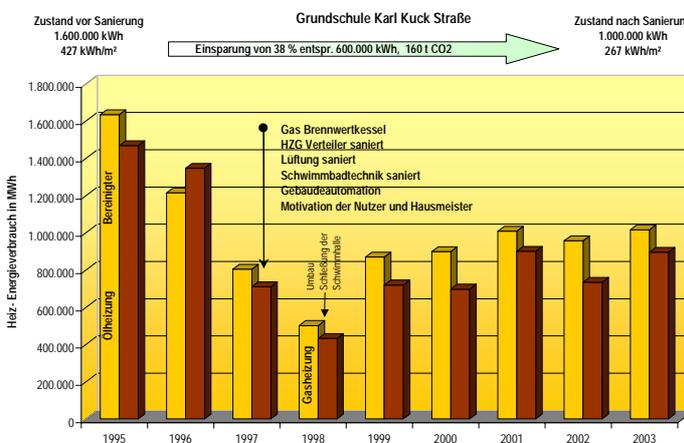
Die Grundschule Marktstraße wurde im Jahr 1996 saniert. Neben der Erneuerung der Heizkesselanlage unter Einsatz von Gasbrennwerttechnik wurde auch die Heizkreisverteilung sowie die Heizungsregelung erneuert.



Die weitere Sanierung der Lüftungsanlage, das Schließen der Heizraumabluft, der Einsatz von Thermostatventilen als auch die nachträgliche Dämmung des Dachbodens führten letztendlich zu einer Gesamtenergieeinsparung von 60 %, entsprechend 455.000 kWh.

### 3.6 Heiztechnische Sanierung der Grundschule Karl-Kuck-Straße

Die Grundschule in der Karl-Kuck-Straße wurde 1997 von einer veralteten Ölbeheizung auf eine Gasbeheizung umgestellt. Neben dem Einsatz von Brennwerttechnik wurde die Regelung der Heizungs- und Schwimmbadtechnik auf die Gebäudeleittechnik aufgeschaltet. Der Verbrauchseinbruch im Jahr 1998 ist auf die Schließung der Schwimmhalle während der Sanierung zurückzuführen.



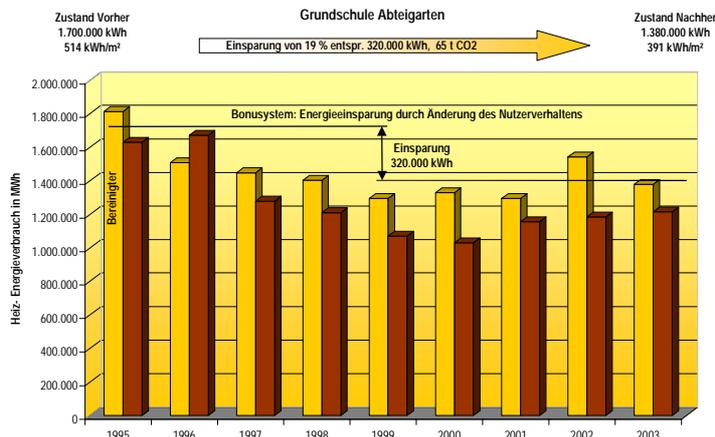
Die Verbrauchskennzahl von 267 kWh/m² erscheint im Vergleich zu den bisherigen Ergebnissen sehr hoch. Hierzu ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Schwimmbadwasser-aufbereitung den Wärmeverbrauch um mindestens 60 % Anteile belastet, so dass sich hierdurch eine korrigierte Ver-

brauchskennzahl von 107 kWh/m² ableiten ließe. Gerade in Schulen mit Lehrschwimmbecken sind große Einsparpotentiale zu erzielen, da neben der Lüftungsanlage auch die Wasseraufbereitung mit Beckenwassertemperaturen von 32 °C und mehr große Energieverbräuche verursacht.



### 3.7 Grundschule Kornelimünster, Abteigarten

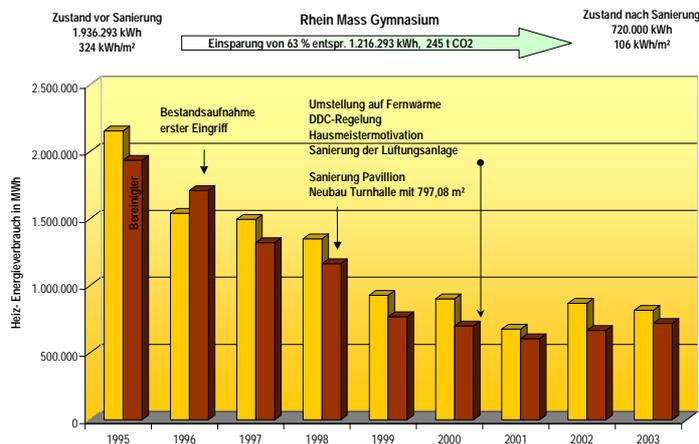
Die Grundschule in Kornelimünster ist im Vergleich zu der vorherigen Grundschule in der Karl-Kuck-Straße nicht saniert worden.



Die Reduzierung von 19 % ist ausschließlich auf ein geändertes Nutzerverhalten zurückzuführen. Im Rahmen des Bonusystems sind Schüler, Lehrer und Hausmeister zum sparsamen Umgang mit Energie motiviert worden.

Für das Jahr 2004 ist vorgesehen, auch hier eine neue computerunterstützte Regelung einzubauen, um neben dem Nutzerverhalten weitere Einspareffekte zu verwirklichen.

### 3.8 Sanierung des Rhein-Maas-Gymnasiums

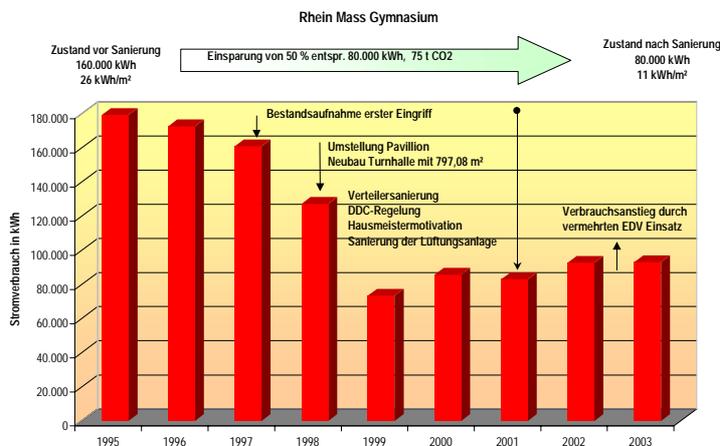


Im Rhein-Maas-Gymnasium wurde 1996 mit der Sanierung der Heizungsanlage begonnen. Neben der Erneuerung der Heizungsverteilung und der Umstellung auf Fernwärmever-sorgung wurde auch die Regelanlage auf die Gebäude-leitzentrale des Gebäude-managements aufgeschaltet.

Die Grafik zeigt einen deutlichen Rückgang des Energieverbrauchs bezogen auf die beheizbaren Flächen, sowohl der Turnhallen-Neubau mit ca. 800 m² mit zentraler Warmwasserbereitung als auch die Wiederbenutzung des Pavillons mit 150 m² beheizter Nutzfläche sind als zusätzliche Energieverbraucher nicht erkennbar. Die technischen Maßnahmen haben dazu beigetragen, dass in der Heizenergiebetrachtung ein Einsparungspotential von 65 % zu verzeichnen ist. Nicht zu vernachlässigen sind die Emissionsreduzierungen; bei diesem Projekt wurden allein im Bereich Heizenergie 245 t CO<sub>2</sub> eingespart.



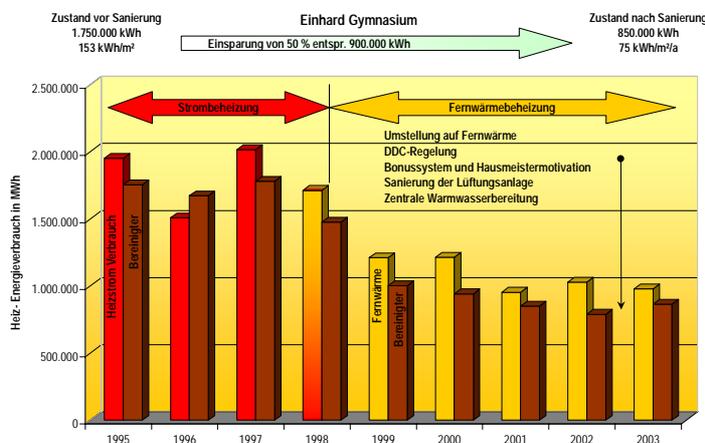
Bei der Mehrzahl der städtischen Gebäude haben die betriebstechnischen Anlagen für die Entwicklung des Jahresstromverbrauchs eine untergeordnete Bedeutung. Nur in den Gebäuden, wo eine Vielzahl von raumlufttechnischen Anlagen installiert ist oder hohe Anschlussleistungen an elektrischer Energie für Lüftermotoren gefordert werden, ist der Jahresstromverbrauch auch von dem Betrieb der technischen Anlagen abhängig. Hierzu zählen auch Gymnasien, da sie aufgrund von zahlreichen Fachklassen und zentralen EDV-Räumlichkeiten einen hohen Lüftungsbedarf beanspruchen.



Das Bild stellt eine beachtliche Reduzierung des Stromverbrauchs von 50 % dar. Diese Einsparung resultiert im wesentlichen aus bedarfsorientiertem Lüftungseinsatz und dem Einbau von frequenzgesteuerten Wärmeversorgungspumpen.

### 3.9 Umstellung des Einhard-Gymnasiums, Robert-Schumann-Straße

Mit der Umstellung des Einhard-Gymnasiums von Elektro- auf Fernwärmebeheizung ist der bis dato größte Stromabnehmer im Heizsektor substituiert worden. Von einem durchschnittlichen Strombezug von 1,75 Mio. kWh ist der Wärmebezug durch Fernwärme auf 850.000 kWh jährlich reduziert worden. Dies entspricht einer Wärmeverbrauchsreduzierung von über 50 %.



Bereits vor dem Umbau der technischen Anlagen stellte die Verbrauchskennzahl von 153 kWh/m² im unsanierten Zustand schon ein zufriedenstellendes Ergebnis dar, welches auf eine gute Bausubstanz zurückzuführen ist. Die heutige Kennzahl von 75 kWh/m² stellt einen Wert dar, der als sehr gut zu bezeichnen ist.

Eine weitere Reduzierung wird nur mit sehr hohem finanziellen Aufwand möglich sein, was mit den heutigen Energiepreisen zu keinem wirtschaftlichen Ergebnis führen würde.



### 3.10 Sanierung der städtischen Schwimmhallen

Zum Funktionserhalt der Aachener Schwimmhallen wurden in den Jahren 2001 und 2002 Sanierungsmaßnahmen in den Bädern

Süd - Amyastraße,



Brand - Wolferskaul



West -Händelstraße

mit folgenden prioritären Zielen durchgeführt:

- ✓ Sanierung und Verbesserung der Gebäudesubstanz
- ✓ Sanierung der technischen Anlagen
- ✓ Verbesserung der Badewasseraufbereitung und der Beckenhydraulik
- ✓ Zusätzliche attraktivitätssteigernde Einbauten
- ✓ Möglichst geringer Energiebedarf

Bei der Betrachtung muss allerdings berücksichtigt werden, dass die Bäder bereits vor der Sanierung energetisch optimiert und an das Gebäudeautomationssystem des Gebäudemanagements angeschlossen waren.



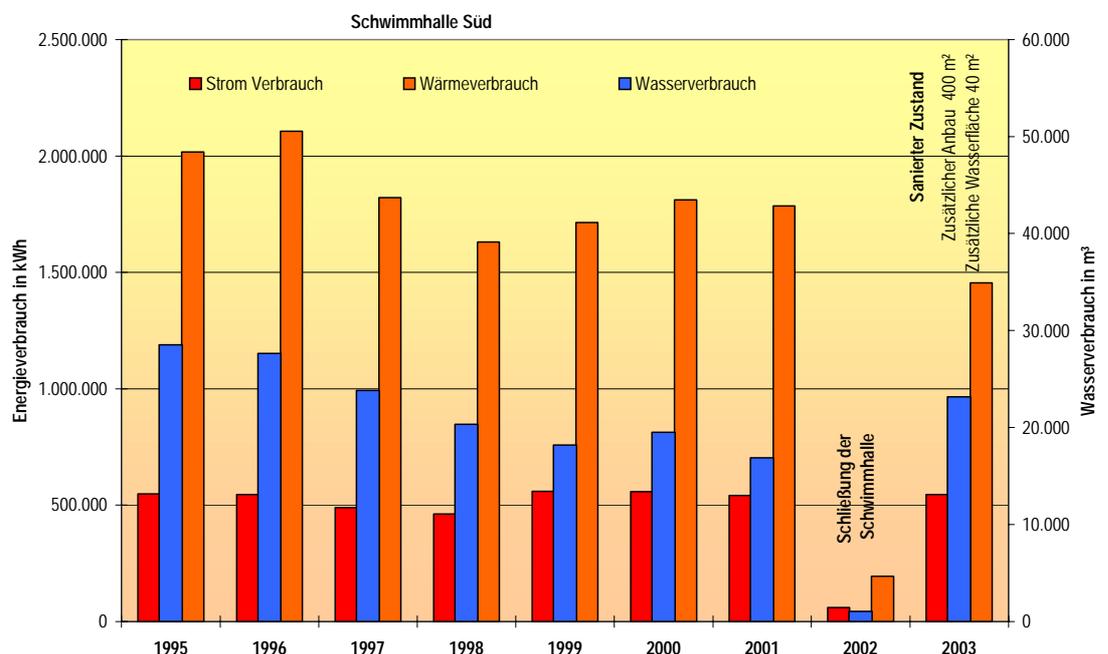
### 3.10.1 Schwimmhalle Süd

Wegen der umfangreichen alters- und nutzungsbedingten Schäden sowohl an der Gebäudesubstanz als auch an den technischen Anlagen wurde die Schwimmhalle Süd im Jahr 2002 über die allgemeinen Sanierungsmaßnahmen hinaus einer kompletten Umgestaltung zu einem familiengerechten Bad unterzogen. Neben der vollständigen Erneuerung des Eingangsbereiches und dem Bau einer Cafeteria wurde zur Attraktivitätssteigerung ein Anbau mit Bachlauf und ein Wasserspielzeug für Kleinkinder erstellt.



Um den gewachsenen Anforderungen an einen hygienisch einwandfreien Betrieb wie er in Neufassung der DIN 19643 gefordert wird gerecht zu werden, musste zur Verringerung der Wasserverweilzeiten im Becken die Badebecken-Durchströmung von Längs- auf Querdurchströmung geändert werden. In diesem Zuge wurden auch die alten korrodierten Badewasserfilter mit Rohrleitungen und Umwälzpumpen erneuert; zur Anpassung der Umwälz- und Rückspüleleistung wurden drehzahlgeregelte Pumpen eingesetzt. Die überwiegend digitalen Signale für die Steuerung der Wasseraufbereitung, werden in einer Speicher-Programmierbaren-Steuerung (SPS) verarbeitet. Die Luftbehandlungsgeräte wurden zur Energieverbrauchs-Minimierung mit stufenlos drehzahlgeregelten Ventilatoren und einem Plattenwärmetauscher, bei der die Hallen-Fortluft die Außenluft vorwärmt, ausgestattet.

In der nachfolgenden Grafik ist der Energie- und Wasserverbrauch der Jahre 1995 bis 2003 dargestellt. Der erhöhte Wasserverbrauch im Jahr 2003 ist sowohl auf die geänderte Wasseraufbereitung (Anforderung der DIN 19643) als auch durch die 13%ige Besucherzahlerhöhung begründet.





### 3.10.2 Schwimmhalle Brand

Die Schwimmhalle Brand wurde im Jahr 2001 saniert, folgende Maßnahmen wurden durchgeführt:

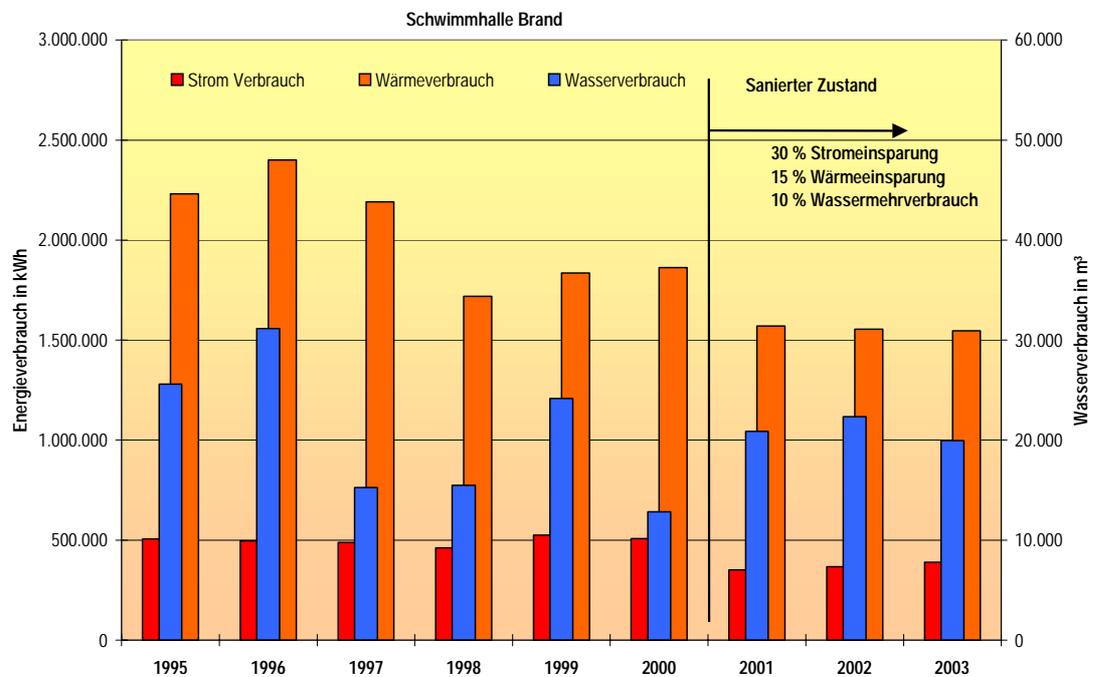
**am Gebäude:**

- Wärmedämm-, Reparatur- und substanzverbessernde Baumaßnahmen.

**technische Maßnahmen:**

- Erneuerung der Badewasseraufbereitung mit Pumpen, Badewasserfilter, Schwallwasserbehälter, Desinfektionsanlage, Verrohrung,
- Änderung der Beckendurchströmung (Querströmung), Wasserumwälzung zu 100 % über die Rinne,
- Anpassung der Mess-, Steuer- und Regeltechnik,
- Änderungsarbeiten an den Lüftungsanlagen und der Warmwassertechnik.

Die nachfolgende Verbrauchsstatistik zeigt den Einsatz energiesparender Anlagentechnik in den Bereichen Strom- und Wärmeverbrauch. Die Erhöhung des Wasserverbrauchs ist durch verschärfte Anforderungen der neu gefassten DIN 19643 an die Wasseraufbereitung und -filterung begründet.





### 3.10.3 Schwimmhalle West

Aufgrund alters- und nutzungsbedingter Sanierungsarbeiten an den technischen Anlagen wie auch an der Gebäudesubstanz konnte nach 9wöchiger Schließung im September 2001 der Badebetrieb in der Schwimmhalle West wieder aufgenommen werden.

Folgende Maßnahmen wurden durchgeführt:

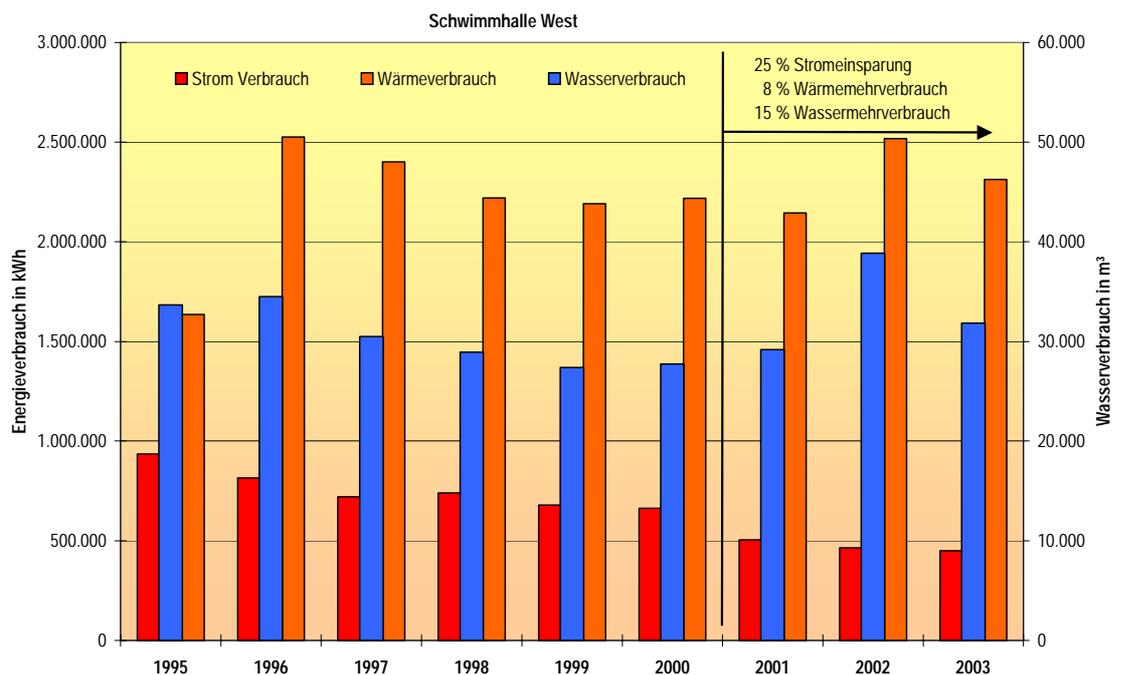
**am Gebäude:**

- Dach-, Fassaden- und Betonsanierungsarbeiten,
- Erweiterung der Sprungturmanlage durch eine 3 m Synchron-Hydraulikanlage.

**technische Maßnahmen:**

- Erneuerung der Badewasseraufbereitung mit Pumpen, Badewasserfilter, Schwallwasserbehälter, Desinfektionsanlage, Verrohrung,
- hydraulische Optimierung, Einbau neuer Umwälzpumpen,
- Lageveränderung des Schwallwasserbehälters, hierdurch werden etwa 65 % des Pumpenstroms eingespart,
- Erweiterung der Lüftungsanlagen,
- Einbau eines hocheffizienten Wärmerückgewinnungssystems,
- die Elektro- und Regelungstechnik wurde überarbeitet und auf den neuesten Stand gebracht.

Nachfolgende Verbrauchsstatistik zeigt, dass ein Anstieg im Wärme- und Wasserverbrauch in den Jahren 2002 und 2003 zu erkennen ist. Grund hierfür wurde bereits vorne beschrieben. Die Reduzierung des Stromverbrauches von 25 % zeigt den optimierten Einsatz der Umwälzpumpen.





### 3.11 Einbau eines Energieschirmes in der Stadtgärtnerei Soers

Die Stadtgärtnerei Aachen Soers wird über eine Fernwärmeleitung der Abwasserreinigungsanlage (ARA) beheizt. Die Erzeugung des Heizwassers erfolgt durch einen Heizkessel, welcher überwiegend mit den entstehenden Faulgasen betrieben wird. Falls eine Deckung des Wärmebedarfs durch Faulgas nicht gegeben ist, wird Erdgas aus dem öffentlichen Netz entnommen. Der jährliche Wärmeverbrauch beträgt ca. 1,5 Mio. kWh, welcher zu  $\frac{1}{3}$  aus Faulgas und zu  $\frac{2}{3}$  aus Erdgas erzeugt wird.

#### Problemstellung

Die Gewächshäuser mit einer Gesamtnutzfläche von ca. 4.000 m<sup>2</sup> sind mit einer Glasstärke von 3,0 mm ausgestattet und in unterschiedliche Temperaturzonen eingeteilt. Die Beheizung erfolgt über eine Rohr- und Vegetationsheizung. In der horizontalen Ebene der Gewächshäuser sind stoffartige Verschattungseinrichtungen montiert, welche in Abhängigkeit der Beleuchtungsstärke auf- oder zugefahren werden. Der Stoff der Verschattung ist veraltet. Da er nur einen sehr geringen Schutz im Hinblick auf die Transmissionswärmeverluste ermöglichte, entstand die Idee, bei der Erneuerung der Schattierungsanlage diese als „Energieschirm“ zu nutzen. In sein Foliengewebe sind Aluminiumstreifen eingearbeitet. Neben einer Verminderung des Transmissionswärmeverlustes um 60 % bietet der Energieschirm weiterhin Schatten.



Durch den Einsatz des Energieschirmes in den Gewächshäusern wird der jährliche Wärmeverbrauch reduziert, so dass der Gasbezug aus dem öffentlichen Netz entfällt. Die Beheizung erfolgt ausschließlich mittels Faulgas, so dass wärmetechnisch ein Inselprinzip geschaffen wird. Die Gesamtkosten der Maßnahme betragen 61.355 €, wobei die Demontage der vorhandenen Verschattungseinrichtung durch städtisches Personal erfolgt.





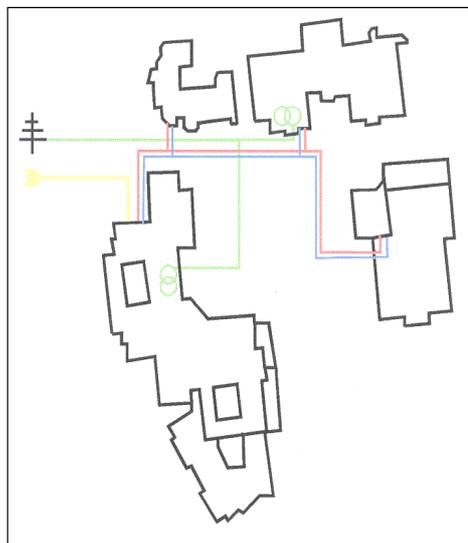
### 3.12 Modernisierung der Heizung und Installation eines BHKW's (Blockheizkraftwerk) im Schulkomplex Laurensberg

In einem Gemeinschaftsprojekt zwischen dem Gebäudemanagement der Stadt Aachen und den Stadtwerken Aachen AG wurde die Wärmeversorgung des Schulkomplexes Laurensberg im Jahre 2003 modernisiert. Die städtische Heizungsanlage, die als Nahwärmesystem mit Bau der Gesamtschule 1975 erstmals in Betrieb genommen worden war, musste nach 27 Jahren technisch ersetzt werden.

Für unsere städtische Tochter, die Stadtwerke Aachen AG war dies ein geeignetes Projekt, welches ihr erlaubte, den nach dem KWK-Gesetz vorgeschriebenen Mix an ökologischer Energieerzeugung zu verwirklichen.

Auf dem Gelände des Schulzentrums Laurensberg, Hander Weg, befinden sich:

- Das Schulzentrum Anne-Frank-Schule / Heinrich-Heine-Schule bestehend aus Schulgebäude (Alt- und Neubau) und der Turnhalle (Eigentümer: Stadt Aachen)



Die David-Hirsch-Schule bestehend aus Gehörlosenschule, Gehörlosenkindergarten und Schwimmhalle (Eigentümer: Landschaftsverband Rheinland)



#### Versorgungssituation:

Die Anlage zur Wärmeversorgung aller Gebäude umfasste drei sanierungsbedürftige Gasheizkessel mit einer Gesamtleistung von 6 MW und zugehöriger Nebenanlagen, die Heizwasser in ein Rohrleitungssystem zur Versorgung der einzelnen Gebäude speisen.



## Umsetzungsstand

Nach mehreren Vertragsverhandlungen wurden die Wärmelieferungsverträge mit Wirkung zum 1.7.2002 unterzeichnet. Neben den bislang dargestellten Gebäuden wurde sowohl der Versorgungsvertrag für die Grundschule Vetschauer Straße als auch der Vertrag für das Restaurant Sandhäuschen mit Kindertageseinrichtung unterzeichnet.

Die Wärmeerzeugung erfolgt neben zwei Gasbrennwertkesseln von je 1,5 MW Leistung zusätzlich mit einem BHKW-Modul der Leistungsgröße 1 MW.

Im Zuge der Umbaumaßnahmen wurde die Installation von insgesamt 5 Kompaktwärmeübergabestationen für die Liegenschaften der Stadt Aachen (Heinrich-Heine-/Anne-Frank-Schule: Neubau/Altbau, Turnhalle, Grundschule Vetschauer Straße und Sandhäuschen) notwendig.



Die komplette Wärmeerzeugungsanlage, bestehend aus BHKW- und Kesselanlage, Wärmeverteilnetz, Wärmeübergabestation und einer neu zu errichtenden Trafostation einschließlich aller zugehörigen Nebeneinrichtungen, wird seitens der Stawag installiert und befindet sich in deren Eigentum.

Durch dieses Wärmelieferungskonzept erschließt sich für die Stadt Aachen die Möglichkeit, einen Teil des Strom- und Wärmebezuges durch den ökologisch sinnvollen Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplung zu decken und damit einen wesentlichen Beitrag zur Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen wie auch zur lokalen Agenda 21 zu leisten.



### 3.13 Mini - BHKW's in Aachener Schulen

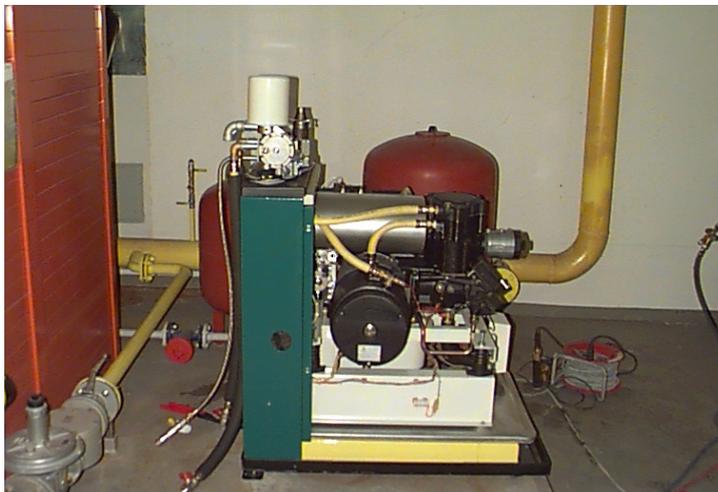


**Strom und Wärme aus einer Hand**

In vier Schulen mit Lehrschwimmb Becken - Schwalbenweg, Kirchberg, Lindenstraße und Abteigarten - sind die Blockheizkraftwerke mit einer thermischen Leistung von 12 kW und 5 kW elektrischer Leistung in die Wärmeerzeugung eingebunden.

Sie dienen in erster Linie der Wärmeerzeugung, wobei Strom als „Nebenprodukt“ anfällt. Immerhin können so ca. 25 % des Strombedarfes der Schulen abgedeckt werden. Gerade bei Objekten mit angeschlossenen Schwimmbädern sind solche Anlagen wegen ihrer hohen Grundlast auch ökonomisch sinnvoll.

Für Anlagen der Kraft-Wärme-Kopplung erfolgt eine komplette Rückerstattung der Mineralöl- und Ökosteuer.

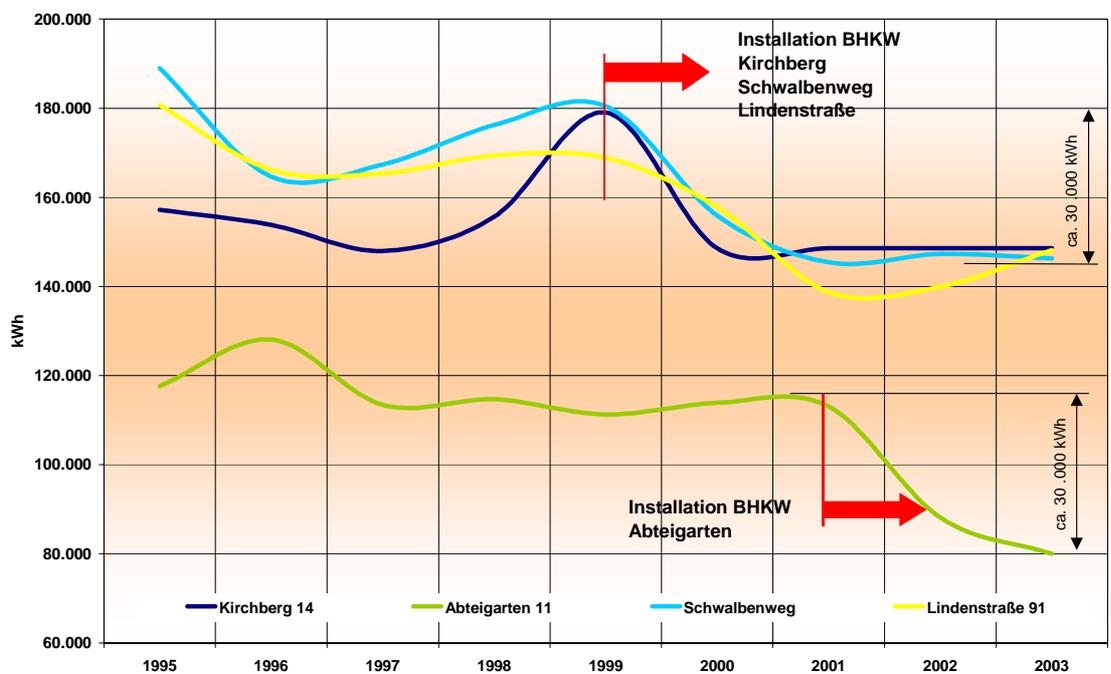




Nachdem die Anlagen nun seit über 2 Jahren in Betrieb sind, kann eine Aussage zur Amortisation getroffen werden. Die bei der Planung prognostizierten 5 Jahre Amortisationszeit sind in allen 4 eingebauten Anlagen unterschritten worden. Die in der Tabelle dargestellten Werte sind nach dem dynamischem Verfahren berechnet worden.

	Abteigarten	Lindenstraße	Kirchberg	Schwalbenweg
Installation	2001	2000	2000	2000
Investitionskosten	15.207 €	13.312 €	13.312 €	13.312 €
Kosteneinsparung Strom	3.195 €	4.427 €	2.531 €	3.375 €
Mineralölsteuervergütung	480 €	478 €	200 €	540 €
Amortisation	4,1	2,7	4,8	3,4

Betrachtet man die Stromverbräuche der Objekte der letzten Jahre, so ist eine deutliche Reduzierung des Strombezuges zu erkennen: diese ist auf die Eigenstromerzeugung und die Einspeisung ins eigene Stromnetz der Schulen zurückzuführen.

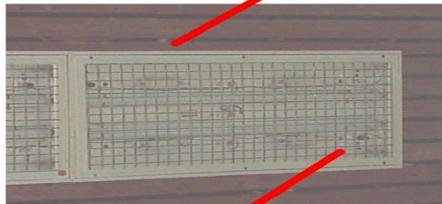




### 3.14 Lichtmanagement für die Sporthalle Inda-Gymnasium

Ziel war es, die veraltete Beleuchtung der Dreifachsporthalle des Inda-Gymnasiums in Aachen-Kornelimünster zu erneuern und diese mit einem modernen Lichtmanagementsystem auszurüsten.

Die Sporthalle war mit 135 Lampen à 4 Leuchtstoffröhren und einer Gesamtleistung von 32 kW ausgerüstet. Durch den Einsatz eines Lichtmanagements sollte der Energieverbrauch auf ein Minimum gesenkt werden.



Dazu sind die einzelnen 135 Leuchten bei gleicher Lichtintensität von 4flammig auf 2flammig reduziert und die vorhandene Makrolohnplatte (milchige Plexiglasplatte) als Ballwurfschutz gegen ein verzinktes Stahlgitternetz ausgewechselt worden. Weiterhin wurden die Leuchtstoffröhren mit Hochleistungsreflektoren ausgestattet.

Durch das Lichtmanagementsystem kann in Abhängigkeit von Sollvorgaben (Schul-, Trainings- und Wettkampfbetrieb) die Sporthallenbeleuchtung bedarfsgerecht geregelt werden. Die Umschaltung der Sollwerte erfolgt manuell mittels entsprechender Taster. Im Veranstaltungsbetrieb werden die Leuchten über einen Potentiometer zentral oder umschaltbar in drei Gruppen (abteilungsweise) getrennt, im Bereich von 50 bis 100 % manuell gedimmt.

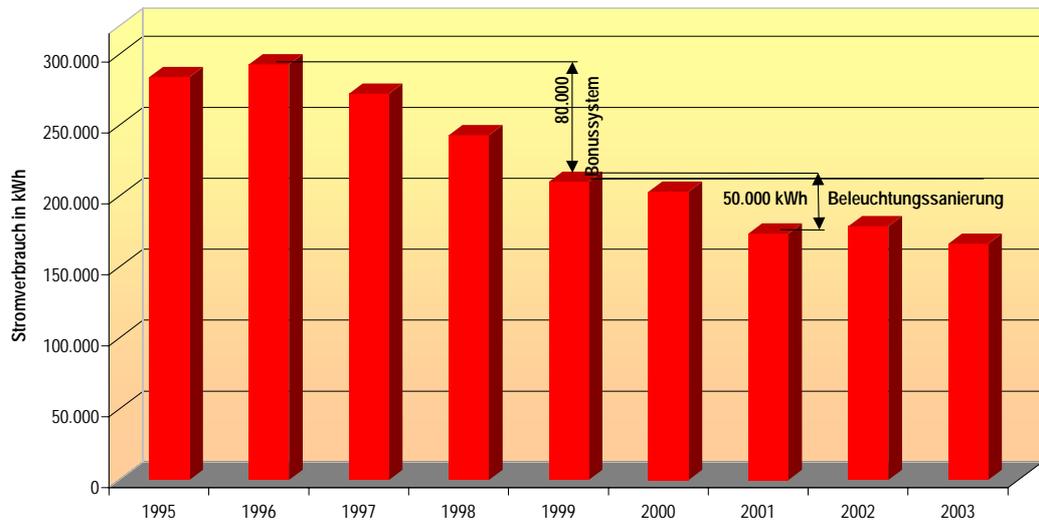
Über Präsenzmelder wird die Beleuchtungsanlage bei Nichtanwesenheit nach einer einstellbaren Zeitverzögerung abgeschaltet. An den vorhandenen Leuchten sind die einzelnen Kondensatoren entfernt und im Gegenzug eine Zentralkompensation installiert worden. Die Regelung basiert auf einer Phasenausschnittsteuerung mit Ansteuerung über Lichtsensor und zugehöriger Steuereinheit.



### Ergebnisbetrachtung

Die installierte Leistung konnte von 32 kW um 50 % auf 16,6 kW reduziert werden. Wegen der deutlich verringerten Leistung geht vor allem im Grundlastbereich der Bedarf an elektrischer Leistung stark zurück.

Nachdem die Sporthalle ca. zwei Jahre mit der modernisierten Beleuchtung in Betrieb ist, haben sich in dieser Zeit Stromeinsparungen von 50.0000 kWh/a ergeben. Die so entstandenen Einsparungen belaufen sich auf 4.420 €/a, die bei Investitionskosten von 23.961 € zu einer statischen Amortisation von 5,42 Jahren führen.



Durch das oben dargestellte Diagramm wird deutlich, dass ab dem Jahr 1997 ca. 80.000 kWh eingespart wurden. Der Einbau und Betrieb des Lichtmanagementsystems erfolgte im Jahr 2000, wodurch zusätzlich ca. 50.000 kWh eingespart werden konnten.



### 3.15 Gebäudeautomationstechnik

Neben den heute vermehrt eingesetzten regenerativen Energien sowie Energieerzeugern mit niedrigen Verlustwerten und geringer Umweltbelastung ist die Verfügbarkeit einer Gebäudeautomation die wohl innovativste Entwicklung in der technischen Gebäudeausrüstung. Angesichts der steigenden Anforderungen an die Gebäudetechnik in ökologischer und ökonomischer Hinsicht ist zur betrieblichen und organisatorischen Aufgabenbewältigung der Einsatz einer Gebäudeautomation zwischenzeitlich unverzichtbar geworden. Die Initiative des Gebäudemanagements der Stadt Aachen im Bereich der Gebäudeautomation hat in den letzten Jahren einen wesentlichen Beitrag zur Energieeinsparung geleistet, ohne dass der bisherige Komfortstandard gemindert werden musste.

#### Entwicklung der Gebäudeautomation bei der Stadt Aachen

Seit Mitte der 80er Jahre wird ein Gebäudeautomationssystem im Gebäudemanagement der Stadt Aachen kontinuierlich ausgebaut. Durch die nutzerorientierte Anwendung entstand ein homogenes System, das sich durch eine einheitliche Bedienung und hohe Betriebs- und Datensicherheit auszeichnet. Die einzelnen Komponenten des Systems sind über das öffentliche Fernsprechnetz durch Selbstwählmodem und/oder über ein internes EDV-Netzwerk miteinander verbunden.

Die Vernetzung des Systems stellt sich wie folgt dar:





**Die Gebäudeautomation stellt sich vor!**

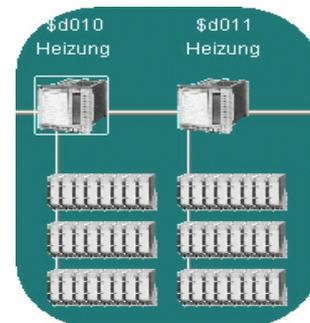
Das System kann in die 3 Hauptebenen gegliedert werden: Unterstation (BTA), Systemverbundrechner und Zentrale. Dabei ergibt sich folgende Verteilung der Systemfunktionalität:

**Unterstationen in den Betriebstechnischen Anlagen (BTA)**

Die Rechner in den Unterstationen der BTA regeln, steuern und überwachen die betriebstechnischen Einrichtungen von Gebäuden. Dieses wird durch den Anschluss von unterschiedlichen Prozessmodulen über einen Prozessbus realisiert.



**Bedieneinheit**



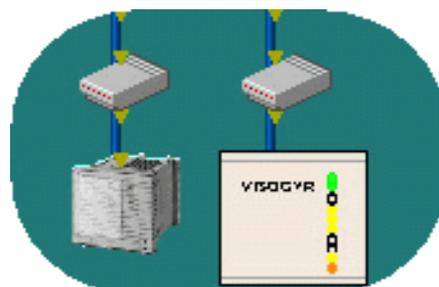
**Unterstationen**

**Systemverbundrechner**

Der Einsatz von einem Systemverbund wird durch den Umfang der technischen Ausrüstung eines Gebäudes und der daraus resultierenden Anzahl der Unterstationen bestimmt, da die Aufschaltung von Kleinrechnern über eine Ringleitung begrenzt ist. Zur Zeit besteht bei der Stadt Aachen ein Systemverbund aus vier Systemverbundrechnern. Der Vorteil des Systemverbundes besteht in der Aufteilung der Systemressourcen. Alle Datenpunkte und Farbbilder innerhalb eines Systemverbundes werden nur auf dem zugehörigen Hauptrechner, und nicht wie bei den Subsystemen, auf dem Zentralrechner der Gebäudeautomation im Gebäudemanagement abgelegt. Dies schont Systemressourcen im Zentralrechner und führt zur besseren Performance.

**Data-Kommunikation-Server (DCS) im Systemverbund**

**23 Kommunikationseinheiten (ECU)**





## Der Zentralrechner der Gebäudeautomation

Der Hauptrechner steht im Gebäudemanagement der Stadtverwaltung Aachen als Zentraleinheit für das Gebäudeautomationssystem. Dieser Rechner ist das Kernstück des Gebäudeautomationssystems und verknüpft alle Systemverbundrechner und die Subsysteme. Im wesentlichen werden dadurch folgende Aufgabenbereiche abgedeckt:

- ✓ Herstellen und Überwachen der Daten(fern)übertragung
- ✓ Erfassen, Verarbeiten und Weiterleiten aller im System auftretenden externen und internen Störungen und deren Speicherung in einer Datenbank
- ✓ Verwaltung aller Datenpunkte und Parameter im System
- ✓ Verwaltung und Aktualisierung aller Farbbilder des Systems
- ✓ Erfassung und langfristige Speicherung betriebsrelevanter Daten
- ✓ Steuerung von periodisch wiederkehrenden Aktionen (Zeitschaltkatalog)
- ✓ Steuerung von verketteten Aktionen (Prozessreaktion)
- ✓ Sicherungsmedium für alle angeschlossenen Unterstationen
- ✓ Datenexport an andere Rechnersysteme
- ✓ Zentralisierung der systemadministrativen Aufgaben
- ✓ Verwaltung der Systemzeit
- ✓ Optimierung der betriebstechnischen Anlagen
- ✓ Pflege und Nachführung der Softwareprocedures für Standardfunktionen
- ✓ Analysen und Protokollieren von Anlagenbetriebszuständen
- ✓ Auswertung der gewonnenen Erkenntnisse zur Funktions-, Betriebs- und Energieoptimierung



### Zentrale Leitwarte

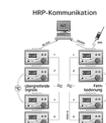
- 8 facher Rechnerverbund
  - 23 Servereinheiten
  - 171 Unterstationen
- insgesamt:  
**18058 Datenpunkte**

zuzüglich



57 Einzeldigitalregler

1 GLT Server



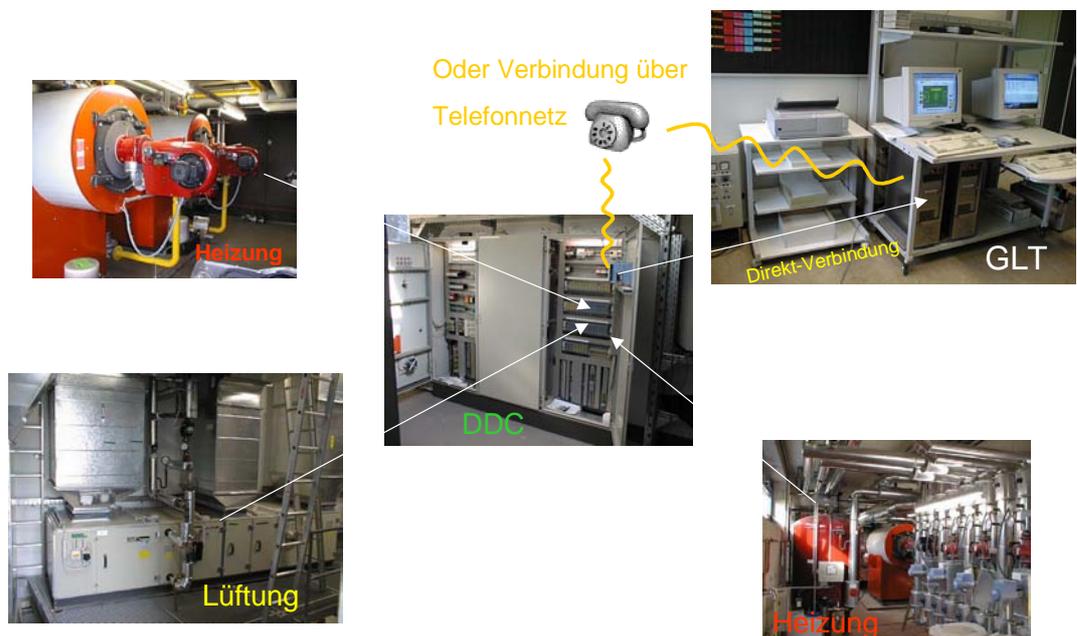


Nur der Einsatz eines zentralen Rechners ermöglicht die vorbeschriebenen Aufgaben, wie Überwachung und Bedienung komplexer Anlagen in der Gebäudetechnik, durchzuführen. Durch den Anschluss von Selbstwählmodem kann der Aufstellungsort unabhängig von den einzelnen Systemkomponenten gewählt werden. Das gleiche gilt auch für die Bedienung des Rechners, welche über Notebook mit Modem von jedem beliebigen Telefonanschluss erfolgen kann, wenn der Benutzer dazu autorisiert ist. Die Funktionalität der Bedienung unterliegt dabei unter Verwendung einer stabilen Telefonverbindung keinerlei Einschränkungen.

Erst der Einsatz eines digitalen DDC-Regel- und Steuerungssystems machte es überhaupt möglich, ein energetisch optimiertes Regelkonzept wie vor beschrieben zu realisieren. Zur Zeit sind bei der Stadt Aachen

## Systemgrundlagen

### Aufbau der Gebäudeautomation Stadt Aachen



**518 Heizungsregelkreise**  
**314 Lüftungsanlagen**  
**71 Sanitäreanlagen**

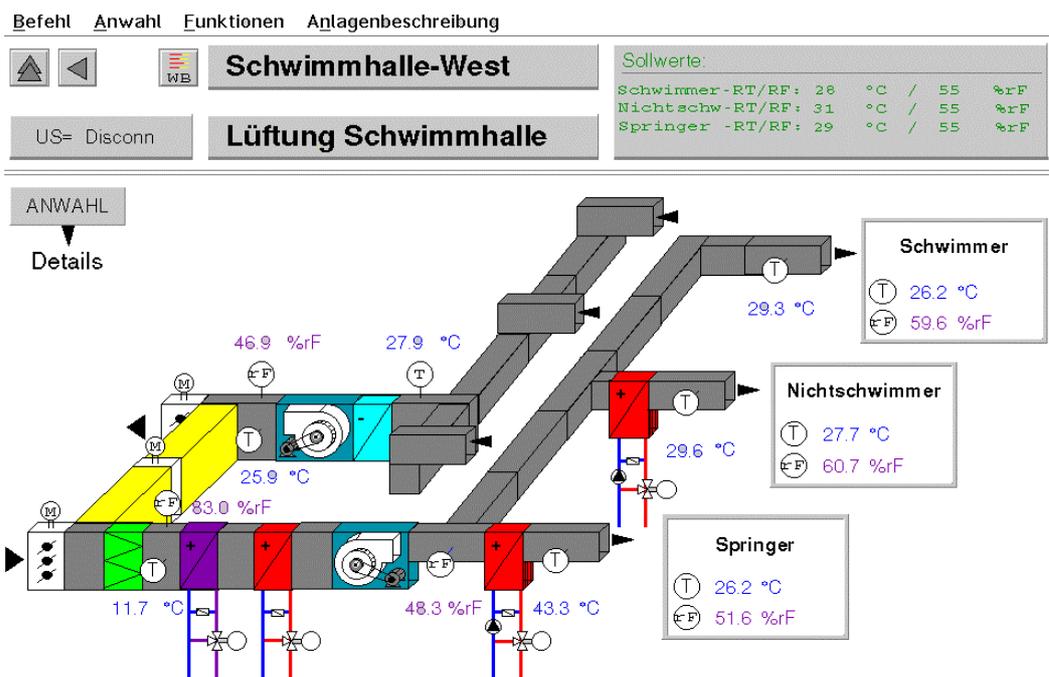
mit einer digitalen Regel- und Steuerungsanlage ausgerüstet.



### Prozessbildbetrachtung - Spiegelbild der Anlage vor Ort

Ein wesentlicher Vorteil in der Gebäudeautomation ist die Darstellung der Anlage vor Ort. Erst durch die farbigen Anlagenbilder wird dem Nutzer die notwendige Transparenz gegeben, seine betriebstechnischen Anlagen energetisch sparsam und wirtschaftlich zu betreiben. Diese Bilder ermöglichen den Überblick über komplexe Prozesszusammenhänge in räumlich getrennten Anlagen und geben Auskunft über betriebsrelevante Prozessdaten sowie Regel- und Verbrauchsgrößen.

Alle Dateninformationen, die per Online-Verbindung zwischen der Leitwarte und den Unterstationen auf dem Prozessbild angezeigt werden, sind aktuelle Betriebszustände, die somit den Betreiber jederzeit in die Lage versetzen, Auskunft über den ordnungsgemäßen Betrieb seiner Anlagentechnik zu bekommen.



Dieses Prozessabbild gibt Auskunft über Größe und Umfang der Lüftungsanlage in einer Schwimmhalle. Der Beobachter dieser Grafik wird in die Lage versetzt, alle notwendigen Anlageninformationen für den ordnungsgemäßen Betrieb der Lüftungsanlage auf einen Blick zu erhalten. Die wichtigsten, betriebsrelevanten Prozessdaten können in direktem Zusammenhang abgelesen werden.



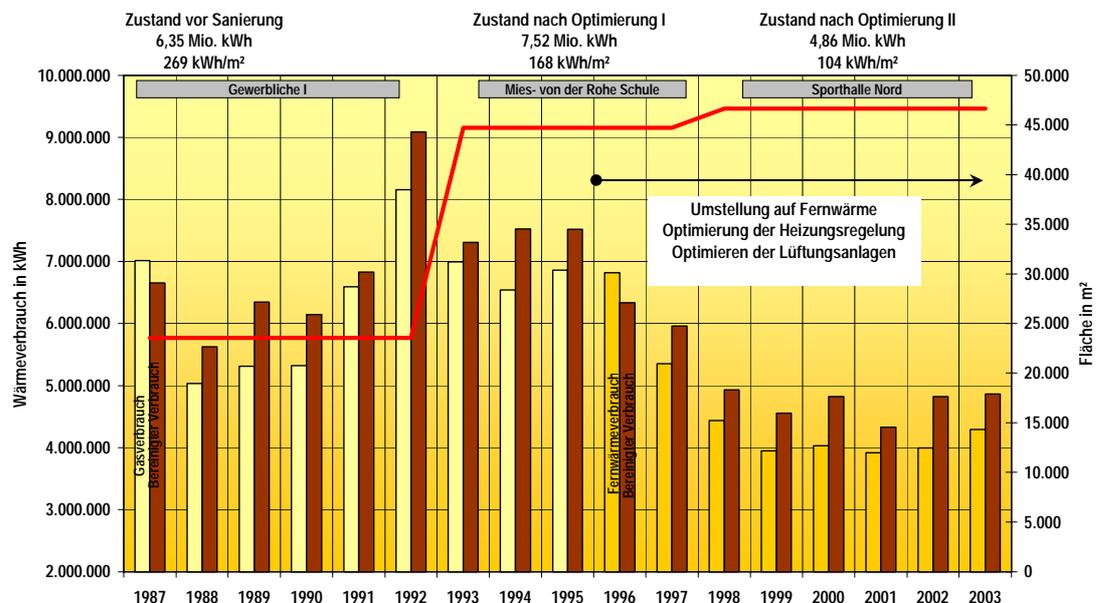
### 3.15.1 Anlagenoptimierung und Energieeinsparung mit einer Gebäudeautomation

Innovativer Grundgedanke für eine Gebäudeautomation ist die Optimierung der haustechnischen Anlagen, um den Primärenergieverbrauch von Objekten zu senken. Die erzielten Energieeinsparungen werden in den nachfolgenden Abbildungen für verschiedene Objekte näher betrachtet.

#### Die Gewerblichen Schulen I und II

Nachfolgende Grafik zeigt den Wärmeverbrauch des Schulkomplexes Neuköllner Straße. Die Energieverbrauchsstatistik beginnt an diesem Beispiel exemplarisch mit dem Jahr 1987 und zeigt den Wärmeverbrauch der Gewerblichen Schule I mit 23.500 m<sup>2</sup> beheizter Fläche. Im Jahr 1991 erfolgte der Bau der Gewerblichen Schule II mit einer beheizten Fläche von 21.000 m<sup>2</sup>, der über die Gesamtheizungsanlage wärmetechnisch mit versorgt wird. Zeitgleich mit dem Bau erfolgte eine heiztechnische Sanierung und der Einbau einer Gebäudeautomation. Deutlich zu erkennen ist die Verdopplung der beheizten Fläche mit einer Verbrauchserhöhung von nur 20 % Anteilen.

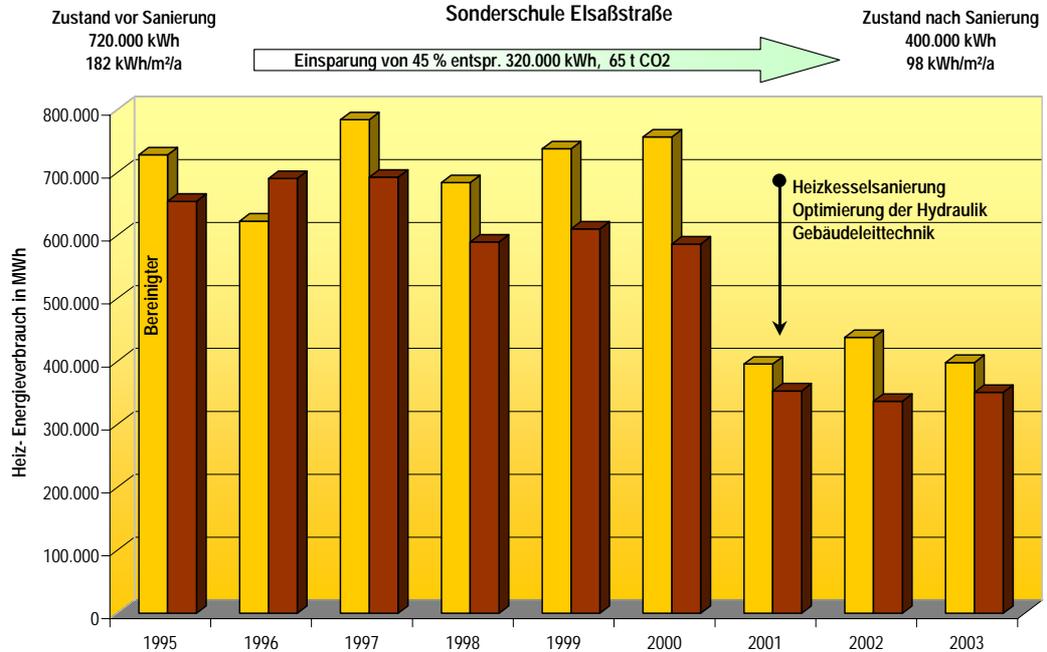
Im Jahre 1996 erfolgte neben der Umstellung auf Fernwärme auch eine Optimierung der Regelungsprozesse mit dem Ergebnis eines stetig sinkenden Wärmeverbrauchs. Die Erweiterung des Schulkomplexes um eine 5.600 m<sup>2</sup> große Dreifachturnhalle im Jahr 1998 wird durch das enorme Einsparpotential mehr als kompensiert.



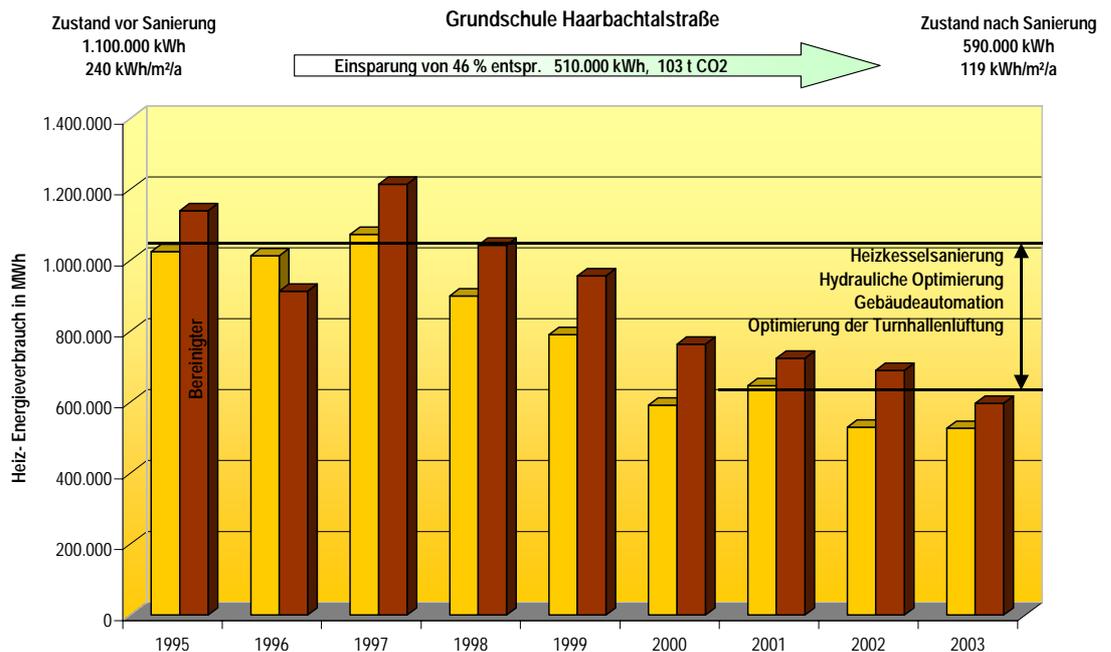
Heute, mit einer Verdopplung der beheizten Fläche, liegt der witterungsbereinigte Wärmeverbrauch mit durchschnittlich 4,9 Mio. kWh 30 % unterhalb des Wärmeverbrauchs der Jahre 1987 bis 1989. Die Verbrauchszahl von 104 kWh/m<sup>2</sup> stellt für den Gesamtkomplex ein sehr gutes Ergebnis dar.



### Sonderschule Elsaßstraße



### Grundschule Haarbachtalstraße





### 3.16 Das „Bonussystem“ als „nicht-investive“ Maßnahme

Das Bonussystem wurde zum 1.6.1996 beschlossen und zum 1.1.1997 eingeführt. Hintergrund ist, mit durchdachtem Verbraucherverhalten eine Energieeinsparung in den Bereichen Strom, Wärme und Wasser zu erzielen und bei allen Beteiligten (Schüler, Lehrpersonen, Hausmeister, etc.) ein entsprechendes Bewusstsein zu fördern. Weiterhin wurde die Abfallvermeidung mit einbezogen.

Begonnen wurde mit 17 Teilnehmern, die bis Ende 2003 auf 58 angestiegen ist. Der Teilnehmerbereich reicht von Kindertageseinrichtungen bis zur Berufsfachschule. Alle Verantwortlichen aus diesen Bereichen wurden informiert und zur aktiven Mitarbeit motiviert.

Wegen seines großen Erfolges hat der Rat der Stadt Aachen im März 2004 beschlossen, alle Schulen und Kindergärten in das Bonussystem einzubinden.

#### **Aufteilung:**

Die Motivation aller Beteiligten ist eine wichtige Voraussetzung für das Gelingen des Projektes. Um diese aufrechtzuerhalten wird das Geld, welches normalerweise für unnötigen Energieverbrauch ausgegeben würde, wie folgt prozentual aufgeteilt.

	Freie Verfügung	Reinvestition	Stadt Aachen	Hausmeister
Schulen	30 %	30 %	30 %	10 %
Kindergärten	40 %	30 %	30 %	-

Bei Kindergärten und Tagesstätten werden 40 % der Einsparungen zur freien Verfügung gestellt, da hier kein Hausmeister beschäftigt ist.

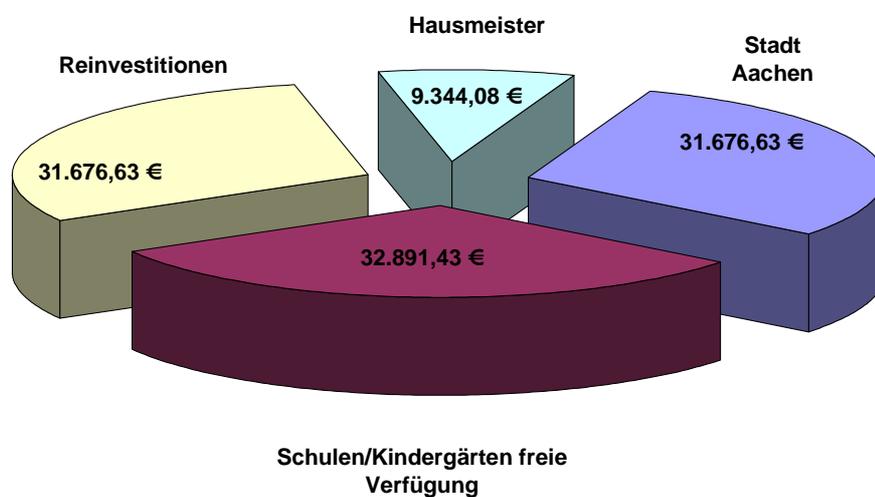
Die Erfahrungen haben gezeigt, dass mit vertretbarem Personalaufwand erfolgreich Energie und Energiekosten eingespart werden können.



**„Gewinn“ durch Einsparung**

Bonussystem heißt: Energieeinsparung ohne Investition. Aber auch die zusätzlich eingestellten zwei Halbtagsstellen werden durch den städtischen Anteil, der im Jahr 2002 31.676 € betrug, finanziert. In der nachfolgenden Grafik sind die Ergebnisse des Bonusjahres 2002 dargestellt.

**Kostenverteilung 2002**



Durch die Einsparungen des Bonussystems werden Energieressourcen geschützt und der Schadstoffausstoß verringert. In der nächsten Tabelle werden die Einsparungen seit Beginn des Bonussystems aufgezeigt.

	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Wärme	1.310 MWh	1.337 MWh	2.819 MWh	2.258 MWh	2.760 MWh	2.581 MWh
Strom	143 MWh	171 MWh	318 MWh	345 MWh	311 MWh	350 MWh
Wasser	3.691 m <sup>3</sup>	5.948 m <sup>3</sup>	7.455 m <sup>3</sup>	10.747 m <sup>3</sup>	10.125 m <sup>3</sup>	10.897 m <sup>3</sup>

Insgesamt wurde bisher durch die bis 2002 teilnehmenden 58 Objekte eine Summe von ca. 725.241 € für den Energieanteil des Bonussystems eingespart. Dies entspricht einer durchschnittlichen Reduzierung der Kosten um etwa 8 % !



## Begleitende Informationsarbeit

### Energiekoffer

Zu Unterrichtszwecken wurde von uns ein „Energiekoffer“ zusammengestellt, der den Schulen leihweise angeboten wird, um die Ziele und das Anliegen des Bonussystems zu veranschaulichen. Er bietet Lehrern und Schülern die Möglichkeit, mit Hilfe von verschiedenen Messgeräten selber Messungen durchzuführen und unnötig hohe Energieverbräuche aufzudecken.



### Aktion Frosch

Um den teilnehmenden Einrichtungen die Möglichkeit zu geben, ihre Nutzer für den sorgfältigen Umgang mit Energie und Abfall zu sensibilisieren, wurden entsprechende Plakate entworfen und an die Einrichtungen verteilt.



### Theaterstück zum Thema Energie

Im Rahmen des Programms Bonussystem wurde ein Theaterstück zum Thema Energie aufgeführt. Das Theaterstück war eigens für die Altersgruppe Grundschüler entwickelt worden. Ziel dieser Aktion war es, den Schulen eine Möglichkeit zu bieten, die Schüler möglichst früh an die Umweltschutzproblematik heranzuführen. Das Angebot wurde auch sehr gut angenommen und die Schüler waren nach Besuch des Theaterstücks sehr begeistert.



Ein Stück um Energieverschwendung und naive Menschen: „Auf zu den Göttern“ von der Gruppe „Theater!!!“ begeisterte die Grundschüler in der Barockfabrik. Foto: Wolfgang Fitzner



#### 4. Tendenzen des Wandels im Einsatz der Primärenergiearten

Der Primärenergieverbrauch in Deutschland ist seit Beginn der 90er Jahre trotz wirtschaftlichen Wachstums im Trend rückläufig. Damit unterscheidet sich die Situation hierzulande grundlegend von vielen vergleichbaren Ländern, in denen mit der wirtschaftlichen Produktion auch der Energiebedarf weiter anwächst.

Ursache des langjährig rückläufigen Trends ist die stetige Verbesserung der Energieeffizienz in Deutschland, die zu einer fortschreitenden Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Energieverbrauchsanstieg geführt hat. Heute benötigt man rechnerisch für die Produktion einer Einheit an Wirtschaftsleistung (in Form des Bruttoinlandsprodukts) rund 15,5 % weniger Energie als noch zu Beginn der 90er Jahre, ein deutlicher Beleg für den technologischen Fortschritt in der Energiewirtschaft, aber auch für die sparsame und rationellere Energienutzung.



Der Energiebedarf einer Stadt wird durch eine Vielzahl von Einflussgrößen bestimmt. Neben saisonalen und witterungsabhängigen Faktoren beeinflussen vor allem die Einwohnerzahl, die Größe der gesamten Wohnfläche, die Zahl der Haushalte, die Anzahl der Kraftfahrzeuge und der Umfang der wirtschaftlichen Produktion das Niveau des Energieverbrauchs. Erfolgreiche Anstrengungen zur rationellen Energieanwendung und zum effizienten Energieeinsatz tragen dazu bei, den Energiebedarf zu senken.

Auf die Energiepreise wirkt eine Vielzahl unterschiedlicher Einflussfaktoren: die Preisentwicklung auf den internationalen Rohstoffmärkten, die Entwicklung des Wechselkurses des Euro gegenüber dem Dollar, die Kostenentwicklung bei inländischen Produktionsfaktoren, staatliche Eingriffe und Auflagen und - nicht zuletzt - die jeweiligen Marktbedingungen.

Im Jahre 1999 haben die Energiepreise ihren Tiefststand erreicht. Bereits im Jahr 2000 sind die Energiepreise tendenziell wieder gestiegen, nicht zuletzt durch die in den jeweiligen Energiearten auferlegten Steuererhöhungen und Abgaben.



#### 4.1 Wärmeverbrauch städtischer Objekte

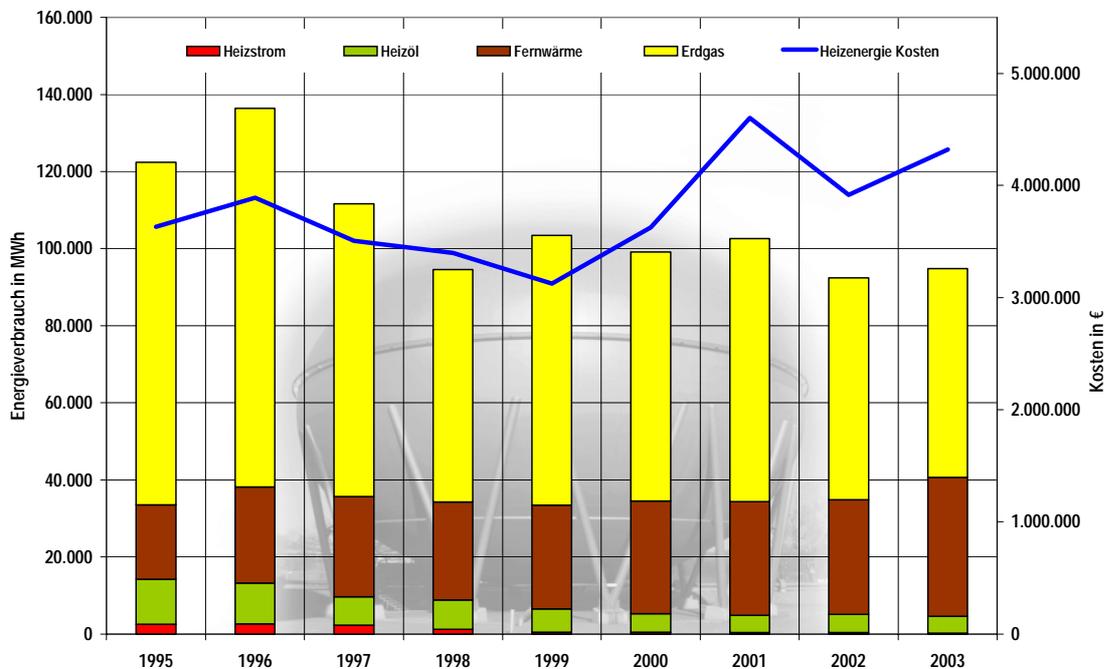
400 Wärmelieferungsverträge werden jährlich bewirtschaftet.

95 Mio. kWh ist der durchschnittliche Wärmeverbrauch aller städtischer Objekte.

4,3 Mio. € werden durchschnittlich für den Wärmebezug ausgegeben, das sind 58 % der gesamten Energie- und Wasserkosten im städtischen Haushalt.

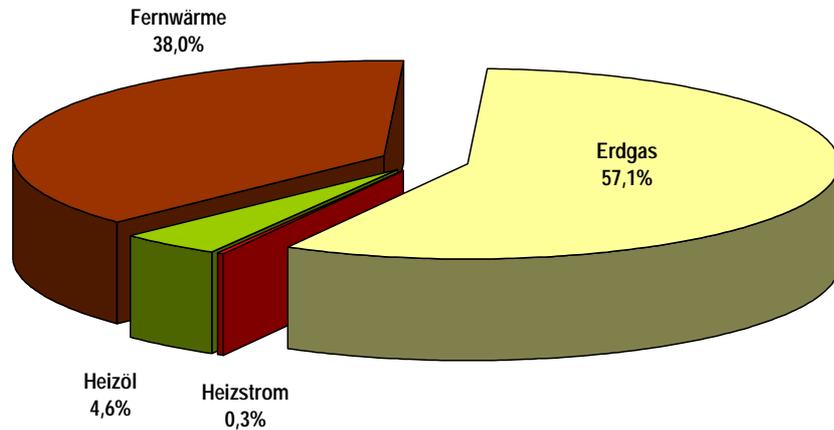
Das sind die Eckdaten des Jahres 2003 in bezug auf den Wärmeverbrauch und Kosten der bewirtschafteten Immobilien. Die Tendenz ist im Bereich der Energiekosten steigend und im Bereich des Verbrauches sinkend.

Die nachfolgende Grafik stellt sowohl den Wärmeverbrauch, getrennt nach der jeweiligen Energieart, als auch die Gesamtwärmekosten dar. Deutlich ist der Preisanstieg seit dem Jahr 1999 zu erkennen sowie ein sinkender Wärmeverbrauch über den gesamten Betrachtungszeitraum.



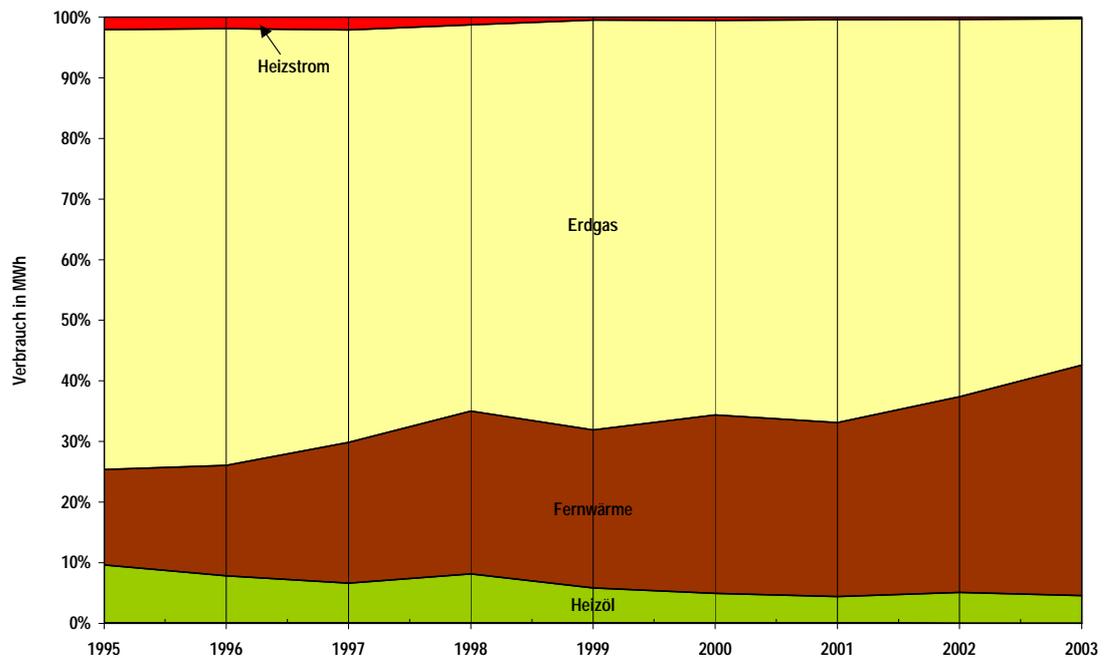


Die Wärmeversorgung der städtischen Objekte erfolgte im Jahr 2003, wie in der nachfolgenden Grafik dargestellt, zu 57,1 % durch Erdgas und 38 % durch Fernwärme.



Der Heizölverbrauch ist mit 4,6 % Verbrauchsanteilen gering, der Heizstromverbrauch liegt mit einem jährlichen Verbrauch von 247 MWh bei 0,3 % Anteilen.

Betrachtet man den Bezugszeitraum der Jahre 1995 bis 2002, so ist eindeutig die Steigerung des Fernwärmeverbrauchs und die zeitgleiche Reduzierung des Erdgas- und Heizölverbrauchs zu erkennen.

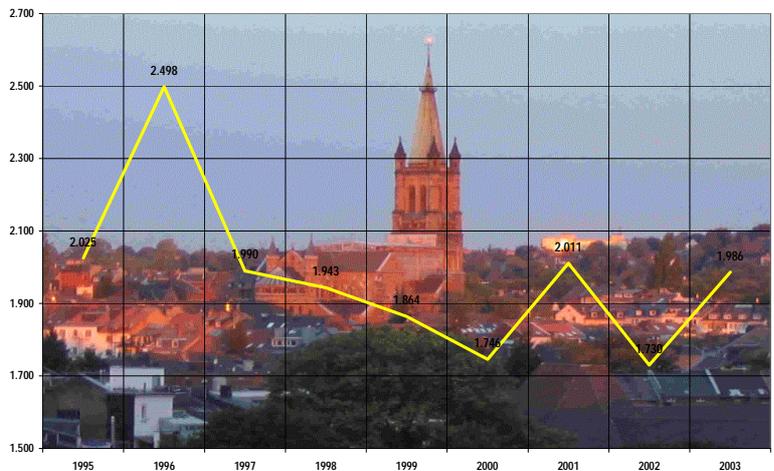




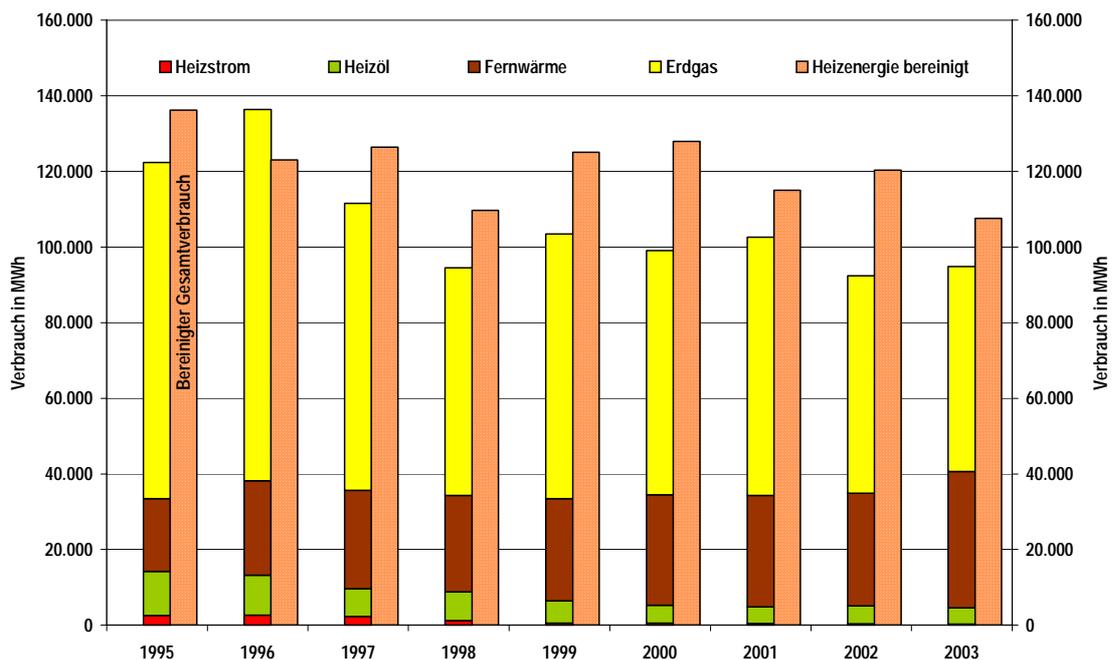
Um die Entwicklung von Heizenergieverbräuchen verschiedener Jahre vergleichen zu können, werden Verbräuche witterungsbereinigt. Der Einfluss des Wetters auf den Wärmeverbrauch wird dabei über die sogenannte Gradtagszahl berücksichtigt. Der Bezug auf ein Durchschnittsjahr stellt die Verbräuche unabhängig von jährlichen Wetterschwankungen dar. Hierdurch werden Entwicklungen im Heizenergieverbrauch sichtbar. Auch der Vergleich verschiedener Objektstandorte untereinander wird mittels der Gradtagsbereinigung möglich.

### Gradtagszahlen

Die Heizgradtage  $G_{15}$  sind die Summe der Differenzen zwischen der Heizgrenztemperatur von  $15^{\circ}\text{C}$  und den Tagesmitteln der Außentemperaturen über alle Kalendertage mit einer Tagesmitteltemperatur unter  $15^{\circ}\text{C}$ .  
(V DI 3807 Blatt1)

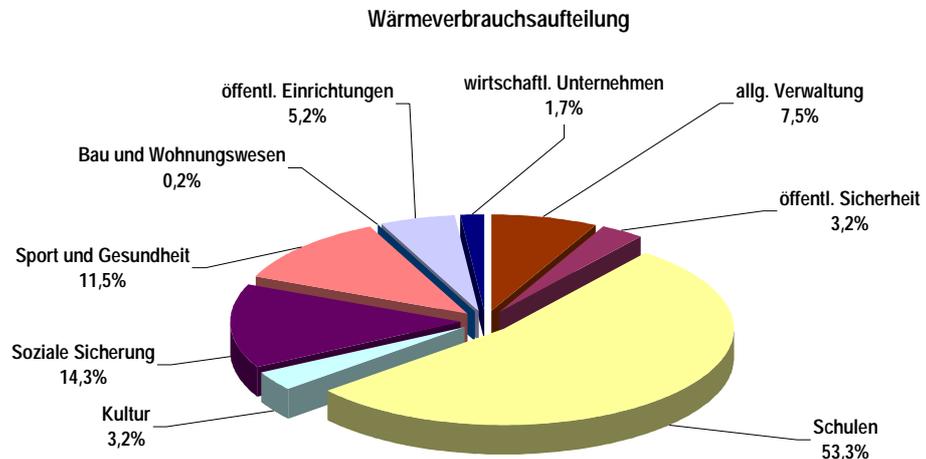


Die Grafik zeigt den Wärmeverbrauch mit dem überlagerten witterungsbereinigten. Obwohl der bereinigte Wärmeverbrauch relativ große Verbrauchsschwankungen aufweist, ist er rückläufig zu bewerten.

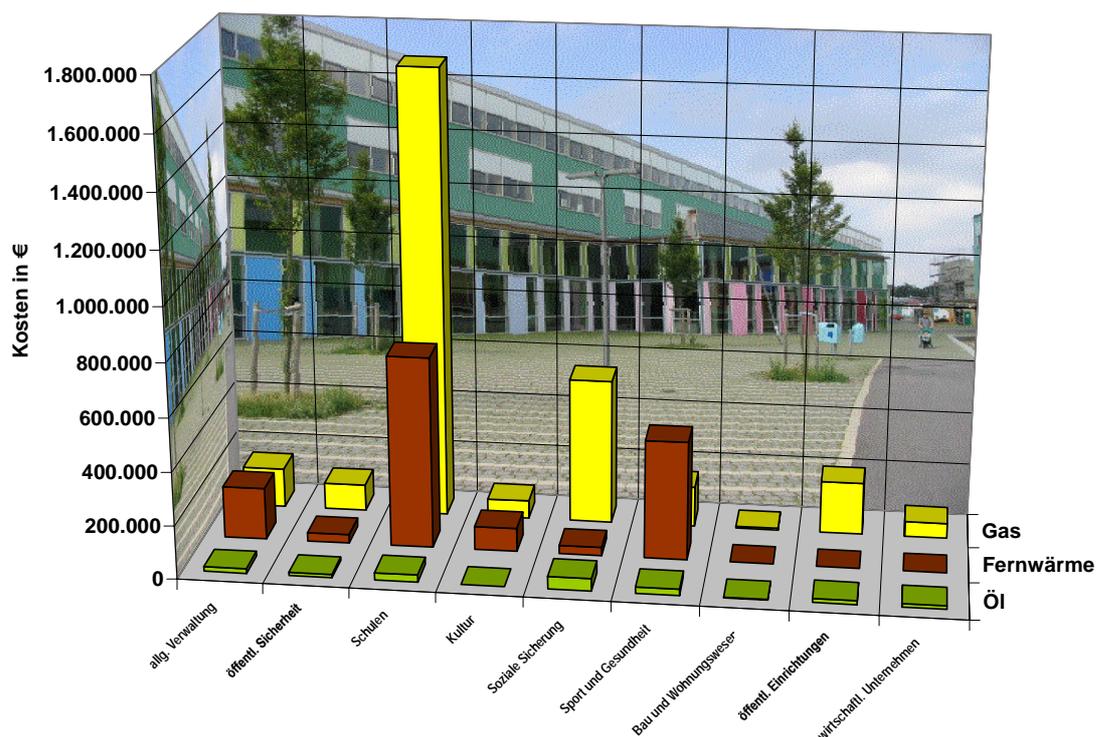




Der Wärmeverbrauch wird entsprechend den Bedarfsträgern unterschiedlich stark beeinflusst. Die nachfolgenden Grafiken zeigen den Verbrauch prozentual aufgeteilt nach dem jeweiligen Einzelplan 0 bis 8.

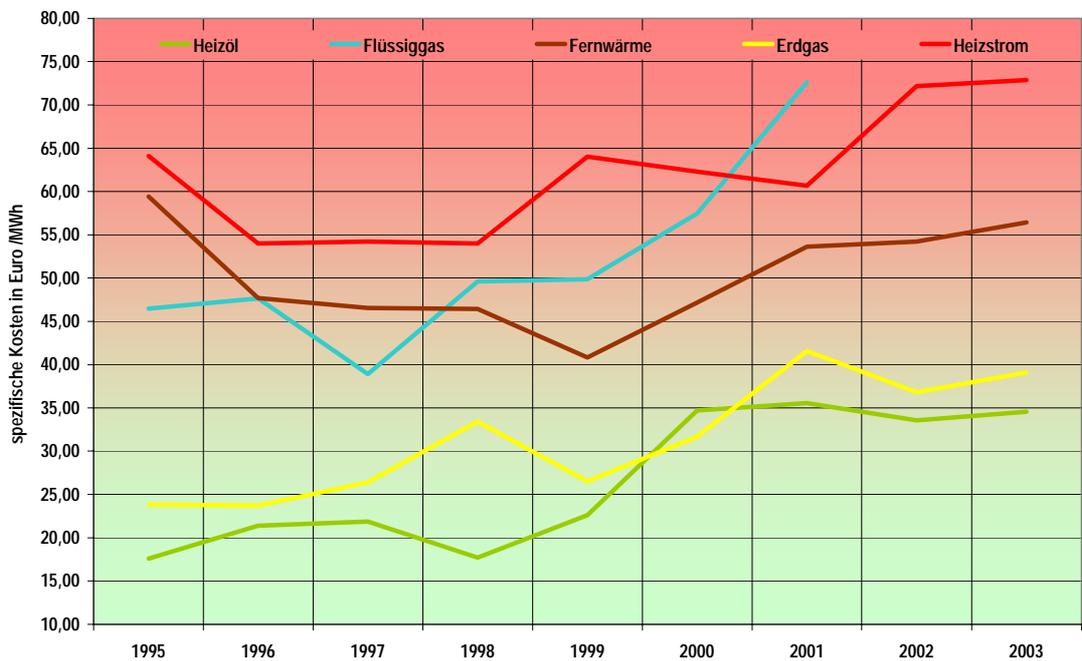


Deutlich ist, wie auch bereits in der Stromaufteilung dargestellt, dass der Einzelplan 2, die Gruppe der Schulen, im Wärmeverbrauch den weitaus größten Verbrauchsanteil einnimmt. Der Einzelplan 4, soziale Sicherung, die Kindertageseinrichtungen und Übergangwohnheime, mit 14,3 % Anteilen und der Einzelplan 5, Gesundheit und Sport, mit 11,5 % Anteilen stellen den zweitgrößten Verbrauchsanteil dar. Die nachfolgende Abbildung zeigt die Wärmekosten des Jahres 2003, welche getrennt nach der jeweiligen Energieart aufgeschlüsselt sind.





Die spezifischen Energiekosten in € je MWh ist der Quotient aus den Gesamtenergiekosten und des Gesamtenergieverbrauches für ein Objekt. Die Darstellung dieser Kosten stellt die finanzielle Rangfolge der Energiearten dar. Entgegen den Primärenergieträgern Heizöl, Erdgas, Flüssiggas und Heizstrom, gemessen als Direktverbrauchsdaten, wurde bei dem Energieträger Fernwärme neben dem Arbeitspreis der Leistungspreis mit einbezogen, so dass eine Gegenüberstellung mit den übrigen Energiekosten unverfälscht wiedergegeben wird.



Als günstigste Energiemedien stellen sich die Heizöl- und die Erdgasversorgung dar. Unter Berücksichtigung des Verbrauchszeitraumes liegt der Heizölpreis unterhalb des Erdgaspreises, was durch die Preisanpassungsklauseln der Erdgaslieferverträge begründet wird. Deutlich ist auch der Preisanstieg ab dem Jahr 1999, welcher sich aus der Steuerhöhung erklärt.

Um den **Faktor 1,6** ist die Wärmeversorgung mit Fernwärme im direkten Vergleich mit Heizöl bzw. Erdgas je MWh teurer. Jedoch ist bei der Versorgung mit Fernwärme zu berücksichtigen, dass keine Investitionen für eine Wärmeerzeugereinrichtung erforderlich sind. Um die Frage der Wirtschaftlichkeit abschließend zu beantworten, muss im Einzelfall eine Gegenüberstellung der Kapitalkosten erfolgen.

Um den **Faktor 2** ist die Energieversorgung mittels Flüssiggas gegenüber der Heizöl- und Erdgasversorgung erhöht.

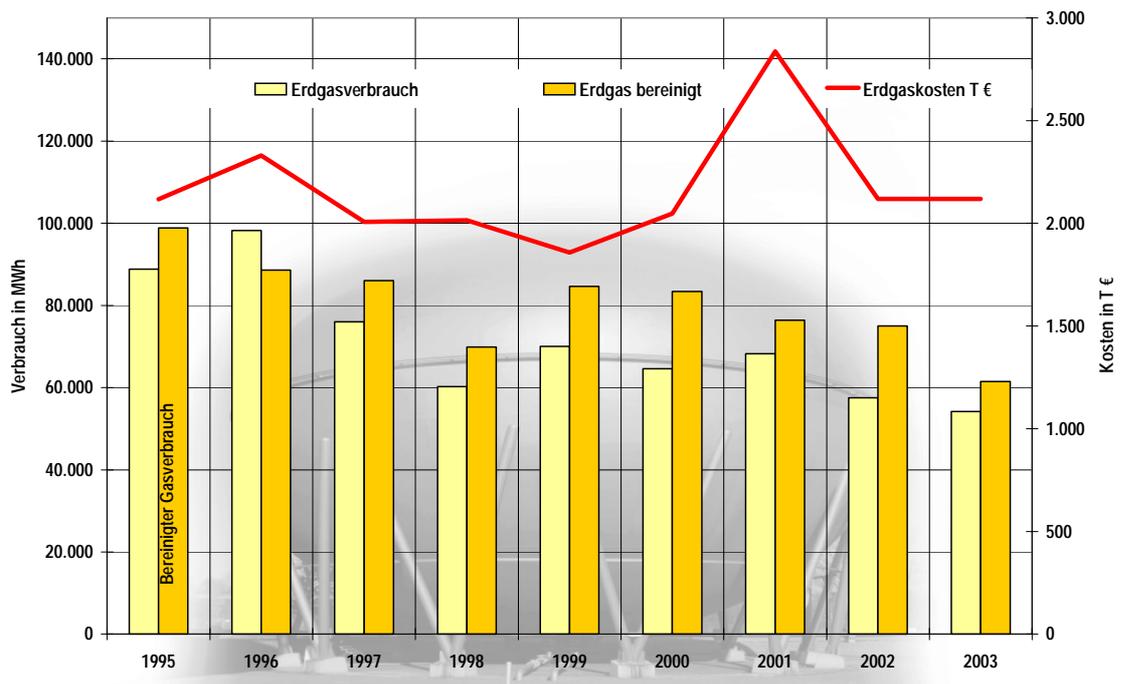
Die Wärmeversorgung mittels Heizstrom stellt in diesem Bezug sogar den **Faktor 3** dar.



### 4.1.1 Gasverbrauch städtischer Objekte

- 293 Gaskessel mit einer Leistung von insgesamt 50.000 kW versorgen derzeit städtische Gebäude mit Wärme.
- 54 Mio. kWh beträgt der Gasverbrauch der städtischen Objekte im Jahr 2003, dies sind rund 57 % des gesamten Wärmeverbrauches.
- 2,1 Mio. € werden durchschnittlich für den Einkauf von Erdgas verausgabt.

Das sind Eckdaten aus dem Verbrauchsjahr 2003. Obwohl der Gasverbrauch in den letzten Jahren sehr stark reduziert worden ist, wird dennoch 57 % des gesamten Wärmebedarfs mit Erdgas gedeckt. Die in der nachfolgenden Grafik deutlich zu erkennende Reduzierung des Erdgasverbrauches ist sowohl auf die Substituierung auf Fernwärme als auch auf Energieeinsparungsmassnahmen zurückzuführen.



Die Erdgaskosten sind bis zum Jahr 1999 als gleichbleibend zu bewerten. Ab dem Jahr 2000 sind die Bezugskosten mit einer 11%igen Erhöhung zum Vorjahr deutlich angestiegen. Dieser Verlauf setzt sich auch im Jahr 2001 fort. Erst im Jahr 2002 ist eine Kostenreduzierung zu verzeichnen, die überwiegend auf die Liberalisierung des Energiemarktes zurückzuführen ist.

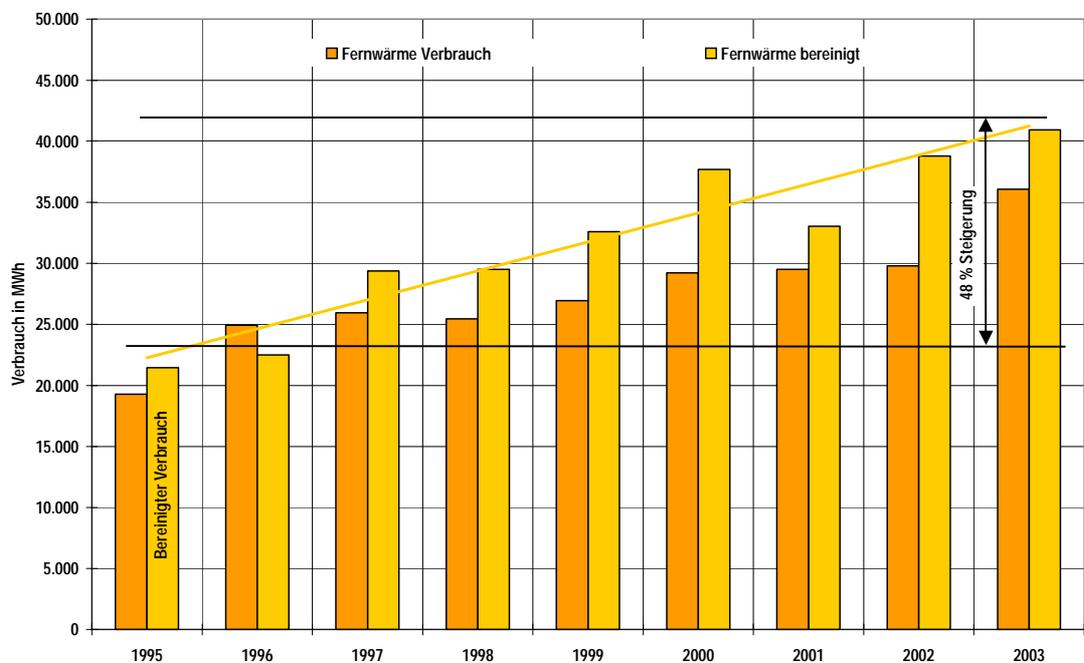


#### 4.1.2 Fernwärmeverbrauch städtischer Objekte

- 49 Fernwärmestationen mit einer Leistung von insgesamt 22.000 kW versorgen derzeit städtische Gebäude mit Fernwärme.
- 36 Mio. kWh beträgt der Fernwärmeverbrauch städtischer Objekte im Jahr 2003, dies sind rund 38 % des gesamten Wärmeverbrauches.
- 2 Mio. € werden durchschnittlich für den Fernwärmebezug ausgegeben.

Die Fernwärmeversorgung in Aachen ist erst in den 60er Jahren eingeführt worden. Mit Übernahme der Fernwärmeversorgung durch die Stadtwerke Aachen im Jahre 1986 wurden die Heizwerke zur Wärmeerzeugung von Kohle auf Erdgas umgestellt und im Jahre 1994 mit dem Bau der Fernwärmeschiene Aachen/Weisweiler begonnen. Ab der Heizperiode 1995 wird der Wärmebezug zu 90 % aus dem Braunkohlekraftwerk Weisweiler ausgekoppelt. Im Jahre 2002 lieferten die Stadtwerke 280 Mio. kWh Wärme an Endverbraucher, 11 % hiervon an städtische Abnehmer.

In der nachfolgenden Grafik sind der Fernwärmeverbrauch und die Kosten über den Verbrauchszeitraum 1995 bis 2003 dargestellt.



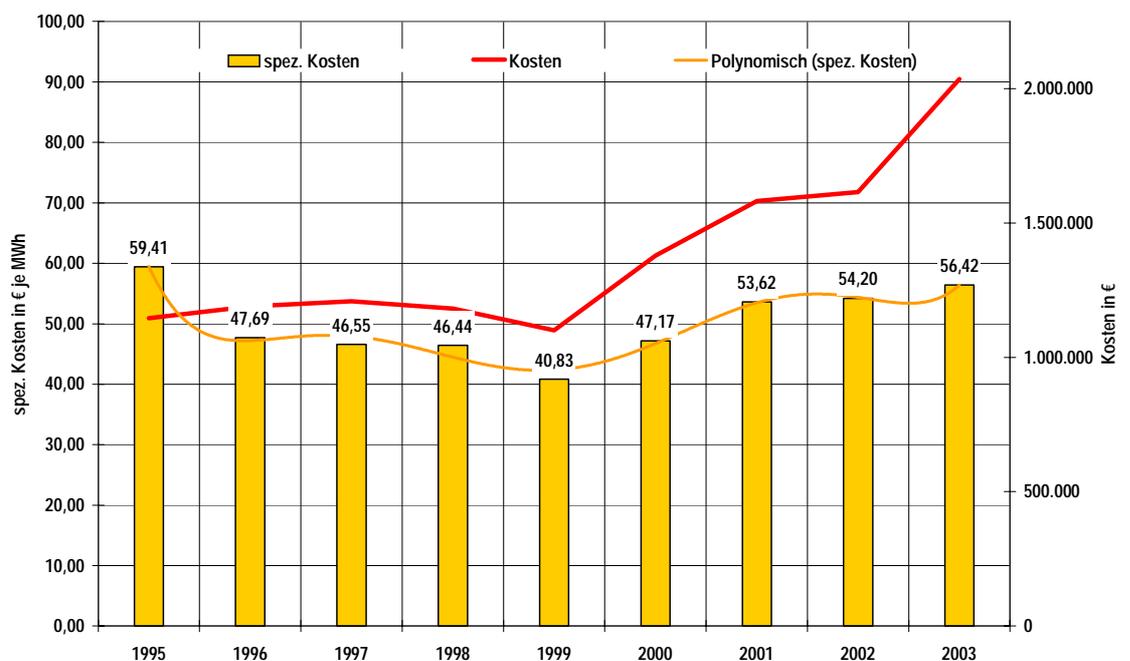
Eine 48%ige Zuwachsrate ist in bezug auf das Verbrauchsjahr 1995 festzustellen, was den kontinuierlichen Zuwachs widerspiegelt.



An dieser Stelle sei auf die besondere topografische Lage der Stadt Aachen inmitten eines Talkessels verwiesen: die Luftqualität kann hiedurch besonders in austauscharmen Wetterlagen kritisch werden. Dies kann bei längerer Dauer zu einem Problem der Wohnbevölkerung werden, ist in jedem Fall jedoch ein Problem für die Besucher des Kurortes Aachen und seine Anerkennung. Von daher ist es eine Verpflichtung des Gebäudemanagements, vor allem innerhalb des Talkessels Emittenten zu minimieren und wo immer darstellbar auf Fernwärme umzustellen.

Die Vergleichbarkeit der Fernwärmekosten mit anderen Energieträgern ist nur bedingt möglich. Die Fernwärmekosten setzen sich aus einem Arbeits-, Leistungs- und Verrechnungspreis zusammen. Der Arbeitspreis berücksichtigt die verbrauchte Wärmemenge in kWh. Er richtet sich sowohl nach dem Kohle- und Gasarbeitspreis als auch nach dem Lohnpreisindex. Der Leistungspreis orientiert sich an der vertraglich vereinbarten Leistung in der Einheit kW, welche maximal aus dem Fernwärmenetz entnommen werden kann. Die vertragliche Leistung unterliegt durch Sanierungsmaßnahmen einer ständigen Anpassung. Der Verrechnungspreis richtet sich nach der Zählergröße und wird demzufolge gestaffelt mit Pauschalbeträgen vergütet.

In der nachfolgenden Darstellung sind die Gesamtbezugskosten sowie der spezifische Bezugspreis in € je MWh dargestellt.



Die Steigerung der Gesamtkosten ist neben der Erhöhung der Bezugspreise überwiegend durch die weitere Zunahme an Objekten begründet.



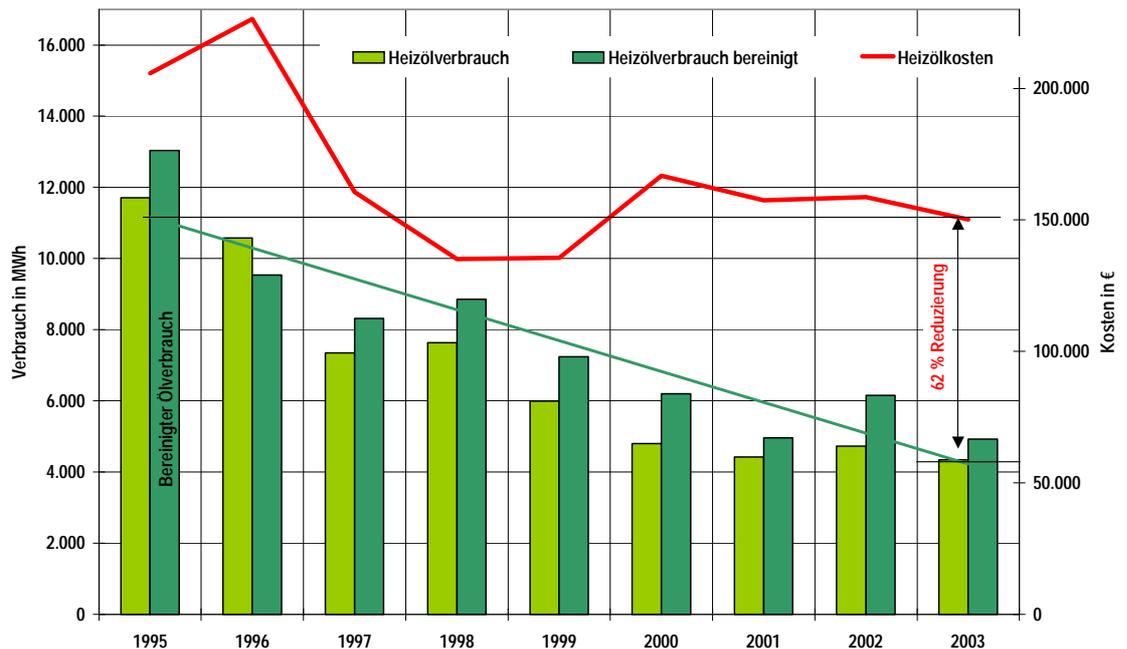
### 4.1.3 Ölverbrauch städtischer Objekte

**30** Ölheizkessel mit einer Leistung von insgesamt 4.300 kW versorgen derzeit städtische Gebäude mit Wärme.

**4,3** Mio. kWh beträgt der Ölverbrauch städtischen Objekte im Jahr 2003, das sind rund 4 % des gesamten Wärmeverbrauches.

**0,15** Mio. € werden durchschnittlich für den Ölbezug ausgegeben, das sind 3,5 % der Gesamtwärmekosten im Jahr 2003.

Die Wärmeerzeugung mittels Heizöl ist die günstigste Beheizung. In der folgenden Darstellung ist ein Verbrauchsrückgang von 60 % zu erkennen. Dieser Umstand ist überwiegend auf die Substituierung auf Fernwärmeversorgung begründet.



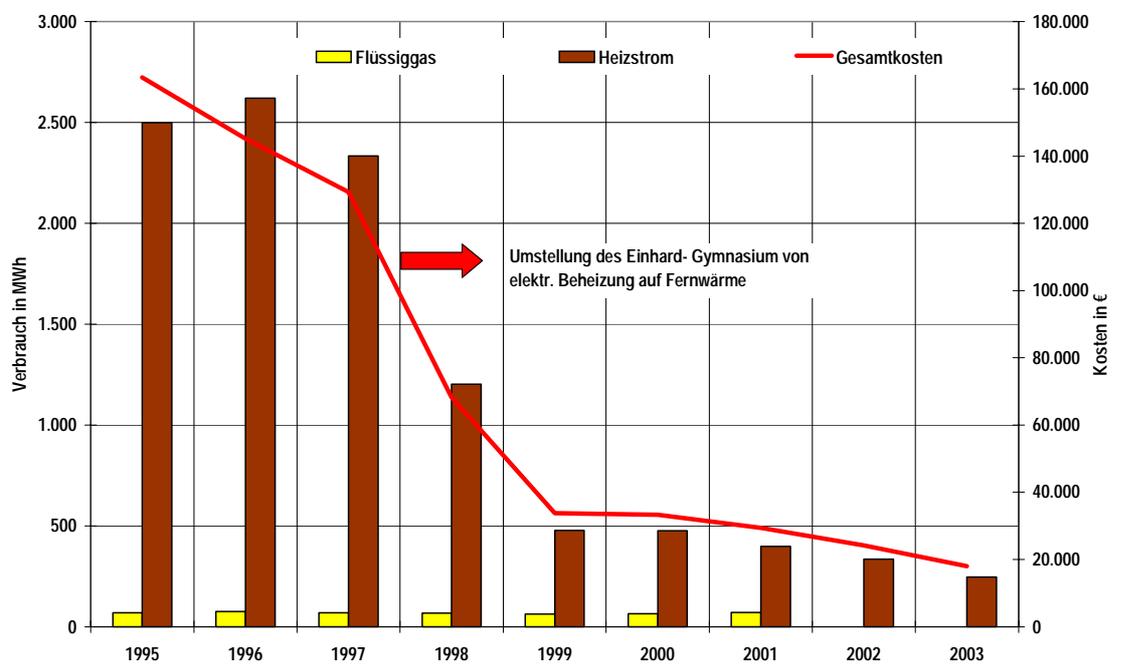
Die Heizölkosten zeigen in den Jahren 1996 bis 1998 eine sehr starke Preisreduzierung. Seit dem Jahr 1999 ist eine Preissteigerung festzustellen, welche auf Steuererhöhungen zurückzuführen ist.



#### 4.1.4 Sonstige Wärmeverbraucher städtischer Objekte

Als sonstige Wärmeverbraucher können zwei Arten der Wärmeversorgung benannt werden. Dieses ist zum einen die Beheizung mittels elektrischem Strom und zum anderen mit Flüssiggas.

Beide Heizarten sind rückläufig, und seit dem Jahr 2002 findet die Beheizung mit Flüssiggas nicht mehr statt.



Die Beheizung mit Strom ist seit dem Jahr 1998 auf ein Minimum reduziert worden. Nach der Umstellung des bis dato mit Strom beheizten Einhard-Gymnasiums werden noch einige Trauerhallen und temporär genutzte Gebäude mit Strom beheizt.

Die Gesamtkosten im Jahr 2003 stellen mit einem Betrag von rund 18.000 € einen prozentualen Anteil an den Gesamtheizkosten von 0,2 % dar.

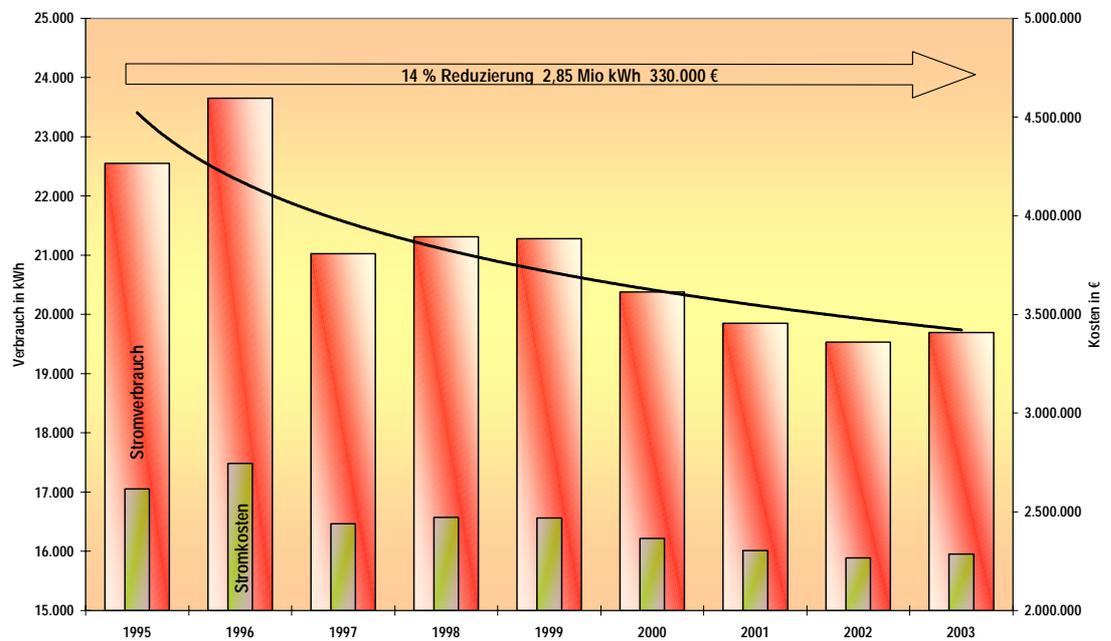


## 4.2 Stromverbrauch städtischer Objekte

- 650** Stromverträge werden jährlich bewirtschaftet.
- 20** Mio. kWh beträgt der durchschnittliche Stromverbrauch aller städtischen Objekte.
- 2,2** Mio. € werden durchschnittlich für den Strombezug ausgegeben, das sind 30 % der gesamten Energie- und Wasserkosten im städtischen Haushalt.

Dies sind die Eckdaten des Jahres 2003 in bezug auf Stromverbrauch und Kosten der bewirtschafteten Immobilien. Die Tendenz ist in allen drei genannten Sparten rückläufig. Für das Jahr 2004 stehen in Schulen umfangreiche Sanierungen von Beleuchtungsanlagen an. Wie bereits in dem Projekt Inda-Gymnasium beschrieben werden auch hier umfangreiche Reduzierungen von Anschlussleistungen vorgenommen.

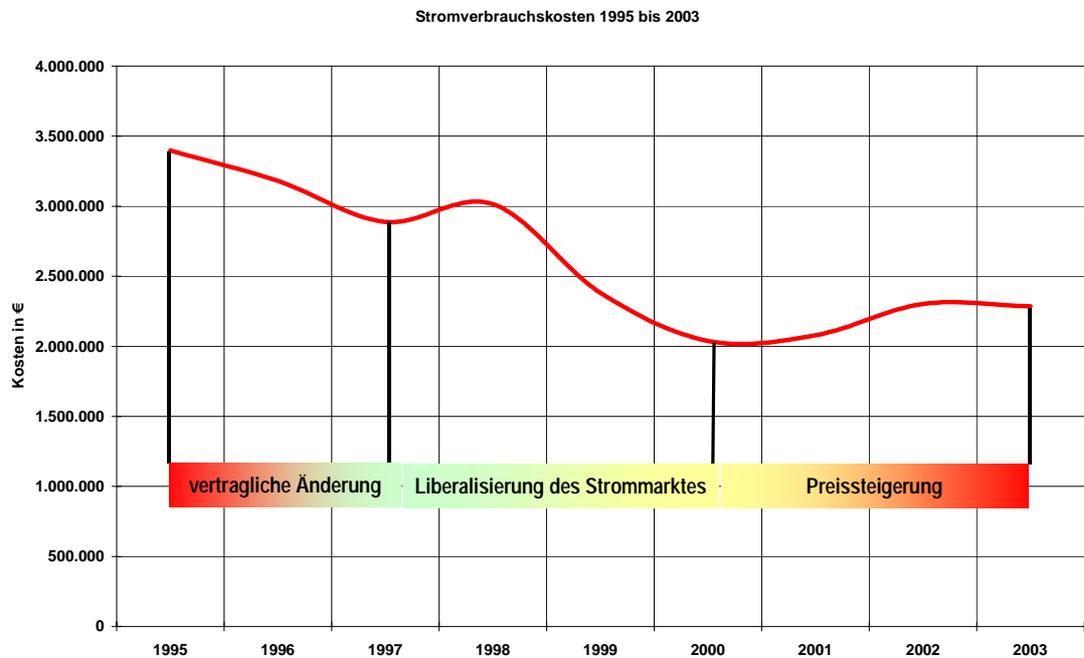
In der nachfolgenden Grafik ist der Stromverbrauch und die Kosten der Jahre 1995 bis 2003 dargestellt. Die Verbrauchsreduzierung von 14 % stellt mit 2,85 Mio. kWh ein hervorragendes Ergebnis dar.



Die Stromverbrauchskosten unterliegen größeren Schwankungen. Im Jahr 1995 wurden für den Strombezug 3,4 Mio. €, im Jahr 2001 2,1 Mio. € ausgegeben, was einer prozentualen Reduzierung von 38 % entspricht.



Die nachfolgende Abbildung zeigt die Stromverbrauchskosten der letzten Jahre.



Die Kostenschwankungen können wie folgt gegliedert werden:

- vertragliche Änderung: Durch die vertragliche Änderung der Lieferverträge sowie durch Bündelverträge können Einsparungen in Höhe von 800.000 € verzeichnet werden.
- Liberalisierung: Durch die Liberalisierung des Strommarktes sinken die Stromkosten auf ein Minimum. Es können Einsparungen in Höhe von insgesamt 1.000.000 € verzeichnet werden.
- Preissteigerung: Nachdem der Strompreis im Jahr 2000 seinen Tiefststand erreicht hatte, ist seitdem ein kontinuierlicher Preisanstieg zu verzeichnen. Im Vergleich zu den Kosten des Jahres 2000 sind die Stromkosten im Jahr 2002 bereits um 600.000 € angestiegen.

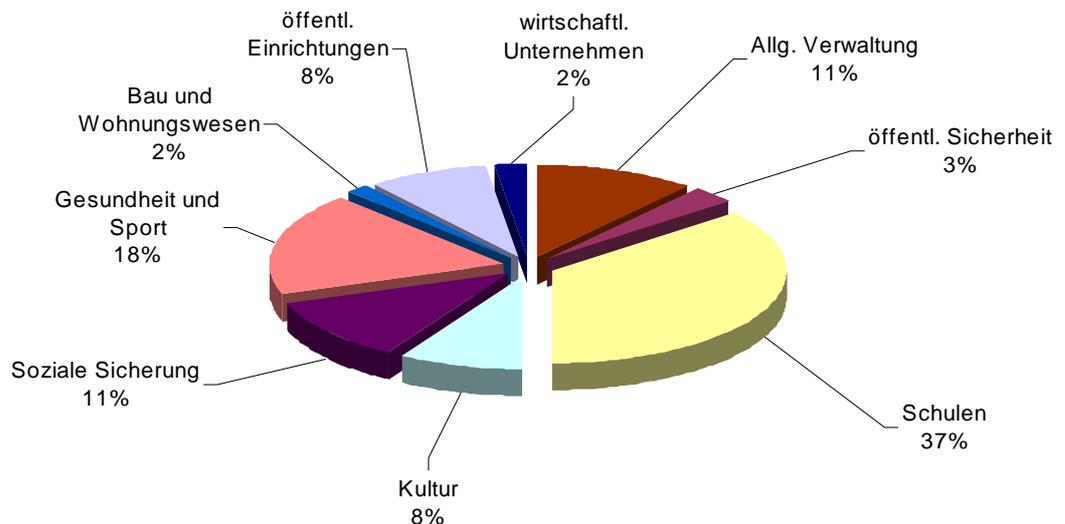


Die nachfolgende Grafik stellt die Stromverbrauchsanteile in bezug auf den Gesamtstromverbrauch dar. Deutlich ragt die Gruppe der Schulen mit 37 % Gesamtanteil hervor.

Den zweitgrößten Bereich stellt der Gesundheits- und Sportbereich mit 18 % Anteilen dar.

Die zwei weiteren großen Verbrauchsgruppen bilden die Allgemeinen Verwaltungsgebäude und die Gebäude der sozialen Sicherung mit jeweils 11 %.

### Stromverbrauchsaufteilung



Schulen, Kitas und Sportanlagen (Schwimmbäder) sind anzahlmäßig die meisten und größten Objekte in einer Kommune. Ihnen gehört das Augenmerk hinsichtlich Stromsparen. Insbesondere bei Schulgebäuden kann dieser Anteilwert über 50 % Einsparung betragen.

Deshalb ist es naheliegend, dass sich die Maßnahmen zur Kosteneinsparung in kommunalen Gebäuden zunächst auf die Beleuchtungsanlagen konzentrieren.

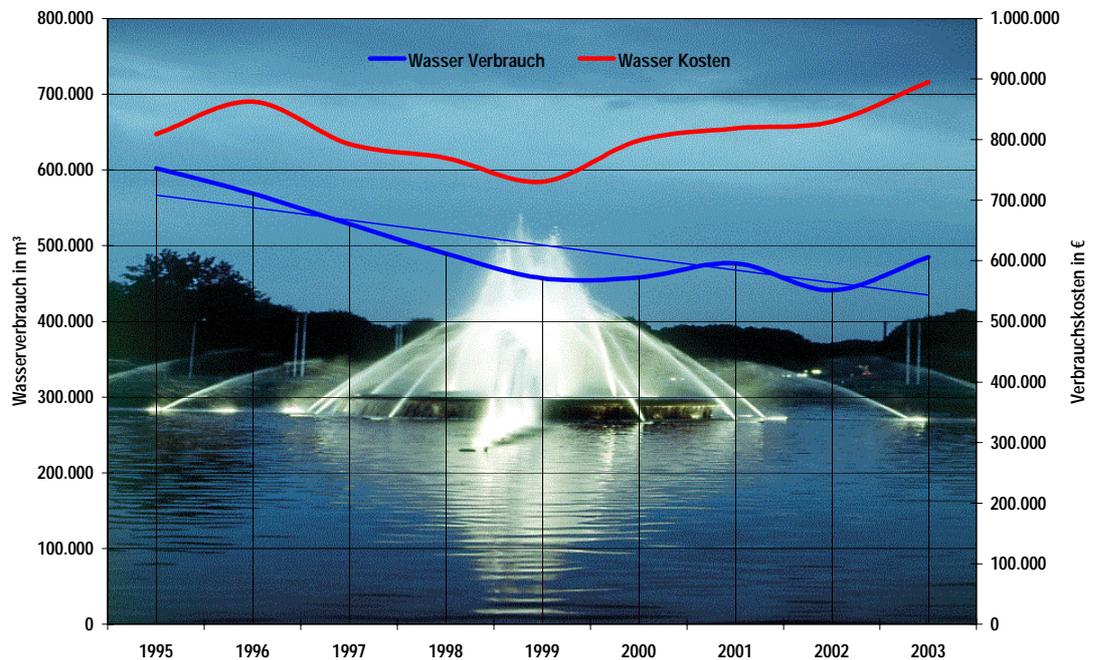


### 4.3 Wasserverbrauch städtischer Objekte

- 895** Tausend € werden jährlich für den Wasserbezug verausgabt, das sind rund 12 % des Gesamtbudgets.
- 485** Tausend m<sup>3</sup> werden jährlich in städtischen Objekten verbraucht.
- 1,85** € kostet durchschnittlich ein m<sup>3</sup> Wasser im Bezugsjahr 2003.

Das sind die Eckdaten des Wasserverbrauchs bzw. der Wasserkosten im Jahr 2003. Im Jahre 1995 wurden zum Vergleich 600.000 m<sup>3</sup> verbraucht, was auf den heutigen Verbrauch bezogen eine Reduzierung von 20 % darstellt.

Aachen als Stadt der Brunnen und Bäder, betreibt 70 Brunnenanlagen, 5 Hallenbäder und 1 Freibad. Diese kulturellen und sportlichen Attraktionen verursachen einen nicht zu vernachlässigenden Wasserverbrauch. Demzufolge wurden umfangreiche Anstrengungen unternommen, den Verbrauch ständig zu reduzieren.



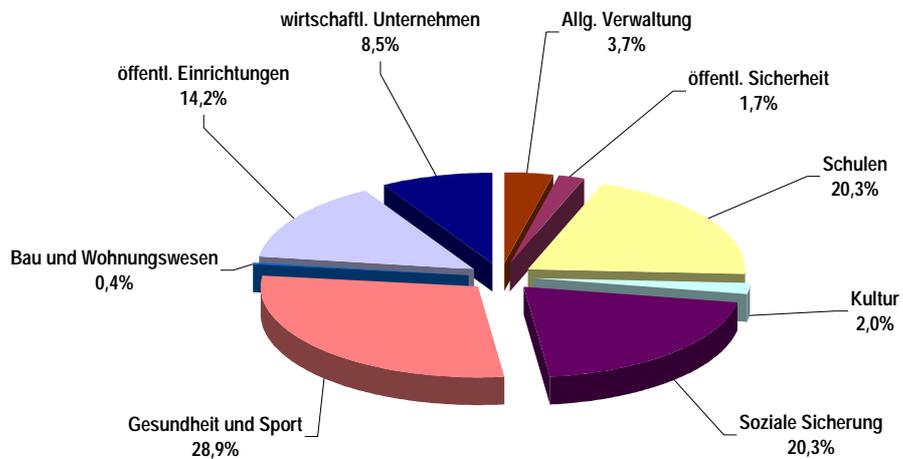
Im Hintergrund des Diagramms ist der Springbrunnen am Europaplatz zu sehen, der einen jährlichen Wasserverbrauch von rund 10.000 m<sup>3</sup> aufweist.

Die Erhöhung der Bezugspreise von 1,34 €/m<sup>3</sup> im Jahr 1995 auf einen durchschnittlichen von 1,85 €/m<sup>3</sup> im Jahr 2003 stellt eine Preiserhöhung von 30 % dar.



Unter Betrachtung der jeweiligen Abnahmestrukturen stellt sich der Wasserverbrauch im Gesundheits- und Sportbereich mit 28,9 % verbrauchsintensiv dar. Sowohl die Schulen als auch die Bereiche der sozialen Sicherung weisen mit jeweils 20,3 % Verbrauchsanteilen den zweitgrößten Abnahmebereich auf.

Wasserverbrauchsaufteilung



Das erhoffte Ziel, 10 Prozent Trinkwasser einzusparen, wurde bei weitem überschritten. Die Stadt Aachen verspricht sich eine weitere Reduzierung des Wasserverbrauchs. Dadurch sollen nicht nur finanzielle Vorteile für den städtischen Haushalt erzielt werden, sondern auch ein nicht unerheblicher Beitrag zur Schonung der Trinkwasser-Ressourcen geleistet werden.



### 4.3.1 Einsparung durch Reduzierung der Wasserzählergröße

Es gibt viele Möglichkeiten Kosteneinsparungen zu verwirklichen. Eine der Aufgaben des Energiemanagements ist es, das Vertragswesen für alle Energiebezüge zu optimieren. Hierzu gehören auch Wasserversorgungseinrichtungen. Durch den Einbau von bedarfsgerechten Messeinrichtungen konnten die Verbrauchskosten für den Wasserbezug reduziert werden.

**168** Wasserzähler wurden analysiert, davon wurden 24 ausgetauscht.

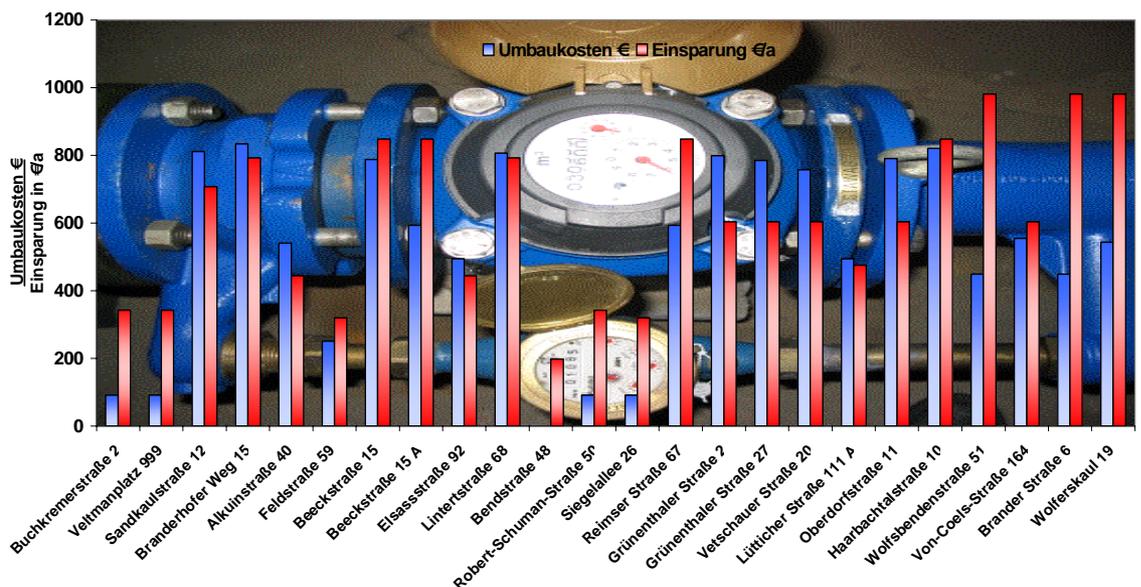
**12.470 €** wurden für die Umbaukosten verausgabt.

**14.786 €** werden jährlich eingespart.

Die Kosten für die Wasserbereitstellung setzen sich aus dem Leistungspreis und dem Arbeitspreis zusammen, wobei der Leistungspreis abhängig von der Größe des eingebauten Zählers ist und durch eine Pauschale für ein Jahr abgerechnet wird. Der Arbeitspreis hingegen ergibt sich aus dem vermessenen Verbrauch des Objekts.

Um die Wasserzähler austauschen zu können, musste der Spitzendurchfluss des jeweiligen Objekts berechnet werden. Hierzu wurden alle Zapfstellen des Objekts aufgenommen und der Spitzendurchfluss nach DIN 1988 ermittelt. Lag dieser unter dem Nenndurchfluss des Wasserzählers, konnte dieser ausgetauscht werden.

Die Ergebnisse sind in der folgenden Grafik dargestellt:



Durch die Reduzierung der Wasserzählergröße konnten erhebliche Kosten eingespart werden, wodurch die Umbaukosten in den meisten Fällen innerhalb eines Jahres amortisiert werden.



## 5 Energie und Umwelt

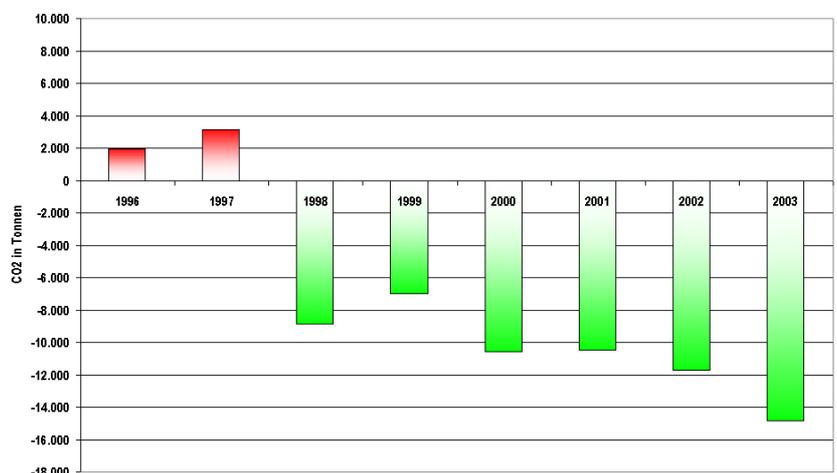


Nahezu bei jeder Form der Energienutzung wird die Ressource „Umwelt“ in Anspruch genommen. So werden bei der Verbrennung fossiler Energieträger Schadstoffe wie Schwefeldioxid und Stickstoffoxide sowie das Klimagas Kohlendioxid freigesetzt. Ein Teil der Schadstoffe kann durch besondere Verfahren oder technische Vorrichtungen wie z. B. Filter zurückgehalten werden. Hier ist in Deutschland in der Vergangenheit eine Vielzahl von Maßnahmen ergriffen worden, die insgesamt zu einer deutlich rückläufigen Belastung durch Schadstoffe geführt haben. Die Entstehung von Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) kann bei der Verbrennung jedoch nicht verhindert werden. Nach Einschätzung vieler Wissenschaftler ist zu fürchten, dass durch die steigende Konzentration von CO<sub>2</sub> und anderen Spurengasen in der Atmosphäre der Treibhauseffekt verstärkt wird und somit die Durchschnittstemperatur der Erde erhöht werden könnte.

Ressourcenschonung und Klimaschutz sind deshalb bei allen energiepolitischen Maßnahmen zu berücksichtigen. Die Klima- und CO<sub>2</sub>-Problematik lässt sich jedoch nicht allein national lösen. Deutschland hat sich deshalb bei der zwischen den EU-Mitgliedstaaten vereinbarten Lastenteilung im Rahmen des Kyoto-Protokolls verpflichtet, die Treibhausgase, darunter als wichtigstes CO<sub>2</sub>, bis zum Zeitraum 2008/2012 um insgesamt 21 % gegenüber 1990 zu reduzieren.

In der nachfolgenden Grafik sind die CO<sub>2</sub>-Emissionswerte der Stadt Aachen bezogen auf das Jahr 1995 dargestellt.

Deutlich sind die zunehmenden Reduzierungen ab dem Jahr 1998 ersichtlich, was neben dem Einsatz energetisch rationeller Maßnahmen auch auf den Witterungseinfluss zurückzuführen ist.

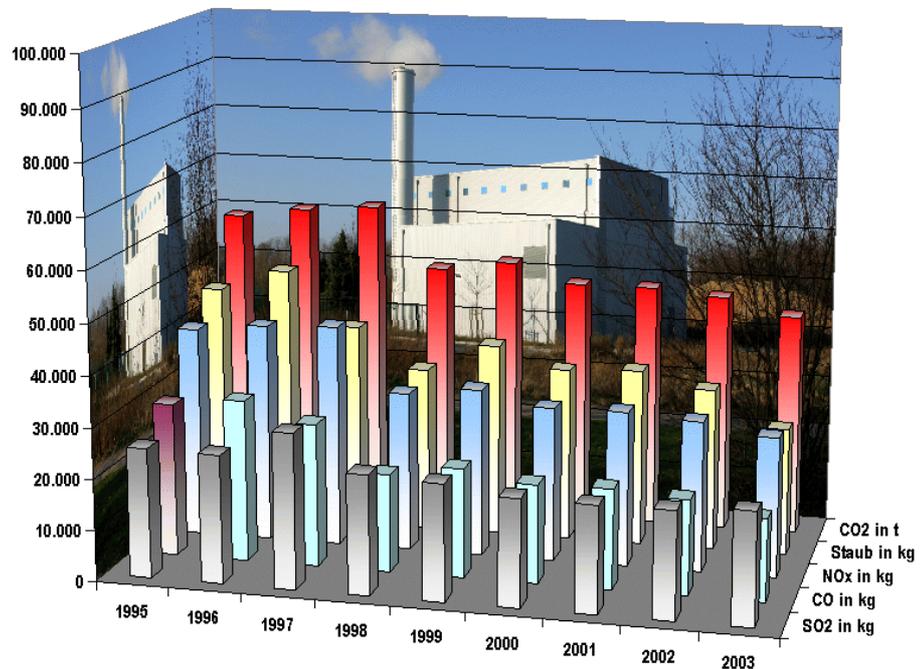




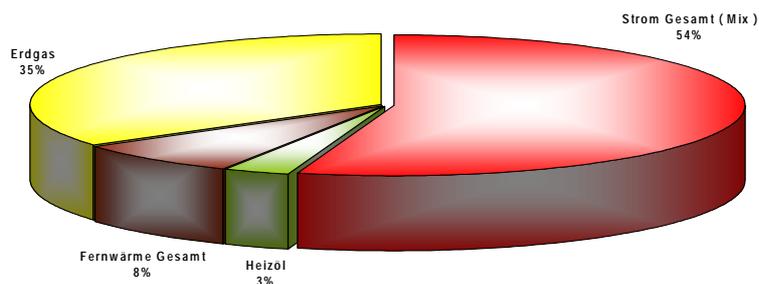
### 5.1 Emissionsbericht städtischer Objekte

- 47.000** Tonnen CO<sub>2</sub> t wurden im Jahre 2002 emittiert.
- 11.000** Tonnen CO<sub>2</sub> werden im Vergleich zu 1995 jährlich weniger emittiert.
- 54 %** der Emissionen werden im Stromsektor emittiert.

Die nachfolgende Grafik zeigt neben dem Hauptemittenten CO<sub>2</sub> auch die weiteren umweltbeeinflussenden Gase. In der zeitlichen Betrachtung sind insbesondere ab dem Jahr 1998 Reduzierungen feststellbar.



Die nachfolgende Abbildung stellt die Emissionsverteilung anhand der jeweiligen Emittenten dar. Deutlich ist der Stromsektor mit einem Hauptanteil von 54 % zu erkennen.





## 6. Schlussbetrachtung

An dieser Stelle sei auf den Beginn des Berichtes ( Nr.2) verwiesen: "das oberste Ziel des kommunalen Energiemanagements bleibt die Reduzierung des Primärenergie- und Wasserverbrauches. Dies stellt den unmittelbarsten und wirksamsten Umweltschutz dar".

Es wurde dargestellt, wie mit innovativen technischen Mitteln

- die Effizienz der Wärmeerzeugung erhöht
- die Verteilung der Wärme optimiert und an die sich wandelnden Betriebsbedingungen angepasst und
- die Reduzierung der Transmissionswärmeverluste sowohl durch Wärmerückgewinnung als auch durch Optimierung der Gebäudehülle

wesentlich verbessert wurden. Es wird jedoch auch deutlich, dass weitere Einsparungen auf diesem Weg immer höhere finanzielle Anstrengungen erfordern, die eine wirtschaftliche Umsetzung erschweren oder gar unmöglich machen.

Auf der anderen Seite sind die Erfolge bei den nicht investiven Massnahmen, wie dem "Bonussystem", zu sehen. Sie ermutigen dazu, das Augenmerk verstärkt auf die Einbeziehung der Nutzer zu legen: auf die Ausweitung des "Bonussystems" wurde verwiesen. Dieses bezieht aber nur einen Teil der kommunalen Gebäude ein, nämlich die Schulen und Kindergärten.

Eine umfassende Einbeziehung wird im Zuge der Einführung des Mieter-Vermieter-Modells erreicht: durch die Verrechnung der verbrauchsabhängigen Kosten -Mietnebenkosten- zwischen Nutzer und Gesamtverwaltung !

In diesem Zusammenhang wird sich das Aufgabenfeld des Energiemanagements verändern: neben technischen Innovationen wird das Energie-Controlling und die Beratung der Nutzer wesentlich ausgeweitet werden.

Im Vorfeld der Einführung dieser inneren Verrechnung müssen Budgets ermittelt werden, aus denen die Nutzer zukünftig unter anderem die Nebenkosten begleichen. An der Lösung dieser Aufgabe durch das Gebäudemanagement wird auch das Energiemanagement seinen Anteil haben.

Es bleibt viel zu tun!

Aachen, 22. April 2004



7. Anhang (Statistik)

# Verbrauchsstatistik 1995 bis 2003



Statistik

Die Energiestatistik für die Jahre 1995 bis 2003 ist nachfolgend dargestellt.

Die Tabellen sind so aufgebaut, dass der Jahresverbrauch bezogen auf MWh, m<sup>3</sup> und die Jahresbezugskosten in € mit den jeweiligen Prozentsätzen und den Veränderungen zum Vorjahr ersichtlich ist. Der Sammler Wärme beinhaltet sämtliche Heizenergien, dem auch der Heizstrom zuzuordnen ist.

Die spezifischen Energiepreise werden mittels Division der Jahreskosten durch den -bezug ermittelt. Dies stellt den Mittelwert über das gesamte Jahr dar. Der spezifische Preis wird nach den einzelnen Energiearten sowie Wasser aufgeschlüsselt.

Die Bezugsmengen wurden sowohl in bezug auf die Gesamtenergie als auch auf den Strom- und Heizenergiebedarf prozentual aufgeteilt. Bei den Kosten erfolgt eine zusätzliche Aufteilung nach den Gesamtkosten einschließlich Wasserkosten. Weiterhin wurde die prozentuale Veränderung zum Vorjahr berechnet. In der nachfolgenden Tabelle ist die Energiestatistik des Jahres 2003 dargestellt.

Tabelle: Energiestatistik 2003

Energiestatistik 2003		Bezug						Kosten					Preis
		Einheit	Bezugs- menge	MWh	Gesamt- energie	Strom- Heiz- energie	Veränd. z. Vorj.	€	Gesamt- kosten	Energie- kosten	Strom- Heiz- energie	Veränd. z. Vorj.	€/MWh €/m <sup>3</sup>
Strom	<b>Gesamtstrom</b>	kWh	19.695.564	19.696	17,2%	100,0%	0,82	2.285.678	30,5%	34,6%	<b>100,0%</b>	-0,8	116,05
Wärme	Heizöl	l	434.545	4.345	3,8%	4,6%	-8,79	150.133	2,0%	2,3%	3,5%	-5,7	34,55
	Flüssiggas	l	0	0	0,0%	0,0%		0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0	
	<b>Fernwärme Gesamt</b>	kWh	36.071.000	36.071	31,5%	38,0%	17,39	2.035.098	27,1%	30,8%	47,1%	20,7	56,42
	Erdgas	kWh <sub>Ho</sub>	59.363.256	54.164	47,3%	57,1%	-6,27	2.118.550	28,2%	32,1%	49,0%	0,0	39,11
	Heizstrom	kWh	246.820	247	0,2%	0,3%	-35,62	18.004	0,2%	0,3%	0,4%	-34,3	72,94
	<b>Heizenergie Gesamt</b>	kWh		<b>94.827</b>	82,8%	<b>100,0%</b>	2,54	4.321.785	57,6%	65,4%	<b>100,0%</b>	9,4	45,58
	<b>Gesamtenergie</b>		<b>114.522</b>	<b>100,0%</b>		2,24	<b>6.607.463</b>	88,1%	<b>100,0%</b>		5,9	57,70	
Wasser	Wasser Gesamt	m <sup>3</sup>	484.782				9,03	<b>894.957</b>	11,9%			7,3	1,85
Gesamt	Energie- u. Wasserkosten							<b>7.502.420</b>	<b>100,0%</b>			6,0	

Mit 0,82 % ist der Strombezug und mit -0,8 % sind die Stromkosten zum Vorjahr als konstant zu beurteilen.

Im Wärmebereich ist hingegen eine deutliche Ausweitung der Fernwärmeversorgung mit einem prozentualen Anstieg von 17 % zum Vorjahr zu verzeichnen. Der Anteil an der Gesamtheizenergie ist von 32 % auf 38 % gestiegen, wodurch die anderen Energieträger Erdgas und Heizöl deutliche Minderungen aufzeigen.

Der Wasserverbrauch zeigt mit einer 10prozentigen Verbrauchserhöhung den Mehrverbrauch der Schwimmhallen an.



Der Gesamtstromverbrauch des Jahres 2002 ist mit einer prozentualen Veränderung von -1,62 % zum Vorjahr leicht gesunken. Der Kostenbereich weist hingegen eine Preiserhöhung von 9,7 % aus, welche auf Tarifierhöhungen zurückzuführen ist.

Tabelle: Energiestatistik 2002

Energiestatistik 2002		Bezug						Kosten					Preis
		Einheit	Bezugs- menge	MWh	Gesamt- energie	Strom,- Heiz- energie	Veränd. z. Vorj.	€	Gesamt- kosten	Energie- kosten	Strom,- Heiz- energie	Veränd. z. Vorj.	€/MWh €/m³
Strom	<b>Gesamtstrom</b>	kWh	19.534.991	19.535	17,4%	100,0%	-1,62	2.303.285	32,7%	37,0%	100,0%	9,7	117,91
Wärme	Heizöl	l	472.733	4.727	4,2%	5,1%	6,26	158.642	2,3%	2,6%	4,1%	0,8	33,56
	Flüssiggas	l	0	0	0,0%	0,0%		0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0	
	<b>Fernwärme Gesamt</b>	kWh	29.796.500	29.797	26,6%	32,2%	1,00	1.614.825	22,9%	26,0%	41,2%	2,1	54,20
	Erdgas	kWh <sub>Ho</sub>	63.083.894	57.558	51,4%	62,3%	-18,55	2.118.870	30,1%	34,1%	54,1%	-33,9	36,81
	Heizstrom	kWh	334.738	335	0,3%	0,4%	0,00	24.182	0,3%	0,4%	0,6%	-0,1	72,24
	<b>Heizenergie Gesamt</b>	kWh		<b>92.417</b>	82,6%	100,0%	-11,06	3.916.519	55,6%	63,0%	100,0%	-17,6	42,38
	<b>Gesamtenergie</b>			<b>111.952</b>	100,0%		-9,41	<b>6.219.804</b>	88,2%	100,0%		-7,5	55,56
Wasser	Wasser Gesamt	m³	441.017				-8,07	<b>829.557</b>	11,8%			1,3	1,88
Gesamt	Energie- u. Wasserkosten							<b>7.049.361</b>	100%			-6,4	

Der Wärmebereich zeigt eine Verbrauchsaufteilung von b Erdgas und a Fernwärme. Der Heizölbereich stellt mit einem prozentualen Anteil von 4,2 % nur einen geringen dar. Im Jahr 2002 ist kein Objekt mit Flüssiggas beheizt worden. Ebenfalls ist die Beheizung mittels Wärmestrom mit 0,3 Prozentanteilen äußerst gering. Die Verbrauchsminderung im Erdgasbereich mit 18,55 % ist auf Witterungsbedingungen zurückzuführen. Die Kostenreduzierung im Erdgasbereich mit 33,9 % zum Vorjahr ist wie bereits im Verbrauchssektor erläutert, mit 10 % durch den Minderverbrauch begründet, der verbleibende Anteil von 15 % ist auf günstige Lieferkonditionen zurückzuführen. Der Wasserverbrauch zeigt einen Verbrauchsrückgang von 8 % , was neben dem Einsatz wassersparender Armaturen und bewussten Umgang auch auf die Umbauarbeiten in den Schwimmhallen zurückzuführen ist.

Tabelle: Energiestatistik 2001

Energiestatistik 2001		Bezug						Kosten					Preis
		Einheit	Bezugs- menge	MWh	Gesamt- energie	Strom,- Heiz- energie	Veränd. z. Vorj.	€	Gesamt- kosten	Energie- kosten	Strom,- Heiz- energie	Veränd. z. Vorj.	€/MWh €/m³
Strom	<b>Gesamtstrom</b>	kWh	19.852.252	19.852	16,2%	100,0%	-2,67	2.078.883	27,7%	31,1%	100,0%	2,0	104,72
Wärme	Heizöl	l	443.147	4.431	3,6%	4,3%	-8,48	157.446	2,1%	2,4%	3,4%	-6,0	35,53
	Flüssiggas	l	10.538	71	0,1%	0,1%	10,45	5.156	0,1%	0,1%	0,1%	28,7	72,62
	<b>Fernwärme Gesamt</b>	kWh	29.500.000	29.500	24,1%	28,7%	0,98	1.581.655	21,1%	23,7%	34,3%	12,9	53,62
	Erdgas	kWh <sub>Ho</sub>	74.785.157	68.235	55,7%	66,5%	5,32	2.836.401	37,8%	42,4%	61,6%	27,8	41,57
	Heizstrom	kWh	399.403	399	0,3%	0,4%	-19,16	24.206	0,3%	0,4%	0,5%	-22,5	60,61
	<b>Heizenergie Gesamt</b>	kWh		<b>102.637</b>	83,8%	100,0%	3,38	<b>4.604.864</b>	61,4%	68,9%	100,0%	21,3	44,87
	<b>Gesamtenergie</b>			<b>122.489</b>	100,0%		2,40	<b>6.683.747</b>	89,1%	100,0%		15,3	54,57
Wasser	Wasser Gesamt	m³	<b>476.595</b>				3,92	<b>818.401</b>	10,9%			2,4	1,72
Gesamt	Energie- u. Wasserkosten							<b>7.502.148</b>	100,0%			13,9	



Tabelle: Energiestatistik 2000

Energiestatistik 2000		Bezug					Kosten					Preis	
		Einheit	Bezugs- menge	MWh	Gesamt- energie	Strom,- Heizener- gie	Veränd. Z. Vorj.	€	Gesamt- kosten	Energie- kosten	Strom,- Heizene- rgie	Veränd. Z. Vorj.	€/MWh €/m³
Strom	<b>Gesamtstrom</b>	kWh	20.381.437	20.381	17,0%	<b>100,0%</b>	-4,40	2.037.370	31,5%	36,0%	<b>100,0%</b>	-16,9	99,96
Wärme	Heizöl	l	480.718	4.807	4,0%	4,8%	-24,74	166.834	2,6%	2,9%	4,6%	18,7	34,71
	Flüssiggas	l	9.475	64	0,1%	0,1%	1,14	3.679	0,1%	0,1%	0,1%	14,6	57,86
	<b>Fernwärme Gesamt</b>	kWh	29.210.000	29.210	24,4%	29,5%	7,72	1.377.755	21,3%	24,3%	38,0%	20,1	47,17
	Erdgas	kWh <sub>Ho</sub>	70.808.030	64.606	54,0%	65,2%	-8,37	2.046.867	31,7%	36,2%	56,5%	9,3	31,68
	Heizstrom	kWh	475.937	476	0,4%	0,5%	-0,45	29.641	0,5%	0,5%	0,8%	-3,2	62,28
	<b>Heizenergie Gesamt</b>	kWh		<b>99.163</b>	83,0%	<b>100,0%</b>	-4,38	<b>3.624.776</b>	56,1%	64,0%	<b>100,0%</b>	13,7	36,55
	<b>Gesamtenergie</b>		<b>119.544</b>	<b>100,0%</b>		-4,38	<b>5.662.146</b>	87,6%	<b>100,0%</b>		2,7	47,36	
Wasser	Wasser Gesamt	m³	457.891				0,18	<b>798.468</b>	12,4%			8,5	1,74
Gesamt	Energie- u. Wasserkosten							<b>6.460.614</b>	<b>100,0%</b>			3,4	

Tabelle: Energiestatistik 1999

Energiestatistik 1999		Bezug					Kosten					Preis	
		Einheit	Bezugs- menge	MWh	Gesamt- energie	Strom,- Heizener- gie	Veränd. Z. Vorj.	€	Gesamt- kosten	Energie- kosten	Strom,- Heizene- rgie	Veränd. Z. Vorj.	€/MWh €/m³
Strom	<b>Gesamtstrom</b>	kWh	21.277.889	21.278	17,1%	<b>100,0%</b>	-0,15	2.382.520	38,2%	43,2%	<b>100,0%</b>	-26,6	111,97
Wärme	Heizöl	l	599.648	5.996	4,8%	5,8%	-27,34	135.652	2,2%	2,5%	4,3%	0,4	22,62
	Flüssiggas	l	9.367	63	0,1%	0,1%	-6,30	3.141	0,1%	0,1%	0,1%	-5,8	49,97
	<b>Fernwärme Gesamt</b>	kWh	26.955.000	26.955	21,6%	26,0%	5,63	1.100.701	17,6%	20,0%	35,2%	-7,3	40,83
	Erdgas	kWh <sub>Ho</sub>	76.736.982	70.015	56,1%	67,6%	13,92	1.857.062	29,8%	33,7%	59,4%	-8,5	26,52
	Heizstrom	kWh	478.092	478	0,4%	0,5%	-151,70	30.602	0,5%	0,6%	1,0%	-112,4	64,01
	<b>Heizenergie Gesamt</b>	kWh		<b>103.508</b>	82,9%	<b>100,0%</b>	8,59	<b>3.127.158</b>	50,1%	56,8%	<b>100,0%</b>	-8,7	30,21
	<b>Gesamtenergie</b>		<b>124.786</b>	<b>100,0%</b>		7,10	<b>5.509.678</b>	88,3%	<b>100,0%</b>		-16,4	44,15	
Wasser	Wasser Gesamt	m³	457.057				-7,16	<b>730.565</b>	11,7%			-5,3	1,60
Gesamt	Energie- u. Wasserkosten							<b>6.240.243</b>	<b>100,0%</b>			-15,1	

Tabelle: Energiestatistik 1998

Energiestatistik 1998		Bezug					Kosten					Preis	
		Einheit	Bezugs- menge	MWh	Gesamt- energie	Strom,- Heizener- gie	Veränd. Z. Vorj.	€	Gesamt- kosten	Energie- kosten	Strom,- Heizene- rgie	Veränd. Z. Vorj.	€/MWh €/m³
Strom	<b>Gesamtstrom</b>	kWh	21.309.929	21.310	18,4%	<b>100,0%</b>	1,33	3.015.664	42,0%	47,0%	<b>100,0%</b>	4,3	141,51
Wärme	Heizöl	l	763.598	7.636	6,6%	8,1%	3,83	135.126	1,9%	2,1%	4,0%	-18,9	17,70
	Flüssiggas	l	9.957	67	0,1%	0,1%	-4,63	3.324	0,0%	0,1%	0,1%	19,3	49,76
	<b>Fernwärme Gesamt</b>	kWh	25.438.000	25.438	21,9%	26,9%	-1,97	1.181.424	16,4%	18,4%	34,8%	-2,2	46,44
	Erdgas	kWh <sub>Ho</sub>	66.054.415	60.269	52,0%	63,7%	-26,10	2.014.226	28,0%	31,4%	59,3%	0,3	33,42
	Heizstrom	kWh	1.203.369	1.203	1,0%	1,3%	-93,95	64.984	0,9%	1,0%	1,9%	-94,8	54,00
	<b>Heizenergie Gesamt</b>	kWh		<b>94.613</b>	81,6%	<b>100,0%</b>	-18,05	<b>3.399.084</b>	47,3%	53,0%	<b>100,0%</b>	-3,1	35,93
	<b>Gesamtenergie</b>		<b>115.923</b>	<b>100,0%</b>		-14,49	<b>6.414.748</b>	89,3%	<b>100,0%</b>		0,3	55,34	
Wasser	Wasser Gesamt	m³	489.796				-7,91	<b>769.571</b>	10,7%			-3,0	1,57
Gesamt	Energie- u. Wasserkosten							<b>7.184.319</b>	<b>100,0%</b>			0,0	



Tabelle: Energiestatistik 1997

Energiestatistik 1997		Bezug						Kosten					Preis €/MWh €/m³
		Einheit	Bezugs- menge	MWh	Gesamt- energie	Strom,- Heizener- gie	Veränd. Z. Vorj.	€	Gesamt- kosten	Energie- kosten	Strom,- Heizene- rgie	Veränd. Z. Vorj.	
Strom	<b>Gesamtstrom</b>	kWh	21.026.919	21.027	15,8%	<b>100,0%</b>	-12,47	2.887.283	40,2%	45,2%	<b>100,0%</b>	-10,2	137,31
Wärme	Heizöl	l	734.357	7.344	5,5%	6,6%	-44,06	160.629	2,2%	2,5%	4,6%	-40,9	21,87
	Flüssiggas	l	10.418	70	0,1%	0,1%	-9,53	2.683	0,0%	0,0%	0,1%	-35,0	38,38
	<b>Fernwärme Gesamt</b>	kWh	25.940.000	25.940	19,5%	23,2%	3,83	1.207.560	16,8%	18,9%	34,5%	1,5	46,55
	Erdgas	kWh <sub>Ho</sub>	83.296.941	76.001	57,3%	68,0%	-29,25	2.007.655	27,9%	31,4%	57,3%	-16,0	26,42
	Heizstrom	kWh	2.333.906	2.334	1,8%	2,1%	-12,30	126.575	1,8%	2,0%	3,6%	-11,9	54,23
	<b>Heizenergie Gesamt</b>	kWh		<b>111.688</b>	84,2%	<b>100,0%</b>	-22,18	<b>3.505.102</b>	48,8%	54,8%	<b>100,0%</b>	-11,0	31,38
	<b>Gesamtenergie</b>		<b>132.715</b>	<b>100,0%</b>		-20,64	<b>6.392.385</b>	89,0%	<b>100,0%</b>		-10,6	48,17	
Wasser	Wasser Gesamt	m³	528.557				-7,61	<b>792.752</b>	11,0%			-8,8	1,50
Gesamt	Energie- u. Wasserkosten							<b>7.185.137</b>	<b>100,0%</b>			-10,4	

Tabelle: Energiestatistik 1996

Energiestatistik 1996		Bezug						Kosten					Preis €/MWh €/m³
		Einheit	Bezugs- menge	MWh	Gesamt- energie	Strom,- Heizener- gie	Veränd. Z. Vorj.	€	Gesamt- kosten	Energie- kosten	Strom,- Heizene- rgie	Veränd. Z. Vorj.	
Strom	<b>Gesamtstrom</b>	kWh	23.649.785	23.650	14,8%	<b>100,0%</b>	4,65	3.181.147	40,1%	45,0%	<b>100,0%</b>	-6,8	134,51
Wärme	Heizöl	l	1.057.924	10.579	6,6%	7,8%	-10,73	226.400	2,9%	3,2%	5,8%	9,1	21,40
	Flüssiggas	l	11.411	77	0,0%	0,1%	9,46	3.622	0,0%	0,1%	0,1%	11,5	47,31
	<b>Fernwärme Gesamt</b>	kWh	24.946.000	24.946	15,6%	18,3%	22,73	1.189.789	15,0%	16,8%	30,6%	3,7	47,69
	Erdgas	kWh <sub>Ho</sub>	107.663.938	98.234	61,4%	72,0%	9,53	2.329.353	29,4%	32,9%	59,9%	9,1	23,71
	Heizstrom	kWh	2.620.899	2.621	1,6%	1,9%	4,64	141.579	1,8%	2,0%	3,6%	-13,1	54,02
	<b>Heizenergie Gesamt</b>	kWh		<b>136.456</b>	85,2%	<b>100,0%</b>	10,28	<b>3.890.743</b>	49,0%	55,0%	<b>100,0%</b>	6,7	28,51
	<b>Gesamtenergie</b>		<b>160.106</b>	<b>100,0%</b>		9,45	<b>7.071.890</b>	89,1%	<b>100,0%</b>		0,6	44,17	
Wasser	Wasser Gesamt	m³	568.790				-5,87	<b>862.842</b>	10,9%			6,2	1,52
Gesamt	Energie- u. Wasserkosten							<b>7.934.732</b>	<b>100,0%</b>			1,2	

Tabelle: Energiestatistik 1995

Energiestatistik 1995		Bezug						Kosten					Preis €/MWh €/m³
		Einheit	Bezugs- menge	MWh	Gesamt- energie	Strom,- Heizener- gie	Veränd. Z. Vorj.	€	Gesamt- kosten	Energie- kosten	Strom,- Heizene- rgie	Veränd. Z. Vorj.	
Strom	<b>Gesamtstrom</b>	kWh	22.550.862	22.551	15,6%	<b>100,0%</b>		3.397.131	43,3%	48,3%	<b>100,0%</b>		150,64
Wärme	Heizöl	l	1.171.430	11.714	8,1%	9,6%		205.806	2,6%	2,9%	5,7%		17,57
	Flüssiggas	l	10.331	69	0,0%	0,1%		3.206	0,0%	0,0%	0,1%		46,25
	<b>Fernwärme Gesamt</b>	kWh	19.277.000	19.277	13,3%	15,7%		1.145.260	14,6%	16,3%	31,5%		59,41
	Erdgas	kWh <sub>Ho</sub>	97.403.089	88.871	61,3%	72,6%		2.117.375	27,0%	30,1%	58,3%		23,83
	Heizstrom	kWh	2.499.334	2.499	1,7%	2,0%		160.139	2,0%	2,3%	4,4%		64,07
	<b>Heizenergie Gesamt</b>	kWh		<b>122.431</b>	84,4%	<b>100,0%</b>		<b>3.631.786</b>	46,3%	51,7%	<b>100,0%</b>		29,66
	<b>Gesamtenergie</b>		<b>144.982</b>	<b>100,0%</b>			<b>7.028.917</b>	89,7%	<b>100,0%</b>			48,48	
Wasser	Wasser Gesamt	m³	602.181					<b>809.410</b>	10,3%				1,34
Gesamt	Energie- u. Wasserkosten							<b>7.838.327</b>	<b>100,0%</b>				



## Impressum:

- **Stadt Aachen**

### **Eigenbetrieb Gebäudemanagement**

Kaufmännische Geschäftsführerin Vera Bortz

Technischer Geschäftsführer Michael Ferber

bei Rückfragen:

Abteilung Technik, Bernhard Deil, Dipl. Ing.

Tel. 0241 432 2630

Energiemanagement, Martin Lambertz, Dipl. Ing.

Tel. 0241 432 2773

Gebäudeautomation, Alfred Funken, Dipl. Ing.

Tel. 0241 432 2764