

Sehr geehrte Leserin, sehr geehrter Leser,

Die Jahrhundertherausforderung Klimawandel steht ganz oben auf der Tagesordnung. Die Sorge um die Zukunft der Erde ist in der Mitte der Gesellschaft angekommen. Dieser Herausforderung zu begegnen, bedarf es der Anstrengung von uns allen.

Der Anstieg der Energiepreise von mehr als 100 % in den letzten vier Jahren erfordert massive und vorausschauende energieeffiziente Sanierungen und zugleich den Einsatz von umweltschonenden Technologien. Mit dem Vorschlag des Gebäudemanagements, zukünftig neue städtische Gebäude nach einem definierten „Aachener Standard Energie 2010“ („Passivhaus“ ähnliches Gebäude) zu errichten und bei Sanierungen 30 % unterhalb der gesetzlichen Anforderungen (EnEV) zu bleiben, setzt sich das Gebäudemanagement das Ziel, einen wesentlichen Beitrag zur CO₂-Reduzierung zu leisten.

Die Vergangenheit hat gezeigt, dass das Energiemanagement gut aufgestellt ist. Untersuchungen von 23 kreisfreien Städten durch die Gemeindeprüfungsanstalt des Landes NRW im Jahre 2008 haben uns bescheinigt, dass das Gebäudemanagement der Stadt Aachen – NRW-weit – in der Kategorie des sparsamsten Energieverbrauches die Benchmark stellt.

Dieses Ergebnis führt nicht dazu, eine schöpferische Pause einzulegen, sondern spornt uns an, diesen Weg weiterzugehen.

Die Betriebsleitung

Vera Bortz
Kaufmännische Geschäftsführerin

Michael Ferber
Technischer Geschäftsführer

1.	Das Energiemanagement im Gebäudemanagement	5
2.	Bauen im Klimawandel	6
3.	Controlling und Monitoring	14
4.	Entwicklung – Verbrauch und Kosten	15
5.	Ausblick	21
Anhang: Arbeitsfelder des Energiemanagements im Berichtszeitraum		22
A.1	Luftqualitätsansprüche in Unterrichtsräumen	22
A.2	Aufbau eines rechnergestützten Monitoring-Systems	25
A.3	Energieausweis für städtische Gebäude	29
A.4	Holz als Energieträger	30
A.5	Blockheizkraftwerke in Aachener Schulen	35
A.6	Membranfiltration in der Schwimmhalle Süd	38
A.7	Beleuchtungssanierung	39
A.8	Photovoltaikanlagen	42
A.9	PV-Anlage Verwaltungsgebäude Lagerhausstraße 20	43
A.10	Solarthermieanlagen	45
A.11	Gebäudeautomation	47
A.12	Energiekennzahlen	50
A.13	Energie- und Wasserstatistik	54
A.14	Wärmeverbrauch	56
A.15	Wärmekosten	58
A.16	Stromverbrauch	59
A.17	Wasserverbrauch	62
A.18	Emissionsstatistik	63
A.19	Konjunkturprogramm II	64
A.20	Planungsleitlinien	66

1. Das Energiemanagement im Gebäudemanagement

Energieeffizienzsteigerung und Energieverbrauchssenkung sind keine neuen Themen. Bereits vor der Gründung des Eigenbetriebes Gebäudemanagement im Jahr 2004 wurde durch ein aktives Energiemanagement sowohl dem Klimaschutz als auch dem die Ressourcen schonenden Energieeinsatz Rechnung getragen.

Seit Jahren wird durch energetische Modernisierung, Betriebskostenoptimierung und den rationellen Energieeinsatz Einfluss auf die Höhe der Energiekosten und damit der Betriebskosten genommen. Die Energiekosten sind in den letzten Jahren drastisch gestiegen. Die Kostensteigerung der Jahre 2008 - 2009 beträgt 13 Prozent, was zu Gesamtausgaben für städtische Gebäude in Höhe von 10 Mio. Euro führt.

Das Energiemanagement als integraler Bestandteil des Gebäudemanagements wirkt mit seinen Maßnahmen dem weiteren Kostenanstieg entgegen.

Ein wesentliches Ziel besteht darin, die Kosten für den Prozess der Energiebeschaffung, -bereitstellung, -verteilung und -anwendung im Gebäude zu minimieren.

Mit der Festlegung des Aachener Standards minimieren wir den Energiebedarf.

Durch die Implementierung des Energie-Monitoring-Systems optimieren wir den verbleibenden Energiebedarf.

Mit der zukünftigen Einbeziehung der Nutzer im Rahmen des Vermieter-Mieter-Modells beziehen wir unsere Nutzer aktiv in den Prozess mit ein und schließen somit den Kreis.

Eine Nachhaltigkeit der erzielten Einsparungen ist nur dann erreichbar, wenn das Energiemanagement als zentrale Aufgabe verstanden und dauerhaft durchgeführt wird. Daher wurde das Energiemanagement im Jahre 2006 mit dem Sachgebiet der Gebäudeautomation zusammengelegt. Insbesondere durch die Implementierung des Energiemonitoring-Systems sind Synergien entstanden, die eine enge Zusammenarbeit erfordern. Inzwischen umfasst das Energiemanagement sieben Mitarbeiter, von denen vier für den Bereich der Gebäudeautomation/ Gebäudebetrieb verantwortlich zeichnen und drei Mitarbeiter für das eigentliche Energiemanagement verantwortlich sind.

Das Gebäudemanagement

bewirtschaftet:

- 371 Objekte
- 935 tm² BGF

mit

- 95 Mio. kWh Wärme
- 20 Mio. kWh Strom
- 0,5 Mio. m³ Wasser
- 10 Mio. € Ausgaben

Kernaufgaben des Energiemanagements:

Energiegrundsatzplanung
EnEV- Nachweise
Förderanträge
Berichtswesen
Energieverträge
Energetische Standards
Gebäudeautomation
Energiecontrolling

2. Bauen im Klimawandel

Die globale Erwärmung wird durch die Emission von Treibhausgasen wie Kohlendioxid, Methan und Stickoxide bei der Verbrennung fossiler Rohstoffe verursacht. Der Klimawandel ist in seinen ökologischen und ökonomischen Folgen sichtbar.

Die Städte mit großem Gebäudebestand tragen dabei einen wichtigen Teil der Verantwortung innerhalb des Kampfes, die Klimaerwärmung zu begrenzen. Der Primärenergieanteil, der für die Beheizung, Warmwasserbereitung und Beleuchtung aller Gebäude verbraucht wird, beträgt gegenüber den Bereichen Verkehr, Industrie und Gewerbe rund 30 Prozent.

Für die Kommunen bedeutet der Klimawandel, dass sich beim Erhalten, Bewirtschaften und Bauen des städtischen Gebäudebestandes Grundlegendes geändert hat. Wenn es vor 30 Jahren noch in erster Linie um die wirtschaftlichste Art der Werterhaltung und die Gewährleistung der Funktionen ging, geht es heute darüber hinaus um die Realisierung einer nachhaltigen Energieeinsparstrategie mit maximaler Gebrauchsqualität. Dabei ist es möglich, den Energiebedarf von Bestandsgebäuden um 50-60 Prozent zu senken und den von Neubauten auf einen Bruchteil zu reduzieren.

EnEV 2009
gültig ab 01.10.2009



Abb. 1: Chronologie der Energiegesetze

In dem Bemühen, den Energieanteil für Gebäude zu reduzieren, wurden in den letzten Jahren die gesetzlichen Anforderungen stufenweise verschärft und das Erneuerbare-Energien-Gesetz beschlossen.

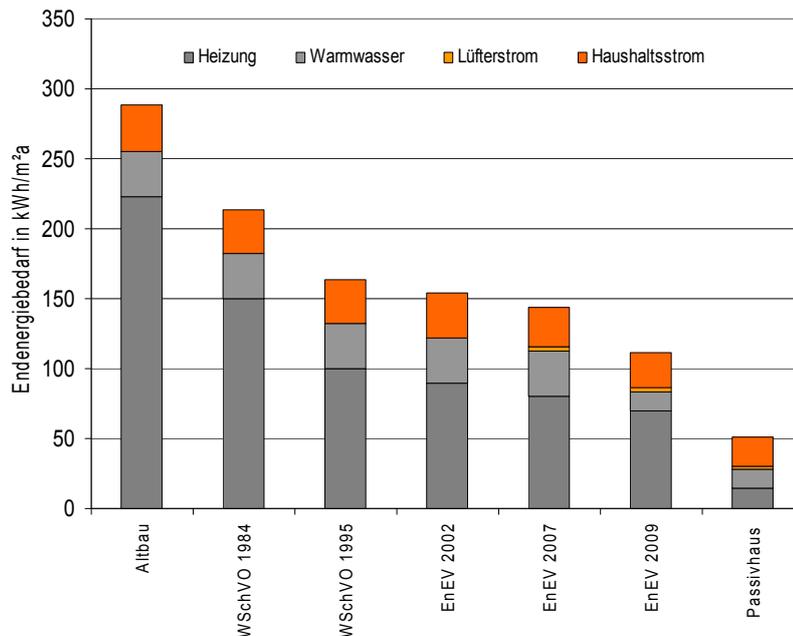


Abb. 2: Verordnungen und ihre quantitativen Auswirkungen

EnEV 2002 - 01.02.2002

In die Energieeinsparverordnung 2002 wurden erstmals die Inhalte der Heizungsanlagenverordnung integriert. Es wurde ein Bilanzverfahren eingeführt, in das der Primärenergieaufwand der Heizung, des Warmwassers und der Lüftung erfasst wurde. Der Energieausweis wird erstmalig beschrieben.

EnEV 2004 - 08.12.2004

Parallel zur Energieeinsparverordnung 2004 wurden entsprechende DIN-Normen überarbeitet. Sie ging als „Reparatur-Novelle“ in die Energiegesetzgeschichte ein. Nachrüstverpflichtungen für Wohngebäude wurden erstmalig verbindlich.

EnEV 2007 - 01.10.2007

Mit der Energieeinsparverordnung 2007 wurde die EU-Gebäuderichtlinie national umgesetzt und die Einführung des Energieausweises stufenweise terminiert. Außerdem wurde der „Energieausweis“ für Neubauten und Bestandsgebäude definiert. Zum 1. Juli 2009 musste in öffentlichen Gebäuden über 1.000 m² Nutzfläche der Energieausweis öffentlich ausgehängt werden. Die Stadt Aachen kam dieser Verpflichtung für alle (auch < 1.000 m² Nutzfläche) schon ab März 2009 nach.

EnEV 2009 - 01.10.2009

Der Beschluss zur Novellierung der EnEV wurde im Rahmen der Meseberger Beschlüsse der Bundesregierung im August 2007 gefasst, zusammen mit dem Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz.

Chronologie der
Energiespargesetze

Verschärfung gegenüber
EnEV 07 - 30%

Die wichtigsten Inhalte:

- Verschärfte Mindestanforderungen für Neubauten und Sanierungen
- Energieausweise für Wohn- und Nichtwohngebäude
- Nachrüstverpflichtungen für Wohn- und Nichtwohngebäude

Die Umsetzung der Energieeinsparverordnungen führte zwangsläufig zu

- einer radikalen Absenkung der Transmissionswärmeverluste, also Verbesserung der Wärmedämmung und der Vermeidung von Wärmebrücken
- einer radikalen Beseitigung der Leckagen gegen Außenluft, also nahezu „luftdichten“ Gebäuden.

Damit trat für eine ganze Reihe kommunaler Gebäude, in denen sich nutzungsbedingt viele Menschen auf begrenztem Raum aufhalten (z.B. Schulklassen, Kindergärten), die Versorgung mit Frischluft und Abführung von Feuchtigkeit in den Vordergrund der ingenieurmäßigen Bearbeitung.

Im Rahmen eines Forschungsprojektes „Energetische Sanierung der Käthe-Kollwitz-Schule“, Bayernallee, sind im Jahr 1999 bis 2004 erstmalig Messungen zur Raumluftqualität durchgeführt worden. Das Ergebnis der Messung zeigt die nachstehende Darstellung.

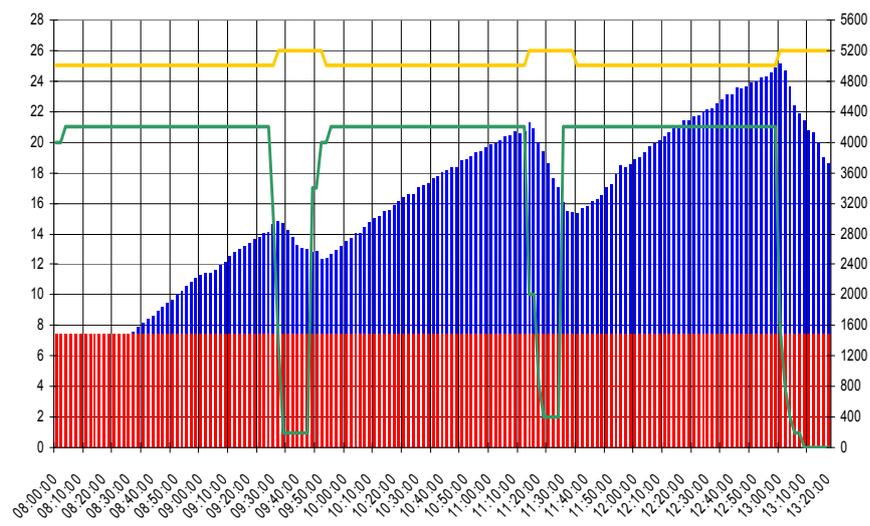


Abb. 3: CO₂-Konzentrationsverlauf in einer Schule

Deutlich zeigt die Abbildung, dass der rot gekennzeichnete CO₂-Konzentrationsbereich von 1.500 ppm Kohlendioxidkonzentration bereits in der ersten Unterrichtsstunde überschritten wird. Eine Verringerung der Konzentration erfolgt geringfügig in den Pausenzeiten. Im zweiten und dritten Unterrichtsblock zeichnen sich signifikante Steigerungen ab. Nach Ende des dritten Unterrichtsblocks beträgt die Kohlendioxidkonzentration 5.000 ppm.

Forschungsprojekt
Käthe-Kollwitz-Schule
1999 bis 2004

Nach ca. 20 Minuten ist der
Grenzwert von 1.000 ppm
erreicht

Das Thema ist neu in der Fachdiskussion, das Umweltbundesamt hat diesbezüglich die unten angeführten Leitwerte herausgegeben. Für die Bemessung der unterstützenden Lüftung in Schulklassen, geht das Gebäudemanagement von einem ausreichenden CO₂-Konzentrationsbereich zwischen 1.000 bis 2.000 ppm aus.

Leitwerte für die Kohlendioxid-Konzentration in der Innenraumluft (Ad-hoc-AG 2008)

CO ₂ -Konzentration [ppm]	Hygienische Bewertung	Empfehlung
< 1000	Hygienisch unbedenklich	▶ keine weiteren Maßnahmen
1000-2000	Hygienisch auffällig	▶ Lüftungsmaßnahmen intensivieren (Außenluftvolumenstrom bzw. Luftwechsel erhöhen) ▶ Lüftungsverhalten überprüfen und verbessern
> 2000	Hygienisch inakzeptabel	▶ Belüftbarkeit des Raumes prüfen ggf. weitergehende Maßnahmen prüfen

Abb. 4: Leitwerte; Quelle: Umweltbundesamt

Die Forderung nach einer hygienisch akzeptablen Raumluftqualität kann bei Gebäuden mit Neubauqualität nicht alleine mit der Fensterlüftung erfüllt werden. Eine unterstützende Lüftung mit einem personenbezogenen Außenluftvolumenstrom von 20 mfl/h stellt sie hingegen sicher.

Wenn aber Schulklassen und Aufenthaltsräume in KITAS eine Lüftungsanlage aus lufthygienischen Gründen erhalten müssen, dann lässt sich damit auch eine wesentliche Forderung der Energieeinsparung erfüllen, nämlich der Abluft die ansonsten verloren gegangene Wärme zu mehr als 75 Prozent zu entziehen.

Damit ist man energetisch ganz nahe am Passivhaus-Prinzip nach Prof. Feist. Eine Zertifizierung kann jedoch nicht das Ziel sein, da manche Bauelemente nicht den Beanspruchungen kommunaler Gebäude gerecht werden. Dennoch waren diese Erkenntnisse zusammen mit den neusten Novellierungen der EnEV Grund genug, die Planungsleitlinien „Aachener Standard Energie 2010“ zu entwickeln und dem Rat zur Beschlussfassung vorzulegen.

Aachener Standard Energie 2010

Der Aachener Standard Energie 2010 ist daher die logische bauliche Weiterentwicklung für den kommunalen Gebäudebestand vor dem Hintergrund der Erkenntnisse des Klimaschutzes und einer städtischen Tradition im verantwortungsvollen Umgang mit den Ressourcen.

Den Energieverbrauch der kommunalen Gebäude auf ein Minimum zu begrenzen bei gleichzeitigem Erreichen eines Optimums an Nutzungsqualität ist das erklärte Ziel. Dass dieses auch mit hoher Gestaltungsqualität und unter Berücksichtigung von Nachhaltigkeitsaspekten erreicht werden kann, soll dabei bewiesen werden.

Grundlegende Änderung der Baupraxis

Planungsleitlinien Aachener Standard Energie 2010

Der Aachener Standard zukunftsfähig und nachhaltig

Jugendzentrum Richterich, der erste Neubau nach dem Aachener Standard Energie



Aachener Standard für Neubauten

Die geplanten Neubauten der Stadt Aachen nach „Aachener Standard Energie 2010“ sollen dem Prinzip des Passivhauses entsprechen.

Passivhäuser bzw. Gebäude nach Aachener Standard sind Gebäude, die aufgrund ihrer Kompaktheit, sehr guten Wärmedämmung, solaren Ausrichtung und bedarfsgerechter Haustechnik nur einen Bruchteil der Energie verbrauchen, die für ein Gebäude nach energetischen Standardwerten notwendig ist.

Die maximalen Energiekennwerte in kWh/(m²a) sind in der nachfolgenden Darstellung entsprechend den Anforderungen der EnEV 2009 und dem festgelegten Aachener Standard abgebildet:

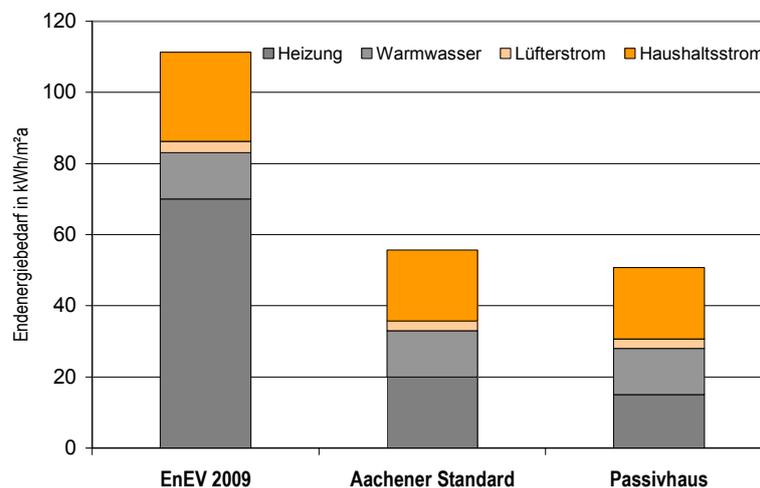


Abb. 5: Endenergiebedarf EnEV 2009 - Aachener Standard - Passivhaus

Die Definition des Aachener Standards Energie

Jahresheizwärmebedarf

Der Heizwärmebedarf ist auf ein Minimum zu reduzieren. Für geplante Gebäude nach Aachener Standard wird die Einhaltung eines Jahresheizwärmebedarfes von max. 20 kWh/m²a gefordert.

Dabei wird bewusst auf die Zertifizierung nach Passivhausprojektierungspaket verzichtet (15 kWh/m²a), um der Nachhaltigkeit aller Bauteile gegenüber technisch noch nicht ausgereiften Produkten erste Priorität einzuräumen.

Primärenergiebedarf

Der Primärenergiebedarf einschließlich Warmwasser und Strom sollte nicht über einem Wert von 120 kWh/m²a liegen.

Im Primärenergiebedarf ist zusätzlich die Energiemenge enthalten, die durch Gewinnung, Umwandlung und Verteilung des Energieträgers benötigt wird. Hier wird z.B. bei Fernwärme miteinbezogen, dass zusätzlich durch den Transport vom Kraftwerk zur Wohnung Energie verbraucht wird.

Planungsgrundsätze des Aachener Standards

- Wärmeverluste reduzieren
- Freie Wärmegewinne optimieren
- Einsatz von Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung

Wärmeverluste reduzieren

Die niedrigen Wärmeverluste im Gebäude nach Aachener Standard entstehen vor allem durch eine kompakte Bauform, also ein günstiges Verhältnis der Oberflächen zum Volumen, eine hochwertige Dämmung der Umfassungsflächen (Dach, Keller, Fundament und Fenster), minimierte Wärmebrücken und eine sehr hohe Gebäudedichte.

Die Architektur und Bauform des Gebäudes muss der energetischen Qualität entsprechen. Kompakte Bauformen sind gegenüber Bauformen mit hohem Außenflächenanteil, z.B. mit Erkern, Rücksprüngen oder versetzten Geschossen, vorzuziehen.

Die Dämmung der opaken Bauteile ist auf einen Wärmedurchgangskoeffizienten von maximal $U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ auszulegen. Die Dämmstoffstärke für eine Flachdach- oder Wanddämmung beträgt dann je nach Wärmeleitfähigkeit 25 cm – 30 cm. Der U_w -Wert der Fenster beträgt $U_w = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ und kann nur als dreifache Wärmeschutzverglasung hergestellt werden.

Die Wärmebrücken aller Bauteilanschlüsse müssen energetisch optimiert werden und auch die Gebäudedichtheit muss mit einer Blower-Door-Messung überprüft werden. Dabei ist ein n_{50} -Wert von kleiner als 0,6 einzuhalten.

Freie Wärmegewinne optimieren

Notwendig ist eine südliche Ausrichtung des Gebäudes unter Berücksichtigung des notwendigen Sonnenschutzes, um die solaren Gewinne in die Energiebilanz einzubeziehen. Die südlichen, dreifach verglasten Fenster mit 2 Beschichtungen sorgen für eine Energiegewinnung aus der Sonneneinstrahlung, welche die Wärmeverluste sogar im Winter übersteigt.

Um die nötige Energie zur Aufbereitung des Warmwassers zu gewährleisten, kommen Solarkollektoren zum Einsatz, wenn dies der Nutzung des Gebäudes entspricht. Die Wärmeabgabe von Haushaltsgeräten und Bewohnern kommt der Wärmebilanz zugute. Jeder Mensch gibt umgerechnet etwa 80 Watt Heizenergie ab. Diese wird bei der Berechnung zum Aachener Standard im Passivhaus-Projektierungs-Paket berücksichtigt.

Kompakte Bauform

Wärmedurchgang
 $U_{\max} < 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$

Luftdichtheit
 $n_{50} < 0,6$

Vorgaben zur Sanierung von Bestandsgebäuden

Sanierungen und Anbauten

Die Bestandsgebäude der Stadt Aachen werden unter anderem aktuell im Rahmen des Konjunkturprogramms II umfassend saniert. Dabei wird ein Standard der zu sanierenden Bauteile geplant, der deutlich über dem der Energieeinsparverordnung 2009 liegt.

Die unten genannten Wärmedurchgangskoeffizienten bzw. Dämmstärken sind demnach bindend für alle Sanierungen in Gebäuden der Stadt Aachen. Abweichungen müssen technisch sinnvoll begründet sein.

Bauteil	EnEV 09 W/(m ² K)	Aachener Standard W/(m ² K)	Dämmstärke, Wärmeleitfähigkeit
Außenwand	0,28	0,20	16 cm, 0.032 W/mK
Fenster	1,30	1,30*	2-fach-Wärmeschutzverglasung
Außentüren	1,80	1,30	Sandwichelemente
Dächer	0,20	0,15	22 cm, 0.035 W/mK
Oberste Decke	0,20	0,15	22 cm, 0.035 W/mK
Kellerdecke v. unten	0,35	0,24	10 cm, 0.025 W/mK

*Sandwichkonstruktionen für Fensterrahmen sind aus Gründen der Nachhaltigkeit nicht zulässig.
Abb. 6: Mindestanforderungen für Wärmedurchgangskoeffizienten/Dämmstärken $U=W/(mfik)$

Sanierter Altbau besser als Neubau

Für umfangreiche Sanierungen werden vor Planungsbeginn energetische Bilanzberechnungen erstellt, mit deren Hilfe eine ganzheitliche Beurteilung des Gebäudezustands und eine Sanierungsplanung mit Ziel EnEV-Neubauniveau 2009 möglich werden. Jede geplante Sanierungsvariante kann einzeln berechnet und auf Wirtschaftlichkeit überprüft werden. Das Neubauniveau wurde im vorliegenden Fall der Sanierung Kindertageseinrichtung Stolberger Straße um 17 % unterschritten.

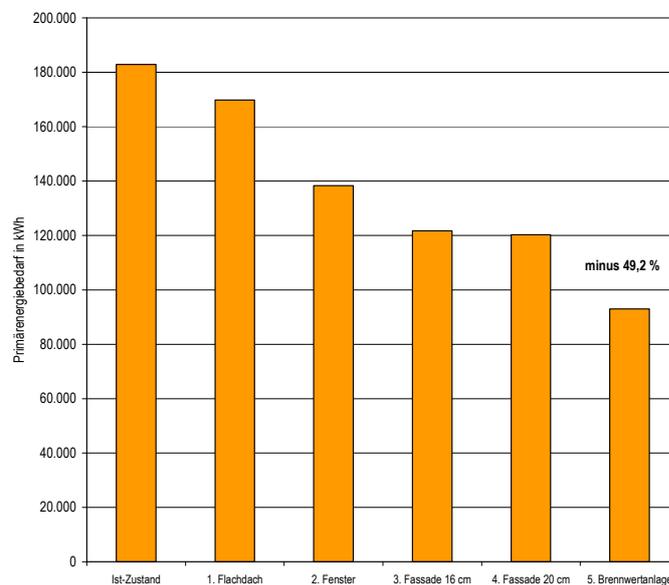


Abb. 7: Der Primärenergiebedarf des Sanierungsobjektes sinkt auf 50,8%

Baukosten des Aachener Standard Energie 2010

Weder die Konsequenzen aus den Erkenntnissen zur luftdichten Gebäudehülle noch die erhöhten Anforderungen der EnEV 2009 werden kostenneutral sein. Erfahrungen darüber, wie die Novellierung der gesetzlichen Vorschriften des EEWärmeG und der EnEV 2009 sich auf die Investitionskosten ausgewirkt haben, liegen naturgemäß noch nicht vor. Man kalkuliert heute auf der statistischen Grundlage der Bauvorhaben nach EnEV 2004 plus konjunktureller Zuschläge. Kostenhochrechnungen bei Neubauplanungen lassen Steigerungen der Investitionskosten (Zuschläge) je nach Gebäudevolumen von 10% bis 15% erwarten. Der Anteil des Aachener Standards mag bei einem Fünftel dieser Steigerungen liegen.

Die Mehrkosten werden durch die minimierten Energiekosten aufgefangen. Der Aachener Standard Energie 2010 ist eindeutig wirtschaftlich.

Neubauten nach Aachener Standard Energie 2010

Derzeit werden folgende Neubauvorhaben nach dem Aachener Standard errichtet:

- 7 Mensen
- 1 Kindertagesstätte
- 1 Feuerwache
- 1 Schulerweiterung, ggfs. um 2 Klassenräume
- 1 Jugendzentrum

Diese Bauvorhaben werden im Zeitraum 2010 bis 2011 realisiert. Erste Erfahrungen aus den baulichen, haustechnischen und bauphysikalischen Planungsphasen liegen bereits vor. Der Inbetriebnahme wird eine unmittelbare Erfassung der Verbrauchsdaten folgen. Damit wird das theoretisch geplante Planungsergebnis mit der Nutzungsrealität verglichen werden.

**Aachener Standard
durch minimierte
Energiekosten
wirtschaftlich**

Energiemonitoring ist die Online-Überwachung der Verbrauchsmengen

Controlling: Energie- und Wasserverbrauchskosten in Höhe von 7 Mio. €

Monitoring: Budgetkontrolle

3. Controlling und Monitoring

Energieeinsparstrategien dürfen sich nicht auf investive Maßnahmen beschränken. Vielmehr gilt es fortlaufend die Verbrauchsmengen und deren Kosten zu beobachten und in Zukunft dem Nutzer im Rahmen des Mieter-Vermieter-Modells diese zeitnah und nachvollziehbar aufzuzeigen.

In den vergangenen beiden Jahren ist ein Monitoring-System aufgebaut worden, mit dem der Energie- und Wasserverbrauch online überwacht wird. Mussten bis dahin noch Verbrauchsdaten aus den Jahresrechnungen ausgewertet werden, um ein Controlling durchzuführen, so zeigen heute Überwachungssysteme bereits frühzeitig vermeidbare Energie- und Wasserverluste und auch technische und organisatorische Schwachstellen im Gebäudebetrieb auf. Durch den Einbau von Unterzählern ist es auch möglich, angebaute Objektteile wie Turnhallen, Kindertageseinrichtungen oder Mensen gesondert vom Hauptgebäude differenziert zu vermessen und zu kontrollieren.

Im Jahr 2008 hat das Gebäudemanagement mit der Einführung des Energiemonitoring-Systems begonnen. Innerhalb von nur zwei Jahren wurde ein nahezu flächendeckendes Controllingsystem aufgebaut. Von den derzeitigen Gesamtausgaben für Energie und Wasser in Höhe von 10 Mio. Euro werden derzeit 7 Mio. Euro durch das Monitoringsystem überwacht. Den Investitionskosten von insgesamt 400.000 € können bereits Einsparungen des Jahres 2009 von 145.000 € gegenübergestellt werden. Die Weiterentwicklung des Systems wird voraussichtlich zu weiteren Einsparungen von 10 Prozent der Energiekosten führen.

Das Controlling ist die eine Seite des Monitorings, die zeitnahe Information des Nutzers die andere. Wenn der Nutzer für die Verbrauchskosten Verantwortung tragen soll, muss er immer einen Überblick über seine Verbindlichkeiten behalten. Dazu muss ihm das Energiemanagement seinen augenblicklichen Verbrauch verbunden mit einer Prognose zur Verfügung stellen. Das ist für die bestehende Vielzahl von Nutzern nicht manuell, sondern nur mit IT-Unterstützung möglich. Die Information soll via Intra- oder Internet erfolgen, Vorplanungen hierzu sind im Energiemanagement angestellt worden, die Realisierung sollte in den nächsten beiden Jahren möglich sein.

4. Entwicklung – Verbrauch und Kosten

Die Zusammenstellung nachfolgender Ergebnisse ist nur ein Ausschnitt der Erfolge der vergangenen Jahre. An dieser Stelle kann aber vorweggenommen werden, dass der Gesamtenergieverbrauch für städtische Liegenschaften Jahr für Jahr sinkt, die Verbrauchskosten hingegen kontinuierlich ansteigen. Die Gesamtausgaben für den Bezug von Energie und Wasser sind im Jahr 2009 extrem angestiegen und nur geringfügig unter der 10 Mio. € Grenze geblieben.

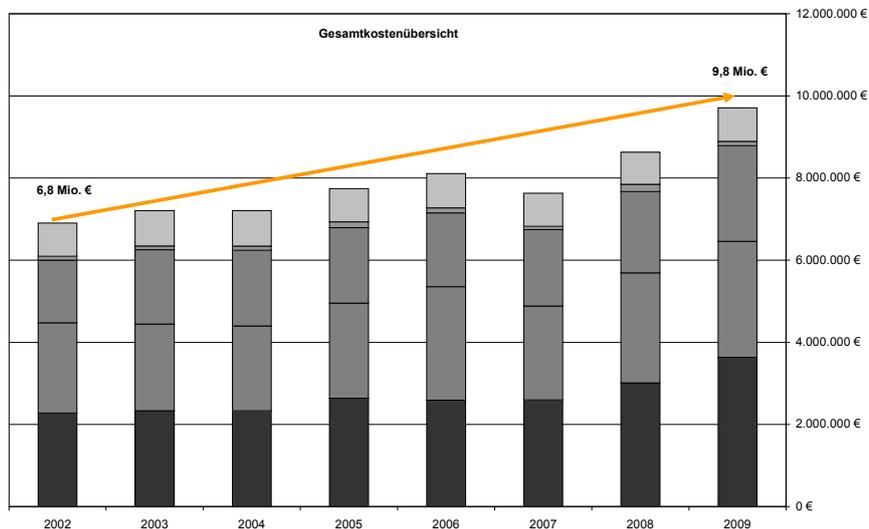


Abb.8: Gesamtenergiekosten 2002 - 2009

Für die folgenden Jahre wird ein weiterer Anstieg der Energiekosten erwartet, sodass mit Gesamtausgaben von über 10,0 Mio. Euro schon im nächsten Jahr gerechnet werden muss. Der Anteil der Verbrauchskosten an den Gesamtaufwendungen für städtische Gebäude von rund 74 Mio. € beträgt derzeit 13,5 %. Mit weiterer Preissteigerung wird der Anteil der Verbrauchskosten an den Gesamtaufwendungen weiter steigen. Die nachhaltige Reduzierung der Verbrauchsmengen ist daher von fundamentaler Bedeutung.

Gesamtausgaben 10 Mio. €

13 % Kostensteigerung gegenüber 2008

Weitere Steigerung der Preise ist zu erwarten

Strom	17,3 %
Erdgas	11,9 %
Fernwärme	9,0 %
Heizöl	-16,7 %
Trinkwasser	6,0 %

prozentuale Preissteigerungen gegenüber dem Jahr 2008

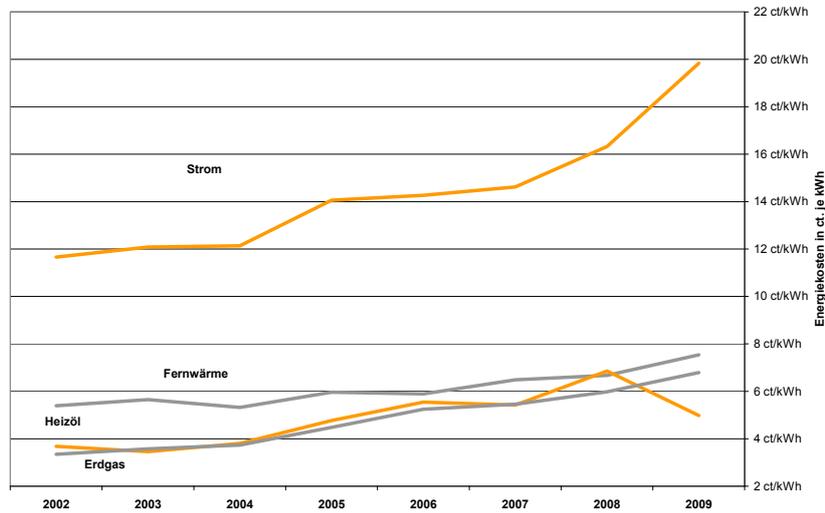


Abb. 9: Energiebezugspreise 2002-2009

Die sehr deutliche Steigerung der Strombezugspreise gilt als Hauptursache für die eindeutig gestiegenen Gesamtkosten. Die Ölbezugskosten sind im Jahr 2009 gegenüber den Gasbezugskosten gesunken.

Stromverbrauch um 7% reduziert

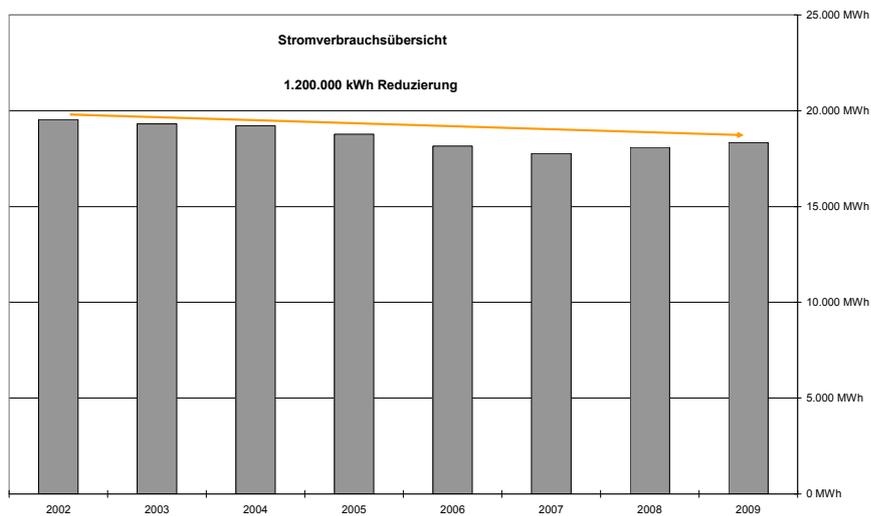


Abb. 10: Stromverbrauch 2002 - 2009

Von 2002 bis 2008 konnte der Stromverbrauch durch verschiedene Maßnahmen um 7 Prozent, entsprechend 1,2 Mio. Kilowattstunden reduziert werden. Ab 2009 stieg der Verbrauch wieder geringfügig an. Das liegt an der zunehmenden Ausweitung der Nutzungszeiten, dem zunehmenden IT-Einsatz und an den Großverbrauchern für die Mittagsbeköstigung an Schulen.

Die Entwicklung des Wärmeverbrauchs stellt den Energieeinsparerfolg von 28 % zum Vergleichsjahr 2002 dar.

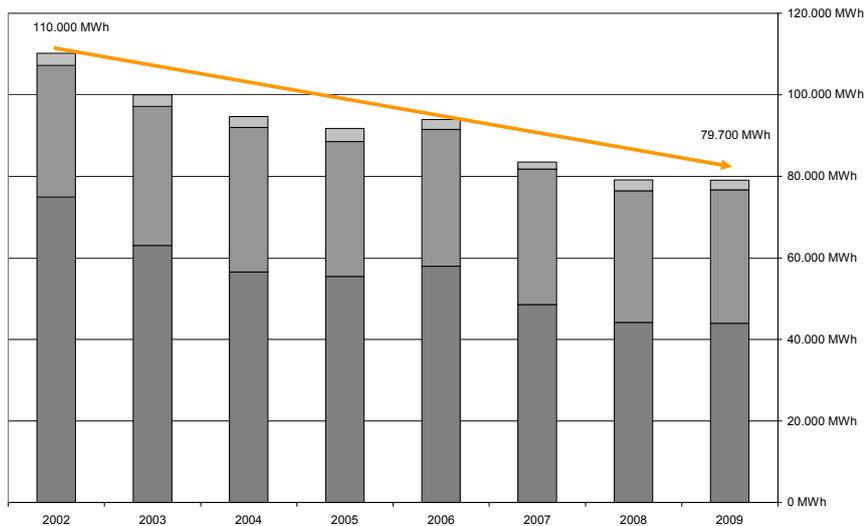


Abb. 11: Wärmeverbrauch 2002-2009, witterungsbereinigt

Der Wasserverbrauch konnte im letzten Jahrzehnt beachtlich gemindert werden. Innerhalb von 7 Jahren wurde der Wasserverbrauch von 460.000 m³ auf 345.000 m³ gesenkt. Dies entspricht einer Reduzierung von 25 %. Die Reduzierungssprünge der letzten drei Jahre sind auf eine permanente Verbrauchsüberwachung durch das Energiemanagement zurückzuführen.

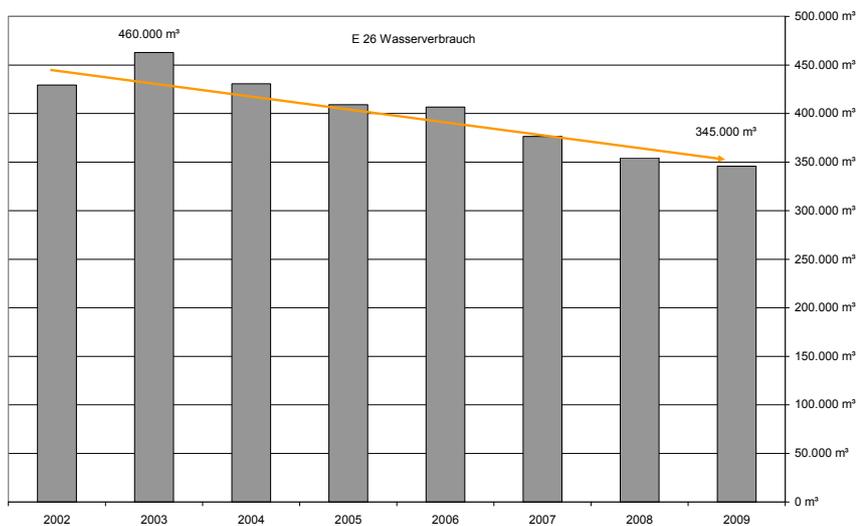


Abb. 12: Wasserverbrauch 2002 - 2009

Wärmeverbrauch um
28% reduziert

Wasserverbrauch um
25% reduziert

Die Stadt Aachen hat sich im Rahmen des Europäischen Klimabündnisses verpflichtet, die CO₂-Emissionen gegenüber den Werten des Jahres 1990 um 40 % zu reduzieren. Spätestens im Jahr 2030 soll dieses 50 Prozent-Ziel erfüllt sein.

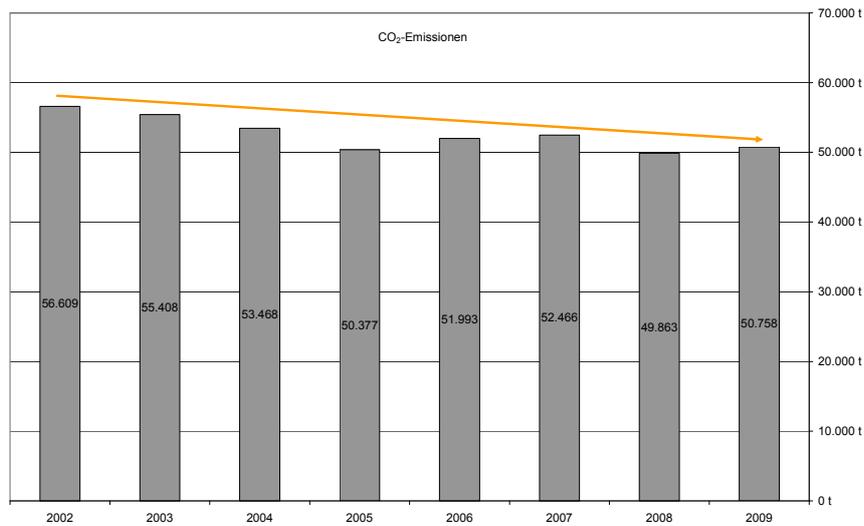


Abb. 13: CO₂-Emissionsstatistik

Die CO₂-Emissionswerte kommunaler Gebäude konnten seit dem Jahr 2002 um 6.000 t CO₂ reduziert werden, was einem prozentualen Anteil von 10 % entspricht.

CO₂-Verbrauch seit dem Jahr 2002 um 10 % reduziert

Im Folgenden sind erfolgreich umgesetzte Maßnahmen des Gebäudemanagements kurz beschrieben, die vorrangig zu den erwähnten Einsparungen geführt haben bzw. in den nächsten Jahren zu Einsparungen führen werden.

Energiemonitoring

Seit 2008 werden die Verbrauchsdaten von Wasser, Strom und Wärme aller verbrauchsintensiven Gebäude permanent kontrolliert. Energieverluste, Verbrauchsstörungen und Nutzungsanpassungen können dabei zeitnah erkannt und behoben werden.

Konjunkturpaket II

Durch die Mittel des Konjunkturpaketes II werden in den Jahren 2009 und 2010 Investitionen in energetische Sanierungen von Schulen, Kindertagesstätten und Verwaltungsgebäuden in Höhe von insgesamt 18 Mio. € möglich, die den Energieverbrauch der Gebäude nachhaltig reduzieren werden.

Energetische Gebäudesanierung und soziale Infrastruktur

Im Rahmen des Investitionspaketes zur energetischen Erneuerung der sozialen Infrastruktur werden zwei Kindertagesstätten energetisch auf Neubauniveau saniert. Erstmals werden hier Lüftungsanlagen in Kindertageseinrichtungen eingesetzt, die Erkenntnisse für zukünftige Sanierungen bringen sollen.

Lüftungsanlagen in Schulen

Die Bedeutung hygienischer Raumluft in Schulklassen und die unzureichende Wirkung der Fensterlüftung wurden durch zahlreiche wissenschaftliche Erkenntnisse und eigene Forschungsergebnisse verifiziert. Die logische Konsequenz der Stadt Aachen ist der zwingende Einsatz von Lüftungsanlagen in Schulneubauten und bei umfassenden Schulsanierungen. Durch den Einsatz einer effizienten Wärmerückgewinnung wird die Zuluft vollständig durch die wärmere Abluft aufgewärmt.

Beleuchtungsanlagen

Seit dem Jahr 2003 werden kontinuierlich Beleuchtungssanierungen durchgeführt:

- Pro Leuchte werden 45 % eingespart (Leuchte, EVG, Sensor)
- Pro Raum werden 50 % der Beleuchtungsstunden eingespart (Präsenzmelder)

Einsatz regenerativer Energien - Holz

Holz als Energieträger wurde erstmalig 2007 in zwei Objekten eingesetzt. In der Grundschule Birkstraße wurde durch ein bedarfsgeregeltes Speichersystem die ehemalige Kesselleistung mit 550 kW auf 350 kW reduziert.

Einsatz regenerativer Energien - thermische Solaranlagen

Thermische Solaranlagen für die sommerliche Versorgung mit warmem Wasser machen insbesondere dann Sinn, wenn die Heizungsanlagen räumlich weit von der Verbrauchsstelle entfernt sind. Nicht nur der unwirtschaftliche Betrieb der Kesselanlage sondern auch die Leitungsverluste sprechen in diesen Fällen für die Wirtschaftlichkeit thermischer Solaranlagen.

Energie- und Wasserverbrauch von 160 Objekten wird online überwacht

Investition von 18 Mio. € zur energetischen Gebäudesanierung

Förderung zur Sanierung der Kitas Elsasstraße und Stolberger Straße

Lüftungsanlagen in Schulneubauten / Sanierungen Pflicht!

Ein Drittel aller Schulgebäude ist beleuchtungstechnisch saniert

Holzheizungsanlage in der Schule Birkstraße

Solkollektoren zur Warmwasserbereitung

Eigene Photovoltaikanlage von 10 kWp auf dem Dach des Verwaltungsgebäudes Laaerhausstraße

Einsatz regenerativer Energien - Photovoltaikanlagen

Im Rahmen des Modellprojektes „Sonne für Aachener Gebäude“ wurden seit 1996 insgesamt 29 Photovoltaikanlagen mit einer Gesamtleistung von über 600 Kilowatt Peak installiert. Der Ausbau von Photovoltaikanlagen auf Dächern städtischer Gebäude wird somit weiter verfolgt.

13 Klein BHKWs in Betrieb

Einsatz regenerativer Energien - KWK-Anlagen

Die gekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme, kurz Kraft-Wärme-Kopplung (KWK), trägt zu einer effizienteren Nutzung der Primärenergie bei. Die bestehenden vier Kleinanlagen sind im Jahr 2009 auf 13 Standorte mit einer elektrischen Gesamtleistung von insgesamt 110 kW erweitert worden.

Fernwärmeausbau in Aachen

Fernwärme

Eine Fernwärmepotenzialanalyse aller städtischen Gebäude diente als Grundlage für einen Rahmenvertrag mit den Stadtwerken Aachen, der mit dem Ziel abgeschlossen wurde, langfristig die städtischen Gebäude auf diese umweltfreundliche Energieversorgung umzustellen. Dies trägt wesentlich zur Verbesserung der lokalen Abgasemissionen bei.

Energieausweis in allen öffentlichen Gebäuden

Energieausweis städtischer Gebäude

In allen öffentlichen kommunalen Gebäuden wurde der Energieausweis gemäß EnEV 2007 zur Information der Bürger ausgehängt. Auch Gebäude geringerer Größe wie z.B. Kindertageseinrichtungen wurden berücksichtigt, die von der gesetzlichen Aushangpflicht befreit sind. Der Energieausweis soll jedoch gerade in Gebäuden, deren Größe und Nutzung mit Wohnhäusern vergleichbar sind, vorbildhaft wirken.

5. Ausblick

Zehn Millionen Euro jährliche Energie- und Wasserverbrauchskosten für die Aachener Schulen, Kindergärten und Verwaltungsgebäude – Grund genug für das Energiemanagement die Zielsetzung Energieeinsparung mit großem Nachdruck und Engagement zu verfolgen.

Mit den Planungsleitlinien „Aachener Standard Energie 2010“ für Neubauten und Sanierungsvorhaben kommt das Gebäudemanagement dem heute realistischen Ziel – Gebäude nach ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten zu optimieren – nahe. Die ersten Bauplanungen nach diesem hohen Standard haben Folgendes bestätigt: Dieser energetische Anspruch ist nur dann erfolgreich umzusetzen, wenn der Architekt bereits ab der ersten Entwurfsidee mit allen Fachplanern, dem Bauphysiker und dem Statiker integral zusammenarbeitet, weil jede einzelne Fachdisziplin die energetische Gesamtqualität beeinflusst. Diese grundlegende Veränderung der traditionellen Baupraxis erfordert die Bereitschaft zur aktiven Kooperation.

Beispiel: Die sommerliche Überhitzung aus übergroßen Fensterflächen mit Klimageräten zu begrenzen, bedeutet das Ende jeder positiven Energiebilanz.

Mit zunehmender Gebäudeintelligenz, wie dem Energie-Monitoring-System, sind die Voraussetzungen geschaffen, den Nutzer in die Verantwortung für die Betriebskosten einzubeziehen und die Verbrauchsmengen und Kosten dauerhaft zu reduzieren.

Die jüngste Neufassung der EU-Gebäuderichtlinie weist den Weg in die bauliche Zukunft: demnach soll der Energiebedarf öffentlicher Neubauten ab 2019 gegen Null gehen. Mit Hilfe von zielgerichteten Entwürfen, noch effizienterer Haustechnik, weiterentwickelten Materialien und dem vermehrten Einsatz von regenerativen Energien sollen nachhaltige Gebäude geschaffen werden.

Grundlegende Änderung
der Planungspraxis

Anhang: Arbeitsfelder des Energiemanagements im Berichtszeitraum

A.1 Welche Luftqualitätsansprüche sind für Unterrichtsräume maßgeblich?

Wie im 2. Abschnitt erläutert, führt die Luftdichtheit der Gebäude in vielen Fällen zu unzulänglichen lufthygienischen Verhältnissen. Es werden von einer Arbeitsgruppe VDI 6040 derzeit Standards ausgearbeitet, die Grundlage zukünftiger Vorgaben sein werden. Ein Mitarbeiter des Energiemanagements ist Mitglied in dieser Arbeitsgruppe.

Die CO₂-Konzentration in der Raumluft ist ein Maßstab für die Luftgüte. Gute Raumluftqualität zeichnet sich zum einen durch Schadstofffreiheit und zum anderen dadurch aus, dass Personen, die sich im Raum aufhalten, die Luft als angenehm und frisch empfinden. Letzteres kann von Mensch zu Mensch unterschiedlich bewertet werden, da das Empfinden von Luftqualität sehr subjektiv ist. Medizinische Untersuchungen belegen jedoch, dass Luft mit einem CO₂-Anteil ab 0,1%-0,15% im Allgemeinen als unbehaglich empfunden wird. Bereits 1860 wurden durch Max von Pettenkofer Untersuchungen angestellt, die Luftgüte anhand der CO₂-Konzentration zu definieren. Pettenkofer legte seinerzeit einen Wert von 1.000 ppm bzw. 0.1 Vol.-% als Obergrenze für gute Luft fest, der bis heute als Pettenkofer-Zahl bekannt ist.

Das Umweltbundesamt legt folgende Leitwerte für die Kohlendioxid-Konzentration fest: Die Konzentrationswerte verstehen sich als zeitlich gewichtete durchschnittliche Konzentration über die Dauer einer Unterrichtseinheit.

Leitwerte für die Kohlendioxid-Konzentration in der Innenraumluft (Ad-hoc-AG 2008)

CO ₂ -Konzentration [ppm]	Hygienische Bewertung	Empfehlung
< 1000	Hygienisch unbedenklich	▶ keine weiteren Maßnahmen
1000-2000	Hygienisch auffällig	▶ Lüftungsmaßnahmen intensivieren (Außenluftvolumenstrom bzw. Luftwechsel erhöhen) ▶ Lüftungsverhalten überprüfen und verbessern
> 2000	Hygienisch inakzeptabel	▶ Belüftbarkeit des Raumes prüfen ggf. weitergehende Maßnahmen prüfen

Abb. 14: Leitwerte Kohlendioxid-Konzentration; Quelle: Umweltbundesamt

Auch weitere Normen wie die DIN EN 13779 „Lüftung von Nichtwohngebäuden“ oder die im Gründruck vorhandene VDI 6040 Bl. 1 „Raumlufttechnik in Schulen“

CO₂-Konzentration von 1.000 ppm als Obergrenze für gute Luft bereits 1860 festgelegt

In einem durchschnittlichen Klassenraum wird der Grenzwert von 1.000pp nach ca. 20 Minuten ohne Lüftung erreicht

weisen ähnliche Richtwerte auf. Alle Normen klassifizieren die CO₂-Konzentration als eindeutigen Indikator für die Emission organischer Ausdünstungen durch Menschen.

Welches Lüftungssystem ist erforderlich?

Wie bereits beschrieben, führt die Dichtheit bei Schulneubauten und bei Sanierungsmaßnahmen an bestehenden Gebäuden zu einer rasch ansteigenden CO₂-Konzentration, wo Kohlendioxidkonzentration über 5.000 ppm keine Seltenheit ist.

Die Forderung nach einer hygienisch akzeptablen Raumluftqualität kann bereits mit einem personenbezogenen Außenluftvolumenstrom von 20 m³/h sichergestellt werden. Seitens des Gebäudemanagements der Stadt Aachen besteht daher die Verpflichtung bei Neubauten generell und bei Sanierungen, da wo neue Fenster eingebaut werden, eine mechanische Lüftungsanlage in das Schulgebäude zu integrieren.

Um den Energieverbrauch zu minimieren, sind die Lüftungsanlagen mit einer effizienten Wärmerückgewinnung von mindestens 75 % Rückgewinnung auszustatten. Dies reicht in der Regel aus, die Zuluft ohne weitere Zusatzbeheizung zu erwärmen. Für einen Standard-Klassenraum mit 25 Schülern ist somit ein Außenluftvolumenstrom von 500 m³/h notwendig.

Die nachfolgenden Bilder zeigen zwei Systemlösungen einer Lüftungsanlage.



Abb. 15: Lüftungsgeräte als Stand- und Deckenausführung

Kategorie	Beschreibung	CO ₂ -Gehalt über Außenluft	Außenluftvolumenstrom je Person
IDA 1	Hohe Raumluftqualität	350 ppm (750 ppm)	72 m ³ /h Pers (20 l/s Pers)
IDA 2	Mittlere Raumluftqualität	500 ppm (900 ppm)	45 m ³ /h Pers (12,5 l/s Pers)
IDA 3	Mäßige Raumluftqualität	800 ppm (1.200 ppm)	29 m ³ /h Pers (8 l/s Pers)
IDA 4	Niedrige Raumluftqualität	1.200 ppm (1.600 ppm)	18m³/h Pers (5 l/s Pers)

Abb. 16: Grenzwerte Kohlendioxid-Konzentration nach DIN EN 13779 „Lüftung von Nichtwohngebäuden“

20 m³ je Stunde Außenluft pro Person reichen aus

Lüftungsanlagen sind Pflicht

Wärmerückgewinnung nutzt die Abwärme zur Beheizung der Zuluft

Optimale Luftqualität

Die CO₂-Konzentration in der Grundschule Karl-Kuck-Straße wurde nach der Installation einer Lüftungsanlage aufgezeichnet. Die Konzentrationsspitzen betragen maximal 1.500 ppm, im gewichteten Mittel der Unterrichtseinheit unter 1.200 ppm, was entsprechend der vorgenannten Leitwerte ein akzeptables Ergebnis darstellt.

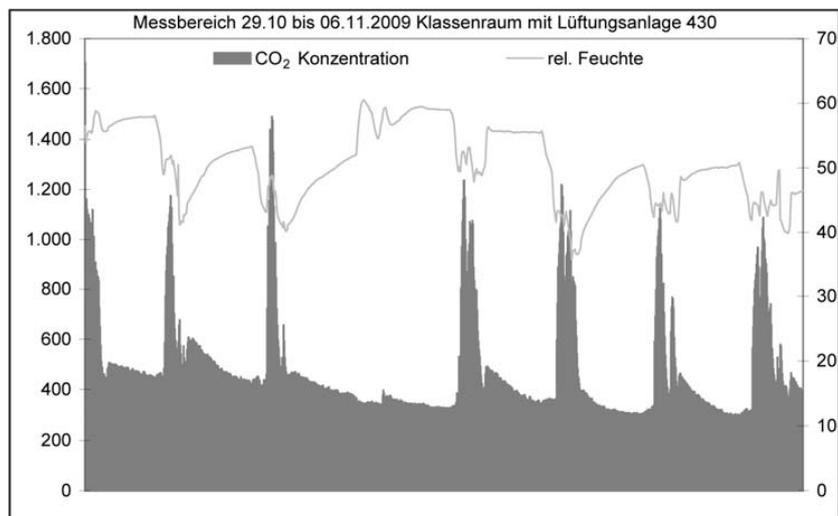


Abb. 17: Messergebnisse der Kohlendioxid-Konzentration in der Karl-Kuck-Schule

Reduzierung der
rel. Feuchte schützt
vor Schimmel

In dem Messzeitraum wurde parallel die relative Feuchte aufgezeichnet. Während des Schulbetriebes reduziert sich die relative Feuchte auf 40 % und steigt nach dem Unterricht auf 50 % wieder an. Die Abfuhr der Luftfeuchtigkeit ist ausgesprochen wichtig, da hierdurch das Risiko von Kondensatanfall und somit die Gefahr von Schimmelbefall verringert wird.

A.2 Aufbau eines rechnergestützten Monitoring-Systems

Um Energie- und Wasserverluste oder Betriebsstörungen zeitnah zu erkennen und präzise zu orten, bedarf es kurzer Messintervalle. Diese sind vom Arbeitsaufwand jedoch nur vertretbar, wenn die Datenübertragung automatisiert erfolgt. Das umgesetzte Monitoring-System überträgt Zählerstände mithilfe eines M-Bus-Protokolls. Die wesentlichen Vorteile dieser Datenübertragung bestehen in der Übertragungsgeschwindigkeit und der Messgenauigkeit. Die Zählerstände der Haupt- oder Unterzähler eines Gebäudes werden alle 15 Minuten ausgelesen und vor Ort zunächst in einem Datenlogger zwischengespeichert. Einmal täglich werden diese Daten zum zentralen Datenbankrechner des Energiemanagements übertragen und dort weiter verarbeitet.

Für eine weitergehende Auswertung bzw. Bewertung des Energieverbrauchs ist die Bildung von spezifischen Kennwerten erforderlich. Hierzu sind Basisdaten als Bezugsgröße (z. B. Flächen, Rauminhalt, Anzahl Personen) zu ermitteln. Diese Kennwerte sind dann mit Daten anderer Gebäude, Liegenschaften im Sinne eines Benchmarkings vergleichbar. Bei witterungsabhängigen Verbrauchsdaten ist der zusätzliche Witterungseinfluss zu berücksichtigen. Hierzu wurden innerhalb des Stadtgebietes 6 Temperaturmessstationen errichtet.

Das Monitoring-System hilft dem Betreiber, 7 Tage die Woche und 24 Stunden am Tag alle Verbrauchsmengen aufzuzeichnen und diese für jeden Tagesverlauf sichtbar zu machen. Dies gewährleistet, dass auch außerhalb der Dienstzeiten das Grundlastverhalten bei Strom, das Takten von technischen Anlagen oder die Aufheizphasen bei Heizanlagen kontrolliert werden können.

Die geschaffene Transparenz bis auf die Ebene der einzelnen Messeinrichtung sorgt neben einer einfachen Fehlerdiagnose auch für eine positive Beeinflussung des Nutzerverhaltens.

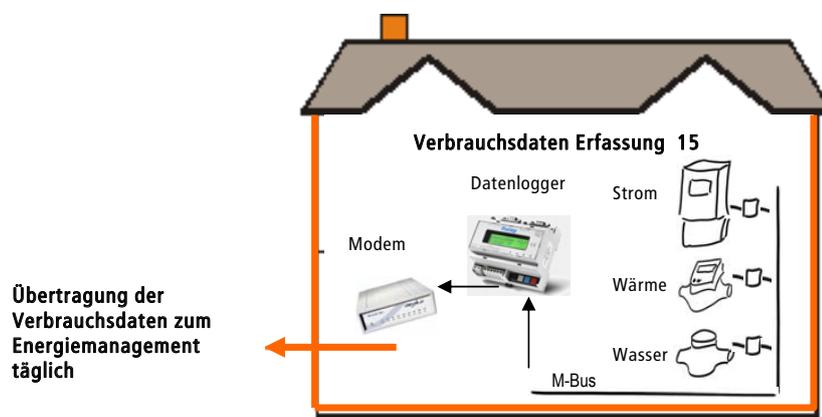


Abb. 18: Aufbau des Übertragungssystems

Alle Verbrauchszähler werden im 15-Minuten-Intervall ausgelesen

Aktuell werden
167 Gebäude und
970 Zähler
überwacht

Importroutinen sorgen für
Datenplausibilität

Automatisch werden
Stör- und Alarmmeldungen
erzeugt.

Gebäudemanagement

Derzeit werden 167 Gebäude mit insgesamt 970 Zählern verarbeitet. Jeder Zähler ist eindeutig einem Objekt, Objektteil und einer Fläche zugeordnet. Aufgrund der Vielzahl von Verbrauchsdaten erfolgt die tägliche Abfrage der Datenlogger mit zwei parallel arbeitenden Computern. Der Abfragezeitraum beginnt täglich um 17:00 Uhr und endet um 5:00 Uhr morgens. Nach dem Import der Daten in entsprechende Datenbanken erfolgt eine tägliche Verbrauchskontrolle.

Auswertungen

Vor der Speicherung in der Datenbank werden die Daten mehreren Plausibilitäts- und Sicherheitsprüfungen unterzogen. Werden Fehler im Übertragungsprotokoll festgestellt oder ein Zähler weist einen Zählerstillstand auf, wird automatisch ein Fehlerbericht generiert. Durch dieses ständige Prüfverfahren profitiert auch das Versorgungsunternehmen, da Stillstandzeiten unmittelbar gemeldet werden.

Controlling

Das implementierte Stör- und Alarmmanagement in das Energiemonitoring-System (EMSYS) ermöglicht, dass alle Verbrauchszähler in Abhängigkeit der Außentemperatur und/oder festgelegten Minimal- bzw. Maximalverbrauchswerte einer Plausibilität unterzogen werden. Bei größeren Abweichungen werden die Ergebnisse objektbezogen per E-Mail an die Controllingstelle weitergeleitet und analysiert. Alle systemgesteuerten Vorgänge erfolgen automatisiert ohne in das System einzugreifen. Diese Überprüfung erfolgt täglich, sodass für die Objekte, die in das System eingebunden sind, eine optimale energetische Betriebsführung sichergestellt werden kann. Alle Meldungen sind entsprechend den Kategorien Wasser, Wärme und Strom unterteilt. Beispiele für typische Fehlerquellen sind: Stromverbrauch bei Tageslicht zu hoch, hohe Leistung der Heizung an Sonn- und Feiertagen oder unnormal hoher Wasserverbrauch.

Die nachfolgende Abbildung zeigt einen Ausschnitt der Software, in welcher die täglichen Stör- und Alarmmeldungen abgelegt sind.

Objektbezeichnung	Priorität	Fehler/Bearbeiten	NHZ	Medium	Installierte Vertraglich - Leistung	Ausführung Datum	Fehler Datum	Fehlermeldung
KITA Parkstraße (148)	49	Strom			2009-12-11	2009-12-08		Stromverbrauch tagsüber zu hoch Nachricht: Verbrauch=67 kWh Maximum Werktag=60 kWh
KITA Im Grüntal (152)	270	Strom			2009-12-11	2009-12-08		Stromverbrauch tagsüber zu hoch Nachricht: Verbrauch=63 kWh Maximum Werktag=60 kWh
Turnhallen + Wohnhaus GGS + GHS Händelstraße (865)	891	Wasser			2009-12-11	2009-12-09		Wasserverbrauch zu hoch Nachricht: Durchfluss im Zeitraum zwischen 1 und 4 Uhr.

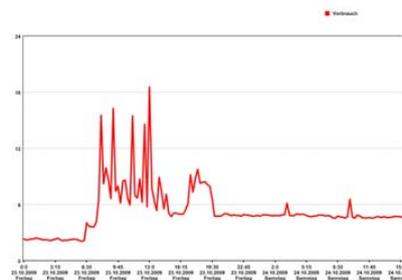
Abb. 19: Stör- und Alarmmeldungen

Die Störmeldungen erfolgen unter Angabe der Objektbezeichnung, Zählernummer, Medium und der Fehlermeldung. Mithilfe der Symbole auf der rechten Seite der Abbildung ist es möglich, den auffälligen Verbrauchsbereich grafisch darzustellen.

Ergebnisse

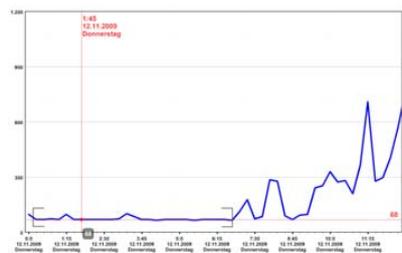
Strom

Die nebenstehende Abbildung zeigt eine durch das Stör- und Alarmmanagement generierte Fehlermeldung. Der Stromverbrauch während der Nichtbenutzung liegt über dem Sollwert, was in diesem Fall durch eine fehlerhafte Schmutzwasserpumpe verursacht wurde.



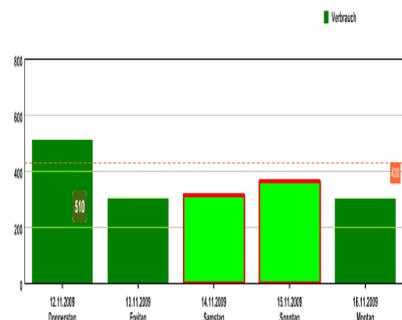
Wasser

Die ständige Kontrolle der Wasserverbräuche ermöglicht die sofortige Erkennung von Wasserrohrbrüchen. Das nebenstehende Beispiel zeigt einen Wasserverlust von 68 Litern pro Stunde durch einen Wasserrohrbruch.



Wärme

Das nebenstehende Beispiel zeigt eine fehlerhaft eingestellte Heizungsregelung. Nutzungs- und Nichtnutzungstage sind grafisch so deutlich dargestellt, dass dem Bearbeiter mögliche Abweichungen verdeutlicht werden. So ist in der dargestellten Abbildung zu erkennen, dass die Heizung samstags und sonntags mit einem nicht abgesenkten Betriebsmodus eingestellt ist. Standardmäßig sollte die Heizungssteuerung für den Wochenendbetrieb mit einer reduzierten Raumtemperatur von ca. 15°C betrieben werden, was den Wärmeverbrauch auf ein Minimum reduziert.



Im Vergleich zum Medium Wasser ist die Verbrauchsanalyse von Wärme und Strom viel aufwändiger. Zu hoher Wasserverbrauch oder ein Rohrbruch lassen sich schnell erkennen, da klar definierte Zeiten und Mengenangaben in der Regel vorliegen. Die Beurteilung der Fehlererkennung von zu hohem Wärmeverbrauch bedarf fachspezifischer Kenntnisse, da neben den technischen Daten auch Faktoren wie z.B. Gebäudezustand, Gebäudealter und Art der Nutzung mit einbezogen werden müssen. Ein Altbau benötigt verständlicherweise mehr Heizenergie als ein moderner, gut gedämmter Neubau. Noch schwieriger verhält es sich mit der Analyse des Stromverbrauches. Neben Beleuchtungsanlagen und technischen Aggregaten nehmen Computer und Multi-Media-Geräte einen großen Einfluss auf den Verbrauch in einem Gebäude. Mit zunehmender Menge an Verbrauchsdaten ist es möglich, eine gebäudespezifische Betrachtung detaillierter auszuführen und entsprechende Grenzwerte zu ermitteln bzw. festzulegen.

Tägliche Suche nach Störungen

Verbrauchskontrolle am Wochenende an Feiertagen und in den Ferien

Zusammenfassung

Die Einführung des Energiemonitoring-Systems im Gebäudemanagement der Stadt Aachen ist mit Initiative in einem Zeitraum von nur 2 Jahren umgesetzt worden. Alleine im Jahr 2009 betragen die Einsparungen 36 % der Gesamtinvestition.

Das größte Einsparpotenzial liegt derzeit im Bereich Wasser, was dadurch begründet ist, dass eine Störungssuche und eine Störungsbehebung sehr einfach sind.

Von den bisherigen Gesamtkosteneinsparungen in 2009 in Höhe von 145.770 € hat das Medium Wasser 80 Prozent Anteil, der Bereich Wärme 11 Prozent und der Strombereich 9 Prozent. Die Einsparung für Wärme und Strom liegt weit hinter unseren Erwartungen. Dies ist auf den Umstand zurückzuführen, dass eine Stör- und Verbrauchsanalyse erst nach Vorliegen von mindestens zwei Verbrauchsjahren qualitativ vollständig umgesetzt werden kann.

Medium	Einsparung Verbrauch	Einsparung Kosten
Wärme	200.750 kWh	16.060 €
Strom	57.600 kWh	12.960 €
Wasser	23.336 m ³	116.750€
Gesamt	–	145.770 €

Die Weiterentwicklung der Software als auch die vollständige Implementierung des Stör- und Alarmmanagements werden voraussichtlich die jährlichen Energie- und Wasserkosten um weitere 10 Prozent reduzieren.

A.3 Energieausweis für städtische Gebäude

Das Gebäudemanagement hat seit März 2009 in rund 200 städtischen öffentlichen Gebäuden, Schulen, Kindergärten oder Verwaltungsgebäuden, Energieausweise ausgehängt.

Diese gesetzliche Verpflichtung gem. der EnEV 2007 gilt seit dem 01.07.2009 für Gebäude mit einer Nutzfläche von über 1.000 m². Ziel des Gesetzgebers ist es, die Öffentlichkeit zu informieren und zu sensibilisieren. Um dem Bürger einen besseren Vergleich zu ihm geläufigen Gebäudegrößen und Nutzungen zu ermöglichen, hat sich das Gebäudemanagement der Stadt Aachen entschlossen, auch in Gebäuden geringerer Größe, wie zum Beispiel in Kindertageseinrichtungen, einen Energieausweis auszuhängen.

Der Energieausweis stellt den Verbrauchs-Kennwert für Wärme und Strom des Durchschnitts der letzten drei Jahre dar. Der Wärmeverbrauch ist witterungsbereinigt, sodass ein Vergleich mit anderen Gebäuden der entsprechenden Gebäudekategorie möglich ist. Die Gültigkeitsdauer des Energieausweises beträgt zehn Jahre.

Energieausweise in allen öffentlichen Gebäuden

ENERGIEAUSWEIS für Nichtwohngebäude

gemäß den §§ 16 ff. Energieeinsparverordnung (EnEV)

Gültig bis: 14.08.2018

Gebäude

Hauptnutzung/ Gebäudekategorie	Realschule
Adresse	Alkurstraße, 52070 Aachen
Gebäudeart	gesamt
Baujahr Gebäude	1966
Baujahr Wärmeerzeuger	1991
Baujahr Klimaanlage	
Nettogrundfläche	5.723 m ²

Art der Ausstellung des Energieausweises: Neubau Modernisierung (Änderung/Erweiterung) Anhang bei öffentlichen Gebäuden Vermietung/Verkauf Sonstiges (freiwillig)

Hinweise zu den Angaben über die energetische Qualität des Gebäudes

Die energetische Qualität eines Gebäudes kann durch die Berechnung des **Energiebedarfs** unter standardisierten Randbedingungen oder durch die Auswertung des **Energieverbrauchs** ermittelt werden. Als **Energiegröße** dient die **Nettogrundfläche**.

Der Energieausweis wurde auf der Grundlage von Berechnungen des **Energiebedarfs** erstellt. Die Ergebnisse sind auf **Seite 2** dargestellt. Zusätzliche Informationen zum Verbrauch sind freier Willg. Diese Art der Ausstellung ist Pflicht bei Neubauten und bestimmten Modernisierungen. Die angegebenen Vergleichswerte sind die Anforderungen der EnEV zum Zeitpunkt der Erstellung des Energieausweises (**Erfoltsanzeigen** – siehe Seite 4).

Der Energieausweis wurde auf der Grundlage von Auswertungen des **Energieverbrauchs** erstellt. Die Ergebnisse sind auf **Seite 3** dargestellt. Die Vergleichswerte beruhen auf statistischen Auswertungen.

Datenerhebung/Bestätigt durch: Eigentümer Aussteller

Dem Energieausweis sind zusätzliche Informationen zur energetischen Qualität beigefügt (freiwillige Angabe).

Hinweise zur Verwendung des Energieausweises

Der Energieausweis dient lediglich der Information. Die Angaben im Energieausweis beziehen sich auf die genannte Gebäude oder den über bezeichneten Gebäudeteil. Der Energieausweis ist lediglich dafür gedacht, einen übermäßigen Vergleich von Gebäuden zu ermöglichen.

Aussteller: Dipl.-Ing. Martin Lambertz
Stadt Aachen E26
Lagerhausstraße 20
52076 Aachen

Datum: 14.08.2008
Unterschrift des Ausstellers

ENERGIEAUSWEIS für Nichtwohngebäude

gemäß den §§ 16 ff. Energieeinsparverordnung (EnEV)

Erfasster Energieverbrauch des Gebäudes

Heizenergieverbrauchskennwert

Dieses Gebäude: **99,5 kWh/m²·a**

Warmwasser enthalten Vergleichswert in dieser Gebäudekategorie für Heizung und Warmwasser**

Stromverbrauchskennwert

Dieses Gebäude: **8,7 kWh/m²·a**

Der Wert enthält den Stromverbrauch für: Heizung Warmwasser Lüftung eingebaute Beleuchtung Kühlung Sonstiges

Verbrauchserfassung – Heizung und Warmwasser

Energiezähler	Zeitraum		Energieverbrauch [kWh]	Anteil Warmwasser [kWh]	Klimafaktor	Energieverbrauchskennwert [kWh/(m ² ·a)]			
	von	bis				Heizung	Warmwasser	Kennwert	
Energie H	01.01.2006	31.12.2006	461.379	18.019	1,21	100,2	3,3	103,5	
Energie H	01.01.2006	31.12.2006	515.194	16.833	1,24	109,0	3,4	112,4	
Energie H	01.01.2007	31.12.2007	369.659	14.116	1,31	81,2	2,5	83,0	
Durchschnitt							99,5		

Verbrauchserfassung – Strom

Zeitraum	Ableswert [kWh]	Kennwert [kWh/(m ² ·a)]
01.01.2006	31.12.2006	56.708
01.01.2006	31.12.2006	49.983
01.01.2007	31.12.2007	41.900

Gebäudekategorie

Gebäudekategorie	Realschule
Sonderzonen	

Erläuterungen zum Verfahren

Das Verfahren zur Ermittlung von Energieverbrauchskennwerten ist durch die Energieeinsparverordnung vorgegeben. Die Werte sind spezifische Werte pro Quadratmeter Nettogrundfläche. Der tatsächliche Verbrauch eines Gebäudes weicht insbesondere wegen des Witterungseinflusses und sich ändernden Nutzerverhaltens von den angegebenen Kennwerten ab.

Abb. 20: Energieausweis

A.4 Holz als Energieträger

Biomasse bietet mit ca. 70% das größte Potenzial der regenerativen Energien für die Wärmeerzeugung. Holz ist der wichtigste Energieträger aus dem Bereich Biomasse. Die Wärmeerzeugung mit dem Energieträger Holz ist eine ökologische und ökonomische Alternative zu konventionellen Heizungen mit den übrigen Energieträgern. Die Energiepreise für Erdgas und Öl steigen im Gegensatz zu Holz stetig. Der Energieträger Holz ist regional ständig verfügbar und damit im Gegensatz zu Erdgas und Erdöl unerschöpflich. Der Verbrennungsprozess von Holz kann als CO₂-neutral betrachtet werden, da nur die Menge an CO₂ freigesetzt wird, die der Baum während seines Wachstums aufgenommen hat.

In zwei städtischen Gebäuden kommt der Energieträger Holz in Form von Holzhackschnitzeln und Holzpellets derzeit zum Einsatz.

Holzhackschnitzel: Kleine, zerschnittene Stücke aus Restholz.
Heizwert: 4,0 kWh/kg (W20, <20%)

Holzpellets: Kleine Stäbchen, bestehend aus naturbelassenem, gepresstem Holz ohne chemische Bindemittel.
Heizwert: 4,7 kWh/kg



Holzhackschnitzel



Holzpellets

Abb. 21: Holzhackschnitzel und -pellets

Holzheizung in der Birkstraße, Aachen

Bei der Schule Birkstraße in Aachen handelt es sich um eine dreizügige Grundschule mit angegliedertem Lehrschwimmbekken, Turnhalle und Hausmeisterwohnung. Im Jahre 2005 wurden bereits Wärmeverteilung, Wärmeverbrauchserfassung und eine neue Gebäudeleittechnik installiert. Mithilfe der implementierten Verbrauchsaufzeichnung war eine sehr differenzierte Analyse des Heizenergieverbrauchs möglich und stellte sich als exzellente Grundlage für die Dimensionierung der Anlage heraus. Aufgabenstellung war es, im Rahmen des SUS-CIT-Programms, eine monovalente Energieversorgung eines Gebäudes mit nachwachsenden Rohstoffen zu realisieren.

Bei der Umstellung der Heizungsanlage wurden folgende Ziele verfolgt:

- Reduzierung Energieeinsatz für Wärme
- Reduzierung der Energiekosten
- Einsatz nachwachsender Rohstoffe bei der Wärmebereitstellung

Eine monovalente Holzheizung ist in größeren Leistungsklassen nur in Verbindung mit Pufferspeichern und einem optimierten Lastmanagement sinnvoll zu betreiben. Bei der Planung der Holzheizungsanlage für das Objekt galt es folgende Aufgabenstellungen zu klären:

- Welche Leistung ist für den monovalenten Anlagenbetrieb erforderlich?
- Wie groß muss ein zugehöriger Pufferspeicher sein, damit das Lastgangprofil der Schule abgedeckt werden kann?
- Soll ein Pellet- oder ein Hackschnitzelkessel zum Einsatz kommen, ggf. könnte eine Lösung realisiert werden, die beides ermöglicht?
- Ein Konzept für die Lagerung des Brennstoffes muss erarbeitet werden

Die Analyse des Lastverlaufs stellte dar, dass die derzeit realisierte Nachtabsenkung eine sehr hohe morgendliche Leistungsspitze erforderte. Sowohl für die monovalente Betriebsweise als auch für eine effiziente Ausnutzung des Energieträgers Holz ist eine Vergleichmäßigung des Lastverlaufes existenziell. Die Simulation des Lastverlaufs ergab ein optimales Ausnutzungsverhältnis bei einer Kesselleistung von 350 KW kombiniert mit einem Pufferspeichervolumen von 9.000 Litern.

Bei der Wahl des Brennstoffs spielen neben dem Preis und dem Primärenergieeinsatz auch die Rahmenbedingungen der Lagerung und Anlieferung eine Rolle. Prinzipiell sind Hackschnitzel günstiger als Holzpellets und das trotz des volumenbezogenen niedrigeren Energieinhalts gegenüber Pellets.

Umstellung von Gas- auf Holzheizung für die Grundschule Birkstraße in Aachen-Eilendorf

Monovalente Heizung
100% Holz



Auswahl der Technik:



Aufgrund der örtlich verfügbaren Lagerkapazität (ca. 70 m³) und der schwierigen Anlieferungssituation wurde die Wahl zugunsten eines Betriebs mit Holzpellets getroffen. Die Anlage wurde jedoch so konzipiert, dass ein Betrieb mit Hack-schnitzeln möglich ist.

Als zusätzliche Einrichtung wurde im Abgasrohr ein Zyklonabscheider installiert, der zusätzlich Aschestaub aus dem Abgas abscheidet; eine äußerst sinnvolle Investition in die Staubminderung bzw. Luftreinhaltung.

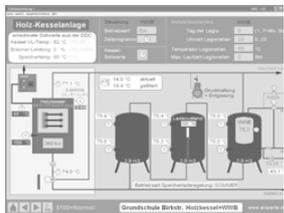
Abb. 22: Holzkesselanlage Schule Birkstraße

Steuerung/Regelung der Holzkesselanlage

Um die Holzheizanlage in der Birkstraße optimal zu nutzen, wurde sie in die Gebäudeautomation des Gebäudemanagements integriert. Die Regelung des Heizkessels wird durch eine vom Kesselhersteller installierte SPS (Speicherprogrammierbare Steuerung) gesteuert. Diese Steuerung übernimmt die Einstellungen für Luftbedarf der Heizung, Holzmenge, Feuerraumtemperatur, Zündung etc. So wird auch z.B. das Verhältnis von Luft zu Brennstoff gemessen und automatisch optimiert, damit das Holz vollständig verbrannt wird. Die nichtverbrauchte Wärme wird zwischengespeichert. Dazu stehen Pufferspeicher mit einer Größe von 9 Kubikmeter bereit.

Ohne Pufferspeicher würde die Heizungsanlage ansonsten ständig takten und die überschüssige Wärme verloren gehen. Anlagentechnisch würde dies auch die Lebensdauer der Anlage verringern und gleichzeitig die Wirtschaftlichkeit durch eine Verschlechterung des Wirkungsgrads der Anlage infrage stellen.

Durch den Pufferspeicher wird die Holzheizanlage mit einem optimalen Wirkungsgrad betrieben und kann ohne Anlaufverzögerung die geforderte Wärme zur Verfügung stellen. Die komplette Heizanlage muss dann erst wieder gestartet werden, wenn der Pufferspeicher fast geleert ist. Im Sommerbetrieb wird aufgrund des vorhandenen Lehrschwimmbeckens die Heizung nicht komplett ausgeschaltet, die maximale Kesselleistung jedoch auf 30% begrenzt.



9 m³ Energiespeicher in die Regelstrategie eingebunden

Lange Lebensdauer der Heizungsanlage durch Minimierung der Schaltzyklen gewährleistet

Bereits mit der Sanierung der Wärmeverteilung und der Aufschaltung auf die Gebäudeleittechnik im Jahr 2005 konnten Einsparungen bis zu 30 % erzielt werden. Die Installation der Holzheizung in 2007 senkte den Energieverbrauch um weitere 10 %. Nachfolgende Grafik gibt Auskunft über den Primärenergieeinsatz, vor und nach der Sanierung der technischen Anlagen.

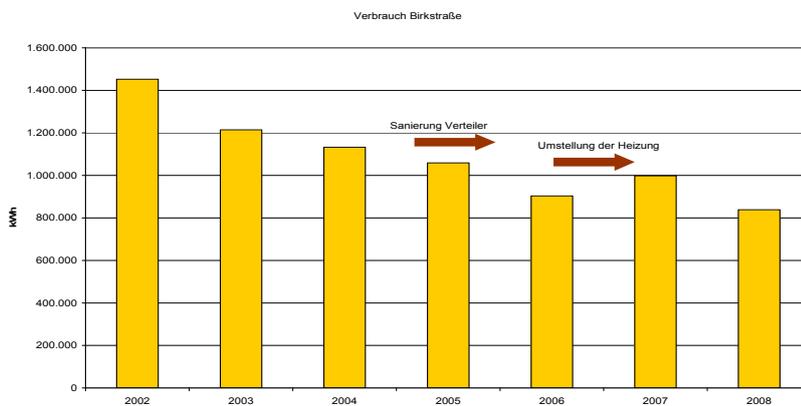


Abb. 23: Wärmeverbrauch Birkstraße 2002-2008

Bei einem Kostenvergleich von Erdgas und Holz wird deutlich eine Kostenreduktion erkennbar. Das Diagramm stellt die Energiekosten bzw. den Energiewechsel des Jahres 2005 von Erdgas auf Holz dar. Der grau dargestellte Bereich kennzeichnet die Mehrkosten bei fortgesetztem Betrieb der Anlage mit Erdgas. Im Jahr 2009 stellt sich ein jährlicher Minderbetrag von 22.000 € dar.

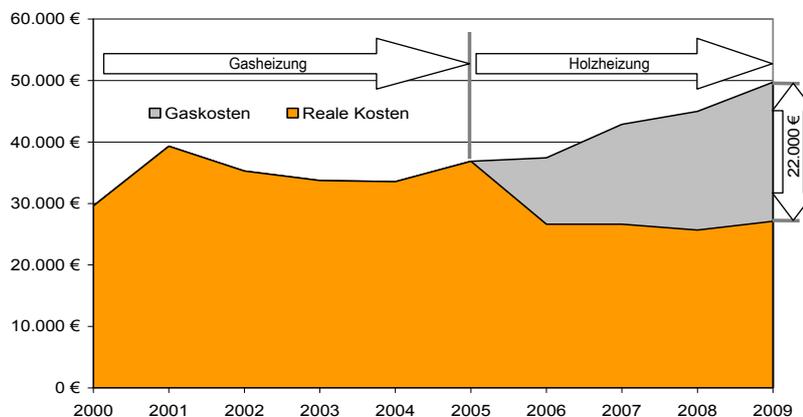


Abb. 24: Verbrauchskosten Birkstraße 2000 - 2009

40 % Energieeinsparung

Reduzierung der jährlichen Heizkosten um 22.000 €



Sus-Cit
Sustainable Cities

European Regional
Development Funding
through the INTERREG III B
Community Initiative



RÉGION WALLONNE

Beteiligung der Stadt Aachen am Projekt SUS-CIT

Projekt: SUS-CIT – Sustainable Cities

Nachhaltige Stadtentwicklung in belgischen und französischen Städten und in Aachen: Aachen genießt international einen ausgezeichneten Ruf als Stadt mit besonderer ökologischer Verpflichtung und nachhaltiger Politik der Stadtentwicklung. Dies war der Grund dafür, dass Aachen als einzige deutsche Stadt in ein Konsortium geladen wurde, welches Städte der französischsprachigen Wallonie und Nordfrankreichs in einen intensiven Austausch über Aspekte der Nachhaltigkeit in Kommunen zusammenführte. Diese neuen "nachhaltigen Städte" (sustainable cities) werden durch Fördermittel der EU unterstützt, um innovative Investitionen, Workshops, Ausstellungen und Expertenseminare zu veranstalten. Die Städte behandeln Themen wie das ökologische Bauen, Verkehrsplanung, Zersiedelung, soziale Ausgrenzung, Beteiligung der Bürger. Die Stadt Aachen ist mit dem Ersatz einer veralteten konventionellen Heizungsanlage in dem Schulgebäude der Grundschule Birkstraße (mit Lehrschwimmbekken) durch innovative, kostensparende Holzheizungs-Technologie und der Entwicklung und Durchführung einer Ausstellung zum Thema "Ökologische Altbaurenovierung" beteiligt worden.

An dem Projekt haben teilgenommen:

Die Kommunen: Ottignies-Louvain-La Neuve; Valenciennes; Roubaix; La Louvière; Mouscron; Tournai; Lille; Liège; Aachen und die wallonischen Ministerien und Kommunalorganisationen Ministère de la Région, der Kommunalverband der Wallonie und das französische Zentrum für nachhaltige Entwicklung.

Das Projekt SUS-CIT (Sustainable Cities) ist ein Kooperationsprojekt zwischen verschiedenen Städten der Region Nord-West-Europa. SUS-CIT wird co-finanziert durch die Europäische Kommission (Interreg III B), mit dem Ziel neue Herangehensweisen in Bezug auf nachhaltige Stadtentwicklung zu entwerfen und umzusetzen. Dabei soll ein Netzwerk geschaffen werden, um den Austausch von Best Practices (guten Beispielen, Maßnahmen, Informationen etc.) zu begünstigen.

Das Projekt SUS-CIT ist in 6 Schwerpunkte unterteilt:

1. Entwicklung innovativer Pilotinvestitionen auf transnationaler Ebene
2. Verstärkung der Kompetenzen und guten Praktiken durch Wissenstransfer
3. Sensibilisierung und Stimulierung der beruflichen Fachverbände
4. Förderung der gemeinsamen Kultur der nachhaltigen Stadtentwicklung
5. Verbreitung dieser Kultur und der Projektergebnisse in andere Städte und Regionen von Nord-West-Europa und darüber hinaus.
6. Einführung von « Good Governance »-Mechanismen, mit dem Ziel, eine stärkere Bürgerbeteiligung zu garantieren, Partnerschaften mit privaten Unternehmen einzugehen und die entsprechenden Kompetenzen innerhalb der Gemeindeverwaltung zu entwickeln.

A.5 Blockheizkraftwerke in Aachener Schulen

Die gekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme, kurz Kraft-Wärme-Kopplung (KWK), trägt unstrittig zu einer effektiveren Nutzung der Primärenergie bei. Bei der Erzeugung von elektrischer Energie mithilfe einer Kraftmaschine wird die anfallende Abwärme gleichzeitig zu Heizzwecken verwendet. Während bei der reinen Stromerzeugung in zentralen Kraftwerken mit hohen Energieverlusten nur ca. 40 % der Brennstoffenergie in Strom umgewandelt wird, ist es bei der KWK-Anlage möglich, über 90 % der Primärenergie in Form von Strom und Wärme zu nutzen. Zwar muss bei der KWK im kleinen Leistungsbereich ein geringerer elektrischer Wirkungsgrad in Kauf genommen werden; durch die gleichzeitige Wärmenutzung entsteht insgesamt ein energetischer Vorteil.

Die Bundesregierung strebt an, bis zum Jahr 2020 25 Prozent der in Deutschland benötigten Stromenergie mit Kraft-Wärme-Kopplung zu produzieren, was in etwa einer Verdopplung gegenüber dem Stand des Jahres 2008 gleichkommt. Im Zuge dessen ist das Gesetz zur Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung novelliert [KWKG-Novelle vom 06.06.2008] worden, und es wurde mit einem Impulsprogramm verabschiedet, das Investitionskostenzuschüsse für KWK-Anlagen im kleinen Leistungsbereich bis 50 kWel gewährt.

Funktionsweise

Der Begriff Blockheizkraftwerk geht auf die technische Grundidee zurück, Strom und Wärme gekoppelt in einem Block zu erzeugen. In der nachfolgenden Abbildung ist der Block grau umrandet dargestellt. Er enthält eine Kraftmaschine, die an einen Generator angeschlossen ist. Auf diese Weise wird die eingesetzte Brennstoffenergie in elektrische Energie umgewandelt. Die bei der Energieumwandlung entstehende Wärme wird in den eingezeichneten Heizkreis zur Raumbeheizung eingebracht.

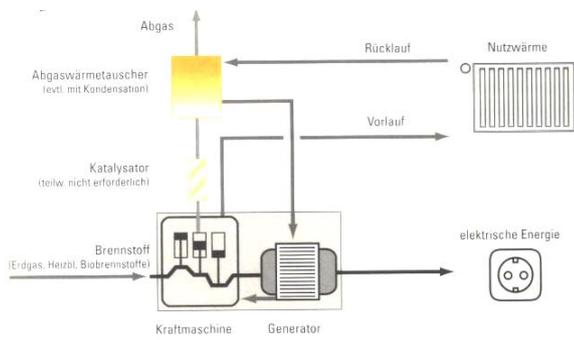


Abb. 25: Funktionsschema Blockheizkraftwerk

Stark vereinfacht dargestellt gleicht das BHKW in der Funktion einem PKW-Motor an kalten Tagen, der sowohl zum Antrieb des Fahrzeuges als auch mithilfe der Motorabwärme zur Beheizung des Fahrgastraums dient.

Für einen wirtschaftlichen Betrieb eines BHKWs müssen allerdings die Rahmenbedingungen stimmen. Eine wesentliche Voraussetzung ist, dass Wärme und Strom gleichzeitig und das über 24 Stunden täglich benötigt werden.

BHKW : gleichzeitige Erzeugung von Strom und Wärme



Wirkungsgrad von 90 %

Anwendung von BHKWs

Bei der Anwendung von BHKWs steht die Versorgung von Gebäuden/Objekten im Vordergrund, wobei eine Verknüpfung verschiedener Gebäude über sogenannte Nahwärmenetze in die Betrachtung mit einbezogen werden kann. Die hydraulische Einbindung von BHKWs in das Heizungssystem erfolgt analog zum konventionellen Heizkessel. Ähnlich wie bei Wärmepumpen ist jedoch ein Pufferspeicher im Heizkreis vorzusehen, um gewisse Mindestlaufzeiten für das BHKW zu gewährleisten. Diese sollten bei einer halben bis zu einer Stunde liegen, um die angestrebte Lebensdauer einer solchen Anlage sicherzustellen. Im Gegensatz zum Heizkessel, der taktend betrieben werden kann, braucht das BHKW aufgrund seiner vielen beweglichen Teile einen homogenen Betrieb, um effizient und vor allem mit geringem Verschleiß arbeiten zu können. Bei großen Wärmeversorgungsanlagen reicht oft das vorhandene Rohrleitungsnetz als Pufferspeicher bei der Einbindung eines BHKWs aus.

Wirtschaftlichkeit von BHKWs

Für den wirtschaftlichen Betrieb von Blockheizkraftwerken müssen die gegenüber einem konventionellen Heizkessel erhöhten Investitionskosten über die Gutschrift für den erzielten elektrischen Strom ausgeglichen werden.

Daraus ergeben sich die folgenden Bedingungen zum wirtschaftlichen Betrieb:

- Hoher elektrischer Wirkungsgrad des BHKWs
- Hohe jährliche Laufzeit des BHKWs
- Geringe Anschaffungs- und Wartungskosten

Eine hohe jährliche Laufzeit gewährleistet eine hohe Stromproduktion, die erreichbar ist, indem das BHKW zur Versorgung der Wärmegrundlast eingesetzt wird. Bei der Planung der eingesetzten BHKWs sind im Vorfeld Messungen sowohl im thermischen als auch im elektrischen Leistungsverlauf durchgeführt worden. Als Betrachtungszeitraum eignen sich die Übergangszeiten der Heizperiode als auch die Sommermonate. Erfahrungen aus den eingesetzten BHKWs zeigen, dass Laufzeiten von 7.000 h unter optimalen Voraussetzungen erreichbar sind. Ein wirtschaftlicher Betrieb ist jedoch bereits ab 5.000 Jahresvollnutzungsstunden gegeben.

Die eingesetzten BHKWs werden wärmegeführt betrieben. „Wärmegeführt“ bedeutet in diesem Zusammenhang, dass die Anlage nur dann läuft, wenn auch Wärme benötigt wird. Der erzeugte Strom wird weitestgehend selbst verbraucht. Wenn mehr Strom erzeugt wird als benötigt, lässt sich der Überschuss in das öffentliche Stromnetz einspeisen und durch das KWKG-Gesetz vergüten.

Die nachfolgende Tabelle stellt die jeweiligen Objekte dar, in denen BHKWs eingebaut wurden.

Objekt	Anzahl	elektr. Leistung	therm. Leistung	Strom- erzeugung	Wärme- erzeugung
		kW	kW	kWh	kWh
Inda-Gymnasium	1	19	34	123.500	221.000
Lagerhausstraße	1	19	34	123.500	221.000
Stolberger Straße	1	5,5	12,5	35.750	81.250
Lütticher Straße	2	5,5	12,5	71.500	162.500
Obere Drimbornstraße	1	5,5	12,5	35.750	81.250
Kaiserstraße	1	5,5	12,5	35.750	81.250
Ahornstraße	1	5,5	12,5	35.750	81.250
Karl-Kuck-Straße	1	19	34	123.500	221.000
Schwalbenweg	1	5,5	12,5	35.750	81.250
Abteigarten	1	5,5	12,5	35.750	81.250
Kirchberg	1	5,5	12,5	35.750	81.250
Malmedyer Straße	1	5,5	12,5	35.750	81.250
		106,5	214,5	728.000	1.475.500

Abb. 26: BHKWs in städtischen Objekten

Alle Anlagen sind mit Vollbenutzungsstunden von 6 - 7.000 h ausgelegt. Diese Planung wird auch durch die bisherigen Erfahrungen bestätigt.

Die Amortisationszeit liegt je nach Anlage zwischen 2,7 und 4,8 Jahren und damit unter den prognostizierten 5 Jahren.

Folgende Einnahmen können aus dem Betrieb der BHKW- Anlagen aufgeführt werden:

- Förderung aus dem KWK-Gesetz mit 5,11 ct/kwh
- Rückerstattung der Mineralölsteuer mit 5,5 €/MWh
- Stromvermeidung

Die Rückvergütung aus KWK beträgt somit pro Jahr 39.028 € (gilt auch für selbst genutzten Strom). Der eingesetzte Brennstoff ist aufgrund der Tatsache, dass er nicht ausschließlich zur Beheizung verwendet wird, von der Mineralölsteuer befreit. Der jährliche Erstattungsbetrag beträgt 12.763 €. Den größten Einnahmenanteil machen die Stromvermeidungskosten aufgrund der Eigenerzeugung aus. Mit dem aktuellen Strompreis errechnet sich ein jährlicher Betrag von 100.815 €.

Fazit: Steigende Strompreise erhöhen die Wirtschaftlichkeit der BHKWs.

Den jährlichen Gesamteinnahmen von 152.605 € stehen jährliche Ausgaben unter Berücksichtigung einer Vollkostenrechnung von 122.200 € gegenüber, sodass ein jährlicher Überschuss von 30.000 € zurzeit erwirtschaftet wird.

13 BHKWs sind eingebaut

A.6 Membranfiltration in der Schwimmhalle Süd

Im Zuge der Reinigung des Schwimmbadwassers in Bädern entstehen große Mengen an Abwasser. Anstatt dieses Wasser ungenutzt in die Kanalisation abzuführen, kann dies zu einem Großteil aufbereitet und somit wieder nutzbar gemacht werden. Die Aufbereitung geschieht mittels Umkehrosmose. Bei der Umkehrosmose wird verunreinigtes Wasser durch eine Membran gepresst, die Wassermoleküle durchlässt, Verschmutzungen jedoch ausfiltert. Somit wird auf der einen Seite der Membran reines Wasser gesammelt, und auf der anderen Seite die Verunreinigungen, die in den Abfluss geleitet werden können.



In der Schwimmhalle Süd ist die Membranfiltration seit Ende des Jahres 2008 in Betrieb. Es handelt sich hier um Filtertechnik der Fa. MFT-Membran-Filtrations-Technik aus Köln. Seitdem wird in der Schwimmhalle Süd das anfallende Filtrerrückspülwasser zu mind. 75% recycelt und dem Wasserkreislauf wieder zugeführt.

Abb. 27: Membranfiltrationsanlage

Um den Recyclingprozess optimal auf den Badebetrieb anzupassen, wurden zwei Behälter vor Ort installiert. Auf der Schlammseite wurde ein 25 m³-Behälter errichtet, der neben dem vorhandenen Auffangbehälter von 30 m³ das Wasser aus der Filtrerrückspülung auffängt. Bereits hier setzten sich grobe Verunreinigungen am Boden des Behälters ab. Nachdem dieses Wasser der Membranfiltration zugeführt wird, gelangt es in einen Reinbehälter mit einem Volumen von 43 m³. Das gereinigte Rückspülwasser mit Trinkwasserqualität, einer Temperatur von 28°C, wird anschließend dem Wasserprozess wieder zugeführt.

Bereits im Jahr 2009 wurden insgesamt 11.000 m³ Wasser aufbereitet, sodass der Anlagenwirkungsgrad auf 80 % gesteigert werden konnte. Die Einsparungen pro Jahr betragen im Einzelnen:

▪ Frischwasserbezug	22.660 €
▪ Abwasserbezug	28.160 €
▪ Heizenergie aufgrund der Resttemperatur	14.190 €
▪ Minderverbrauch an Wasseraufbereitungsstoffen	2.750 €
Gesamteinsparung	68.230 €
▪ Betriebskosten der Recycling-Anlage	34.500 €
▪ Stromkosten der Anlage	5.450 €
Einsparung im Jahr 2009	28.280 €

Membranen reinigen das Spülwasser der Filter zu 80 Prozent

Einsparung von 11.000 m³ Frischwasser und

Ertragskosten pro Jahr in Höhe von 28.280 €

A.7 Beleuchtungsanierung

Wie dem Bericht zu entnehmen ist, liegt die Stromverbrauchsreduzierung weit hinter den Einsparungen von Wärme und Trinkwasser. Gründe hierfür sind bei den Schulen die Einführung der Ganztagsbetreuung (Mensen/OGS) und die Vollaussattung an EDV-Geräten. Um den Strompreissteigerungen entgegen zu steuern und im Hinblick der CO₂-Reduktion wird es immer wichtiger, intelligentere und effizientere Beleuchtungsanlagen einzubauen. Dabei gilt es sowohl die Anlagen zu modernisieren, sodass diese weniger Strom verbrauchen, als auch diese gezielter einzusetzen, indem z.B. das Tageslicht stärker in die Beleuchtung eingebunden wird. In diesem Zuge wurden bereits seit dem Jahr 2004 Beleuchtungsanlagen mit effizienteren Leuchten (T5-Leuchte, EVG, Spiegelraster) sowie tageslicht- und präsenzabhängigen Beleuchtungsregelungen versehen. Effizientere Leuchten sorgen dafür, dass bei gleicher Lichtgewinnung weniger Strom verbraucht wird und damit weniger Kosten entstehen. Sinn und Zweck der tageslichtabhängigen Beleuchtungsregelungen ist, dass dort, wo genügend Licht durch natürliche Beleuchtung gewonnen werden kann, die künstliche Beleuchtung reduziert wird. Beispielsweise können Leuchten an Arbeitsplätzen bzw. in Schulklassen tageslichtabhängig geregelt werden.

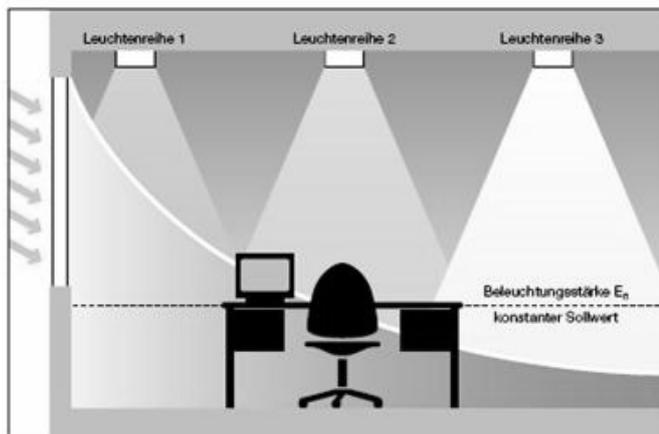


Abb. 28: Tageslichtabhängige Beleuchtung

Bei Leuchtstofflampen wurden bisher überwiegend die sogenannten T8-Lampen mit 26 mm Rohrdurchmesser eingesetzt. Mittlerweile werden T5-Lampen mit 16 mm Durchmesser eingesetzt. Der wesentliche Vorteil der T5-Lampe liegt in einer höheren Lichtausbeute und in einer geringeren Stromaufnahme.

Tageslicht stärker in die Beleuchtung einbinden

Effiziente Beleuchtung: bei gleicher Lichtgewinnung weniger Stromverbrauch

Reflexionsgrad des Raumes hat Einfluss auf die Beleuchtungsstärke

Wie viel Lux ist erforderlich?

Je nach Raumart und Nutzung sind unterschiedliche Beleuchtungsstärken erforderlich. Die Beleuchtungsstärke wird in der Einheit Lux gemessen. Typische Werte sind beispielsweise etwa 800 lux in einem normal beleuchteten Raum oder 100.000 lux im Freien an einem hellen Sonnentag. Eine hohe Beleuchtungsstärke in einem Raum hängt nicht alleine von der Stärke der verwendeten Leuchte ab, sondern auch von dem Reflexionsgrad des Raumes.

Mindestbeleuchtungswerte sind nach DIN 5035 klar definiert:

- Klassenraum: 300 lux (Abhängig vom Reflexionsgrad des Raumes)
- Fachklasse: 500 lux (Z.B. Labore, Zeichenräume o.Ä.)
- Büroräume: 300 - 500 lux
- Großraumbüros: 750 lux
- Turnhalle im Übungsbetrieb: 200 - 300 lux (Je nach ausgeübter Sportart)
- Turnhalle im Wettkampfbetrieb: 400 - 600 lux (Je nach ausgeübter Sportart)

Die nachfolgende Abbildung verdeutlicht, dass die installierte Leistung in Klassenräumen (siehe vorherigen Abschnitt Mindestbeleuchtungswerte) oftmals zu hoch ist. Allein die Reduzierung von Leuchtkörpern führt schon zu umfangreichen Einsparungen.

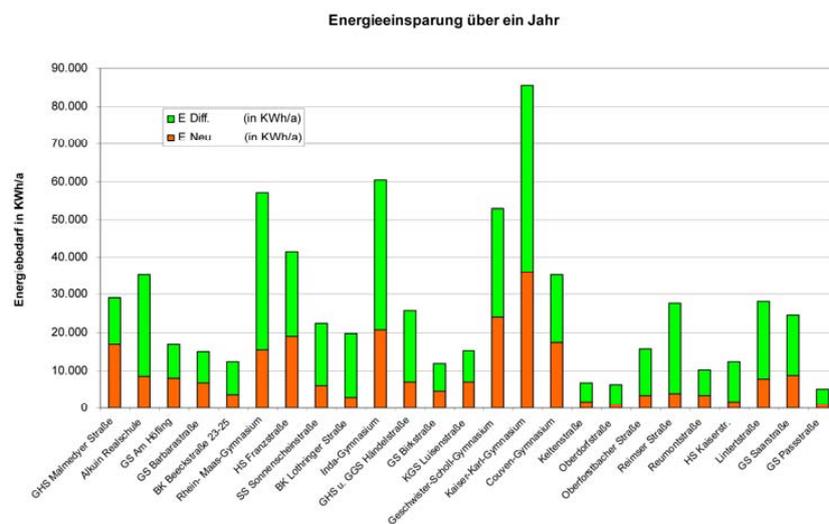


Abb. 29: Leistungsreduzierung durch Beleuchtungsanierungen

Beleuchtungssanierung in Aachener Schulen

Beleuchtungsanlagen weisen bezüglich der Energieeffizienz und der Energieeinsparung erhebliche Einsparpotenziale auf. Oft sind die Beleuchtungsanlagen in Schulen 30 Jahre alt und die Effizienz entsprechend schlecht. Finanziert aus dem Schul-Reparatur-Programm wurden bereits seit dem Jahr 2004 Beleuchtungsanlagen mit effizienteren Leuchten (T5-Leuchte, EVG, Spiegelraster) sowie mit tageslicht- und präsenzabhängigen Beleuchtungsregelungen.

Beleuchtungssanierung der Turnhalle Inda-Gymnasium

In der Turnhalle des Inda-Gymnasiums waren ursprünglich 135 Leuchten mit einer Gesamtleistung von 32 kW installiert. Durch die Umrüstung der vierflammigen auf zweiflammige Leuchten wurde die installierte Leistung auf 16 kW halbiert. Neu installierte Spiegelrasterleuchten gewährleisteten hier die notwendige Beleuchtungsqualität, obwohl die Lampenzahl verringert wurde. Um unnötige Betriebsstunden der Anlagen zu vermeiden, wurden zur Beleuchtungssteuerung Präsenzmelder installiert. Zusätzlich wird die Stärke der künstlichen Beleuchtung in der Halle über Lichtsensoren an das Tageslicht angepasst. Die Investition von 23.900 € führte zu jährlichen Betriebskosteneinsparungen von rund 4.700 €. Somit amortisieren sich die Kosten in fünf Jahren.

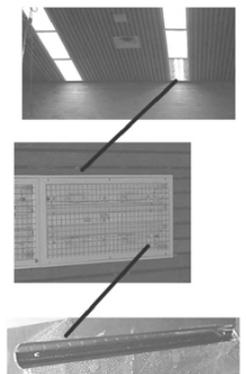
LED-Beleuchtung im Brunnenbereich

Bei der Beleuchtung von Brunnenanlagen kamen bisher normale farbige Glühlampen zum Einsatz. Diese gelten heute als nicht zeitgemäß und nicht energieeffizient. Die Beleuchtung der städtischen Brunnenanlagen wurde von daher auf den Betrieb mit Hochleistungsleuchtdioden umgestellt. Diese bieten einerseits den Vorteil, dass sie besonders wartungsarm und langlebig sind, andererseits verbrauchen sie sehr wenig Energie. Die Umstellung der Brunnenanlagen vor dem Kasino und dem Vorplatz des Hauptbahnhofs haben zu einer jeweiligen Leistungsreduzierung von 3600 W auf 36 W geführt, was einer Energieeinsparung von 11.708 kWh pro Jahr entspricht. Somit können Kosten von 1.900 € jährlich reduziert werden.

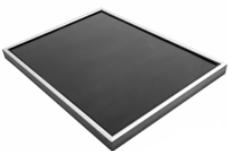
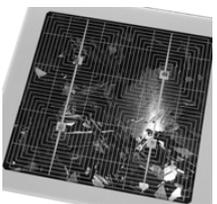
Gesamtergebnis

Die Maßnahmen der Stadt Aachen im Bereich der Beleuchtungssanierung haben zur Energieeffizienzsteigerung und somit zur Kostensenkung bei der kommunalen Beleuchtung geführt. Durch die Sanierung von Schulen, Verwaltungsgebäuden, Turnhallen und Beleuchtungen auf Außenanlagen konnten seit dem Jahr 2002 Stromersparungen in Höhe von 1.700.000 Kilowattstunden realisiert werden. Die Kostenersparnis liegt bei etwa 255.000 € (Strompreis: 15ct/kWh).

Reduzierung von 3 auf 2 Leuchtröhren



1.000 kWh/m²/a Energie werden von der Sonne zur Verfügung gestellt.



A.8 Photovoltaikanlagen

Die Sonne liefert uns jeden Tag eine große Menge an Energie. Über das gesamte Jahr ergeben sich in unseren Breiten jährlich knapp 1000 Kilowattstunden pro Quadratmeter, die rechnerisch ungefähr 100 Litern Heizöl entsprechen. Durch den Einsatz von Photovoltaikanlagen lassen sich bis zu 17% der Sonnenenergie in für uns nutzbare Form umwandeln. Sonnenenergie wird aus zwei Arten von Strahlung gewonnen, der direkten und der diffusen. Die direkte Strahlung ohne störende Einflüsse ist naturgemäß die effizienteste; aber auch die diffuse Strahlung, die durch die Wolken oder die Erdoberfläche gestreut, gebrochen oder reflektiert wurde, liefert wertvolle Energie.

Das Herzstück der Photovoltaikanlagen sind die Solarzellen; Bauteile, die Sonnenenergie direkt in elektrische Energie umwandeln. Meist handelt es sich um hauchdünne Plättchen von etwa 10 x 10 cm Größe. Sie werden fast ausschließlich aus Silizium hergestellt. Silizium-Solarzellen können auf verschiedene Art und Weise produziert werden. Man unterscheidet zwischen monokristallinen, multikristallinen und amorphen Solarzellen.

Monokristalline Solarzellen

Monokristalline Solarzellen arbeiten mit einem Wirkungsgrad von 12 bis 16% am effektivsten. Für die Herstellung werden große Siliziumkristalle von ca. 10 cm Durchmesser gezüchtet und anschließend in hauchdünne Scheiben geschnitten. Dieses Herstellungsverfahren ist relativ aufwendig. Dadurch resultieren zwei Nachteile: ein hoher Preis sowie die vergleichsweise hohe energetische Rückzahldauer von maximal sieben Jahren.

Multikristalline Solarzellen

Multikristalline Solarzellen haben zwar mit 11 bis 14% einen leicht geringeren Wirkungsgrad als die monokristallinen Zellen, weisen jedoch einen großen Vorteil bei den Herstellungskosten auf. Das Silizium wird in diesem Fall geschmolzen, in Blockform gegossen und anschließend in Scheiben geschnitten. Dieses Produktionsverfahren ist wesentlich einfacher als die Züchtung von Siliziumkristallen. Von daher sind die Herstellungskosten sowie die energetische Rückzahldauer im Vergleich zu monokristallinen Zellen deutlich geringer.

Amorphe Solarzellen

Amorphe Solarzellen haben einen relativ geringen Wirkungsgrad von 5 -10%. Dafür fallen für sie die geringsten Produktionskosten an. Das Silizium wird bei der Herstellung auf eine Trägerplatte (z.B. aus Glas) aufgedampft. Da dieses Verfahren sehr günstig und energiesparend ist, sind energetische Rückzahldauer und Herstellungskosten im Vergleich am geringsten.

A.9 PV-Anlage Verwaltungsgebäude Lagerhausstraße 20

Im Februar 2009 wurde die erste eigene Photovoltaikanlage mit multikristallinen Solarzellen auf dem Verwaltungsgebäude Lagerhausstraße in Betrieb genommen. Diese Anlage soll den Prototyp für das Modell „Sonne für Aachener Gebäude“ darstellen. Die Installation wurde so ausgeführt, dass keine elektrischen Bauteile innerhalb des Gebäudes verlegt wurden. Die Brandabschnitte des Gebäudes wurden also nicht betroffen. Dies ist eine wichtige Anforderung, die auch für alle Investoren gilt, die auf städtischen Gebäuden Photovoltaikanlagen errichten. Insgesamt wurden 42 Module der Leistungsklasse 225 W installiert. Die Montage der Module erfolgte auf selbst tragenden recycelten Kunststoffwannen, die mit vorhandenem Kies beschwert wurden. Dies ist eine wirtschaftliche Konstruktion, die für die Dachfläche mechanisch unproblematisch ist.



Die Gesamtleistung der Anlage beträgt 9,45 Kilowatt Peak. Jährlich können ca. 8.500 kWh in das Stromnetz eingespeist werden.

Die Vergütung nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) beträgt 20 Jahre lang 43,01 ct/kWh. In diesem Zeitraum wird die Anlage über 70.000 Euro erwirtschaften.

Abb. 30: PV-Anlage Lagerhausstraße 20

Einspeisevergütung nach EEG

Folgende Einspeisevergütungen galten in den Jahren 2004-2009 bzw. sind für die Jahre 2010 und 2011 geplant. Maßgebend für die Vergütung ist das Jahr der Inbetriebnahme. Die Vergütung ist 20 Jahre garantiert. Anschließend kann der erzeugte Strom noch einige Zeit weiter eingespeist bzw. alternativ vom Nutzer verbraucht werden.

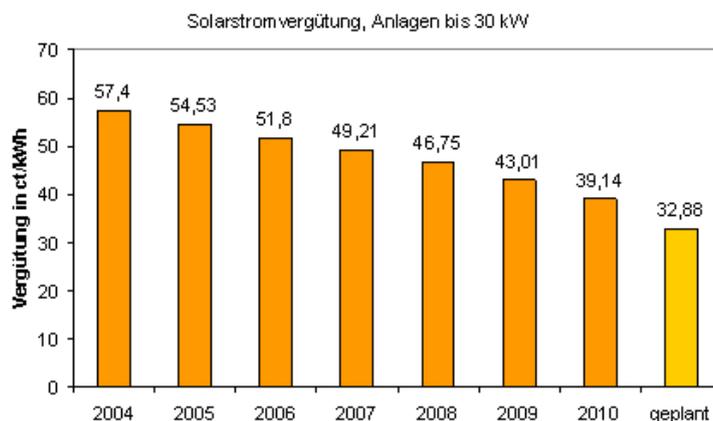


Abb. 31: Solarstromvergütung 2004 - 2010

9,45 kWp erzeugen
ca. 8.500 kWh Strom

5,4 t CO₂ werden jährlich
entlastet



Einspeisevergütung
degressiv

Am 6. Mai 2010 hat der Deutsche Bundestag ein Gesetz zur Änderung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) in dritter Lesung beschlossen. Der Bundesrat lehnte die Novelle in der vorliegenden Form ab, das Gesetz wurde im Vermittlungsausschuss diskutiert. Nach Entscheidung des Bundesrates vom 9.7.2010 gelten folgende Veränderungen des EEG:

- Kürzung der Einspeisevergütung 2010 in 2 Stufen
- zum 1.7.2010 (rückwirkend) zwischen 8% und 13%
- zum 1.10.2010 weitere 3%
- Freiflächenanlagen auf vorbelasteten Industrie- bzw. Gewerbebrachen sowie Seitenflächen von Autobahnen und Schienewegen werden weiterhin gefördert
- Freiflächenanlagen auf Ackerflächen werden nicht gefördert
- Eigenverbrauch wird stärker gefördert bis 500 kWp

Diese Novellierung ist befristet bis zum 31.12.2011 (Stichtag für die nächste geplante Novellierung).

Der Bundesverband der Verbraucherzentralen hält eine 30-prozentige Kürzung der Vergütung für angemessen. Der Durchschnittshaushalt beteiligt sich heute mit ca. 7 Euro pro Monat an dieser Förderung einer regenerativen Stromerzeugung.

Photovoltaikanlagen auf städtischen Gebäuden

1996 wurde das Projekt „Sonne für Aachener Schulen“ eingeführt, mit dem Ziel, den Anteil von Strom aus erneuerbaren Energien zu erhöhen. Später wurde das Projekt erweitert mit dem Titel „Sonne für Aachener Gebäude“. Inzwischen sind auf 32 Gebäuden Solaranlagen mit einer Gesamtleistung von 607 Kilowattstunden installiert. Im Rahmen dieses Projektes verpachtet die Stadt Aachen die Dachflächen der öffentlichen Gebäude im Prinzip kostenfrei. Dem Investor wird lediglich ein einmaliger Betrag in Höhe von 50 Euro/kWp in Rechnung gestellt, der für die Unterstützung des Projektes verwendet wird.

Bis zum Jahr 2010 ist die Gesamtleistung der installierten Anlagen über 600 kWp angestiegen. Die Darstellung der als Option gekennzeichneten Leistung von 1.200 kWp beruht auf einer Machbarkeitsstudie zur Ausnutzung möglicher städtischer Dachflächen.

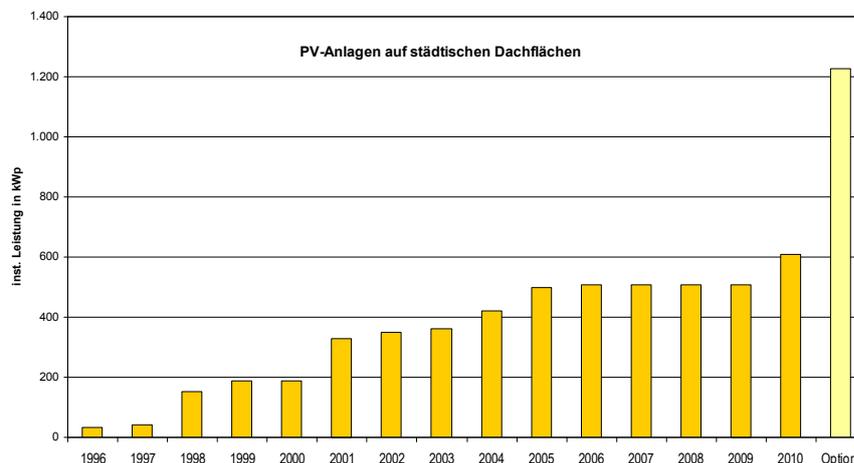


Abb. 32: PV-Anlagen auf städtischen Gebäuden

A.10 Solarthermieranlagen

Eine weitere technische Variante der Sonnenenergienutzung besteht in der Solarthermie. Bei Solarthermieranlagen wird die einstrahlende Sonnenenergie aufgenommen und in Wärmeenergie umgewandelt. Üblicherweise wird durch die Sonneneinstrahlung eine geeignete Flüssigkeit erhitzt. Die so gewonnene Wärme lässt sich weiterverwenden, um Trinkwasser und/oder Wasser für das Heizungssystem zu erwärmen. Bei der Stadt Aachen kommen dabei zwei Arten von Solarthermieranlagen zum Einsatz:

- Vakuumröhrenkollektoren
- Flachkollektoren

Vakuumkollektoren

Vakuumröhrenkollektoren bestehen im Wesentlichen aus einer großen Glasröhre, einer kleineren Metallröhre und einem halbrunden Spiegel. Die kleinere Metallröhre beinhaltet die Flüssigkeit, die von der Sonnenstrahlung erhitzt werden soll. Diese Röhre wird in die größere Glasröhre eingebaut, in der ein Vakuum herrscht. Hinter dieser Konstruktion befindet sich ein halbrunder Spiegel.

Durch die runde Form der Röhren ist stets eine optimale Ausrichtung zur Sonne gewährleistet. Im Zusammenspiel mit dem halbrunden Spiegel hinter den Röhren wird damit sowohl direkte als auch diffuse Sonnenstrahlung selbst bei ungünstigeren Einstrahlwinkeln effizient aufgefangen. Das Vakuum in der Glasröhre sorgt für eine effizientere Wärmedämmung. Das heißt, die einmal gesammelte Wärme des Kollektors wird aufgefangen. Gerade im Winter sorgt diese Dämmung für hohe Erträge trotz niedriger Außentemperaturen und geringer Sonneneinstrahlung. Vakuumröhrenkollektoren gehören vergleichsweise zu den energieeffizientesten Solarthermieranlagen, sind jedoch aufgrund der aufwendigen Bauweise auch teuer in der Herstellung.

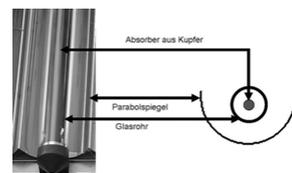
Flachkollektoren

Bei Flachkollektoren befinden sich die wesentlichen Bauteile in einem flachen, wärmeisolierten Gehäuse. Das Gehäuse ist oben durch eine Glasplatte verschlossen und auf der Unterseite wärmeisoliert. Im Inneren befinden sich die Bauteile, in denen die zu erhitzende Flüssigkeit zirkuliert.

Im Vergleich zu Vakuumröhrenkollektoren weisen Flachkollektoren zwar eine geringere Energieeffizienz auf, sind jedoch deutlich kostengünstiger herzustellen und daher oft wirtschaftlicher.

Sonnenenergie zur Warmwasser- und Heizungsunterstützung

Vakuumröhre



Flachkollektor



3 Solaranlagen auf Turnhallendächern



Solaranlage Bayernallee

Solarthermieanlagen auf Aachener Turnhallen

Die Solarthermie wurde in Aachen auf drei Aachener Turnhallen zur Unterstützung der Warmwasser- und Heizwärmebereitung eingesetzt. Es handelt sich um Turnhallen von weiterführenden Schulen.

- Couven-Gymnasium
- Käthe-Kollwitz-Schule
- Schulzentrum Brand

In diesen drei Objekten befinden sich die Heizungsanlagen im Schulgebäude. Von dem Schulgebäude werden im Regelfall die in den Turnhallen installierten Warmwasserbereitungen durch die Zentralheizungen versorgt. Aufgrund der relativ weiten Versorgungswege zwischen Schule und Turnhalle kann in den Sommermonaten mithilfe der solarthermischen Anlagen die Warmwasserbereitung ohne Heizungsanlage versorgt werden.

Die Effizienz der solarthermischen Anlage wird in diesen Fällen dadurch gesteigert, dass nicht nur der Energieeinsatz für die Warmwasserbereitung entfällt, sondern auch die Verluste für den Wärmetransport von der Schule zur Turnhalle unterbleiben.

In allen Anlagen sind Wärmemengenzähler in die Solarleitung eingebaut worden, die anschließend durch das Energie-Monitoring-System erfasst wurden. Nur so ist es möglich, den Solarertrag optimal zu kontrollieren.

Die nachfolgende Darstellung stellt den jährlichen Solarertrag der drei Anlagen dar. Die Anlage der Turnhalle Couven-Gymnasium erzielt den höchsten Solarertrag. Die Effizienz ist unter anderem abhängig vom Grad der Nutzung.

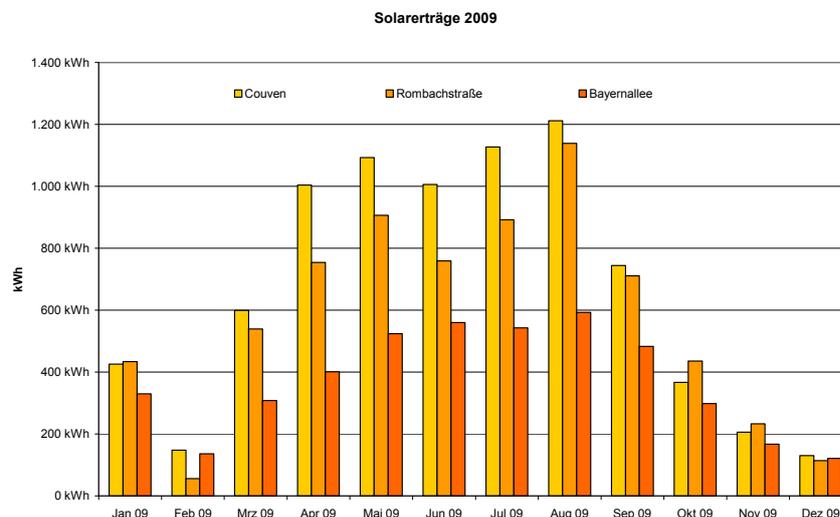


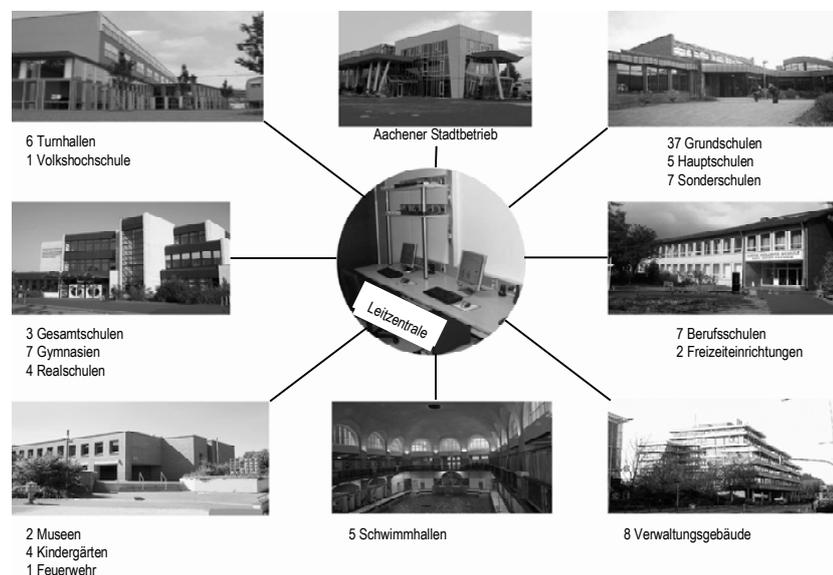
Abb. 33: Solarerträge 2009

A.11 Gebäudeautomation

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.

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.

Ausbaustufe der Gebäudeautomation Stadt Aachen:



100 städtische Liegenschaften – 250 Unterstationen, ca. 21.500 Datenpunkte

Abb. 34: Überblick der Gebäude mit GLT

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

„Prozessor gesteuertes System“, welches in der Lage ist, komplexe Steuer- und Regelaufgaben von technischen Anlagen in Gebäuden zu übernehmen.

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.

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. Zurzeit 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.

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:

- Verwaltung aller Datenpunkte und Parameter im System
- Erfassen, Verarbeiten und Weiterleiten aller im System auftretenden externen und internen Störungen und deren Speicherung in einer Datenbank
- Verwaltung und Aktualisierung aller Farbbilder des Systems
- Erfassung und langfristige Speicherung betriebsrelevanter Daten
- Steuerung von periodisch wiederkehrenden Aktionen (Zeitschaltkatalog)
- Zentralisierung der systemadministrativen Aufgaben
- Optimierung der betriebstechnischen Anlagen
- Pflege und Nachführung der Softwareprozeduren für Standardfunktionen
- Analysen und Protokollieren von Anlagenbetriebszuständen
- Auswertung der gewonnenen Erkenntnisse zur Funktions-, Betriebs- und Energieoptimierung

Nur der Einsatz eines zentralen Rechners ermöglicht die vorbeschriebenen Aufgaben, wie Überwachung und Bedienung komplexer Anlagen in der Gebäudetechnik, durchzuführen. Durch den Anschluss eines Selbstwählmodems kann der Aufstellungsort unabhängig von den einzelnen Systemkomponenten gewählt werden. Das Gleiche gilt auch für die Bedienung des Rechners, der 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 beschrieben zu realisieren.

Der Zentralrechner im Gebäudemanagement



Messen

Steuern

Regeln

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.

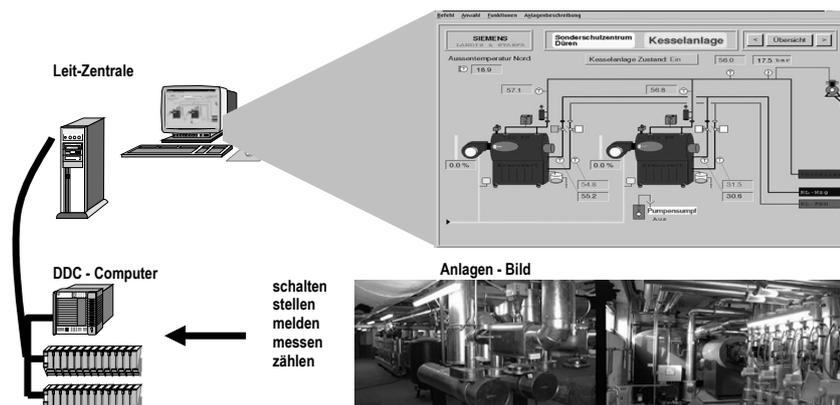


Abb. 35: Aufbau des Übertragungsprozesses

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

Gebäudeautomationsysteme sind integrierter Bestandteil der technischen Gebäudeausrüstung

Alle Anlageninformationen auf einen Blick

A.12 Energiekennzahlen

Die Handlungsfelder eines Energiemanagements reichen von der Energieverbrauchserfassung und -auswertung über die Durchführung von Gebäudeanalysen bis zur Planung und Koordination von Energieeinsparmaßnahmen. Um dieses Ergebnis auf gesunde Beine zu stellen, bedarf es einer verlässlichen Dateninformation.

Ein erster Anhaltspunkt bei der Einschätzung der ermittelten witterungsbereinigten Energieverbräuche können Energiekennwerte sein. Im Gebäudebereich hat sich der auf die beheizte Bruttogrundfläche bezogene und witterungsbereinigte Energieverbrauch als sinnvolle Kennzahl herausgestellt. Mit dem berechneten Kennwert kann man einerseits die jährlichen Verbräuche untereinander vergleichen und die Auswirkungen von Sparmaßnahmen beurteilen, andererseits kann man die Liegenschaften zu anderen, ähnlich genutzten Gebäuden in Relation setzen. Entsprechende Vergleichskennwerte für unterschiedlichste kommunale Gebäudetypen liefert beispielsweise die VDI-Richtlinie 3807 Blatt 2. Unverhältnismäßig hohe Verbräuche fallen auf und sollten nähere Untersuchungen auslösen. Energiekennwerte bieten sich für folgende Anwendungsmöglichkeiten an:

- Überschlägige Beurteilung des Energieverbrauches von Gebäuden
- Vergleichsmöglichkeit von Gebäuden gleicher Art und Nutzung
- Periodische Beurteilung des energetischen Verhaltens eines Gebäudes (trotz baulicher Veränderungen)
- Auswahlkriterium für weitergehende Untersuchungen
- Instrument der Betriebsführung und Überwachung
- Kontrolle durchgeführter Energiesparmaßnahmen
- Richtwert und Vorgabe für Planungen von Neu- und Umbauten sowie Sanierungen

Um dem Vorgenannten Rechnung zu tragen, ermittelt das Energiemanagement der Stadt Aachen schon seit mehreren Jahren für ihren Gebäudebestand Energiekennzahlen und vergleicht diese im Rahmen des IKO-Netzes interkommunal. Die Ermittlung der Kennzahlen verhilft zu einem Portfolio, das eine Bewertung nach kaufmännischen Kriterien erlaubt. Das Ergebnis von Verbrauch und Kosten gibt dem Betrachter Aufschluss, welche Gebäude im Sanierungsfall am lukrativsten bzw. welche weniger lukrativ sind. Bei der Analyse ist zu berücksichtigen, dass Alter oder Dämmzustand des Gebäudes nicht in die Kennzahlbildung mit eingehen. Wie bereits erwähnt, dienen Kennzahlen zur Ersteinschätzung. Vor Festlegung von umfangreichen Sanierungsmaßnahmen empfiehlt sich eine Feinanalyse durch entsprechendes Fachpersonal. Es kann durch besondere Nutzungsumstände zu einer Verfälschung der Kennzahl kommen. Eine Grundschule mit Ganztagsbetreuung hat z.B. einen höheren Energieverbrauch als eine Grundschule mit normalen Nutzungszeiten.

Grundlagen

Die Erstellung der Energiekennzahlen wird gemäß der „Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchskenwerte und der Vergleichswerte im Nichtwohnbestand“ durchgeführt. Die aktuelle Fassung wurde durch das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung am 26. Juli 2007 verabschiedet. Bei Nichtwohngebäuden wird der Energieverbrauch für Heizung, Warmwasserbereitung, Kühlung, Lüftung und eingebaute Beleuchtung ermittelt und auf die Nettogrundfläche bezogen. Die Angaben erfolgen in kWh/m²/a (Kilowattstunden pro Jahr und Quadratmeter). Unterschieden wird zwischen zwei Verbrauchskennwerten:

Heizenergieverbrauchskennwert:

Umfasst den witterungsbereinigten Energieverbrauchsanteil für die Heizung sowie ggf. den Energieverbrauchsanteil für zentrale Warmwasserbereitung.

Stromverbrauchskennwert:

Ergibt sich aus den Stromverbrauchsanteilen für Kühlung, Lüftung, eingebaute Beleuchtung und elektrische Hilfsenergie für Heizung und zentrale Warmwasserbereitung. Falls eine dezentrale Warmwasserbereitung oder eine elektrische Ergänzungsheizung (z.B. in raumluftechnischen Anlagen) vorhanden ist, wird der Energieverbrauch ebenfalls mitberücksichtigt.

Witterungsbereinigung

Je nach Standort und Jahr wirken unterschiedliche Witterungsverhältnisse auf ein Gebäude ein. Um den Energieverbrauch an verschiedenen Standorten über mehrere Jahre miteinander vergleichbar zu machen, müssen die Einflüsse, die durch Witterung entstehen, miteinbezogen werden. Dies geschieht mittels der Witterungsbereinigung. Hierbei wird der Energieverbrauch nach den anerkannten Regeln der Technik, unter Berücksichtigung der Witterung sowie der zeitlichen Einflüsse ermittelt. In Deutschland wird standardmäßig die Witterung eines Standortes mit der Witterung am Standort „Würzburg“ verglichen.

Energiebezugsfläche

Die Energiebezugsfläche ist die Summe aller Geschossflächen eines Gebäudes, die beheizt oder klimatisiert werden müssen. Nach der Energieeinsparverordnung EnEV (§19 Abs. 2 Satz 3 EnEV) wird für die Energiebezugsfläche die Summe aller Nettogrundflächen (NGF) eines Gebäudes zugrunde gelegt. Falls für Gebäude die Nettogrundflächen nicht vorliegen, können als einheitlicher Flächenbezug die Bruttogrundflächen (BGF) für die Energiebezugsfläche verwendet werden, die anschließend mithilfe von bestimmten Faktoren umgerechnet werden können.

Vergleich der Energiekennzahlen der Schulen

Insgesamt werden 73 Schulen betrachtet, die sich auf folgende Schultypen aufteilen: 40 Grundschulen, 6 Berufsschulen, 4 Realschulen, 7 Gymnasien, 8 Sonderschulen, 4 Schulzentren und 4 Hauptschulen. Im Jahr 2008 betrug die Gesamtkosten für den Energie- und Wasserbezug der Schulen 3.813.924 €. Die Verbrauchskosten der einzelnen Schultypen teilen sich wie folgt auf:

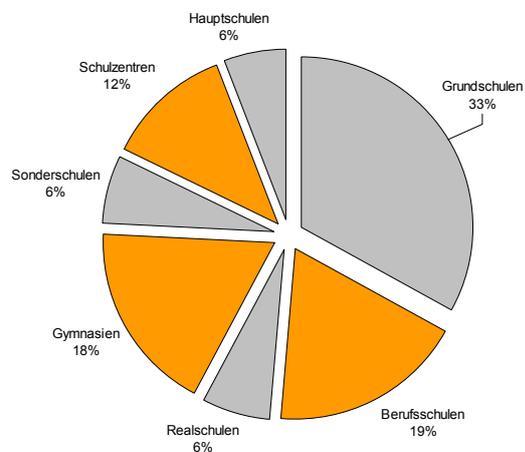


Abb. 36: Aufteilung der Gesamtkosten nach Schulform

Aus den Verbrauchskosten und entsprechenden Bezugsflächen ergeben sich für jeden einzelnen Schultyp Bezugskosten pro Fläche und Jahr. Wie die nachfolgende Abbildung zeigt, haben Gebäude unterschiedlicher Schulformen unterschiedliche Energiekennzahlen. Einer Veränderung der Nutzung, wie z.B. beim Ganztagsbetrieb, wird eine Veränderung der Kennzahlen folgen. Von besonderem Interesse sind die Abweichungen der Kennzahlen innerhalb einer Nutzungsgruppe wie zum Beispiel der Grundschulen.

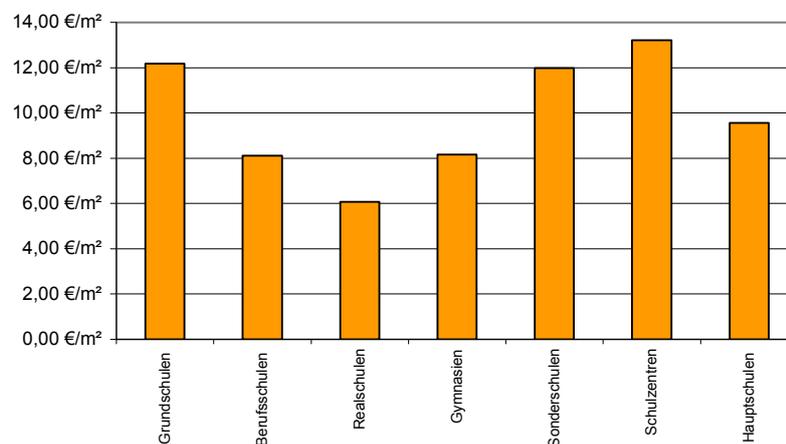


Abb. 37: Spezifische Verbrauchskosten der Schulformen

Energieportfolio Schulen

Nachfolgend werden die Energiekennzahlen als Wärme- und Stromportfolio dargestellt. Die folgende Abbildung zeigt die Verbrauchskosten aufgetragen über die einzelnen Kennzahlen. Durch die Mittelwerteangaben entstehen vier Quadranten, die eine eindeutige Klassifizierung und Zuordnung angeben. Die Quadranten haben folgende Bedeutung:

- I. **Quadrant oben links:** hoher Verbrauch, niedrige Kennzahl - optimal, nicht sanierungsbedürftig
- II. **Quadrant unten links:** niedrige Verbrauchskosten, niedrige Kennzahl - optimal, nicht sanierungsbedürftig
- III. **Quadrant oben rechts:** hohe Verbrauchskosten, hohe Kennzahl - sanierungsbedürftig, weitergehende Analyse, bei Bedarf rentierliche Sanierungsmaßnahmen am wahrscheinlichsten
- IV. **Quadrant unten rechts:** niedrige Verbrauchskosten, hohe Kennzahl - sanierungsbedürftig, weitergehende Analyse, eine Sanierung muss genau geprüft werden, da sie voraussichtlich nicht wirtschaftlich ist

Nachfolgende Abbildung des Wärmeportfolios zeigt, dass die vier Gebäude, die im III. Quadranten liegen, Schulen sind, in denen es ein Lehrschwimmbecken gibt. Deren hoher Verbrauch ist durch den Wärmebedarf des Lehrschwimmbeckens begründet. Dagegen müssen die Schulen Gleiwitzer Straße, Kaiserstraße, Reimser Straße und Haarbachtalstraße einer genaueren Analyse unterzogen werden.

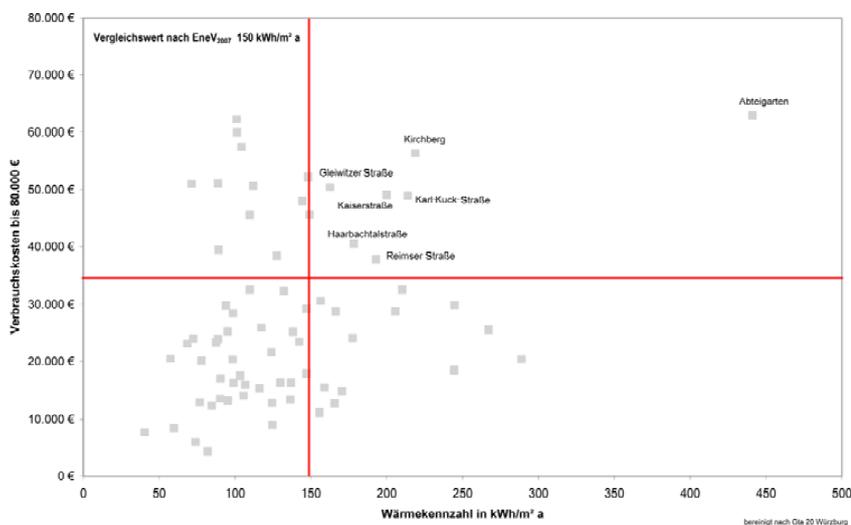


Abb. 38: Wärmeportfolio der Schulgebäude

Das Portfolio ermöglicht eine systematische Sanierungsstrategie. Ökologie und Ökonomie kennzeichnen eine gemeinsame Vorgehensweise.

A.13 Energie- und Wasserstatistik

**Gesamtkostensteigerung
von 12 Prozent**

Die Ausgaben für den Energie- und Wasserbezug betrugen im Jahr 2009 9,8 Mio. €. In Bezug zum Jahr 2008 mit Gesamtkosten von 8,6 Mio. € stellen die aktuellen Gesamtkosten eine prozentuale Erhöhung von 12 Prozent dar, die durch die signifikante Energiepreisteigerung verursacht wird.

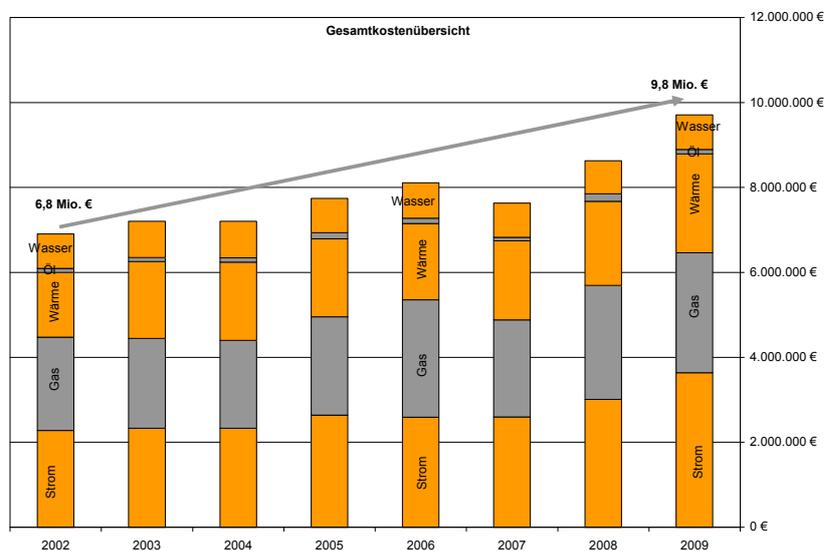
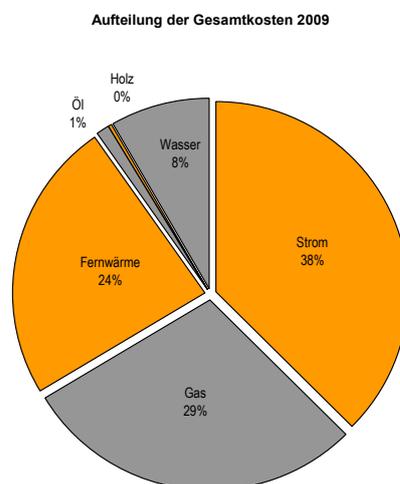


Abb. 39: Gesamtkostenübersicht 2002-2009

Betrugen die Ausgaben für Energie und Wasser im Jahr 2002 noch 6,8 Mio. €, sind in dem Zeitraum von 7 Jahren die Ausgaben um 3 Mio. € gestiegen, obwohl eine Energieeinsparung von 29 % in den vergangenen 6 Jahren erreicht wurde. Die nachfolgende Abbildung zeigt, wie sich die Gesamtkosten aufteilen.

**10 Mio. € Gesamtkosten,
davon 54 Prozent für
Wärme**



Die Gesamtausgaben für den Bezug von Energie und Wasser teilen sich wie folgt auf:

- 54 % Kosten für Wärmebezug
- 38 % Kosten für Strombezug
- 8 % Kosten für Wasserbezug

Abb. 40: Gesamtausgaben

Die Aufteilung der Gesamtkosten entsprechend der Nutzung zeigt die nachfolgende Darstellung. 48 % der Gesamtausgaben entfallen auf den Gebäudesektor Schulen. Ausgehend von 9,8 Mio. € Gesamtausgaben werden durch den Schulbereich 4,7 Mio. € verursacht. Durch diesen hohen Kostenanteil ist die vorrangige Sanierung der Schulgebäude von entscheidender Bedeutung und Auswirkung.

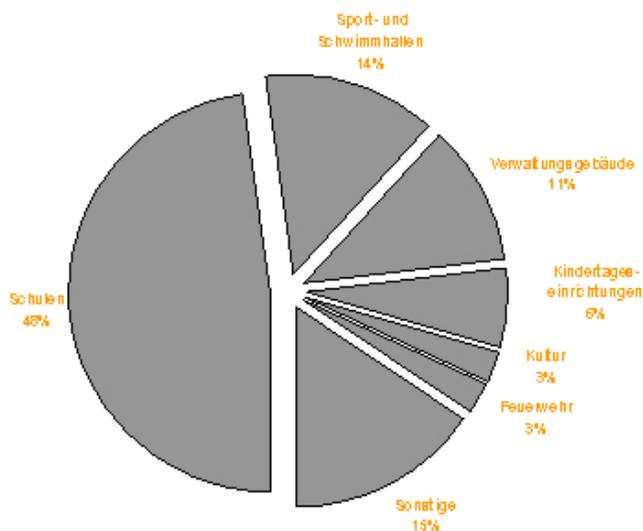


Abb. 41: Aufteilung der Gesamtkosten nach Nutzung

Mit großem Abstand folgen die Bereiche der Sport- und Schwimmhallen und der Verwaltungsgebäude. Der Gebäudebereich der Kindertageseinrichtungen ist mit 6 Prozent Kostenanteil relativ gering. Der verbleibende Kostenbereich, der als „Sonstige“ bezeichnet ist, umfasst mit 15 Prozentanteilen Gebäude der Sozialen Sicherung und der öffentlichen Sicherheit.

10 Mio. € Gesamtkosten, davon 48 Prozent für den Schulbereich

Wärmeverbrauch wurde
um 28 Prozent reduziert

A.14 Wärmeverbrauch

Der Wärmeverbrauch städtischer Gebäude betrug im Jahr 2009 witterungsbereinigt 79.700 Megawattstunden. In Bezug auf die Verbrauchsmenge des Jahres 2002 stellt dies eine Reduzierung von 28 % dar. Deutlich ist auch die Substituierung der Gasversorgung durch die Fernwärmeversorgung zu erkennen. Betrug der Anteil der Fernwärmeversorgung im Jahr 2002 noch 29 % des Gesamtverbrauchs, so sind es heute bereits 39 % Verbrauchsanteile.

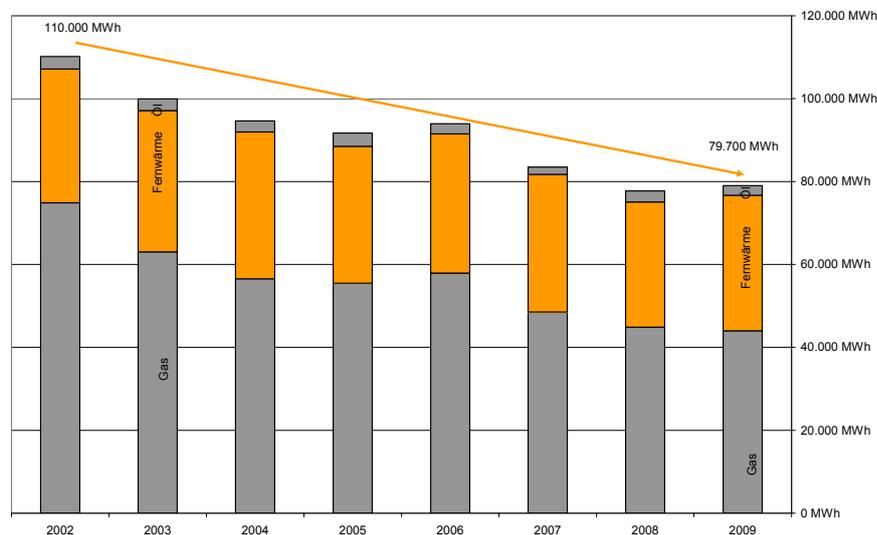


Abb. 42: Wärmeverbrauch 2002 – 2009, witterungsbereinigt

Maßnahmen, die vorrangig zu dieser Einsparung geführt haben, können wie folgt zusammengefasst werden:

Kesselsanierungen

Das durchschnittliche Baujahr der Gebäude, die maßgeblich am Gasverbrauch beteiligt sind, beträgt 11 Jahre mit einer Mehrzahl von Brennwertkesselanlagen.

Steuerung- und Regelanlagen

Alle Großverbraucher wie Verwaltungsgebäude, Schulen, Schwimmbäder und auch Turnhallen sind auf die zentrale Gebäudeleittechnik aufgeschaltet. Dadurch werden sowohl ein nutzerabhängiger Heizbetrieb als auch maximale Raumtemperaturen sichergestellt.

Thermostatventile

Alle Heizkörper städtischer Gebäude sind mit Thermostatventilen ausgestattet.

Fernwärmeausbau

Seit dem Jahr 2006, mit dem Fernwärmeausbau Ost, ist ein Rahmenvertrag mit der Stawag über den Anschluss städtischer Gebäude abgeschlossen worden. Durch die Umstellung auf Fernwärmeversorgung werden durchschnittlich 30% Energie und lokal 100% Emissionen eingespart.

Bauliche Sanierungen

Die baulichen Sanierungen bestehender Gebäude sind in den vergangenen Jahren aufgrund der finanziellen Haushaltslage nur vereinzelt durchgeführt worden. Die dringend notwendigen Sanierungen werden im Zuge des vorhandenen Konjunkturprogramms nachgeholt.

Die Deckung des Wärmeenergieverbrauchs im Jahre 2009 erfolgte zu:

55 %	Erdgas	41.522 MWh
39 %	Fernwärme	30.800 MWh
3 %	Heizöl	2.230 MWh
1 %	Holz	564 MWh

Wärmebedarf wird zu 39 Prozent durch Fernwärme gedeckt

Die Anteile von Erdgas und Heizöl mit derzeit 55 % und 3 % sind seit Jahren rückläufig, was neben der Energieeinsparung auf die Substituierung durch Fernwärme zurückzuführen ist. Mit der Inbetriebnahme von zwei mit Holzhackschnitzeln betriebenen Heizungsanlagen fand der Energieträger Holz erstmals Berücksichtigung. Die nachstehende Abbildung verdeutlicht die Entwicklung der Energieträger. Von einem Verbrauchsanteil von 70 % im Jahre 1995 ist der Erdgasanteil auf 55 % gesunken. Auch der Heizölanteil ist von 15 % im Jahr 1995 auf 3 % verringert. Profitiert hat von diesen Reduzierungen die Fernwärmeversorgung, die von 15 % auf 39 % angestiegen ist.

Der Energieträger Holz wurde erstmals im Jahr 2008 eingesetzt und erreicht 1 % der Energieversorgung. Inwieweit dieser Anteil ausgebaut werden kann, bleibt abzuwarten. Vorrangiges Ziel ist der weitere Ausbau der Fernwärmeversorgung.

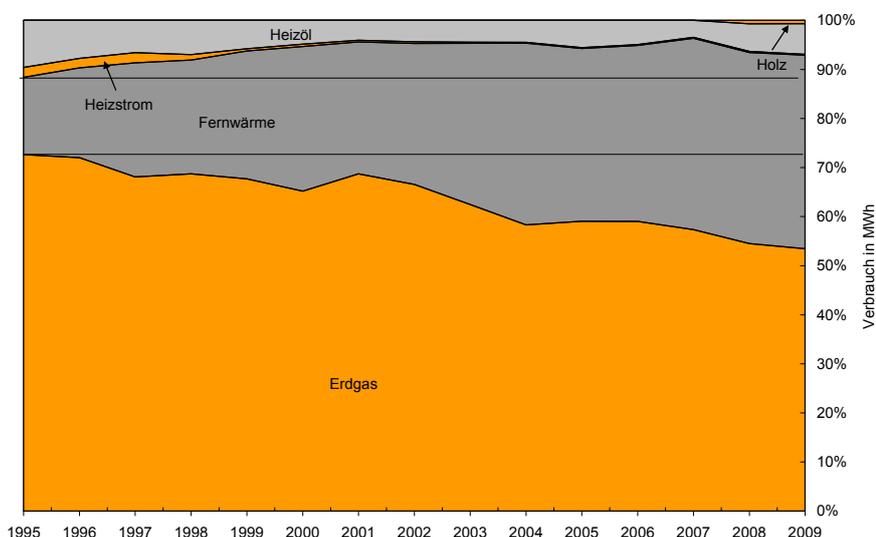


Abb. 43: Entwicklung der Energieträger 1995 - 2009

A.15 Wärmekosten

5,3 Mio. € Wärmekosten
im Jahr 2009

Ohne Einsparmaßnahmen
würden die Wärmekosten
7,3 Mio. € betragen.

Die Wärmekosten des Jahres 2009 betragen 5,3 Mio. €, damit sind die Bezugskosten seit dem Jahr 2002 mit 3,8 Mio. € um 28 % gestiegen. Unter der Berücksichtigung, dass im gleichen Betrachtungszeitraum der Verbrauch um 30 % reduziert wurde, erscheinen die Bezugskosten noch gering.

Wäre der Gesamtverbrauch mit 110.000 Megawattstunden seit dem Jahr 2002 konstant geblieben, so würden die Energiekosten des Jahres 2009 7,3 Mio. € betragen, eine beinahe Verdopplung der Kosten des Jahres 2002.

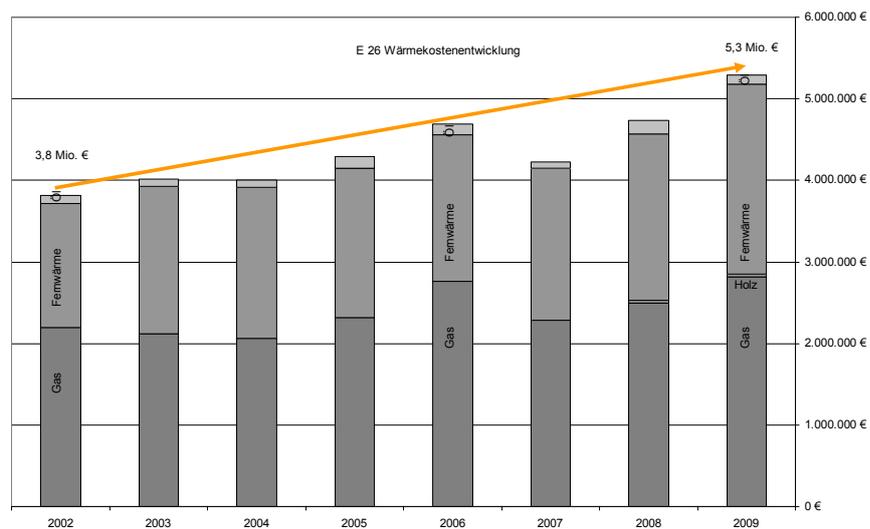


Abb. 44: Wärmekostenentwicklung 2002 - 2009

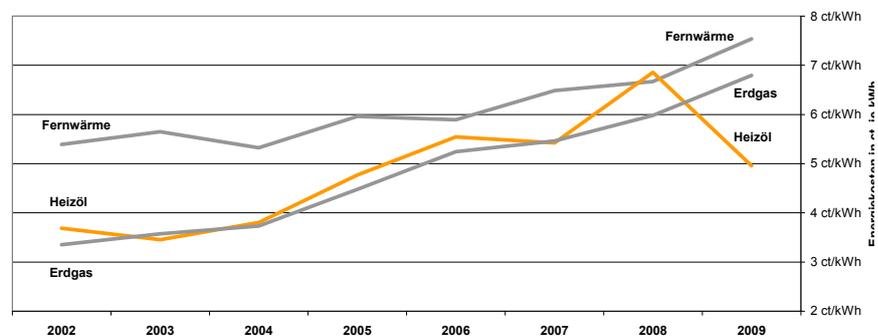


Abb. 45: Spezifische Preisentwicklung 2002 - 2009

A.16 Stromverbrauch

Der Stromverbrauch des Jahres 2009 beträgt 18.300 Megawattstunden, was gegenüber den Verbrauchsmengen des Jahres 2002 mit 19.500 Megawattstunden eine Reduzierung von nur 6 % darstellt, dies entspricht einer Strommenge von 1.200 MWh. Gegenüber dem Jahr 2008 steigt der Stromverbrauch wieder. Diese geringe Steigerung um ca. 200 Megawattstunden ist auf die Ausweitung der Nutzungszeiten durch den Ganztagsbetrieb der Schulen zurückzuführen.

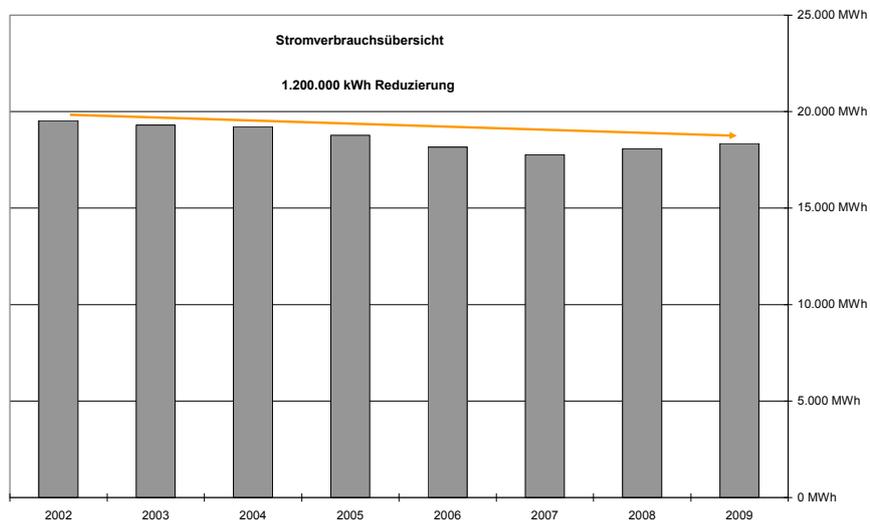


Abb. 46: Stromverbrauchsentwicklung 2002 - 2009

Die Einsparungen seit dem Jahr 2005 sind überwiegend auf die Sanierung der Beleuchtungsanlagen zurückzuführen. So sind zum Beispiel in einem Drittel aller Schulen die Beleuchtungsanlagen saniert. Dies entspricht einer Reduzierung von ca. 40 Prozent im Einzelfall.

Stromverbrauch trotz
weiterer Elektrifizierung
rückläufig

Strombezugskosten von
2,3 Mio. € auf 3,6 Mio.€
gestiegen

Die Verbrauchsreduzierung von 1,2 Mio. Kilowattstunden in dem Betrachtungszeitraum 2002 bis 2009 stellt, wie schon beschrieben, die Effektivität der Sanierungsmaßnahmen dar. Im gleichen Betrachtungszeitraum sind die Bezugskosten von 2,3 Mio. € auf 3,6 Mio. € gestiegen. Besonders signifikant ist die Kostensteigerung im Jahr 2009, hier beträgt sie 17 Prozent.

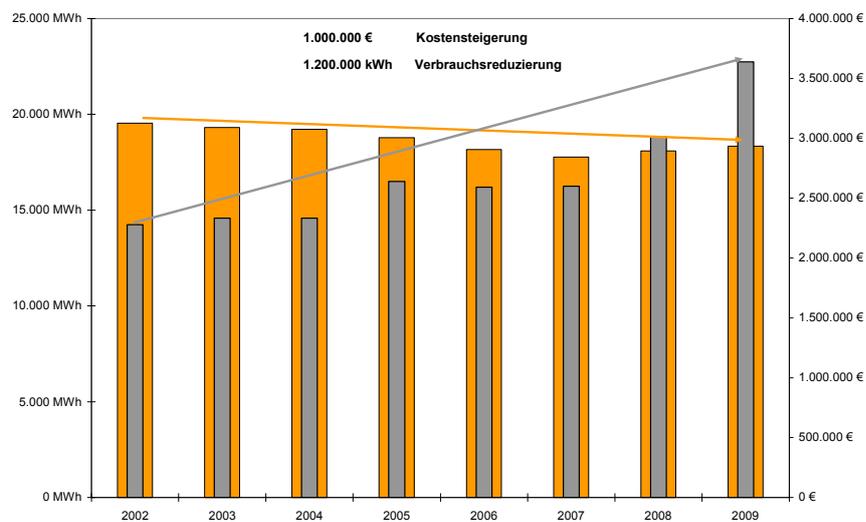


Abb. 47: Stromverbrauch und Kosten der Jahre 2002 - 2009

Der Strompreis unterliegt
dem spekulativen
Börseneinfluss

Die nachfolgende Abbildung zeigt den extremen Preisanstieg der Jahre 2008 und 2009; ein Ende des Preisanstieges ist nicht in Sicht. Der Strompreis wird an der Leipziger Börse gehandelt, hierdurch wirken auch spekulative Einflüsse auf ihn ein, was dazu führt, dass eine Abschätzung des Preisverlaufes unmöglich ist.

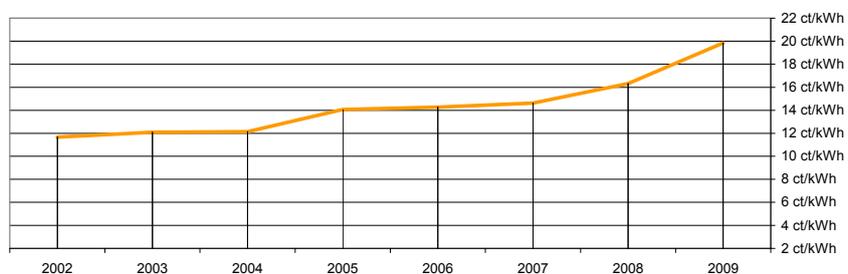


Abb. 48: Strompreisentwicklung 2002 - 2009

Die nachfolgende Darstellung stellt die Stromverbrauchsentwicklung getrennt nach Tarifverträgen dar. Ein Drittel der Abnehmer sind Stromtarifkunden, zwei Drittel sind Sondervertragskunden. Der Vertragsunterschied ist durch die Abnahmeleistung und Abnahmemenge gekennzeichnet. Ein Sondervertrag kann erst ab einer Leistung von 30 Kilowattstunden und einer Abnahmemenge von 100.000 Kilowattstunden abgeschlossen werden.

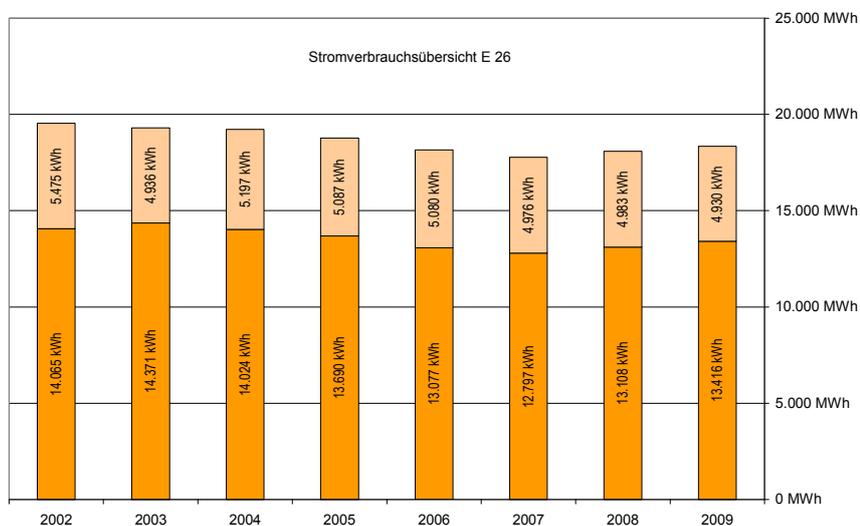


Abb. 49: Stromtarif und —Sonderkunden

Ein weiterer Unterschied der beiden Tarifmodelle besteht darin, dass die Stromverbrauchsmengen im Sonderkundenbereich an der Strombörse gehandelt werden und für Jahre gekauft werden können. Dieses Instrument wird auch seitens des Gebäudemanagements genutzt, um möglichst günstige Stromeinkäufe zu erzielen. So ist die Strommenge für die Verbrauchsjahre 2006 bis 2007 und 2010 bis 2011 zusammen gekauft worden.

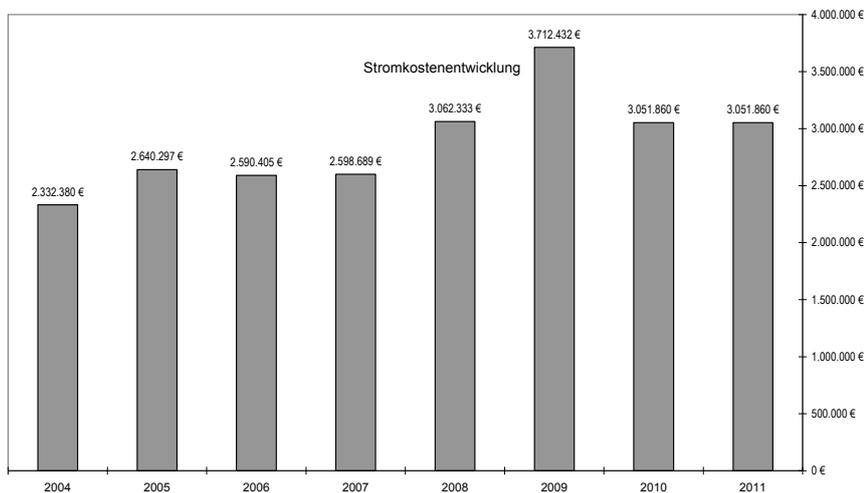


Abb. 50: Stromkostenentwicklung 2002 - 2011

Stromeinkauf an der Börse

Wasserverbrauch
um 25 % reduziert,
entsprechend 115.000 m³

A.17 Wasserverbrauch

Der Wasserverbrauch des Jahres 2009 beträgt 345.000 Kubikmeter. Dies ist der geringste Verbrauch seit dem Jahr 2002. Der Wasserverbrauch ist demnach seit 2002 rückläufig.

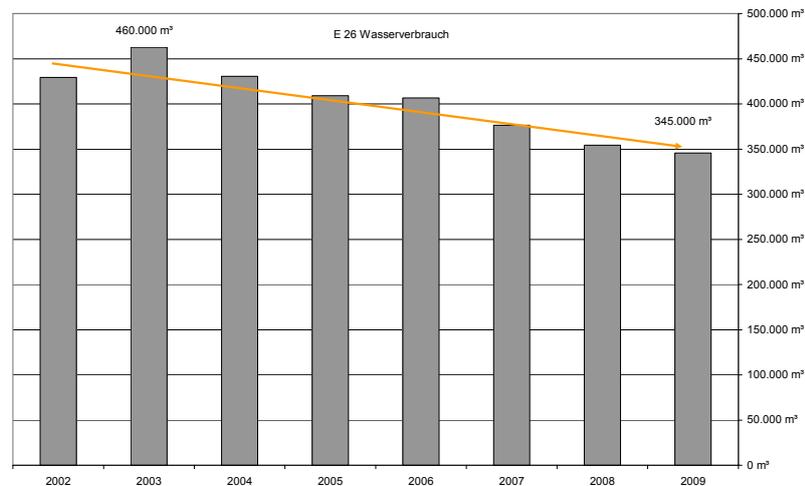


Abb. 51: Wasserverbrauch 2002- 2009

Auch der Verbrauch des Jahres 2009 stellt gegenüber dem Vorjahr eine weitere Minderung dar, bezogen auf das Verbrauchsjahr 2003 sogar eine 25-prozentige Reduzierung. Für den zukünftigen Wasserverbrauch ist durch die Implementierung des Energiemonitoring-Systems eine weitere Reduzierung prognostiziert, sodass der Wasserverbrauch des Jahres 2010 voraussichtlich bei 320.000 Kubikmeter liegen wird. Die Wasserkosten des Betrachtungszeitraumes 2002 bis 2009 liegen mit einer maximalen Abweichung von 6 % auf relativ gleichem Niveau. Der spezifische Wasserpreis, der als Linie dargestellt ist, stellt eine 5-prozentige jährliche Preissteigerung dar.

Wasserbezug mit
durchschnittlich 5 %
Preissteigerung pro Jahr

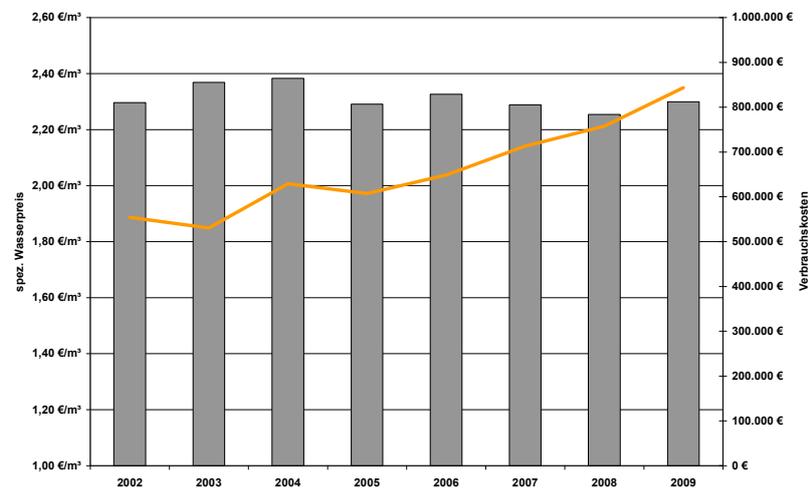


Abb. 52: Wasserbezugskosten 2002 - 2009

A.18 Emissionsstatistik

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 (CO₂) kann bei der Verbrennung jedoch nicht verhindert werden. Nach Einschätzung vieler Wissenschaftler ist zu fürchten, dass durch die steigende Konzentration von CO₂ und anderen Spurengasen die Erderwärmung nicht mehr aufzuhalten ist, lediglich das Maß der Erwärmung kann in Grenzen gehalten werden.

Ressourcenschonung und Klimaschutz sind deshalb bei allen energiepolitischen Maßnahmen zu berücksichtigen. Die Stadt Aachen hat sich im Rahmen des Europäischen Klimabündnisses verpflichtet, die CO₂-Emissionen gegenüber den Werten des Jahres 1990 um 40 % zu reduzieren. Spätestens im Jahr 2030 soll das 50-Prozent-Ziel erfüllt sein.

In der nachfolgenden Grafik sind die CO₂-Emissionswerte kommunaler Gebäude seit dem Jahr 2002 dargestellt. In diesem Zeitraum sind 6.000 t CO₂ reduziert worden, was einem prozentualen Anteil von 10 % entspricht.

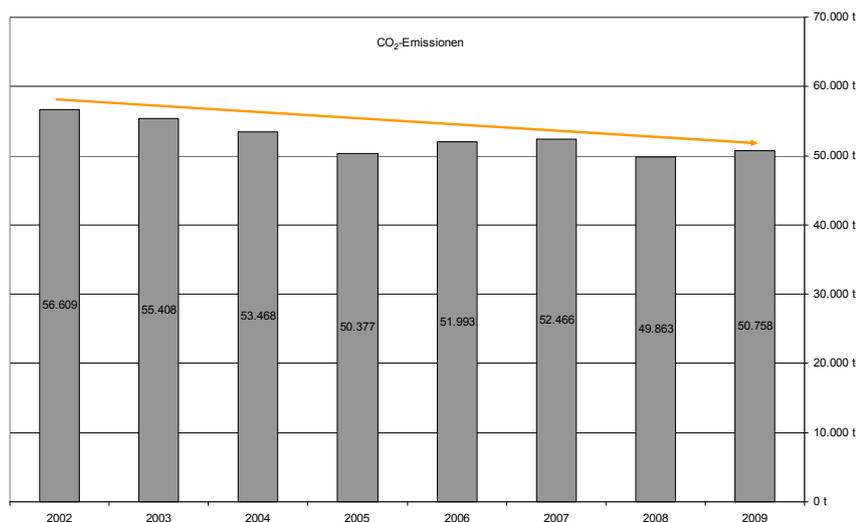
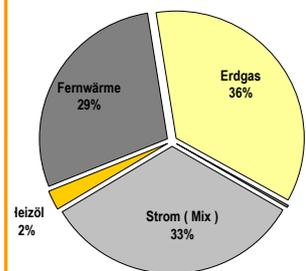


Abb. 53: Kohlendioxid Emissionsstatistik 2002 - 2009

Das Ziel, auch hier eine 40-prozentige Reduzierung zu erreichen, bedarf weiterer Bemühungen.

Deutlich sind die zunehmenden Reduzierungen ab dem Jahr 2002 ersichtlich, was neben dem Einsatz energetisch rationeller Maßnahmen auf den Fernwärmeausbau zurückzuführen ist.

Der Stromverbrauch hat
33 % - Anteile an der
CO₂-Emission im Jahr 2009



10 % CO₂-Einsparung
seit dem Jahr 2002,
entspricht
einer Einsparung
von 6.000 t CO₂

Konjunkturprogramm II Sanierung von 36 Schulen und 12 Kindertagesstätten



Rhein-Maas-Gymnasium
vor der Sanierung
Arch. Wasserkampf



GS Höfchensweg,
Planung
Arch. Glashaus

Nachrüstverpflichtung Oberste Decken

A.19 Konjunkturprogramm II

Mit 10 Milliarden Euro werden seit 2009 die Kommunen bei Investitionen in die Bildungseinrichtungen und in eine leistungsfähige Infrastruktur unterstützt. Nach dem Gesetz zur Umsetzung von Zukunftsinvestitionen der Kommunen und Länder fördern der Bund und zusätzlich das Land die Kommune bei zusätzlichen Investitionen in die Bildungsinfrastruktur. Dabei sind insbesondere Projekte im Bereich der frühkindlichen Infrastruktur und energetische Sanierungen gemeint, die ohne finanzielle Unterstützung nicht möglich wären.

Aachen hat diese Chance ergriffen und schöpft die anteiligen öffentlichen Mittel vollständig aus. In 2009 wurden die Projekte ausgewählt, die durch den anstehenden Sanierungsbedarf und die zu erreichende Effizienz zu einem besonders sinnvollen Endergebnis führen werden.

Im Rahmen des Konjunkturprogramms II werden in insgesamt 36 Schulen und 12 Kindertagesstätten teilweise umfangreiche Sanierungen der Gebäudehülle und auch der Haustechnik durchgeführt.

In der beigefügten Tabelle sind die Objekte aufgelistet und die entsprechenden Sanierungsmaßnahmen benannt.

Zwei Kindertagesstätten im strukturschwachen Ostviertel der Stadt werden vollständig saniert (Gebäudehülle, Haustechnik, Lüftungsanlage) und zusätzlich als integrative Einrichtungen barrierefrei umgebaut. Dabei werden auch energetisch ungünstige Grundrisse verbessert. Außerdem werden insgesamt fünf Kindertagesstätten entsprechend den Bedürfnissen der unter 3-jährigen Kinder um Schlafräume erweitert.

Schulen, die vollständig saniert werden, erhalten zusätzlich eine dezentrale Lüftungsanlage, um den erhöhten Lüftungsbedarf in Schulklassen sicherzustellen. Unter Berücksichtigung des Gebäudealters bzw. der bauspezifischen Eigenschaften wird für jedes Objekt ein Optimum an energetischer Nutzungsqualität gesucht.

Durch die Energieeinsparverordnung 2009 wurde erstmals auch für Nichtwohngebäude eine Nachrüstverpflichtung für die obersten Decken fällig. Für die Schulen der Stadt Aachen bedeutet das eine Gesamtdeckenfläche von ca. 17.000 m². Mit dieser Sanierungsvariante kann ein Höchstmaß an energetischer Effizienz erreicht werden. Diese Sanierungen werden im Zeitraum bis Ende 2010 abgeschlossen sein.

Tabelle: Objekte und Maßnahmen im KII-Programm

Konjunkturprogramm II	
Schulische Gebäude:	
Grundschulen:	
Ahornstraße 60	Fenster Altbau Schule
Birkstraße 6	Fenster Schule und Hausmeisterwohnung
Gleiwitzer Straße 10	Fenster / Fassade
Grünerthaler Straße 2	Fenster / Fassade / Dach Altbau + Deckendämmung
Höfchenweg 44	Fenster / Fassade / Dach
Jesuitenstraße 18/20	Altbau Fenster
Karl-Kuck-Straße 33-35	Fenster / Fassade / Dach
Marktstraße 25/27	Fenster / Fassade Zwischenbau
Mataréstraße 11	Fenster Rückseite
Michaelsbergstraße 14	Fenster Altbau
Oberforstbacher Straße 332	Fenster / Dach / Fassade Verwaltung + Fassade Hauptgebäude + Deckendämmung
Schwalbenweg 4	Fenster Schule
Vetschauer Straße 2	Fenster
Hauptschulen:	
Malmédier Straße 12	Fenster / Fassade
Obere Drimbomstr. 50	Fenster / Fassade Turnhalle
Realschulen:	
Sandkaulstr. 12	Fenster Altbau
Gymnasien:	
Augustinerbach 5/8	Fenster / Fassade / Dach Altbau Schule
Lütticher Straße 111a	Fenster / Fassade
Lütticher Straße 111a	Fenster / Fassade Turnhalle
Rhein-Maas-Str. 2	Fassade Hauptgebäude
Rhein-Maas-Str. 2	Fenster Turnhalle
Rhein-Maas-Str. 2	Fenster / Fassade / Dach (Aula)
Förderschulen:	
Elsassstr. 92/94	Dach
Gesamtschulen:	
Rombachstr. 41/43	Fenster + Sanierung Treppenhaustürme
div. Schulen:	
Dämmung Geschossdecken	Sanierung oberster Geschossdecken
Nichtschulische Gebäude:	
Kindertagesstätten:	
Am Höfling 10	Fenster / Fassade / Dach
Am Höfling 10	Erweiterungsbau
Brunsumstraße 36	Fenster / Fassade / Dach
Brunsumstraße 36	Erweiterungsbau
Elsassstraße	Erweiterungsbau
Johannstraße 15	Fenster / Fassade / Dach
Stolberger Straße	Erweiterungsbau
Wiesental 8	An- und Ausbau integrativ
Wiesental 8	Fenster / Fassade
U3-Einrichtungen:	
60 Einrichtungen	Sicherheitsmaßnahmen für U3
Sonstige Gebäude:	
Stadtarchiv(HII)	Verlagerung und bauliche Erweiterung
Verwaltung Katschhof	Sanierung der Gebäudehülle
Feuerwache Stolberger Straße	Erweiterungsbau

A.20 Planungsleitlinien



Aachener Standard Energie 2010

Planungsanweisungen Neubauten

Städtische Liegenschaften

Bautechnische Anweisungen des Gebäudemanagements

Neubauten nach Aachener Standard

Für alle Neubauten nach Aachener Standard wird ein Nachweis nach Passivhaus-Projektierungspaket (PHPP) erstellt.

- Jahresheizwärmebedarf: $\leq 20 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
- Primärenergiebedarf : $\leq 120 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
(incl. gesamter Strombedarf)
- Wärmebrücken: $< 0,05 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$
- Drucktestluftwechsel n_{50} : $\geq 0,6/\text{h}^{-1}$

**Mindestanforderungen für
Wärmedurchgangskoeffizienten**

- Opake Außenbauteile:** $\leq 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Wände, Dach, Sohle
- Verglasungen:** $\leq 0,80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
nach EN 673 bei hohem
Gesamtenergiedurchlass-
grad ($g \geq 50 \%$ nach EN 410)
- Fenster Uw:** $\leq 1,10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
nach DIN EN 10077

Haustechnik:

Vorrangig wird Fernwärme (in Aachen aus Kraft-Wärme-Kopplung) eingesetzt. In Neubauten von Schulen werden grundsätzlich Lüftungsanlagen eingeplant.

Sonderfälle
**Gebäude ≤ 19 Grad/kleine Gebäude/
zeitlich begrenzt genutzte Gebäude**

- Definition:
- Raumtemperatur: $\leq 19 \text{ Grad}^*$
 - Nutzfläche: $< 50 \text{ m}^2$ Nutzfläche*
 - Nutzungsdauer: $< 5 \text{ Jahre}^*$
 - Tägliche Beheizung: $< 4 \text{ Stunden}$

* Energieeinsparverordnung 2009

Die Bauteile von Nichtwohngebäuden, deren Nutzfläche, Nutzungsdauer oder Raumtemperatur begrenzt ist, müssen folgende Wärmedurchgangskoeffizienten einhalten.

	EnEV 09 W/(m ² K)	Aachen W/(m ² K)
Außenwände:	0,35	0,30
Fenster:	1,90	1,30
Dachfenster:	1,90	1,30
Dächer:	0,35	0,30
Decken nach unten:	0,35	0,30

Beispiele:

Kleinfächige Pavillons (Nutzfläche $< 50 \text{ m}^2$) als Erweiterungsbauten von Schulen oder Umkleehäuser an Sportplätzen.

Turnhallen werden mit >19 Grad Raumtemperatur ausgelegt und nach Aachener Standard geplant.

Diese Planungsanweisungen sind Grundlage aller Architekten- und Ingenieurbeauftragungen bzw. der hauseigenen Planungen.

Stand: 06.09.2010



Aachener Standard Energie 2010

Planungsanweisungen Sanierungen/Erweiterungen

Städtische Liegenschaften

Bautechnische Anweisungen des Gebäudemanagements

Energetisches Niveau

Bei der Sanierung und bei Erweiterungen öffentlicher Gebäude wird ein Standard angestrebt, der über dem Niveau der Energieeinsparverordnung 2009 liegt. Werden Bauteile saniert, gelten die folgenden Wärmedurchgangskoeffizienten bzw. Dämmstärken.

Bestandsschutz

Nach EnEV 2009 haben weiterhin alle vorhandenen Bauteile Bestandsschutz. Ab 10 % Ersatz einer Bauteilfläche, gelten ebenfalls die unter der Spalte Aachen benannten Wärmedurchgangskoeffizienten.

Nachrüstverpflichtung 1.10.2009

Einer Nachrüstverpflichtung unterliegen z.Zt. ausschließlich nicht begehbare aber zugängliche oberste Geschossdecken über beheizten Räumen.

Umfassende Gebäudesanierungen

Bei umfangreichen Sanierungen von mind. 3 Bauteilen (z.B. Dach, Fassade, Fenster) ist eine Energiebilanz zu erstellen und das EnEV-Niveau 2009 für Bestandsgebäude anzustreben. Werden alle Bauteile und die Haustechnik saniert, ist das EnEV-Niveau 2009 für Neubauten zu erreichen.

Heizung/Lüftung

Bei Nutzungserweiterungen wird an die vorhandene Heizungsanlage angeschlossen. Bei Wechsel der Heizenergie wird vorrangig Fernwärme (in Aachen aus Kraft-Wärme-Kopplung) eingesetzt.

Bei umfassenden Schulsanierungen sind grundsätzlich Lüftungsanlagen einzuplanen.

Diese Planungsanweisungen sind Grundlage aller Architekten- und Ingenieurbeauftragungen bzw. der hauseigenen Planungen.

Stand: 06.09.2010

Mindestanforderungen Wärmedurchgangskoeffizienten/ Dämmstärken

	EnEV 09 W/(m ² K)	Aachen W/(m ² K)
Außenwände:	0,28	0,20
z.B. Dämmstärke:		16 cm
Wärmeleitfähigkeit:		0,032 W/mK
Fenster:	1,30	1,30
Außentüren:	1,80	1,30
Dächer:	0,20	0,15
z.B. Dämmstärke:		22 cm
Wärmeleitfähigkeit:		0,035 W/mK
Dachflächenfenster:	1,40	1,40
Oberste Decke:	0,20	0,15
Nachrüstverpflichtung		
z.B. Dämmstärke:		22 cm
Wärmeleitfähigkeit:		0,035 W/mK
Kellerdecke v. unten.:	0,35	0,24
z.B. Dämmstärke:		10 cm
Wärmeleitfähigkeit:		0,025 W/mK
Kellerdecke v. oben bzw. Sohle:	0,35	0,35
z.B. Dämmstärke:		5 cm
Wärmeleitfähigkeit:		0,022 W/mK
+ Dämmstärke		2 cm
		0,035 W/mK

Literaturverzeichnis:

Hinweise zum Energiemanagement in öffentlichen Gebäuden - Energie 2009 - (Amev)

Energiebericht des Gebäudemanagements 2004

Energieeffizienz in Gebäuden - Jahrbuch 2009
Verlag und Medienservice Energie

Kooperationen im kommunalen Energiemanagement
Dokumentation des 14. Deutschen Fachkongresses, Deutsches Institut für Urbanistik

I m p r e s s u m:

**Stadt Aachen
Gebäudemanagement**

Kaufmännische Geschäftsführerin Vera Bortz
Technischer Geschäftsführer Michael Ferber

bei Rückfragen:

Abteilungsleitung Technik:	Bernhard Deil, Dipl. Ing.	Tel. 0241 432 2630
Energiemanagement:	Martin Lambertz, M. Sc. Dipl. Ing.	Tel. 0241 432 2773
	Ulrike Leidinger, Dipl. Ing. Architektin	Tel. 0241 432 2792
	Markus Lehmenkühler, Dipl. Ing.	Tel. 0241 432 2732

