

Cornelia Rösler (Hrsg.)

## **Wirtschaftlichkeit durch Energiemanagement**

Dokumentation des 9. Deutschen Fachkongresses  
der kommunalen Energiebeauftragten  
am 24. und 25. November 2003 in Bad Homburg

Deutsches Institut für Urbanistik (Hrsg.)

## **Impressum**

### **Herausgeberin**

Cornelia Rösler, Dipl.-Ing.

### **Sachbearbeitung**

Nicole Langel, Dipl.-Geogr.

Vera Lorke, Dipl.-Ing.

### **Textverarbeitung und Layout**

Christina Blödorn

In dieser Dokumentation wurden namentlich gekennzeichnete externe Beiträge ohne redaktionelle Bearbeitung abgedruckt. Die Verantwortung für die Inhalte liegt bei den Autorinnen und Autoren.

### **Verlag und Vertrieb**

Deutsches Institut für Urbanistik  
Postfach 12 03 21, 10593 Berlin

Telefon        030/39001-0  
Telefax       030/39001-275  
E-Mail        difu@difu.de  
Internet      [http:// www.difu.de](http://www.difu.de)

Alle Rechte vorbehalten  
Schutzgebühr: 20,- Euro

Köln/Berlin, März 2005  
ISBN 3-88118-383-3

## **Inhalt**

<i>Cornelia Rösler</i>	
Vorwort .....	5
<i>Axel Henkel</i>	
Grußwort .....	7
<i>Volker Kienzlen</i>	
Wirtschaftlichkeit durch Energiemanagement .....	11
<i>Franzjosef Schafhausen</i>	
Umwelt- bzw. Klimaschutz durch Regulierung .....	19

## **Vertragsgestaltung und Finanzierung**

<i>Peter Schröder</i>	
Rahmenverträge, Elektrische Energie, Fernwärme, Medienvertrag .....	27
<i>Christian Gleim</i>	
Chancen und Probleme der Finanzierung kommunaler Energieinvestitionen .....	32
<i>Petra Walderbach</i>	
Einsparcontracting in Freiburg: Von der Ausschreibung bis zur Vertragsunterzeichnung .....	40

## **Energiekonzepte und Berichtswesen**

<i>Holger Fröhlich</i>	
Integriertes Klimaschutz-Rahmenkonzept Bad Homburg .....	51
<i>Herbert Hofmuth</i>	
Energiesparkonzept für 1000 städtische Gebäude der Landeshauptstadt München .....	77
<i>Michael Funke</i>	
Sinn, Aufbau und Vermarktung des Energieberichts .....	80

## **Energie- und Gebäudemanagement**

<i>Tim Bachmann</i>	
Kommunales Energiemanagement Bad Homburg .....	89
<i>Christian Gleim</i>	
Wie arbeitet das Energiemanagement im Rahmen des Gebäudemanagements? ....	94
<i>Robert Persch</i>	
Einrichten einer kostengünstigen Gebäudeleittechnik in kommunalen Gebäuden der Stadt Bensheim .....	101
<i>Mathias Linder</i>	
Wirtschaftliche Optimierung durch Gesamtkostenberechnung .....	108

## **Energieeffizienz**

*Jürgen Görres*

Auswirkungen der Energieeinsparverordnung auf Vorgaben für kommunale Bauprojekte ..... 123

*Axel Bretzke*

Planung einer Passivhaus-Grundschule: Am Beispiel der Wilhelm-Busch-Schule am Riedberg, Auf dem Stuhlen, Frankfurt am Main ..... 133

*Dieter Rilling*

Wirtschaftliche Stromsparprojekte in Stuttgarter Liegenschaften ..... 159

*Ingo Therburg*

Energetische Qualitätssicherung im Neubau und im Bestand von komplexen kommerziellen Immobilien ..... 172

## **Erneuerbare Energien**

*Rüdiger Forchmann*

Thermische Solaranlagen: Probleme in der Praxis und deren Lösung ..... 179

*Manfred Schaub*

Holzfeuerungsanlagen in kommunalen Gebäuden ..... 183

## **Weiterbildung**

*Hendrik Pinnau*

Helle Köpfe sparen Energie: Bildungsangebote des Hamburger Energiemanagements ..... 189

*Dirk Schnurr und Adam Schmitt*

Einbindung von Hausmeistern und Nutzern: Hausmeisterschulung durch Energiebeauftragte – Praxiserfahrungen mit Energietreffs ..... 194

*Birgit Schott*

Energie in Kinderbetreuungseinrichtungen – Fortbildung für ErzieherInnen ..... 198

*Gabriele Purper*

Der hessische Arbeitskreis der kommunalen Energiebeauftragten ..... 208

## **Anhang**

Verzeichnis der Autorinnen und Autoren ..... 215

Abkürzungsverzeichnis ..... 216

*Cornelia Rösler*

## **Vorwort**

Auf dem Deutschen Fachkongress der kommunalen Energiebeauftragten geht es um Ansätze und Beispiele für ein erfolgreiches Energiemanagement: Es wird gezeigt, wie Kommunen mit Intelligenz und Kreativität sowohl ökonomische als auch ökologische Ziele in konkrete Maßnahmen und Projekte umsetzen können. In den Workshops des neunten Kongresses im November 2003 wurden zum einen Schwerpunkte der effizienten Energieverwendung diskutiert, aber ebenso Fragen der Nutzung erneuerbarer Energien, der Vertragsgestaltung, des Contracting und des Berichtswesens. Der Kongress diente den Teilnehmerinnen und Teilnehmern als Fortbildungsveranstaltung und zugleich als Plattform für den Erfahrungsaustausch.

Ausgerichtet wird der Fachkongress der kommunalen Energiebeauftragten seit jeher vom Deutschen Institut für Urbanistik gemeinsam mit einer Gastgeberstadt und weiteren Kooperationspartnern: dem Arbeitskreis „Energieeinsparung“ des Deutschen Städtetages, den kommunalen Spitzenverbänden – dem Deutschen Städtetag, dem Deutschen Städte- und Gemeindebund, dem Deutschen Landkreistag – und dem Klima-Bündnis der europäischen Städte. Gastgebende Stadt war im Jahr 2003 die Stadt Bad Homburg; gefördert und unterstützt wurde der Kongress vom Hessischen Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung. Mit insgesamt 250 Teilnehmerinnen und Teilnehmern aus Kommunen der gesamten Bundesrepublik war der Kongress vollständig ausgebucht.

Die Beiträge und Diskussionen sowohl im Plenum als auch in den insgesamt zwanzig Workshops haben deutlich gezeigt, dass aktives Energiemanagement ganz im Sinne der Nachhaltigkeit wirkt: Es hilft Städten, Gemeinden und Kreisen, ihre Klimaschutzziele zu erreichen, und trägt gleichzeitig zur Entlastung der kommunalen Haushalte bei. Angesichts der defizitären Haushaltslage in den meisten deutschen Kommunen ist die ökonomische Komponente des Energiemanagements zurzeit besonders wichtig. Denn effizientes Wirtschaften steht in den Kommunen ganz oben auf der Tagesordnung. Energiemanagement ist dabei ein unverzichtbares Instrument, da die Summe der gesparten Energiekosten in aller Regel die Aufwendungen für das Energiemanagement um ein Vielfaches übersteigt. „Wirtschaftlichkeit durch Energiemanagement“ war daher auch zentrales Thema des Fachkongresses.

Die Beiträge der Referentinnen und Referenten sind in der vorliegenden Veröffentlichung dokumentiert. Damit möchten wir nicht nur den Teilnehmerinnen und Teilnehmern die Möglichkeit bieten, die Erträge der Veranstaltung noch einmal in der Dokumentation nachzulesen, sondern auch allen jenen, die nicht teilnehmen konnten, die vielfältigen Ansätze des kommunalen Energiemanagements näher bringen. Auch die vielen Interessenten, denen wir leider keine Zusage für die Teilnahme am Kongress geben konnten, finden hier dessen zentrale Ergebnisse.

Gestatten Sie uns in diesem Zusammenhang bitte noch folgenden Hinweis: Die Fachkongresse der vergangenen Jahre wurden mit Ausnahme des 8. Kongresses, der im Jahr 2002 in Berlin stattfand, regelmäßig dokumentiert. Die Beiträge der Referentinnen und Referenten aus dem Jahr 2002 wurden zum Download ins Internet gestellt. Diese Texte befinden

sich auf der Homepage der Berliner Senatsverwaltung für Stadtentwicklung unter: <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/klimaschutz/ebk/>

Da wir jedoch viele Anfragen nach der Druckfassung der Dokumentation erhalten haben und einige Interessenten ihre Enttäuschung über das Verfahren der Internetpräsentation deutlich äußerten, nehmen wir mit der Kongressdokumentation 2003 die Fortsetzung unserer gedruckten Dokumentationsreihe wieder auf und freuen uns über das daran geäußerte Interesse.

Besonders herzlichen Dank möchten wir den Referentinnen und Referenten aussprechen, die mit Ihren Beiträgen ganz wesentlich den Erfolg des Kongresses bestimmten. Danken möchten wir auch allen oben genannten Kooperationspartnern, die uns insbesondere bei der Vorbereitung und Durchführung des Kongresses tatkräftig unterstützten, vor allem auch der Stadt Bad Homburg, die sich als eine hervorragende Gastgeberin erwies.

Zum Schluss möchten wir noch auf den nächsten Fachkongress hinweisen, der am 11. und 12. April 2005 in Hagen stattfinden wird. Das 10-jährige Jubiläum des Kongresses soll unter anderem Gelegenheit bieten, Bilanz zu ziehen und zugleich Perspektiven für die weitere Arbeit der kommunalen Energiebeauftragten aufzeigen. Zu diesem Kongress laden wir Sie herzlich ein.

*Axel Henkel*

## **Grußwort**

Zum 9. Bundesdeutschen Fachkongress für kommunale Energiebeauftragte darf ich Sie im Namen des hessischen Wirtschaftsministers, Herrn Dr. Alois Rhiel, herzlich willkommen heißen. Als der für Energie in Hessen zuständige Abteilungsleiter freue ich mich, dass dieser Fachkongress wieder in Hessen stattfindet, nachdem diese Veranstaltung 1995 von den Hessen in Frankfurt aus der Taufe gehoben worden ist. Ich verbinde dies mit einem herzlichen Dank an die Organisatoren, das Deutsche Institut für Urbanistik, den Deutschen Städtetag, den Deutschen Städte- und Gemeindebund, den Deutschen Landkreistag, das Klimabündnis/Alianza del Clima und vor allem auch an die Stadt Bad Homburg, die die Räumlichkeiten zur Verfügung stellt und wie ich höre für ein attraktives Rahmenprogramm gesorgt hat.

Das es eigens der Wortschöpfung „Energiebeauftragte“ bedarf, weist darauf hin, dass Ihre Aufgabe, das Energiemanagement, im öffentlichen Bewusstsein, aber auch in der Wirtschaft und bei Ihrem Arbeitgeber, den Kommunen, immer noch ein unverdientes Mauerblümchen-Dasein führt. Dabei müsste dem Energiemanagement gerade in der heutigen Situation eine hohe Wertschätzung entgegengebracht werden, weist es eine gleichermaßen ökonomische wie ökologische Effizienz auf.

Diese geringe Beachtung speziell in den Kommunen ist sicher einerseits zurückzuführen auf die verhältnismäßig nur magere öffentliche Aufmerksamkeit, die Energie- und Klimaschutzprobleme generell zur Zeit geschenkt wird, zum anderen aber auch auf eine zu kurz greifende, um nicht zu sagen falsche Auffassung von Sparpolitik.

Die Energie- und Klimaschutzprobleme können schnell und unversehens wieder akut werden. Es sind nicht nur die schädlichen Umweltauswirkungen der Energienutzung und die Endlichkeit der fossilen Ressourcen, die uns in den nächsten Jahren und Jahrzehnten Probleme bereiten werden. Ab 2010 werden ca. 40 bis 50 Megawatt an Kraftwerksleistung zu ersetzen sein. Parallel dazu soll der politisch verordnete Ausstieg aus der Kernenergie vonstatten gehen. Gleichzeitig werden die heutigen Schwellenländer und die Entwicklungsländer ihren Energiebedarf enorm steigern.

Diese Probleme sind sicher auf der kommunalen Ebene nicht zu lösen. Dennoch nehmen die Kommunen bei der Umsetzung energiepolitischer Ziele eine Schlüsselstellung ein. Denn wenn wir die Instrumente der Energieeinsparung, der rationellen Energienutzung und mittel- und längerfristig der Nutzung der erneuerbaren Energien einsetzen wollen, so muss dies vor Ort geschehen. Die Politik und die Verwaltung der Kommunen setzen dazu entscheidende Rahmenbedingungen und können den Bürgern und den Betrieben bei der Energieeinsparung sehr behilflich sein, sie aber genauso auch auf falsche Wege leiten.

So sind symbolische Aktionen von nur kurzem Nährwert wie der allseits beliebte, weil unverbindliche Beitritt zu Klimabündnissen, dem keine konkreten Aktionen folgen. Das Klimabündnis/Alianza del Clima wird davon ein Lied singen können. Ähnlich zu werten sind Investitionen in äußerlich zwar attraktive, vom CO<sub>2</sub>-Minderungswert und vor allem auch der Ökonomie zurzeit aber noch eher nachrangige Anlagen wie die Fotovoltaiktechnik. Der Mitteleinsatz ist hier vergleichsweise unproduktiv, weil man sowohl ökonomisch

misch als auch ökologisch mit dem gleichen Geld bzw. Einsatz investiert in andere Maßnahmen wesentlich mehr Erfolge erzielen könnte.

Umgekehrt einige andere Beispiele: Die Bebauungsplanung setzt bereits entscheidende Daten für den späteren Energieverbrauch. Werden hier die Kriterien des energiesparenden Planens und der passiven Sonnenenergienutzung nicht beachtet, geht dieses nahezu kostenlose Sparpotenzial den Bewohnern für immer verloren. Investitionen für die Sanierung kommunaler Gebäude haben ebenfalls eine lange faktisch Lebensdauer. Werden hier die Einsparungen durch verbesserte Wärmedämmung nicht realisiert, ist auch dieses Potenzial für die nächsten dreißig Jahre verschenkt, und zwar zum finanziellen Nachteil der Kommune.

Es ist für die Kommune auch nicht damit getan, diese Fragen zu delegieren, sei es an Planer, Energieberater oder die Energiewirtschaft. Das heißt nicht, dass man diese Gruppen nicht zu erheblicher Unterstützung heranziehen könnte und sollte. Aber die Verantwortlichkeit, die Ziele, die Konzeption für einen ökonomischen und damit auch ökologischen Umgang mit der knappen Ressource Energie muss in der Verwaltung angesiedelt und dort auch fest verankert sein.

Um einen weit verbreiteten Irrtum auszuräumen: eine wirklich erfolgreiche Energieeffizienzpolitik der Kommunen – so möchte ich sie nennen – zeichnet sich nicht in erster Linie durch den zahlenmäßigen Umfang der Mittel und Aktivitäten aus. Wichtiger erscheinen mir vielmehr folgende Punkte:

- Effizienzpolitik muss von der Kommune, den politisch Verantwortlichen und ihrer Verwaltung als eigene, eigenständige und ernsthafte Aufgaben vertreten werden.
- Effizienzpolitik ist keine Eintagsfliege, sondern muss als dauernde Aufgabe begriffen werden.
- Der Kern der Effizienzpolitik ist die Optimierung der Mittel an personellen und finanziellen Kapazitäten im Hinblick auf möglichst kostengünstige CO<sub>2</sub>-Minderung.
- Effizienzpolitik muss auf nachhaltige Einsparungen hinwirken.
- Effizienzpolitik muss ökonomisch solide fundiert sein.
- Effizienzpolitik muss darauf ausgerichtet sein, möglichst viele Nachahmer zu finden und Anstöße auch an die örtliche und regionale Wirtschaft zu geben, energieeffiziente Techniken und Dienstleistungen verstärkt anzubieten.

Wie Sie am besten wissen, treffen diese hohen Anforderungen nun auf eher traurig stimmende Rahmenbedingungen in den Kommunen und für die Kommunen. Die kritische finanzielle Lage der meisten Kommunen schnürt ohne Zweifel ihren ohnehin nicht üppigen Handlungsspielraum ein. Damit verbunden ist in der Regel eine mehr oder weniger schon automatische Einschränkung der freiwilligen Aufgaben und erst recht aller Gedanken zur Umgestaltung lieb gewonnener bürokratischer Abläufe und Vorgaben.

Es gibt jedoch gewisse „Knotenpunkte“, an denen sich Energieeffizienz und desolante Finanzlage in der Kommune treffen: das sind zum einen der Energieverbrauch der kommunalen Gebäude und die damit verbundenen Kosten, und das ist zum anderen der Zwang zum Sparen. Auch die kommunale Finanzmisere wird sich nur durch nachhaltige, dauer-

hafte, ökonomisch fundierte und am eigentlichen Ziel orientierte Maßnahmen wirklich beheben lassen.

Diese wichtigen Treffpunkte und Gemeinsamkeiten von Sparnotwendigkeit und dem Effizienzgedanken sollten als Chance genutzt werden. „Sparen“ in der Kommune darf nicht länger als eine resignative Angelegenheit betrachtet werden, sondern muss mit aktiven, selbst bestimmten Maßnahmen verbunden werden, die zu mehr dienen als den gerade aktuellen Haushalt notdürftig zu flicken.

„Kommunales Energiemanagement“, unser zentrales Tagungsthema, ist dazu ein „Schlüssel“. Es ist ein Instrument, das mit modernen Methoden erlaubt, Energie und Kosten einzusparen, Probleme in diesem Bereich zu erkennen, rationeller mit den vorhandenen Kapazitäten zu wirtschaften, vorausschauende Planungen zu betreiben, also insgesamt effizient zu wirtschaften. An diesen Formulierungen ist schon zu sehen, dass es auch um neue Denk- und Verfahrensweisen in den meisten Kommunen geht, die bisher nicht unbedingt im Vordergrund standen.

Dieser „Schlüssel“ passt also nicht zu den alten Türen, sondern kann und soll Türen öffnen, die zurzeit noch verschlossen sind.

Das beginnt beim fehlenden Bewusstsein über die Energieprobleme und die Möglichkeiten, im eigenen Bereich etwas dagegen bewirken zu können. Dies spiegelt sich natürlich in der Verwaltung wider. In den meisten Kommunen ist niemand zuständig für effizientes Energiemanagement. Meist gibt es noch nicht einmal einen einzigen Verantwortlichen für die energierelevanten Aufgaben. Verantwortlichkeit ist aber eine grundsätzliche Voraussetzung für Engagement und damit den Erfolg; Zeit, Informationen und Kenntnisse sind weitere. Energiemanagement ist eine systematisch und dauerhaft auszuübende, qualifizierte Tätigkeit; den Mitarbeitern muss dazu der entsprechende Freiraum geschaffen werden.

Trauriges Ergebnis ist oft, dass niemand weiß (und noch schlimmer meist auch keiner fragt), was die Energieversorgung der kommunalen Gebäude wirklich kostet, sowohl absolut als auch im Vergleich zu anderen vergleichbaren kommunalen Gebäuden. Man weiß also in der Regel nicht, wo man mit seinen Kosten steht und wie dringend der Handlungsbedarf ist, – eigentlich eine unmögliche Situation bei klammer Haushaltslage.

Erschwerend kommt hinzu, dass im Zusammenhang mit der Finanzierung energieeffizienter Investitionen die kommunale Haushaltssystematik wenig hilfreich ist, sondern geradezu obstruktiv wirkt. Aus der Planeinteilung und den Haushaltsgrundsätzen leitet sich keine zwingende Notwendigkeit ab, weder für den laufenden Betrieb noch bei anstehenden Investitionen, alle Kosten zusammenzuführen, zu analysieren und danach zu entscheiden. Damit kann sich nur schwer ein echtes betriebswirtschaftliches Eigeninteresse an möglichst niedrigen jährlichen Gesamt-Energiekosten entwickeln und durchsetzen.

Nur daraus ist auch die Antwort vieler Bürgermeister auf die Frage zu verstehen, warum nicht an Energiesparmaßnahmen gedacht wird, – „es sei bereits alles getan“. Wenn dann hinter die Kulissen geblickt wird und die konkreten Verhältnisse bekannt werden, sprechen sie in der Regel eine andere Sprache.

Verantwortung, Informationen und Kenntnisse sind die Basis des Handelns und die Grundlage des kommunalen Energiemanagements. Wenn es hier klemmt, können letzt-

lich noch so viele Mittel und Maßnahmen nicht zu einem wirklich optimalen Ergebnis führen. Deshalb sind diese Probleme aus unserer Sicht im Grunde genommen gravierender als das Finanzierungsproblem, welches natürlich ebenfalls noch besteht. Denn bevor Entscheidungen über Mittel und vor allem im Sinne der ökonomischen und ökologischen Optimierung getroffen werden können, muss sich erst etwas „im Kopf“ bewegen.

Nun habe ich eine ganze Reihe von Problemen aufgezählt, die Sie aus Ihrer Praxis wahrscheinlich nur zu gut kennen. Sie haben aus dieser Situation einen Ausweg gefunden, möglicherweise den einzigen, den es zumindest kurzfristig gibt: Das ist Ihr persönliches Engagement. Durch Einsatz Ihres Wissens und Ihrer Ideen haben Sie nicht nur in Ihrer Verwaltung Erfolge, wenn auch in der Regel mit viel Aufwand errungen, erzielen können, sondern das „kommunale Energiemanagement“ auch zu einem Begriff werden lassen.

Unser Haus, das Wirtschaftsministerium, ist sich bewusst, dass Ziele wie Energieeffizienz von den Bürgern, der Wirtschaft und den Kommunen hauptsächlich realisiert werden müssen. In der praktischen Energiepolitik sehen wir deshalb unsere Aufgabe darin, die Partner zu unterstützen. So sind wir seit langem bestrebt, den Kommunen und speziell den kommunalen Energiebeauftragten Hilfestellungen zu geben. Dabei beinhaltete dies immer nicht nur die finanzielle Förderung von Energiesparinvestitionen, rationeller Energienutzung und der Nutzung erneuerbarer Energien, sondern fast noch wichtiger waren und sind die „weichen“ Maßnahmen, der Arbeitskreis der kommunalen Energiebeauftragten beispielsweise, die Entwicklung des EDV-Programms Akropolis Hessen, die Energietreffs für Hausmeister und als neuestes die Untersuchung und Auswertung der Anreiz- und Budgetsysteme in hessischen Schulen. Einiges davon können Sie in den kommenden Workshops näher erfahren. Gerne stehen wir aber auch sonst für Informationen zur Verfügung.

Es freut mich, dass Sie diese Veranstaltung in Hessen besuchen. Ich hoffe, sie vermittelt Ihnen nicht nur neues Wissen und Ideen für Ihre tägliche Arbeit, sondern schafft auch neue Kontakte, Austausch und neuen Schwung. Wir möchten Sie mit dieser Veranstaltung auch gerne bestätigen in Ihrem Engagement. Sie leisten einen ganz wichtigen Beitrag auf dem Weg nach vorne zu einer modernen und auch in Zukunft tragfähigen kommunalen Selbstverwaltung und Selbstverantwortung.

Ich wünsche der Veranstaltung viel Erfolg in diesem Sinn und einen guten Verlauf.

Volker Kienzlen

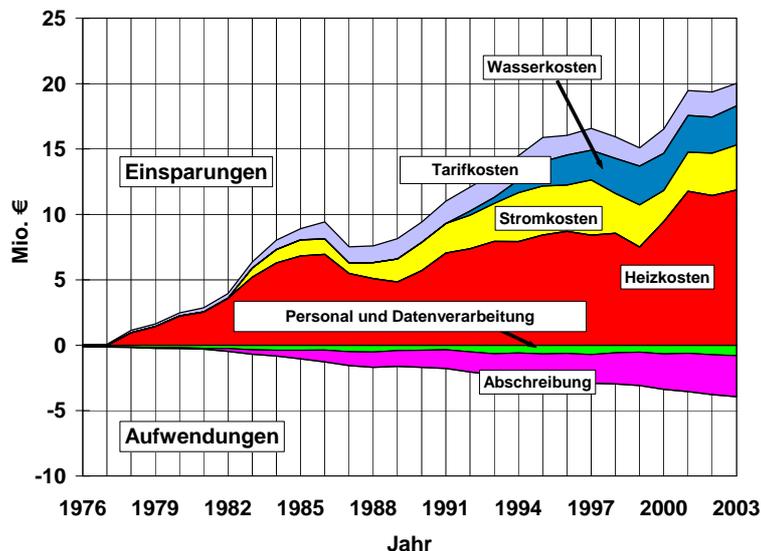
## Wirtschaftlichkeit durch Energiemanagement<sup>1</sup>

Die große Resonanz des Deutschen Fachkongresses der kommunalen Energiebeauftragten zeigt, dass Energiemanagement in Deutschland einen hohen Stellenwert hat. Viele Kommunen haben erkannt, dass Energiemanagement einen Beitrag zu Umwelt- und Klimaschutz leistet – leider jedoch bei weitem noch nicht alle. Der Arbeitskreis Energieeinsparung im Deutschen Städtetag möchte aufzeigen, dass Energiemanagement auch erheblich Geld spart. Gerade in Zeiten knapper Kassen ist die vielfach geäußerte Ansicht, für Energiemanagement sei jetzt kein Geld vorhanden, grundfalsch. Im Gegenteil, Kommunen können es sich eigentlich aus wirtschaftlichen Gründen nicht leisten, auf Energiemanagement zu verzichten. Die Wirtschaftlichkeit der Stadtverwaltung stand vielerorts im Vordergrund, als das Energiemanagement eingerichtet wurde. In einigen Großstädten, darunter Stuttgart, war dies bereits vor mehr als 25 Jahren der Fall. In anderen ist Energiemanagement eine relativ junge Aufgabe, die erst im Zusammenhang mit der Klimadiskussion begonnen wurde. In diesem Beitrag soll aufgezeigt werden, wie das Energiemanagement dazu beiträgt, dass die Kommune wirtschaftlicher arbeitet.

Voraussetzung ist jedoch, dass die verantwortlichen Kolleginnen und Kollegen im Energiemanagement nicht auf Aufträge warten, sondern gestalten und agieren.

Unter Wirtschaftlichkeit sei in diesem Zusammenhang das Verhältnis zwischen monetärem Nutzen des Energiemanagements, also den Energiekosteneinsparungen, und dem da

Abbildung 1: Kosten-Nutzen aus Energiebericht der Stadt Stuttgart



<sup>1</sup> Die wesentlichen Aussagen dieses Vortrages sind keine neuen Erkenntnisse des Referenten, sondern wurden bereits mehrfach veröffentlicht. Vieles ist der Serie „Hinweise zum kommunalen Energiemanagement“ entnommen, in der 25 Kollegen aus deutschen Großstädten ihre Erfahrungen mit eingebracht haben. Der Arbeitskreis Energieeinsparung, der seit etwa 20 Jahren besteht, versteht sich auch als Mittler zwischen großen und kleineren Städten. Die Erfahrungen der Großen sollen aufbereitet und der großen Zahl der deutschen Städte zugänglich gemacht werden.

zu erforderlichen Aufwand für Personal, EDV und Investitionen verstanden. Bei dieser Betrachtung der Wirtschaftlichkeit werden Umweltfolgekosten, also Schäden durch unterlassenes Energiemanagement nicht einbezogen, da diese schwer bewertbar und einzelnen Kommunen nur pauschal zugeordnet werden können. Die Umweltbetrachtung ist zudem entbehrlich, da hohe direkte Kosteneinsparungen durch vermiedenen Energieverbrauch gleichbedeutend sind mit hohen Umweltentlastungen.

Grafiken wie in Abbildung 1 sind vielfach veröffentlicht – aus verschiedenen deutschen Städten. Sie alle zeigen, dass das Verhältnis zwischen Aufwand und Nutzen bei 1:4 bis 1:7 liegt. Die dabei enthaltenen Kosten schließen jedoch die Aufwendungen des Hausmeisters nicht ein. Der Hausmeister als entscheidender Akteur beim energiesparenden Betrieb einer Liegenschaft wird ja nicht für das Energiemanagement eingestellt, sondern für den Betrieb der Anlage. Hier sind also die Kosten des Katalysators enthalten, nicht die des Motors.

Abbildung 2: Elbehochwasser 2002



Ein direkter Zusammenhang zwischen einzelnen Ereignissen wie dem Elbehochwasser und Energiemanagement besteht sicher nicht. Unstrittig ist aber bei Umweltwissenschaftlern inzwischen, dass die Häufung von Wetterextrema im Zusammenhang steht mit dem anthropogenen Treibhauseffekt, also der Steigerung der globalen Temperatur durch die Nutzung fossiler Energieträger.

In vielen Städten besteht bei Einzelentscheidungen die Notwendigkeit, sich dem Diktat der knappen Kassen zu beugen. Dennoch müssen gerade Energiebeauftragte regelmäßig aufzeigen, welche Konsequenzen ein Weitermachen wie bisher hat.

Welche Teilaufgaben sind im Rahmen des Energiemanagements zu bearbeiten?

Die folgenden sieben Punkte sind die wesentlichen Aufgaben, die in Deutschland zum Energiemanagement gezählt werden.

- Energiecontrolling
- Betriebsoptimierung
- Energiediagnosen

- Mitwirkung bei Baumaßnahmen
- Energiebewirtschaftung und Vertragswesen
- Richtlinien und Standards
- Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit

*Energiecontrolling* ist die Voraussetzung für jedes Energiemanagement. Nur wenn bekannt ist, welchen Energieverbrauch die einzelnen Liegenschaften haben und wie sich dieser entwickelt, können sinnvolle Arbeitsschwerpunkte gebildet werden. Verschiedene Quellen können hierfür genutzt werden: Von allen Liegenschaften im Verantwortungsbereich, auch den kleinen und kleinsten Objekten, sollte zumindest einmal jährlich der Energieverbrauch und die damit verbundenen Kosten bekannt sein. Dazu bietet sich an, auf Daten des Energieversorgungsunternehmens (EVU) zurückzugreifen. Vielfach kann das EVU die Daten in elektronischer Form zur Verfügung stellen, sodass eine Weiterbearbeitung mit Hilfe der EDV möglich ist. Weiterhin sollten die Hausmeister die Energieverbräuche der von ihnen betreuten Objekte wöchentlich aufschreiben. Diese Werte können telephonisch abgefragt und mit Hilfe marktgängiger Energiemanagementsoftware weiterverarbeitet werden. Hierbei werden Kennwerte gebildet, also der Verbrauch auf die Fläche bezogen und witterungsbereinigt. In der Regel stehen auch grafische Auswertungsmöglichkeiten zur Verfügung.

Häufig sind die Flächen der Liegenschaften nur grob bekannt, z.B. in Form von Reinigungsflächen. Dies ist zunächst ausreichend, eine genauere Flächenermittlung ist dann sinnvoll, wenn Kennwerte nicht plausibel erscheinen.

Bei großen und problematischen Liegenschaften hat sich eine Überwachung des Energieverbrauchs unterstützt durch Datenfernübertragung bewährt. Hier werden in der Regel Signale von den Verbrauchszählern in den Liegenschaften in einer intelligenten Unterstation integriert und über Modem an den Zentralrechner im Büro des Energiemanagers übertragen.

Die *Betriebsoptimierung* ist der Schlüssel zum wirtschaftlichen Erfolg des Energiemanagements. Einsparungen in der Größenordnung von 10 bis 30% durch optimalen Betrieb der vorhandenen Technik sind gegenüber einem Normalbetrieb ohne besonderes Augenmerk auf eine wirtschaftliche Betriebsweise der Regelfall. Dies gilt im Übrigen gleichermaßen für neue Gebäude! Ein verbreiteter Irrtum ist die Annahme, dass moderne Technik allein bereits zu einem niedrigen Energieverbrauch führt. Leider zeigt sich regelmäßig, dass dies nicht der Fall ist. Gute Technik ist zwar eine notwendige Voraussetzung, reicht aber nicht aus.

Dazu muss der Betrieb optimal den Nutzungszeiten angepasst werden. Öffentliche Liegenschaften haben in der Regel lange Nutzungspausen (nachts, Wochenende, Ferien), in denen der Betrieb drastisch eingeschränkt werden kann. Beispielsweise kann in Schulen die Raumtemperatur in den Ferien problemlos auf 10°C absinken. Bei der Betriebsoptimierung ist eine enge Zusammenarbeit mit dem Betreiber erforderlich, um bei Bedarf kurzfristige Änderungen vornehmen zu können. Nutzermotivation und Schulung zählt zwar ebenfalls zum Bereich Betriebsoptimierung, folgt aber in Bezug auf das Einsparpotenzial deutlich nach der Optimierung von Reglereinstellungen.

Ein unterstützendes Werkzeug ist dabei die regelmäßige Information des Nutzers über den Energieverbrauch seines Gebäudes und die damit verbundenen Kosten. Dies erleich-

tert nicht nur seine Kostenkontrolle – eigene Budgetverantwortung vorausgesetzt –, sondern zeigt auch Auswirkungen von Betriebsoptimierung und Nutzerverhalten.

Vor jeder größeren Baumaßnahme sollte grundsätzlich eine *Energiediagnose* oder für Neubauten *ein Energiekonzept* erstellt werden. Langfristig sollte für jedes größere Objekt ein Energiekonzept vorliegen. Notwendig ist es immer dann, wenn Baumaßnahmen anstehen. Dabei gilt es nicht nur, den Wärmeschutz, die Heizungstechnik oder die Beleuchtung zu prüfen und Alternativen wirtschaftlich zu bewerten, sondern auch die Nutzung erneuerbarer Energien und neuere Technologien wie Kraft-Wärme-Kopplung oder Wärmepumpen zu prüfen. Je nach Randbedingung im Gebäude können diese in kommunalen Liegenschaften durchaus wirtschaftlich eingesetzt werden. Führt eine Wirtschaftlichkeitsprüfung zu einem positiven Ergebnis, ist es auch Aufgabe des Energiebeauftragten, Finanzierungsmöglichkeiten zu prüfen und die Maßnahme durchzusetzen.

Die Einbindung des Energiemanagements führt manchmal zu verbesserter Behaglichkeit durch weniger Zugluft, höhere Oberflächentemperaturen im Winter und angenehmere Raumtemperaturen im Sommer. Oft können Investitionskosten durch einen kleineren Glasflächenanteil und kleinere Lüftungsanlagen gesenkt werden, immer werden jedoch die Folgekosten gesenkt. Dabei ist zu beachten, dass die üblicherweise angesetzte technische Lebensdauer von Anlagen nicht der kommunalen Praxis entspricht. Anlagen werden in der Kommune meist wesentlich länger betrieben als in der VDI angenommen. In der Regel sind also Wirtschaftlichkeitsrechnungen sehr konservativ.

Die *Mitwirkung bei Baumaßnahmen* sollte in einem möglichst frühen Planungsstadium erfolgen. Nur so können die Mehrkosten für energiesparende Zusatzmaßnahmen minimiert werden. Bereits im Architektenwettbewerb sollten entsprechende Anforderungen enthalten sein, die im Rahmen der Vorprüfung, besser noch durch Präsenz im Verfahren als Fachpreisrichter überprüft werden. Ein Gesamtoptimum aus Betriebs- und Investitionskosten über die Lebensdauer wird dabei angestrebt. Folgende Kriterien sollten bei jedem Entwurf überprüft werden:

- *Kompakter Baukörper* mit einem günstigen Verhältnis zwischen wärmeabgebender Hüllfläche und umschlossenem Volumen.
- Keine gefangenen Räume, natürliche *Belichtbarkeit und Belüftbarkeit*.
- Gebäudeorientierung, die eine *passive Solarenergienutzung* ermöglicht. Sinnvolle südorientierte Fensterflächenanteile, Beschränkung nordorientierter Fenster auf Belichtungserfordernis.
- Sinnvolle *Dämmstoffstärken* und Glasqualitäten.
- Art und Auslegung der *Wärmeerzeugung* und -verteilung, Prüfung möglicher Energieverbünde, Wahl des Energieträgers, Prüfung, ob erneuerbare Energien sinnvoll eingesetzt werden können.
- Das Energiemanagement kann teilweise zur Senkung der Investitionskosten beitragen, z.B. wenn durch Verbesserung der Gebäudehülle und Verschattung auf Klimatisierung verzichtet werden kann. Außerdem sollte das Energiemanagement darauf achten, dass Bauteile nicht überdimensioniert werden (Kessel, Pumpen, Beleuchtung..).

*Energiebewirtschaftung, Vertragswesen:* Zu Zeiten der Energiemonopole beschränkte sich das Vertragswesen darauf, innerhalb der vorgegebenen Vertragsstruktur den für die jewei-

lige Liegenschaft günstigsten Vertrag zu finden und ggf. anzupassen. Diese Aufgabe gibt es zwar weiterhin, hat aber nicht mehr den früheren Stellenwert. Nach der Liberalisierung zählen auch Ausschreibung bzw. Verhandlung von Stromlieferverträgen zum Aufgabenspektrum. Ein gemeinsames Vorgehen mit dem Finanzreferat ist dabei erforderlich, die Federführung sollte jedoch bei technisch ausgebildeten Kollegen liegen. Dies liegt daran, dass Stromeinkauf mehr ein technisches als ein kaufmännisches Thema ist. Beim Energieeinkauf sind beispielsweise die folgenden Themenbereiche stark kostenrelevant:

- Blindstromvergütung und -kompensation bei Strom
- HT/NT – Schaltzeiten und deren Auswirkung
- Abschaffung einer Grenzpreisregelungen
- Leistungspreisanteil sowie Gegenmaßnahmen (E-max)
- Abschaltbare Verträge bei Gas und Fernwärme

Nach Möglichkeit sollten alle Energierechnungen daraufhin überprüft werden, ob die Konditionen dem aktuellen Energieliefervertrag entsprechen. Eine zusätzliche Plausibilitätsprüfung ist sinnvoll, um beispielsweise Abnahmestellen mit einer mehr als 20-prozentigen Verbrauchszunahme zu finden. Hier bietet sich eine EDV-Unterstützung an.

*Richtlinien, Standards und Regelwerke* sind selten beliebt, aber fast immer erforderlich, damit für alle Betroffenen dieselben Randbedingungen gelten und eine wirtschaftliche Optimierung sichergestellt wird. Vom Deutschen Städtetag wurde in der Reihe „Hinweise zum kommunalen Energiemanagement“<sup>2</sup> eine Energieleitlinie veröffentlicht, die als Grundlage für ein auf die eigenen Rahmenbedingungen angepasstes Regelwerk dienen soll. In der Ausgabe 11 zum Betrieb sind beispielsweise Prüfungen vor und nach der Heizperiode aufgeführt, ebenso mögliche Ursachen für unzureichende Temperaturen. Zu Temperatursollwerten liegt eine eigene Veröffentlichung vor. Die Betriebshinweise enthalten weiterhin Regeln zum Betrieb von Lüftungsanlagen und zur Verbrauchserfassung. Die Planungshinweise enthalten die Empfehlung, Neubauten grundsätzlich 20% besser zu bauen als die Energieeinsparverordnung dies vorgibt. Einige Städte haben dies bereits verbindlich eingeführt. Hier werden Tageslichtquotienten und Reflexionsfaktoren ebenso angesprochen wie die Rückwärmzahl von Lüftungsanlagen oder die installierte Leistung von Beleuchtungsanlagen. In einer eigenen Ausgabe zum Thema „Zuständigkeiten“ werden wichtige stadtinterne Regeln angesprochen: Das Energiemanagement wirkt bei allen Vorlagen mit, bei denen der Energieverbrauch beeinflusst wird. Das Energiemanagement hat ein Weisungsrecht! Das Energiemanagement erfasst Verbrauchsdaten und fertigt den Energiebericht der Kommune.

Es empfiehlt sich sehr, die Energieleitlinien von den politischen Organen diskutieren und beschließen zu lassen, damit das Regelwerk ein angemessenes Gewicht erhält.

*Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit* sind für die technisch ausgebildeten Personen, die in der Regel Energiemanagement betreiben, ein eher ungeliebtes Thema. Die Leistungen des Energiemanagements müssen aber bemerkt werden, vor allem bei den Entscheidungsträgern. „Tue Gutes und rede darüber“ ist ein Grundsatz, der für die eigene Arbeitsplatzsicherung entscheidend ist. Der Energiebericht eröffnet beispielsweise die Chance, einmal jährlich im Gemeinderat das Thema „Energie“ zu diskutieren. Mit Pressemitteilungen zu Aktivitäten aus dem Energiemanagement macht die Verwaltung deutlich: Wir

---

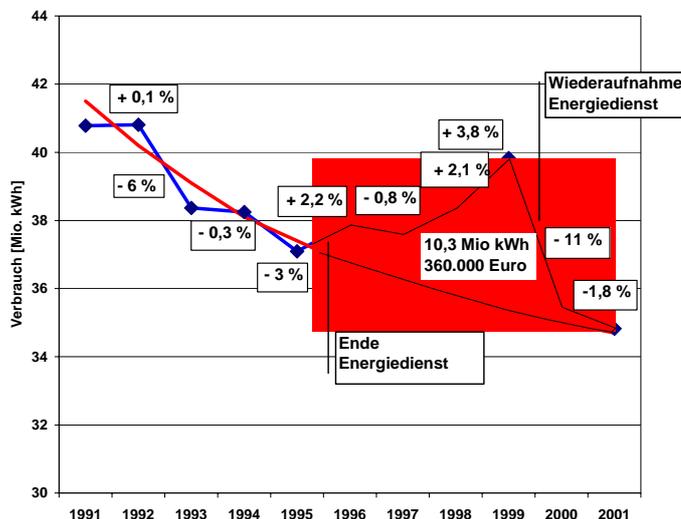
<sup>2</sup> „Hinweise zum kommunalen Energiemanagement“ werden vom Deutschen Städtetag, Lindenallee 13-17, 50968 Köln, herausgegeben.

tun was! Damit wird die Verwaltung ihrer Vorbildrolle gerecht. Denkbare Themen sind ein Bericht über einen guten Hausmeister oder über eine überdurchschnittlich gute Sanierung oder Neubau. Gemeinderatsvorlagen zu energierelevanten Fragen - beispielsweise der Beschluss von Energieleitlinien - führt dazu, dass sich das Energiemanagement im Gemeinderat einen Namen macht. Spätestens bei der nächsten Haushaltskonsolidierung wird sich dies auszahlen. Klappern gehört zum Handwerk!

Die Summe der hier dargestellten Aufgaben ermöglicht den Erfolg, der in vielen Städten nachweisbar ist. Nur wenn die positiven Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Teilaufgaben genutzt werden können, wird das erwartete Einsparergebnis zu erzielen sein. Anders herum: die Summe der Teilaufgaben ist für wirtschaftliches Arbeiten erforderlich. Organisatorische Voraussetzung ist, dass Energiemanagement zentral betrieben wird.

Um die Notwendigkeit einer dauerhaften Betreuung der Liegenschaften zu unterstreichen, sei auf ein unfreiwilliges Experiment in Stuttgart verwiesen. Im Jahr 1996 konnte ein ausscheidender Mitarbeiter als Folge der Haushaltskonsolidierung nicht ersetzt werden. Die 65 Liegenschaften, die von ihm betreut wurden, konnten nicht sinnvoll auf die verbleibenden Kollegen verteilt werden; die Betreuung unterblieb. Erst im Jahr 2000 konnte durch eine neu geschaffene Stelle die Betreuung wieder aufgenommen werden. Die folgende Abbildung 3 zeigt die Auswirkung der fehlenden Betreuung auf den Energieverbrauch dieser Liegenschaften. Im Laufe der vier Jahre entstand für die Stadt ein zusätzlicher Energieverbrauch von 10,3 Mio. kWh Heizenergie verbunden mit Kosten von 360.000 Euro. Die zusätzlichen Energiekosten waren damit deutlich höher, als die eingesparten Personalkosten. Energiemanagement ist also eine Daueraufgabe.

Abbildung 3: Auswirkung eines unterbrochenen Energiemanagements



Teilweise sehr unsachliche und interessenorientierte Diskussionen werden über das Thema *Finanzierung von Energiesparmaßnahmen* geführt. Wir sind der Auffassung, dass das Energiemanagement auch hier zur Versachlichung beitragen kann. In der Ausgabe 13 der Hinweise zum kommunalen Energiemanagement werden alle denkbaren Finanzierungsformen verglichen und bewertet. Ziel ist es, bei jedem Projekt, die für die Stadt wirtschaftlichste Lösung zu finden. Dies ist in den Gemeindeordnungen der Länder auch so vorge-

schrieben. Die hierfür notwendige Vergleichsrechnung kann fachkompetent vom Energiemanagement durchgeführt werden.

Die wirtschaftlichste Lösung kann in einem Fall ein Contractingmodell sein, im anderen eine klassische Finanzierung im Haushalt oder ein Intractingmodell. Wichtig ist, dass das Energiemanagement dafür sorgt, dass alle Aspekte in die Bewertung mit einfließen. Dies sind beispielsweise:

- Ein Wärmeliefercontracting darf nicht dazu führen, dass das wirtschaftliche Handeln der Kommune behindert wird. Der Einbau neuer Fenster oder die Dämmung der obersten Geschossdecke muss auch weiterhin für die Kommune zu Energiekosteneinsparungen führen. Der Nutzen aus diesen Maßnahmen darf also nicht dem Vertragspartner zufließen.
- Die Preisbestimmungen müssen so gefasst sein, dass keine Einschränkung des Betriebes auftritt.
- Sind die in einer Vergleichsrechnung enthaltenen theoretischen Personalkosteneinsparungen auch in der Praxis realisierbar?
- Welcher Personalaufwand (und damit Kosten) entsteht in der Verwaltung für Ausschreibung und Überwachung des Contractingvertrages über die gesamte Laufzeit?
- Wie ist der Umgang mit Nutzungsänderungen geregelt? Passagen wie: *„die Vertragspartner werden sich auf eine gemeinsame Lösung verständigen“* sind wenig hilfreich.



*Franzjosef Schafhausen*

## **Umwelt- bzw. Klimaschutz und Regulierung**

„Der Wettbewerb bei Strom und Gas stößt trotz der Marktöffnung an Grenzen, die insbesondere durch die leitungsgebundene Versorgung bedingt sind. Sie (die staatliche Regulierung, d.Verf.) soll einen diskriminierungsfreien Netzzugang für alle Marktteilnehmer als Voraussetzung für den Wettbewerb sicherstellen und zugleich ein hohes Maß an Versorgungssicherheit gewährleisten.“ (Monitoringbericht des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit BMWA, Berlin 1.9.2003, Seite 3).

### **Schaffung von Wettbewerb in der Energiewirtschaft und im Umweltschutz?**

Befragen wir den Monitoringbericht des BMWA vom 1. September 2003:

Textscanner meldet: Der Begriff „Umwelt“ kommt im Monitoringbericht ein einziges Mal vor: Seite 3, Zeile 1, Satz 1 „Vorwort“!

Im Kapitel „Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen“ findet „Umwelt“ explizit nicht statt!

### **Der Konzentrationsprozess läuft!**

Stromversorgung:

Im Jahr 1997: 8 Verbundunternehmen (RWE, VEW, Veba, VIAG, HEW, BEWAG, VEAG) und 1.300 EVU's).

Im Jahr 2003: 4 Verbundunternehmen (RWE, E.ON, Vattenfall, EnBW) und 1.100 EVU's).

Das ist aber noch nicht alles!

Mittlerweile halten die vier Verbundunternehmen Kapitalbeteiligungen von mehr als 10 % an rund 210 regionalen Weiterverteilern und Stadtwerken – die vertikale Konzentration ist noch längst nicht beendet!

**Fazit:** Die vier Verbundunternehmen vereinen 80 % der inländischen Stromerzeugung und der Kraftwerksleistung auf sich.

### **Ausgangslage: Das umweltpolitische Anforderungsprofil**

- Traditioneller Umweltschutz (Immissionsschutz, Gewässerschutz, Abfallwirtschaft, kerntechnische Sicherheit): mehr als 90 % der ubiquitären Schadstoffe sind energiebedingt.
- Ressourcenschonung (rationeller und sparsamer Energieverbrauch, Substitution von endlichen Ressourcen durch erneuerbare Substanzen): in einem Jahr verbraucht derzeit die Menschheit fossile Brennstoffe in einem Umfang zu deren Aufbau 500.000 Jahre erforderlich waren ⇒ unter den Gesichtspunkten „nachhaltige Entwicklung“ und „Generationengerechtigkeit“ ist diese Substanzverschwendung nicht akzeptabel.

- Globaler Klimaschutz (energiebedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen machen in Deutschland mehr als 97 % der vom Menschen verursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen aus): In Deutschland verursachen vier EVU's die Hälfte der CO<sub>2</sub>-Emissionen, die von der EU-Emissionshandelsrichtlinie erfasst werden.

### **Warum ist Wettbewerb aus umweltpolitischer Sicht wichtig?**

- Wettbewerb führt zu niedrigeren Preisen! Umweltpolitisch erwünscht?
- Wettbewerb führt zu neuen Produkten und Dienstleistungen! Umweltpolitisch erwünscht?
- Wettbewerb versucht neue Bedürfnisse zu wecken! Umweltpolitisch erwünscht?

### **Warum ist Wettbewerb aus umweltpolitischer Sicht dennoch wichtig?**

- Umwelt- und Klimaschutzpolitisches Anliegen: Änderung der tradierten Energieträgerstrukturen!
- Umwelt- und Klimaschutzpolitisches Anliegen: Stärkung dezentraler Strukturen!
- Umwelt- und Klimaschutzpolitisches Anliegen: Stärkere Berücksichtigung nachfrageorientierter Maßnahmen!
- Umwelt- und Klimaschutzpolitisches Anliegen: Beschleunigte Marktdurchdringung von alternativen Energieformen und effizienten Technologien!
- Deshalb: Alternativen Energieformen darf der Zugang zum Markt nicht versperrt sein! Wettbewerb öffnet die Türen!
- Deshalb: Neue Produkte und Dienstleistungen sowie innovatives Angebot bekannter Produkte und Dienstleistungen in neuer Kombination führt nicht nur zu neuen Angebotsstrukturen, sondern gibt auch Impulse zur Entwicklung und Umsetzung nachfrageorientierter Maßnahmen.
- Wettbewerb führt zu mehr Marktvielfalt und zu Produktdifferenzierungen!
- Neue Marktteilnehmer beleben das Geschäft. Wettbewerb lockt „New comer“ und erhöht die Vielfalt.
- Markt schafft aber die Voraussetzungen für die Berücksichtigung von umweltpolitischen Anliegen nicht automatisch.
- Deshalb: Schaffen von Wettbewerb und Setzen der richtigen Rahmenbedingungen. Umweltpolitische Flankierung der Liberalisierung durch Schaffen von „fairen“ Preisen – Preise müssen die „umweltpolitische Wahrheit“ sprechen (Internalisierung der externen Kosten)!!
- Schaffen der „richtigen“ Investitionsbedingungen.
- Deshalb: Das Spiel der Kräfte führt auch zur Verstärkung von ökologischen Angeboten und bringt neue Anbieter auf den Markt.

### Technische Ansatzpunkte

- Rationeller und sparsamer Energieeinsatz ⇒ Ziel: Ein besseres Gleichgewicht zwischen angebots- und nachfrageorientierten Maßnahmen ⇒ Eine ausgewogenere Mischung zwischen zentraler und dezentraler Energieumwandlung.
- Brennstoff- und Technologiesubstitution ⇒ Ziel: Substitution fossiler und nuklearer Brennstoffe gegen erneuerbare Energieträger ⇒ Zentrale Großtechnologien gegen dezentrale Lösungen.

### Ziele der Energiemarktregulierung

- Schaffung von Wettbewerb in den Bereichen Umwandlung / Erzeugung und Vertrieb von leitungsgebundenen Energien.
- Verbraucherschutz (Versorgungssicherheit, Qualitätssicherung, Schutz vor Monopolpreisen, Verhinderung von Quersubventionierung, Herstellen von Transparenz und Rechtssicherheit).
- Vielfalt der Marktteilnehmer (Sicherstellen einer „kritischen Masse“ von Akteuren – Verhindern einer „Schlafmützen-Konkurrenz“ zugunsten eines Innovationswettbewerbs).
- Umwelt und Klimaschutz (Schaffung umweltfreundlicher Angebote, Gleichwertigkeit nachfragebezogener Maßnahmen, Sicherung eines fairen Marktzugangs für dezentrale Stromerzeugung, Gestaltung „fairer Preise“ durch Internalisierung externer Effekte).

### Absichten von Zielen

- Schrittweise Verbesserung der Position von Anbietern „ökologischer“ Produkte und Dienstleistung in Richtung eines ausgewogeneren Macht- und Marktgleichgewichts („level playing field“).
- Abbau bestehender Diskriminierung und ex ante Verhinderung neuer Diskriminierungstatbestände.
- Konsequente Förderung umweltverträglicher Produkte und Dienstleistungen.

### BMU/BMWA/Regierungskoalitionen: Eckpunktepapier vom März 2003 (abgeleitet aus der EU-Beschleunigungsrichtlinie)

#### Aufgaben der Wettbewerbsbehörde:

- Sicherstellen von Nichtdiskriminierung und Wettbewerb durch ex-ante- und ex-post-Maßnahmen.
- Netzzugang (weiter untergliedert in der nachfolgenden Auflistung).
- Monitoring und Gewährleistung einer ausreichenden Entflechtung der Betreiber von Übertragungs- und Verteilernetzen sowie der Rechnungslegung.
- Gewährleistung eines reibungslosen Versorgerwechsels.

- Streitbeilegung bei Beschwerden gegen Netzbetreiber im Zusammenhang mit Netzzugangsfragen nach EnWG und GWB (Schlichter).
- Gewährleistung der Transparenz von Marktdaten.

### **Netzzugang:**

- Konkrete Festlegung von Bedingungen für Netzanschluss und Netznutzung sowie Ausgleichs- und Systemleistungen.
- Festlegung von Methoden zur Berechnung von Tarifen für Netzanschluss und -nutzung. Dabei werden die fortentwickelten Vorschläge der Verbände angemessen berücksichtigt.
- Gewährleistung angemessener Information durch Netzbetreiber, u.a. über Netznutzungsmöglichkeiten; Netzzugangsentgelte und Durchleitungskapazitäten.
- Kontrolle hinsichtlich staatenübergreifender Verbindungsfragen entsprechend der anstehenden EU-Verordnung.

### **Umweltpolitische Anliegen**

- Ausbau der nachfragebezogenen Maßnahmen („Demand-Side-Management“).
- Stärkere Konzentration der angebotsbezogenen Maßnahmen auf umweltverträglichere Technologien wie Kraft-Wärme-Kopplung, erneuerbare Energien, Brennstoffzellen, GuD-Kraftwerke.
- Stärkung dezentraler Versorgungsstrukturen.
- Unterstützung der Umsetzung umwelt- und klimaschutzpolitisch getroffener Entscheidungen (EEG, KWKModG/KWK-Vereinbarung, CO<sub>2</sub>-Emissionshandel).

### **Einige Beispiele für umweltpolitische Fehlentwicklungen**

- Unbefriedigender Ausbau der KWK u.a. durch zu geringe marktorientierte Vergütungskomponente (Berücksichtigung von vermiedenen Netzkosten und vermiedenen Netzverlusten).
- Behinderung der Einspeisung von Strom aus Erneuerbaren Energien .
- Systematische Behinderung des Einsatzes von GuD-Kraftwerken in der öffentlichen Stromversorgung.
- Behinderung des Wechsels des Stromlieferanten.
- Intransparente und teilweise bewusst falsche Kennzeichnung von Strom – Nicht überall, wo „öko“ draufsteht ist auch „öko“ drin!“
- Be- bzw. Verhinderung von Durchleitungen.
- Behinderung der Einspeisung von Biogas in Erdgaspipelines.
- Behinderung des primärenergetischen Maßstabs im Rahmen der EnEV.

### *Beispiele zu lösender Fragen*

- Regulierung der Netznutzungsentgelte<sup>1</sup>.
- Regulierung der Netzanschlussgebühren mit dem Ziel, der dezentralen Stromerzeugung einen fairen Marktzutritt zu verschaffen<sup>1</sup>.
- Liberalisierung des Mess- und Zähler(un)wesens.
- Aufsicht über die Wettbewerbsbehörde (BMWA? BMU? BMVEL?).
- Beteiligung der Länder und anderer Stakeholder.

### **„Faire Preise“**

- Internalisierung externer Effekte (kein Kahlschlag der genutzten Instrumentenpalette aufgrund der Einführung des EU-weiten Emissionshandels – Ökologische Steuerreform, KWKModG, EEG haben zumindest teilweise andere Zielfunktionen – vielmehr Abstimmung des eingesetzten Instrumentariums).
- Nicht diskriminierende Bedingungen für die Netznutzung sowohl im tarifären wie nicht-tarifären Bereich.
- Objektive und transparente Ermittlung des energiewirtschaftlichen Wertes dezentraler Stromerzeugung (vermiedene Netzkosten, vermiedene Netzverluste).
- Zugang zu marktrelevanten Informationen (Herstellung von Markttransparenz).
- Verhinderung der unberechtigten Zurechnung von Kosten (z.B. Netzverstärkungskosten).
- Verhinderung von mehrfach „eingepreisten“ Kosten (z.B. doppelte Berücksichtigung von Netzverstärkungs- und Re-Investitionskosten über Abschreibungen und zusätzlich über laufende Kosten).
- Verwendung einer ausgewogenen Anpassungsformel/Kalkulation für die Berücksichtigung politisch vorgegebener Maßnahmen.
- Kontrolle nicht gerechtfertigter Berücksichtigung von Opportunitätskosten (Berücksichtigung von Zertifikatspreisen bei der Strompreisgestaltung trotz „grandfathering“).

### **Spannungsfelder bei der Umsetzung**

- Unabhängigkeit der Wettbewerbsbehörde ⇔ demokratische Kontrolle.
- Wirksame Kontrolle durch die Behörde ⇔ zügige Umsetzung von Entscheidungen.
- Transparente Information gegenüber der Öffentlichkeit und der Behörde.
- ⇔ Wahrung von Geschäfts- und Betriebsgeheimnissen.
- Rechtssicherheit durch strikte Vorgaben ⇔ Flexibilität – Suchprozesse.

---

<sup>1</sup> Österreich gliedert hier auf in Netzzutritts-, Netzbereitstellungs-, Netznutzungs-, Netzverlust-, Systemdienstleistungsentgelt (hierzu zählen: Kosten für die Spannungs- und Frequenzhaltung, Blindstromkompensation, Bereitstellung von Regel- und Ausgleichsenergie, Bereitstellung von Reserveleistung) und Entgelte für Messleistungen

- Erhaltung der Unternehmenssubstanz  $\Leftrightarrow$  Schutz vor Marktmissbrauch.
- Aufrechterhalten von Versorgungssicherheit und -qualität  $\Leftrightarrow$  Kostensenkung.
- Bürokratische Organisation  $\Leftrightarrow$  „schlanke“ Behörde.

### **Learning by doing**

- Warnung vor zu rigiden Strukturen – das Marktgeschehen lässt sich nicht verordnen!
- Spielräume müssen bleiben – Setzen auf einen Such-, Lern- und Anpassungsprozess – eine „Entdeckungsverfahren“ muss die Gratwanderung zwischen zwei diametral unterschiedlichen Philosophien wie „Markt“ und „Regulierung“ versuchen.
- Anknüpfen an bestehenden institutionellen Strukturen (RegPT) oder Aufbau neuer Institutionen?
- Zusammenspiel zwischen Bundeskartellamt (ex post) und Wettbewerbsbehörde (ex ante)?

# **Vertragsgestaltung und Finanzierung**



*Peter Schröder*

## **Rahmenverträge, Elektrische Energie, Fernwärme, Medienvertrag**

### **1. Warum werden Rahmenverträge abgeschlossen?**

In jeder Kommune gibt es eine Vielzahl von Einzelverträgen über die Versorgung der Einrichtungen mit Heizenergie, elektrischer Energie, Trinkwasser und sonstiger Medien. Diese Einzelverträge sind an die Erfordernisse der jeweiligen Einrichtung angepasst und optimiert worden.

Übergreifend können Rahmenverträge über diese Einzelverträge gestaltet werden. Die Rahmenverträge bzw. -vereinbarungen stellen grundsätzliche, für alle untergeordneten Einzelverträge, gültige Sonderkonditionen dar.

In den Rahmenverträgen werden in der Regel die Inhalte der Einzelverträge nicht verändert. Dies muss aber nicht unbedingt immer der Fall sein.

Der Vorteil der Rahmenverträge liegt für die Kommune u.a. in folgenden Punkten:

- Reduzierung der Bewirtschaftungskosten (Rabattsystem);
- Kalkulierbarkeit der Bewirtschaftungskosten auf Jahre hinaus;
- Neustrukturierung der Einzelverträge.

Im Gegenzug hat das Energieversorgungsunternehmen die Vorteile:

- Längerfristige Vertragsbindung;
- Zunahme der angeschlossenen Einrichtungen.

### **2. Rahmenverträge**

#### **2.1 Rahmenvertrag über die Versorgung mit elektrischer Energie**

Im Zuge der Liberalisierung des Strommarktes im Jahr 1999 wurden auch in der Stadt Bremerhaven Überlegungen angestellt, die Bewirtschaftungskosten für elektrische Energie durch neue Vertragsstrukturen zu senken. Im Gegensatz zu anderen Kommunen wurde in der Stadt Bremerhaven auf eine Ausschreibung der Stromversorgung verzichtet.

Im Jahr 2000 wurde mit dem örtlichen Energieversorgungsunternehmen ein Rahmenvertrag über die Versorgung der städtischen Einrichtungen mit elektrischer Energie abgeschlossen.

Wesentliche Inhalte dieser Vereinbarung sind:

- Die bestehenden Einzelverträge bleiben unberührt.
- Für die bezogene elektrische Energie wird halbjährlich pauschal ein Rabatt gezahlt.
- Die Zahlungen des Rabattes erfolgen unabhängig vom Energieverbrauch.
- Über eine Preisänderungsklausel wird jährlich die Höhe der Rabattzahlungen neu festgelegt.

- Über eine Öffnungsklausel können Einrichtungen in das Vertragswerk aufgenommen bzw. gestrichen werden.
- Klare Definition der möglichen Teilnehmer an dem Vertragswerk.
- Die Vertragslaufzeit ist auf 3 Jahre festgelegt. Es ist aber eine automatische Vertragsverlängerung vorgesehen.

Als Nachteil dieses Rahmenvertrages muss aufgeführt werden, dass das eingereichte Angebot des Energieversorgungsunternehmens schwer zu prüfen ist.

Ein Vergleich mit den Ergebnissen anderer Städte scheitert meistens an:

- der sehr unterschiedlichen Struktur der Rahmenverträge bzw. Ausschreibungen;
- der unterschiedlichen Größe der Städte und somit der versorgten Einrichtungen.

## 2.2 Rahmenvertrag über die Versorgung mit Fernwärme

Wie auch schon bei der elektrischen Energie, so wird auch bei der Versorgung der städtischen Einrichtungen mit Fernwärme eine Vielzahl von verschiedenen Einzelverträgen mit dem Energieversorgungsunternehmen abgeschlossen.

Diese Einzelverträge bestehen in der Regel aus den beiden Teilen:

- Leistungspreis;
- Arbeitspreis.

Der Leistungspreis ist in der Regel auf Jahre hinaus stabil, während sich der Preis für die Arbeit Quartalsweise ändern kann. Diese Preisschwankungen beruhen auf der Ölpreisklausel.

In der Stadt Bremerhaven werden nahezu 70 % der öffentlichen Einrichtungen mit Fernwärme zu Heizzwecken versorgt. Die Fernwärme wird fast ausschließlich in einem Müllheizkraftwerk erzeugt.

Im Zuge des ersten Golfkrieges kam es im Jahr 1999/2000 zu einem deutlichen Anstieg des Arbeitspreises für Fernwärme. Innerhalb kürzester Zeit hat sich der Arbeitspreis nahezu verdoppelt.

Derartige Preisschwankungen lassen sich in keiner Weise vorhersehen bzw. in die Kalkulation der angesetzten Haushaltsmittel einberechnen.

Ferner beträgt über das Jahr gesehen, der Anteil der Leistungskosten (Fixkosten) ca. 50 %. Maßnahmen zur Reduzierung des Verbrauchs wirken sich daher nur halb auf die Bewirtschaftungskosten aus.

Alle oben genannten Faktoren haben es für die Stadt Bremerhaven notwendig gemacht, grundlegende Veränderungen des Vertragswerkes „Fernwärme“ zu veranlassen. Als Ergebnis dieser Veränderungen hat sich der Rahmenvertrag „Fernwärmeversorgung“ ergeben.

Dieser Rahmenvertrag umfasst folgende wesentliche Inhalte:

- Festlegung einer Ober- und Untergrenze des zu zahlenden Arbeitspreises;
- Gewährung eines prozentualen Rabattes auf die Rechnungen;
- lange Laufzeit (15 Jahre);
- Öffnungsklausel;
- Loyalitätsklausel.

Zusätzlich wurden die Vertragsinhalte der Einzelverträge für Fernwärme geändert. Die Kosten des spezifischen Leistungspreises wurden gesenkt. Parallel dazu wurde der Arbeitspreis angehoben. Durch diese Maßnahme hat sich der prozentuale Anteil des Arbeitspreises erhöht. Investitionen in energiesparende Maßnahmen wirken sich deutlicher durch eine Reduzierung der Bewirtschaftungskosten aus.

Die aktuellen Arbeitspreise liegen ab diesem Quartal über der Höchstgrenze des Rahmenvertrages. Die Kosten für die Fernwärme haben sich folglich reduziert.

### 2.3 Medien-Rahmenvertrag

Neben den Vertragswerken für elektrische Energie und Fernwärme wurden in der Stadt Bremerhaven noch verschiedene andere Vertragswerke für die Versorgung der öffentlichen Einrichtungen mit dem Energieversorgungsunternehmen abgeschlossen.

Im Einzelnen handelt es sich um folgende Vertrags- und Tarifwerke:

- Versorgung mit Trinkwasser (Tarife);
- Versorgung mit elektrischer Energie;
- Versorgung mit Fernwärme;
- Versorgung mit Erdgas (Tarife und Sonderverträge);
- Straßenbeleuchtung;
- Verkehrsbeleuchtung;
- Telekommunikation;
- Versorgung von Sonderbauten:
  - ▲ Krankenhäuser;
  - ▲ Pumpwerke;
  - ▲ Kläranlagen;
  - ▲ etc..

Im Medienvertrag sollen alle Einzel- und Rahmenverträge zusammengefasst werden. Auf die gezahlten Rechnungssummen wird ein Rabatt gewährt. Im Gegenzug verpflichtet sich die Stadt, mit dem Energieversorgungsunternehmen eine längerfristige Vertragsbindung einzugehen.

Leider ist die Umsetzung der Ideen eines Medienvertrages unter anderem an der Tarif- und Vertragsstruktur der oben angeführten sonstigen Versorgungsmedien gescheitert.

In der Stadt Bremerhaven werden die mit Erdgas versorgten Einrichtungen fast ausschließlich über Tarife abgerechnet. Gleiches gilt für die Trinkwasserversorgung. Auf Tarifabrechnungen wird für öffentliche Einrichtungen ein Rabatt gewährt.

Nach dem Rabattgesetz ist eine doppelte Rabattierung unzulässig.

Zusätzlich wurde bereits für verschiedene Medien ein gesonderter Rahmenvertrag abgeschlossen bzw. wird die Versorgung zwischenzeitlich von einem anderen Versorger vorgenommen.

Grundsätzlich sollte aber in jedem Fall geprüft werden, inwieweit die Umsetzung eines Medienvertrages für die jeweilige Kommune sinnvoll und lukrativ ist.

### 3. Grundlegende Inhalte von Rahmenverträgen

Ein Rahmenvertrag bezieht sich immer auf ein Medium bzw. auf die Summe aller Medien. In jedem Fall ist ein möglichst kurzer Vertragstext mit allen notwendigen Informationen vorzusehen.

Beim Abschluss eines Rahmenvertrages sollten nachfolgend aufgeführte Einzelpositionen vorhanden sein:

- **Vertragsbeginn**  
Der Vertrag sollte so früh wie möglich beginnen. In manchen Fällen ist auch eine Rückdatierung sinnvoll. Meistens ist hierdurch eine Reduzierung der Bewirtschaftungskosten zu erreichen. Sollte eine Rückdatierung nicht möglich sein, so verhandeln Sie über einen extra rückwirkend gültigen Rabatt.
- **Vertragslaufzeit**  
Es liegt im Ermessen der jeweiligen Kommune, die Laufzeit des Vertrages festzulegen. Die Laufzeit des Rahmenvertrages wirkt sich wesentlich auf die abgeschlossenen Konditionen aus.  
  
In jedem Fall sollte der Vertrag eine automatische Verlängerung erhalten. Durch diese Textpassage kann der Vertrag unbefristet weitergeführt werden.  
  
Nach den meisten gültigen Landeshaushaltsgesetzen können Vertragswerke dann verlängert werden, wenn keine wesentlichen Vertragsveränderungen vorgenommen worden sind. Dies ist im Einzelfall zu prüfen.
- **Vertragskonditionen**  
Die Vertragskonditionen sollten möglichst kurz und präzise beschrieben werden. Zu vermeiden sind in jedem Fall unnötige Textpassagen.
- **Präambel**  
In der Präambel zum Rahmenvertrag wird die Zusammenarbeit zwischen der Kommune und dem Versorgungsunternehmen besonders hervorgehoben.
- **Öffnungsklausel**  
Die Öffnungsklausel erlaubt die Aufnahme neuer Einrichtungen in das Vertragswerk bzw. die Auslösung von Einrichtungen aus dem Vertragswerk.

- Loyalitätsklausel  
Die Hintertür des Vertrages: Sollte ein Vertragspartner nicht mehr in der Lage sein, die Bedingungen des Vertrages, z. B. aus wirtschaftlichen Gründen, zu erfüllen, so können über diesen Paragraphen Nachverhandlungen durchgeführt werden.

#### **4. Welche Nachteile beinhalten Rahmenverträge?**

Rahmenverträge weisen sich im Wesentlichen durch ihre lange Laufzeit aus. Es ist vor Unterzeichnung des Vertragswerkes zu prüfen, inwieweit die Kommune bereit ist, sich an die vorgegebenen Laufzeiten zu binden.

Allerdings gibt es in den seltensten Fällen die Möglichkeit, den Energieversorger wirklich frei zu wählen. Aus diesem Grund wird auch in der Zukunft die Versorgung der städtischen Einrichtungen mit Energie und Trinkwasser von einem örtlichen Energieversorgungsunternehmen durchgeführt werden. Dies hat den weiteren, nicht zu unterschätzenden Vorteil der schnellen Erreichbarkeit von Ansprechpartnern.

Als eine besondere Schwierigkeit erweist sich die Erbringung eines Nachweises zu den angebotenen Vertragskonditionen. In diesem Fall ist es ratsam, mit anderen Kommunen einen Erfahrungs- und wenn möglich einen Preisaustausch vorzunehmen.

Christian Gleim

## Chancen und Probleme der Finanzierung kommunaler Energieinvestitionen<sup>1</sup>

### 1. Warum ist Finanzierung ein Problem?

#### 1.1 Kapitalbedarf wegen Sanierungsstau

Viele Kommunen haben in der Vergangenheit Sanierungs- und Modernisierungsmaßnahmen zugunsten anderer als wichtiger erachteter Vorhaben zurückgestellt. Hier macht es sich bemerkbar, dass in der kameralistischen Haushaltsführung im Gegensatz zum kaufmännischen Rechnungswesen in der Regel Aufwendungen für Abschreibung nicht zu berücksichtigen sind und keine Rückstellungen für zu erwartende Aufwendungen vorgenommen werden müssen. Dies hat nun vielerorts zu einem „Sanierungsstau“ geführt. Das bedeutet, dass viele Gebäude in einem Zustand sind, der Sanierungs- und Unterhaltungsmaßnahmen unaufschiebbar macht, um sie über ihre Restnutzungsdauer erhalten zu können. Daher bestehen vielfältige Überlegungen, wie intelligente Finanzierungsformen das Finanzierungsproblem mildern können.

#### 1.2 Begrenzung der Kreditaufnahme bei defizitärem kommunalen Haushalt durch die Finanzaufsicht

Kommunen müssen nach den jeweiligen Gemeindeordnungen grundsätzlich einen ausgeglichenen Verwaltungshaushalt vorlegen. Haushaltsdefizite im Verwaltungshaushalt durch Verschuldung auszugleichen ist nicht zulässig. Die Schuldenaufnahme im Vermögenshaushalt ist nur beschränkt möglich. Wird gegen diese Regeln verstoßen, verlangt die Finanzaufsicht Haushaltssicherungskonzepte, mit denen der kurz- bis mittelfristige Ausgleich des Haushalts sichergestellt werden soll. Ist dies nicht möglich, droht die Zwangsbewirtschaftung durch die Finanzaufsicht und damit das Ende der kommunalen Selbstverwaltung. Um es nicht so weit kommen zu lassen, genehmigt die Finanzaufsicht nur ein beschränktes Kreditvolumen. Ausgenommen sind so genannte rentierliche Kredite, deren Refinanzierung sichergestellt ist. In der Regel sind dies Kredite für Investitionen in gebührenfinanzierte Aufgaben wie Stadtentwässerung und Abfallwirtschaft. Für die Finanzierung von Energieeinsparinvestitionen wird die Rentierlichkeit leider häufig nicht anerkannt, auch wenn die erzielbaren Einsparungen den Kredit refinanzieren würden.

Da es nur begrenzte Möglichkeiten der Kreditfinanzierung gibt, unterbleiben häufig aufgrund der Konkurrenz zu anderen Investitionen, z.B. für Betriebssicherheit und -fähigkeit, sinnvolle Energiesparinvestitionen.

---

<sup>1</sup> Dieser Beitrag ist eine gekürzte Fassung der Ausgabe 13 der „Hinweise zum kommunalen Energiemanagement“ des Arbeitskreises Energieeinsparung beim Deutschen Städtetag mit dem Titel „Bewertung verschiedener Finanzierungsformen für Energiesparmaßnahmen“, die von dem Vortragenden federführend unter Beteiligung von Bernd Wiese, Freiburg, Dr. Anett Fischer, Berlin und Dr. Volker Kienzlen, Stuttgart erarbeitet wurde.

## 2. Welche Finanzierungsarten gibt es?

### 2.1 Eigenfinanzierung

#### 2.1.1 Einnahmen der Kommune

Zur Eigenfinanzierung gehören alle Einnahmen einer Gemeinde, die ihr ohne Rückzahlungsverpflichtung zufließen. Minderausgaben wie etwa Energiekosteneinsparungen sind in diesem Sinne von Dritten zugewiesenen Geldern gleichzusetzen.

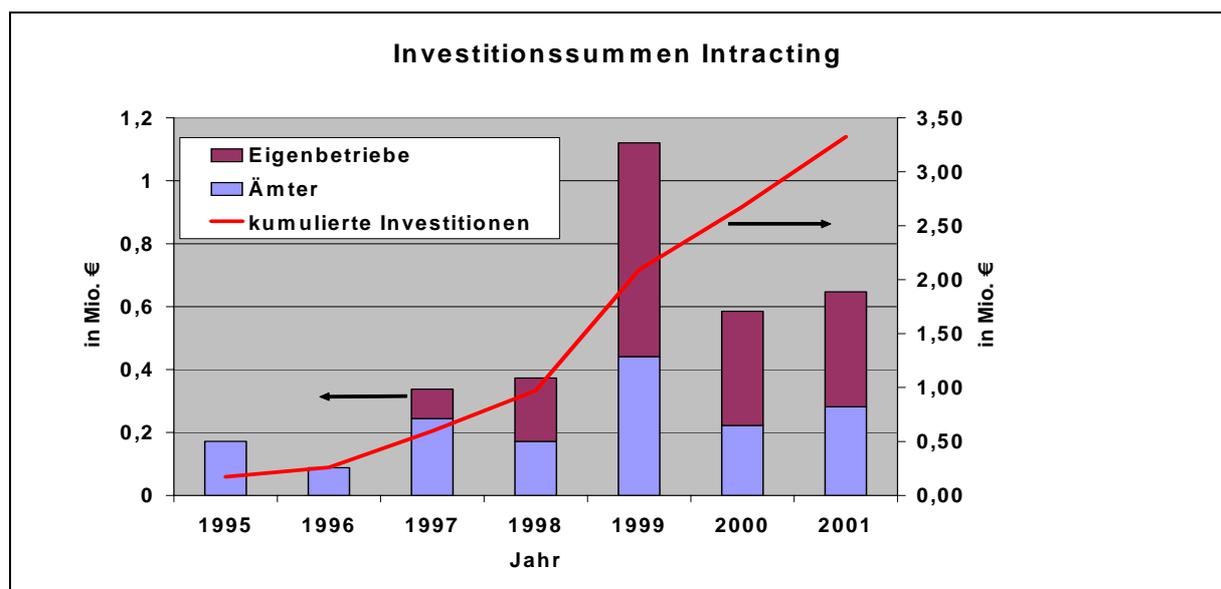
#### 2.1.2 Intracting

Als eine Sonderform der Eigenfinanzierung kann das so genannte „Intracting“ betrachtet werden. Als Contractor tritt hier in der Regel das Energiemanagement auf.

Unter Punkt 1.2 wurde dargestellt, dass Energiesparinvestitionen häufig zugunsten anderer Investitionen zurückgestellt werden. Ein möglicher Ausweg sind Intractingmodelle. Hier werden vermiedene Betriebskosten, die durch Umsetzung einer baulichen oder technischen Maßnahme zu erzielen sind, genutzt, um den getätigten Finanzaufwand verwaltungsintern zu refinanzieren.

Dies kann geschehen, indem als Anschub ein Einsparfonds im Verwaltungshaushalt ausschließlich für die Finanzierung von Einsparmaßnahmen zur Verfügung gestellt wird. Die aus den hiermit realisierten Maßnahmen erzielten Energiekosteneinsparungen fließen in den Fonds zurück. Geht man beispielsweise von einem Kapitalrückfluss von 20 % der Investition aus (statische Amortisationszeit = 5 Jahre), sind im kommenden Jahr nur noch 80 % des ursprünglich bereitgestellten Geldes für neue Maßnahmen erneut im Haushalt darzustellen. Nach fünf Jahren refinanziert sich dieser Fonds vollständig, vorausgesetzt, es werden ausschließlich Maßnahmen mit einer durchschnittlichen Amortisationszeit von fünf Jahren umgesetzt.

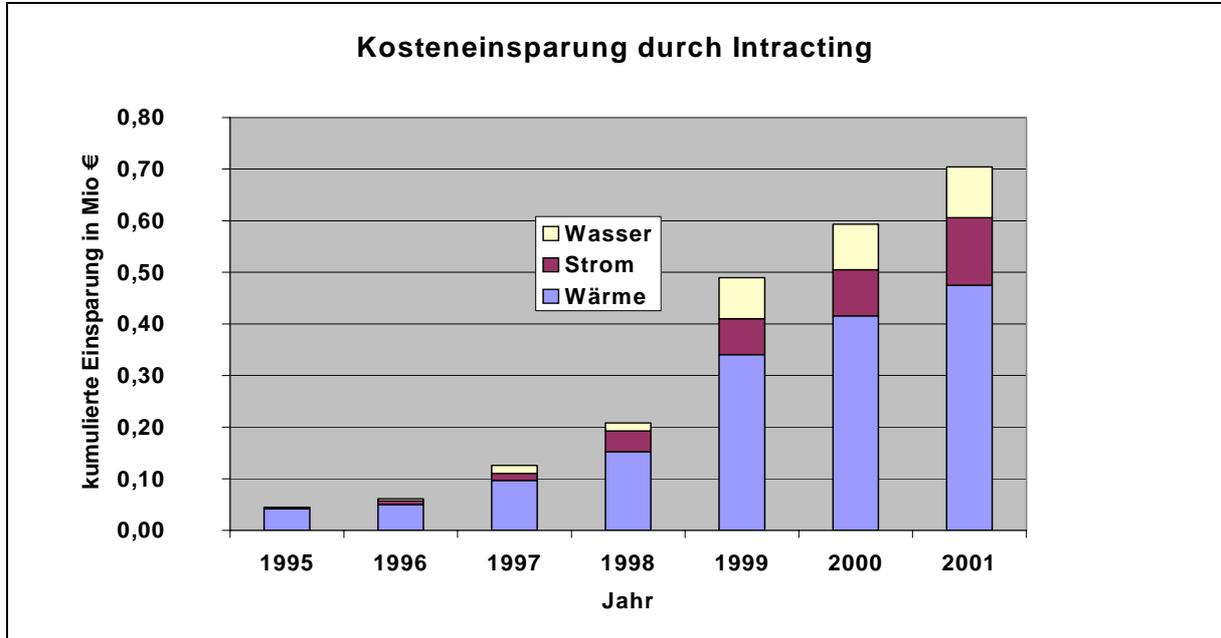
Abbildung 1: Entwicklung der Investitionen für Intractingmaßnahmen (Stadt Stuttgart)



Weitergehende Überlegungen führen dahin, die erzielbaren Energiekosteneinsparungen als Grundlage für die Anerkennung rentierlicher Kredite bei der Finanzaufsicht zu nutzen. Dieses nicht in jedem Bundesland zulässige Modell stellt jedoch eine Form der „Fremdfinanzierung“

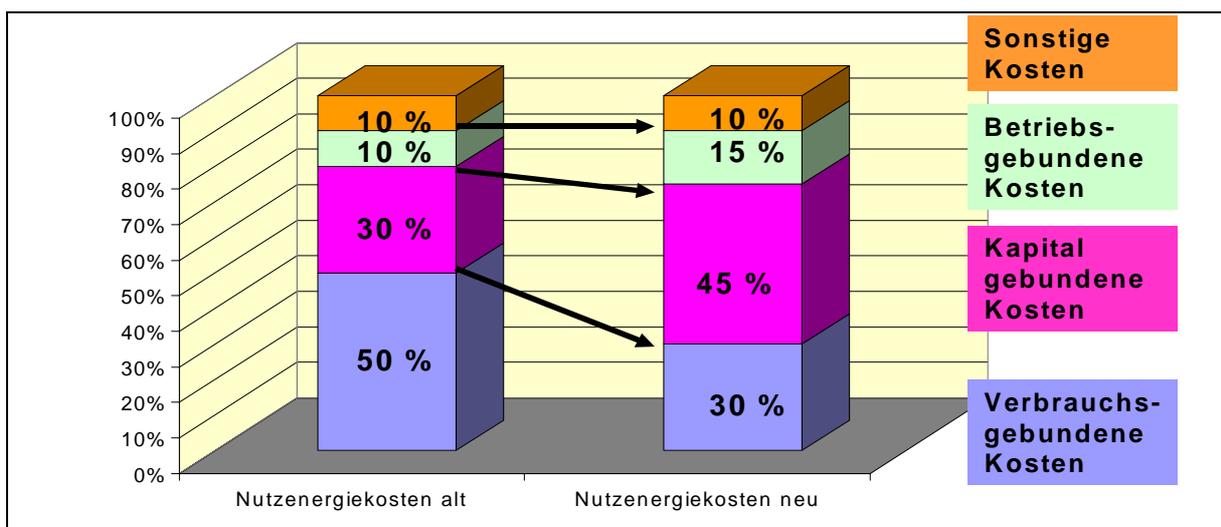
dar, weil somit eine zusätzliche Kreditaufnahme über den genehmigten Kreditrahmen hinaus ermöglicht werden soll. Die erzielten Energieeinsparungen fließen dann in den zusätzlichen Kapitaldienst ein.

Abbildung 2: Energiekosteneinsparungen durch Intracting (Stadt Stuttgart)



Intracting ist eine elegante Form, das vorhandene Geld aus dem Verwaltungshaushalt für verbrauchsgebundene Kosten zur Bedienung kapitalgebundener Kosten umzuschichten (Abbildung 3).

Abbildung 3: Umschichtung verbrauchsgebundener Kosten in kapitalgebundene Kosten als Grundidee der Finanzierung von Energiesparmaßnahmen



Wird das Modell über einen Einsparfonds gewählt, sind allerdings Grenzen für Art und Umfang der umzusetzenden Maßnahmen gesetzt. Zum einen bleibt die Höhe der Anschubfinanzierung durch einen Einsparfonds begrenzt. Zum anderen müssen hohe Anforderungen an die Wirt-

schaftlichkeit der Maßnahmen gestellt werden, um in vertretbaren Zeiträumen den Einsparfonds ausgleichen zu können. Dies führt zu einer Einschränkung hauptsächlich auf Optimierungsmaßnahmen im technischen Bereich und schließt Neu- bzw. Ersatzinvestitionen für Anlagen und Investitionen in den baulichen Wärmeschutz weitgehend aus (Ausnahme: Dämmung oberer nicht begehbare Geschossdecken).

## 2.2 Fremdfinanzierung

Zur Fremdfinanzierung zählen Kredite, die der Kommune von einem rechtlich selbstständigen Dritten oder von Sondervermögen mit Sonderrechnung unter der Verpflichtung zur Rückzahlung gewährt werden. Sie ist die klassische Finanzierungsform für Investitionen. Für wertschöpfende Bauleistungen, insbesondere Neu- und Erweiterungsbauten, Modernisierungen (die im Vermögenshaushalt dargestellt sind) werden häufig Kredite durch die Kommune in Anspruch genommen. Der dafür notwendige Kapitaldienst wird im Verwaltungshaushalt dargestellt, ohne in direkten Zusammenhang mit der getätigten Investition gesetzt zu werden.

Die Fremdfinanzierung ist aus der Sicht der unkomplizierten Projektumsetzung eine einfache Lösung. Allerdings sind viele Energiesparmaßnahmen nicht dem Vermögenshaushalt zuzuordnen. Sie sind an reine Unterhaltungsmaßnahmen geknüpft, die keinen investiven Charakter haben. Damit scheidet eine Kreditaufnahme aus.

Als eine besondere Form der Fremdfinanzierung kann das so genannte „Contracting“ angesehen werden.

### 2.2.1 Contracting

Contracting ist im Energiebereich die verbreitetste Form der Fremdfinanzierung. Ein Dritter (Contractinggeber) übernimmt die Finanzierung und Durchführung technischer Leistungen und refinanziert diese aus kontinuierlichen Zahlungen des Contractingnehmers. Alle nachfolgend genannten Contractingmodelle unterliegen dem Wettbewerb. Bei Ihrer Vergabe sind das deutsche und europäische Vergaberecht zu beachten.

Unterschieden wird in Energieliefer-Contracting, auch als Anlagen-Contracting bzw. Medienliefer-Contracting bezeichnet, und in Einspar-Contracting, oft auch Performance-Contracting genannt<sup>2</sup>. Bei beiden Finanzierungsformen ist zu beachten, dass sie zusätzliche Kosten für Risiko und Gewinn des Contractors enthalten.

#### *Energieliefer-Contracting*

Beim Energieliefer-Contracting – z. B. zur Wärmelieferung – plant, errichtet und betreibt der Contractor eine Anlage zur Bereitstellung der Wärme, also etwa einen Heizkessel oder ein Blockheizkraftwerk. Der Contractor refinanziert in der Regel seinen investiven Aufwand, indem er einen Preis pro kW als Leistungspreis (auch Grundpreis genannt) berechnet, der seine Aufwendungen für Finanzierung und Dienstleistung enthält. Der tatsächliche Wärmebezug ist zusätzlich als Arbeitspreis pro kWh zu bezahlen. Dieser enthält weitere Kosten des Contractors. Beim Energieliefer-Contracting wird die Verantwortung für das mit der Anlage zu erreichende Ergebnis – Bau und Betrieb sowie die Lieferung von Wärme – und das dafür notwendige Kapital

---

2 Vgl. a. DIN 8930, Teil 5 (Entwurf)

– Finanzierung – auf den Contractor (auch als Contractinggeber bezeichnet) verlagert. Die Kommune als Contractingnehmer zahlt aus Mitteln Ihres Verwaltungshaushaltes nur noch für die erhaltene Leistung, in diesem Beispiel die gelieferte Wärme. Es werden Mittel aus dem Vermögenshaushalt für die Errichtung der Anlage in den Verwaltungshaushalt umgeschichtet. Die Mehrkosten im Verwaltungshaushalt entstehen insbesondere aus den Aufwendungen für die Dienstleistung des Contractors. Die Kapitalkosten wären auch bei Eigenfinanzierung angefallen, allerdings an anderer Stelle dargestellt. Zum Vergleich der Gesamtkosten von Fremd- und Eigenleistung müssen Kostenvergleiche in Form von Vollkostenrechnungen auf der Basis der VDI 2067 geführt werden, die den kommunalen Personalaufwand über die Laufzeit des Vertrages berücksichtigt.

Über das Energieliefer-Contracting kann die vollständige Erneuerung oder Neuanschaffung von Anlagen finanziert werden. Allerdings bleibt zu berücksichtigen, dass Schnittstellen zu Komponenten eines Anlagensystems verbleiben, die vom Contractinggeber gegebenenfalls nicht übernommen werden und in der (Finanzierungs-) Verantwortung des Contractingnehmers verbleiben. Bei einer Heizungsanlage können dies die Abgasanlage, der Verteiler, das Rohrnetz, die Regelung oder bauliche Voraussetzungen in der Heizungszentrale sein. Da ein Anlagen-Contracting keinen Anreiz zum Energiesparen seitens des Contractors bietet, ist es sinnvoll Regelparameter und Einstellungen der Heizanlage mit dem Contractor abzustimmen und vertraglich festzuschreiben.

### *Einspar-Contracting*

Ein Energiedienstleistungsunternehmen (EDU) investiert in die Energietechnik und garantiert eine bestimmte Energieeinsparung. Der Auftraggeber bezahlt die Leistungen des EDU (Contractors) aus den eingesparten Energiekosten. Mit einem solchen Modell ist die Kommune von eigenen Kapitalaufwendungen entlastet. Zugleich kann das spezifische Know-how und das Interesse des Contractors genutzt werden, die bestehenden Energieeinsparmöglichkeiten optimal auszuschöpfen. Beim Einspar-Contracting sind die Vertragslaufzeiten sorgfältig zu betrachten. Kurze Vertragslaufzeiten von 5 – 10 Jahren haben den Vorteil einer überschaubaren zeitlichen Bindung an einen externen Partner. Sie mindern das Risiko umfangreicher vertraglicher Anpassungen, die sich aufgrund von Nutzungsänderungen oder technisch-baulicher Änderungen am Vertragsobjekt ergeben können. Allerdings beschränken sie den Contractor auf die besonders lukrativen Energieeinsparmaßnahmen, also in der Regel Optimierungen an bestehenden Anlagen.

Längere Vertragslaufzeiten von 10 – 15 Jahren erleichtern die Erneuerung kompletter Anlagen. Sie bergen aber zusätzliche vertragliche Risiken aufgrund der über diesen Zeitraum nur schwer zu überschauenden Konstanz der Rahmenbedingungen für die Vertragsobjekte. Hierbei gilt auch zu berücksichtigen, dass zwischen Erstellen der Ausschreibungsunterlagen und Beginn der eigentlichen Hauptleistungspflicht des Contractors zwei bis drei Jahre Vorbereitung liegen können. Einspar-Contracting ist üblicherweise auf Gebäude mit einem Mindestumfang an Jahresenergiekosten beschränkt, da diese Projekte einen erheblichen fixen Managementaufwand enthalten. Als Richtwert können Jahresenergiekosten ab 75 000 Euro (maßnahmenorientiert, für Optimierung einer Anlage) bzw. über 200 000 Euro (potenzialorientiert, systematische Erschließung mittels energetischer Gebäudebewirtschaftung) angesehen werden. Um diese Orientierungswerte zu erreichen, können gegebenenfalls mehrere Gebäude – so genannte Gebäudepools – gemeinsam betrachtet werden. Gebäudepools bieten die Chance, mit besonders wirtschaftlichen Maßnahmen an einem Gebäude notwendige, aber weniger wirtschaftliche Investi-

tionen in anderen Gebäuden mit zu finanzieren. Weiterhin wird auf diesem Weg leichter die „kritische Masse“ für den Mindestumsatz, den ein solches Projekt erfordert, erreicht.

Da Einspar-Contracting auf der Optimierung bestehender Anlagenteile durch einen Dritten beruht, ergeben sich im praktischen Betrieb Schnittstellen bei der Zuordnung von Ursachen für Funktionsstörungen und der Verantwortung für ihre Behebung. Zudem bestehen Interessensdifferenzen zwischen dem Contractingnehmer als langfristigem Anlagenbetreiber und dem Contractor als kurzfristigem Anlagenoptimierer. Der Contractor ist bedacht, mit minimalem Aufwand für die Dauer seiner Vertragslaufzeit ein maximales Einsparergebnis zu erzielen, ohne notwendigerweise eine Gesamteffizienz der Maßnahme über die Vertragslaufzeit hinaus im Auge zu haben. Letzteres muss aber aus Sicht des Contractingnehmers berücksichtigt werden, der seine Anlagen langfristig optimal betreiben will. Diese Interessensdifferenzen sowie die Schnittstellen zwischen Contractor und Kommune sollten vor Vertragsunterzeichnung geklärt und im Vertrag festgehalten werden.

Tabelle 1: Vor- und Nachteile von Einspar-Contracting und Intracting

<b>(Einspar)-Contracting</b>	<b>Intracting</b>
+ Zum Teil externes Know-how,	+ Aufbau internen Know-hows
+ externes Kapital,	– „internes“ Kapital notwendig
+ externe Risikoübernahme (Zusatzkosten)	– interne Risikoübernahme
+ externe Energieeinspargarantie	– ohne externe Einspargarantie
+ für Maßnahmen mit Amortisationszeiten von bis zu 10 Jahren geeignet	o Amortisationszeit modellabhängig, hohe Amortisationszeiten erhöhen Finanzierungsaufwand
o in der Regel keine Generalsanierungen möglich, lediglich Optimierung bestehender (komplexer) Anlagen	o dito
o eingeschränkt für die Erneuerung kompletter Anlagen	o dito
o in der Regel nicht für die Finanzierung von Wärmeschutzmaßnahmen	+ erweiterte Finanzierungsmöglichkeiten (modellabhängig)
o Nicht für Gebäude mit geringem Energieverbrauch (außer bei Poolbildung)	+ Auch bei Gebäuden mit geringem Energieverbrauch einsetzbar
– Schnittstellen zu externem Auftragnehmer bei Störungserkennung und Beseitigung	+ keine Schnittstellen (modellabhängig)
– Interessendifferenz zwischen Contractingnehmer als langfristigem Anlagenbetreiber und Contractinggeber als kurzfristigem Anlagenoptimierer	+ keine Interessendifferenzen
– aufwendige Vertragsanpassung bei Nutzungsänderungen oder Sanierungen	+ geringerer Aufwand
– hoher Aufwand für Vorbereitung, Ausschreibung und Überprüfung des Einsparerfolges	+ wesentlich geringerer Aufwand wegen interner Vertragsbeziehungen
– externe Kosten	+ keine externe Kosten
– lange Vertragslaufzeiten bedingen vertragliche Bindungen auch bei geänderten Rahmenbedingungen	+ keine vertraglichen Bindungen an externe Partner, höhere Flexibilität

### 3. Welche Finanzierung in welcher Situation?

#### 3.1 Eigenfinanzierung

Der Eigenfinanzierung ist der Vorzug einzuräumen, wenn die Kosten für die Fremdfinanzierung höher sind, als die zu erwartenden Zinserträge aus dem Eigenkapital.

##### 3.1.1 Intracting

Intractingverfahren kommen nur für rentierliche Maßnahmen meist aus dem Bereich des Verwaltungshaushalts in Betracht. Sie sind dann zu empfehlen, wenn für eine interne Finanzierung nachgewiesen werden muss, dass die vermiedenen Energiekosten zumindest die Kapitalkosten finanzieren. In der Praxis findet man Intractingmodelle häufig in Kombination mit einem von der Gemeinde finanzierten Energiesparfonds. Maßnahmen mit einer langen Amortisationszeit sind daher für Intractingverfahren in Kombination mit einem Energiesparfonds wenig geeignet (Ausbluten des Fonds). Mit Intracting können problemlos kleine Maßnahmen umgesetzt werden oder Projekte, bei denen der Contractor nur einen Teil der Gesamtkosten übernimmt.

#### 3.2 Fremdfinanzierung

Sind die vorgenannten Rahmenbedingungen für eine Eigenfinanzierung nicht gegeben, ist eine Fremdfinanzierung anzustreben, wenn ansonsten die geplante Einsparinvestition unterbleiben würde und ein insgesamt ökonomisch wie auch ökologisch suboptimaler Zustand erhalten bliebe.

##### 3.2.1 Kredit

Wegen der weniger aufwendigen Projektumsetzung und der günstigen Kommunalkreditkonditionen sollte die Kreditfinanzierung verbunden mit der stadtinternen Maßnahmenverantwortung für die Projektumsetzung als erste Variante geprüft werden. Hierbei sind die zu vermeidenden Energiekosten dem Aufwand für den Kapitaldienst gegenüber zu stellen. Die weiteren Varianten kommen dann in Betracht, wenn eine Kreditfinanzierung nicht darstellbar ist oder andere Gründe die Eigenleistung nicht geboten erscheinen lassen.

##### 3.2.2 Contracting

Die Inanspruchnahme von Contractingleistungen enthält neben der Finanzierung auch weitere kostenpflichtige Fachdienstleistungen. Somit ist diese Variante dann zu bevorzugen, wenn Contracting unter Berücksichtigung auch der weiteren Fachdienstleistungen wirtschaftlich günstiger als die Eigenleistung inklusive des Kapitaldienstes ist oder die Eigenleistung aus anderen Gründen ausscheidet. *Energieliefer-Contracting* ist immer dann sinnvoll, wenn mittels Contracting ganze Anlagen zur Bereitstellung von Nutzenergie – in der Regel Wärme – erneuert oder neu installiert werden sollen.

*Einspar-Contracting* ist zu bevorzugen, wenn ein Anlagenbestand, der im Kern überwiegend eine Restlebensdauer von wenigstens zehn Jahren hat, in seiner Funktionsweise energetisch zu optimieren ist und zusätzlich erhebliches externes Know-how eingekauft werden soll. Besonders geeignet hierfür ist die Zusammenfassung mehrerer Gebäude zu einem Gebäudepool. Wesentlich bleibt aber auch hier, dass die Kommune als Contractingnehmer die Zielsetzung je

Gebäude selbst bestimmen muss und Anlagen- und Maßnahmenkonfiguration mit dem Contractinggeber qualifiziert abstimmt.

### **3.3 Finanzierungshilfen**

Finanzierungshilfen unterstützen die Durchführung verschiedener Maßnahmen und können zu einer akzeptablen Wirtschaftlichkeit beitragen. Die Inanspruchnahme der verschiedenen Programme ist für private Investoren und Kommunen teilweise unterschiedlich geregelt. Finanzierungshilfen können sich gegenseitig ausschließen aber auch ergänzen. Informationen über die einzelnen Programme liefert das Energiemanagement der Kommunen, deren Energiebeauftragter, die verschiedenen Energieagenturen oder zahlreiche Links im Internet. Einen guten Überblick erhält man unter:

- [www.bmwi.de/foerderdatenbank](http://www.bmwi.de/foerderdatenbank)
- [www.deutsche-energie-agentur.de](http://www.deutsche-energie-agentur.de)

Petra Walderbach

## **Einspar-Contracting in Freiburg: Von der Ausschreibung bis zur Vertragsunterzeichnung**

### **1. Grundtypen und Vertragstypen des Contractings**

Grundsätzlich können zwei Grundtypen, das Anlagen- und das Einspar-Contracting, unterschieden werden.

#### **1.1 Das Anlagen-Contracting**

Hier übernimmt der Contractor die Finanzierung, die Planung, den Bau und den Betrieb der Anlagen zur Energielieferung, z. B. eine Heizungsanlage. Der Contracting-Nehmer (derjenige, der die Contracting-Leistungen nutzt, z. B. eine Kommune) zahlt ein Entgelt für die Energielieferung, wie Wärme, Strom oder Kälte. Im Fall Wärme werden so genannte Wärmelieferungsverträge abgeschlossen. Die installierte Anlage wird über das Entgelt innerhalb der Vertragslaufzeit finanziert, sie refinanziert sich nicht durch die erzielte Energieeinsparung.

#### **1.2 Das Einspar-Contracting**

Hierbei werden im gesamten Gebäude systematisch Einsparpotenziale erschlossen. Der Contractor finanziert, plant, baut, betreut und betreibt die Energiesparmaßnahmen. Die Maßnahmen refinanzieren sich durch die erzielte Einsparung. Es wird ein Einspargarantievertrag abgeschlossen, das heißt der Contractor garantiert die Energieeinsparung.

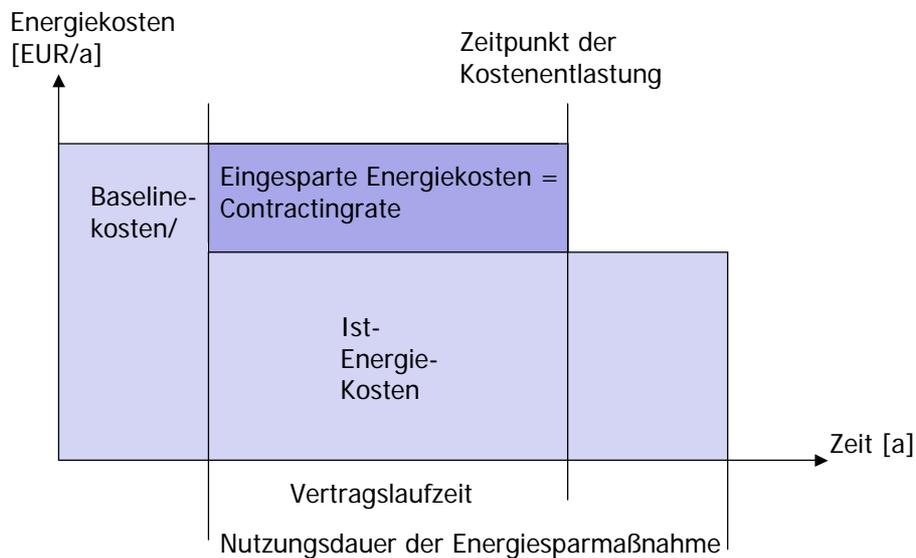
Anhand der zeitnahen Gewinnbeteiligung des Contracting-Nehmers können grundsätzlich zwei Vertragstypen für das Einspar-Contracting unterschieden werden, das Laufzeit- und das Beteiligungsmodell.

##### **1.2.1 Laufzeitmodell**

Bei dem Laufzeitmodell stehen die eingesparten Energiekosten (= Contracting-Rate) über den Zeitraum der Vertragslaufzeit dem Contractor zu. Der Contracting-Nehmer zahlt die Contracting-Rate an den Contractor, der damit seine Aufwendungen, insbesondere die ihm entstandenen Investitionskosten einschließlich einer angemessenen Verzinsung, deckt. Der Contracting-Nehmer kann die eingesparten Energiekosten erst nach Ende der Vertragslaufzeit nutzen.

Vorteile des Laufzeitenmodells sind die kürzeren Vertragslaufzeiten im Vergleich zum Beteiligungsmodell und die Entlastung des Vermögenshaushalts.

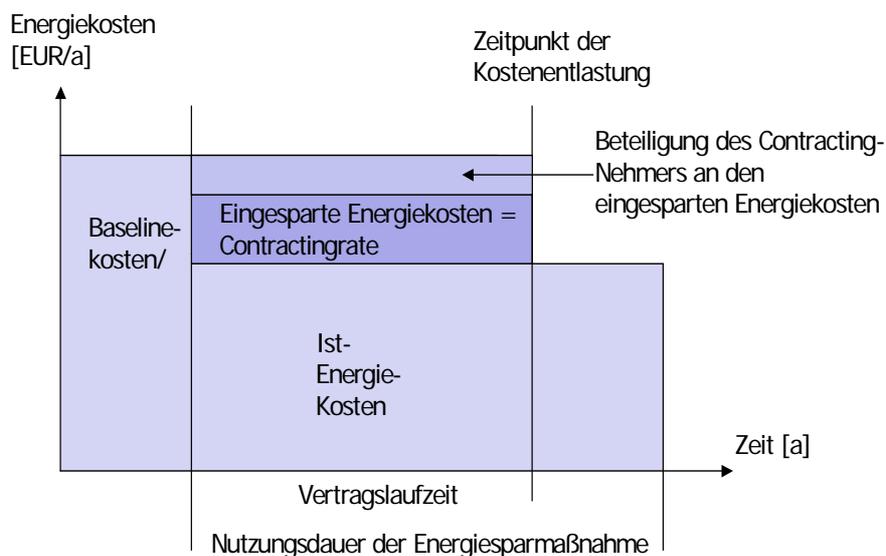
Abbildung 1: Laufzeitmodell



### 1.2.2 Beteiligungsmodell

Der Vorteil bei dem Beteiligungsmodell ist, dass der Contracting-Nehmer an den eingesparten Energiekosten schon während der Vertragslaufzeit beteiligt wird. Das führt sowohl zu einer sofortigen Entlastung des Vermögenshaushalts als auch des Verwaltungshaushalts. Die Höhe der Beteiligung des Contracting-Nehmers wird vertraglich festgelegt. Der Nachteil dieser sofortigen Beteiligung ist, dass sie im Vergleich zum Laufzeitmodell zu längeren Vertragslaufzeiten führt.

Abbildung 2: Beteiligungsmodell



## **2. Rahmenbedingungen in Freiburg**

In der Gremiendiskussion um die Finanzierung von Energieeinsparmaßnahmen findet seit Anfang der 90er Jahre das Thema Contracting zunehmend mehr Beachtung. Parallel dazu wurde der finanzielle Handlungsspielraum für notwendige und effiziente Energiesparmaßnahmen eingeschränkt. Im Januar 2001 wurde die Verwaltung in Freiburg durch den Gemeinderat beauftragt, bis zur Sommerpause geeignete städtische Gebäude für Contracting-Maßnahmen auszuwählen.

Neben Einzelobjekten sollte auch die Möglichkeit der Ausschreibung so genannter „Gebäudepools“ untersucht werden. Das Hochbauamt der Stadt Freiburg im Breisgau hatte schon vor diesem Beschluss fünf Objekte zur Durchführung eines Pilotcontractingprojektes ausgewählt und stellte eine Liste mit weiteren geeigneten Objekten zusammen. Im Oktober 2001 konnten dem Gemeinderat zwei Gebäudepools vorgestellt werden.

## **3. Schritte der Projektumsetzung**

Die Projektumsetzung gliedert sich in vier Themenbereiche, die Vorbereitung, die Ausschreibung und Vergabe, die Umsetzung und der Betrieb bzw. das Ende der Vertragslaufzeit.

### **3.1 Projektvorbereitung**

Zur Abwicklung des Einspar-Contractings Pool 1 wurde die Klimaschutz- und Energieagentur in Baden-Württemberg (KEA) zur Begleitung des Verfahrens beauftragt. Als eine der wichtigsten Maßnahmen zur Projektvorbereitung stellt sich aus heutiger Sicht die Konstitution der verwaltungsinternen Projektgruppe „Contracting“ dar. Am Anfang bedeutete dieses Vorgehen zwar einen erheblichen Zeitaufwand, da aber alle relevanten Verwaltungsstellen in das Verfahren eingebunden waren, verzögerte sich das Verfahren zum Zeitpunkt der Vergabe nicht weiter durch Widerstände und zusätzliche Abstimmungsrunden.

Die Arbeitsgruppe setzte sich aus dem Hochbauamt (verantwortlich für die Projektentwicklung und -vergabe, mit Unterstützung durch die KEA), der Kämmerei, dem Nutzeramt, dem Rechtsamt, dem Rechnungsprüfungsamt, dem Zentralen Gebäudemanagement und der städtischen Vergabestelle zusammen. Je nach Thema waren nicht alle Teilnehmer an den einzelnen Terminen beteiligt, aber stets wurden alle über den aktuellen Sachstand informiert.

#### **3.1.1 Gebäudeauswahl**

Das Hochbauamt betreut über 300 verbrauchs- und kostenrelevante Gebäude. Aus diesen Gebäuden wurden anhand hoher Verbrauchskennwerte, aktuellem Handlungsbedarf und bereits bekannten Einsparpotenzialen, Liegenschaften mit idealerweise jährlichen

Energiekosten von > 75 000 Euro ausgewählt. Die jährlichen Energiekosten für einen Pool sollten > 250 000 Euro betragen.

Der Handlungsbedarf war durch die jeweiligen Bauleiter der Gebäude bekannt. Die Einsparpotenziale waren teilweise aus bereits geplanten Energiesparmaßnahmen bekannt, die aber aus finanziellen Gründen bis dahin nicht umgesetzt werden konnten. Wichtig war uns an dieser Stelle, dass an den Gebäuden, die noch nicht voruntersucht waren, eine Schwachstellenanalyse und Potenzialabschätzung durch ein Ingenieurbüro durchgeführt wurde, um den Handlungsbedarf besser einzugrenzen. Aus heutiger Sicht hat sich dieses Vorgehen besonders in den Verhandlungsrunden sehr bewährt.

Für Pool 1 wurden sechs Objekte, eine Realschule mit Energiekosten von 43 000 Euro/a, eine Grund- und Hauptschule mit Energiekosten von 65 000 Euro/a, ein Berufsschulzentrum (drei Objekte) mit Energiekosten von 346 000 Euro/a und ein Hallenbad mit Energiekosten von 373 000 Euro/a ausgewählt.

### **3.1.2 Ermittlung der Gebäudedaten**

Für die Ermittlung der Gebäudedaten wurden zunächst die Verbrauchsabrechnungen der letzten drei Jahre zusammengestellt. Für den Baselineverbrauch wurden die letzten drei Verbrauchsjahre gemittelt, der Baselinepreis wurde mit dem letzten Verbrauchsjahr festgelegt. Angaben zu den technischen Anlagen wie Alter, Bauart und Leistung wurden für die Ausschreibungsunterlagen zusammengestellt. Die Baselinekosten für alle sechs Objekte betragen 827 000 Euro/a.

### **3.1.3 Zieldefinition**

Als Ziele wurde in der Arbeitsgruppe festgelegt:

- Nachhaltige Ersparnisse auf der Grundlage integraler Konzepte;
- Einsparinvestitionen mit möglichst hohem Sanierungsanteil;
- Mittelfristige Vertragslaufzeiten;
- Nutzerintegration.

Integrale Konzepte: Gemeint sind hiermit gebäudespezifische, umfassende Lösungen mit hohem Sanierungsanteil. Ein weiterer wichtiger Aspekt war die Nutzerintegration, insbesondere weil das Berufsschulzentrum sehr aktiv an dem Projekt „Nichtinvestives Energiesparen an Freiburger Schulen“ teilnimmt. Damit die Nutzermotivation nicht in das Gegenteil umschlägt, wurde die Schule von Anfang an in das Verfahren integriert und mit dem Contractor eine Lösung gefunden, mit der die Schule an den Einsparungen beteiligt wird.

## **3.2 Ausschreibung und Vergabe**

### **3.2.1 Verfahren**

Auf der Grundlage des Gemeinderatsbeschlusses vom Oktober 2001 wurde das Verfahren des Contracting-Leitfadens des Hessischen Umweltministeriums mit Anpassung auf die Erfordernisse der Stadt Freiburg gewählt. Die Vergabe erfolgte im Verhandlungsverfahren nach den Vergabegrundsätzen der VOB/A.

### **3.2.2 Ausschreibung**

Die Vorinformation wurde im September 2001 im EU-Amtsblatt veröffentlicht, im Oktober 2001 folgte die Vergabebekanntmachung mit Angabe der Verfahrensart. Von den 16 Interessenten wurden 10 zur Angebotsabgabe aufgefordert. Aus heutiger Sicht würde man die Aufforderungen auf maximal sechs beschränken. Es wurde allen Bietern mitgeteilt, dass noch neun Mitbewerber zur Angebotsabgabe aufgefordert wurden, was zur Folge hatte, dass einige Anbieter auf Grund der großen Mitbewerberzahl kein Angebot abgaben. Ende März 2002 lagen schließlich sechs Angebote vor.

### **3.2.3 Angebote**

Die Bieter bekamen zur Angebotserstellung und Gebäudebegehung acht Wochen Zeit. Die Angebote enthielten bereits die verbindliche Energiespargarantie, Erhebungsbögen zur Festlegung des Ist-Zustandes, einen Maßnahmenkatalog und die Rahmendaten des Angebotes wie z. B. Investitionshöhe, Investitionsstruktur und Produkt- bzw. Herstellerlisten.

### **3.2.4 Angebotsprüfung**

Zur Prüfung der Angebote wurden folgende Bewertungskriterien festgelegt, die in der Rangfolge ihrer Wertung aufgeführt sind:

- Garantierte Energiekosteneinsparung;
- Anteil der Stadt Freiburg an der Energiekosteneinsparung;
- Höhe des Investitionsaufwands;
- Integrales Einspar- und Sanierungskonzept;
- Vertragslaufzeit;
- Kompatibilität zu vorhandenen Anlagen;
- Einsatz von Produkten anerkannter Hersteller mit hoher Lebensdauer;
- Durchführung von Energiemanagement;
- Geringer Wartungsaufwand für die Stadtverwaltung nach Vertragsende.

Die Angebote wurden mit Hilfe der Kapitalwertmethode und einer Nutzwert-Analyse bewertet. Die einzelnen Kriterien gingen nicht gleichrangig in die Gesamtbewertung ein, sondern wurden unterschiedlich gewichtet.

### 3.2.5 Verhandlungen und Vergabeentscheidung

Insgesamt wurde eine Angebotspräsentation im Juni 2002 mit sechs Bietern durchgeführt und zwei Verhandlungsrunden; die erste im Juli mit drei Bietern und die zweite im September 2002 mit zwei Bestbietern. Nach dem Wirtschaftlichkeitsvergleich fiel die Vergabeentscheidung im Vergabeausschuss und der Vertrag konnte im November 2002 abgeschlossen werden. Der Zeitbedarf für Pool 1 von der Vorinformation bis zur Vertragunterzeichnung betrug damit 14 Monate.

### 3.3 Ergebnis Pool 1

Das Ergebnis für Pool 1 brachte insgesamt:

- Ca. 90 Einzelmaßnahmen mit Sanierungsanteil;
- Vertragslaufzeit (Beteiligungsmodell) 12 Jahre;
- Investitionen rund 2,6 Mio. Euro (netto);
- jährlich garantierte Einsparung 270 000 Euro;
- Anteil der Stadt Freiburg an der jährlich garantierten Einsparung 27 000 Euro;
- Vertragsabschluss: November 2002;
- Beginn der Einsparverpflichtung (Hauptleistungspflicht): 1.2.2004.

### 3.4 Zwischenbilanz für Pool 1

Die garantierte Energiekosteneinsparung von 270 000 Euro entspricht einer Reduzierung der Energiekosten von rund 30 %. Die Vorbereitungen bzw. der Zeitrahmen bis Vertragsabschluss betrug rund 14 Monate. Nimmt man den hohen Abstimmungsbedarf mit den entscheidungsrelevanten Ämtern, den Personaleinsatz der Bauleiter und der Projektleitung zusammen, so ist in diesem Zeitraum ein Personaleinsatz von einer halben Stelle erforderlich geworden, wobei der Arbeitsaufwand der externen Beratung durch die KEA nicht mitberücksichtigt ist. Die Nebenkosten für die Projektbegleitung durch die KEA sowie die Schwachstellenanalyse und Potenzialabschätzung durch ein Ingenieurbüro betragen rund 75 000 Euro.

Die realisierten Energieeinsparmaßnahmen wurden zum größten Teil im Anlagen- und Regelbereich durchgeführt. Verbesserungen an der Gebäudehülle wurden insgesamt nicht angeboten. Der Sanierungsbedarf und Investitionsstau konnte anteilig in dem Hallenbad, dem Berufsschulzentrum und der Realschule mit erledigt werden. Der Sanierungsbedarf z. B. für das Hallenbad ist seit dem Jahr 1996 bekannt, in der derzeitigen Haushaltssituation wäre eine Eigenrealisierung auch in den nächsten Jahren nicht möglich gewesen. Umfangreiche Sanierungsmaßnahmen wie z. B. die Dach- und Lüftungssanierung im Berufsschulzentrum, die Erneuerung der Heizungsanlage in der Grund- und Hauptschule müssen nach wie vor erledigt werden. Nicht eingeplante Investitionen für die Stadt Freiburg blieben bisher aus, hier ist die Betriebsphase abzuwarten. Ob die Bauleiter während der Vertragslaufzeit arbeitsmäßig entlastet werden, muss abgewartet werden.

Der finanzielle Aufwand der Stadt Freiburg für Projektbegleitung und Potenzialabschätzung kann durch die jährliche Einsparbeteiligung von 27 000 Euro in den ersten drei Jah-

ren abgedeckt werden. Danach stehen die 27 000 Euro/a für weitere Energiesparmaßnahmen zur Verfügung.

Ob Contracting die richtige Lösung ist, wird immer für den jeweiligen Einzelfall zu entscheiden sein. Aus heutiger Sicht ist für den Freiburger Pool 1 das Einspar-Contracting die richtige Lösung gewesen.

### 3.5 Maßnahmenüberblick

Maßnahmen in allen Schulobjekten

- Neue DDC/GLT für den Bereich Heizung;
- Erneuerung veralteter Heizungspumpen;
- Optimierung der WWB, Legionellenschaltung.

Maßnahmen in der Realschule

- Stilllegung und Demontage der vorhandenen Lüftungsanlage;
- Aufbau einer neuen Heizungsverteilung und neuer Heizflächen;
- Demontage Klimagerät, Kältemaschine, Lüftungsrohre usw.

Besonders erwähnenswert ist hier die durchgeführte Baumaßnahme. Aufgrund eines dringenden Sanierungsbedarfs im Bereich Brandschutz wurde im Rahmen der Contracting-Maßnahme die Beseitigung dieses Brandschutzproblems vorgenommen. Der Contractor führte die Stilllegung der vorhandenen Lüftungsanlage aus, den Aufbau einer neuen statischen Heizungsverteilung inkl. neuer Heizflächen und die Demontage der vorhandenen Lüftungsanlage, des Klimagerätes, der Kältemaschine und der Lüftungsrohre durch. Die Stadt Freiburg im Breisgau ließ für die Maßnahme gangbare Fenster einbauen und übernahm die Malerarbeiten, das Verschließen der Durchbrüche und geöffneten Verkleidungen. Insgesamt entstanden der Stadt Freiburg im Breisgau damit Baukosten von 75 000 Euro. Die Durchführung der erforderlichen Brandschutzsanierung hätte Kosten für die Stadt von ca. 130 000 Euro verursacht.

Maßnahmen in der Grund- und Hauptschule

- Bedienfeld Lüftung in der Turnhalle auf Taster mit Zeitrelais umgerüstet;
- Gangbare Eckfenster zur Querlüftung im Sommerbetrieb eingebaut (Turnhalle):

Maßnahmen im Berufsschulzentrum (drei Objekte)

- Neue DDC/GLT für die Bereiche Heizung und Lüftung;
- Komplettsanierung der Kesselanlage im Berufsschulzentrum;
- Einbau eines BHKW's;
- Sanierung der Druckspülanlage in den WCs von zwei Objekten;
- Austausch der Beleuchtung in einem Objekt.

### Maßnahmen im Hallenbad

- Austausch des Lüftungsgeräts Schwimmhalle gegen zwei Schwimmbadgeräte mit WRG und Luftentfeuchtung;
- Optimierung der übrigen Lüftungsanlagen;
- Optimierung der Heizungsverteilung;
- Komplettsanierung der Heiz- und Brauchwarmwasserbereitungsanlage, Legionellen-schaltung;
- Komplettsanierung der Regelung und Niederspannungsverteilung aller fünf Lüftungsanlagen inkl. der zugehörigen Schaltschränke;
- Umbau und hydraulische Optimierung der Badewasserkreisläufe;
- Sanierung der Badewasserdesinfektion;
- Badewasserpumpen werden mit Frequenzumformern ausgestattet.



# **Energiekonzepte und Berichtswesen**



Holger Fröhlich

## **Integriertes Klimaschutz-Rahmenkonzept Bad Homburg\***

Das im Auftrag der Stadt Bad Homburg v. d. Höhe und mit großzügiger finanzieller Unterstützung des Landes Hessen erstellte „Integrierte Klimaschutzrahmenkonzept“ wurde auf Grundlage der von August 1998 bis Mai 1999 durchgeführten Datenaufnahme erstellt.

Bestandteile sind die Ist-Analyse, die Ausarbeitung der Einsparpotenziale und der künftigen Entwicklung in Form von Szenarien sowie die Aufstellung von Einzelkonzepten zur Energieeinsparung in öffentlichen Liegenschaften.

Ergänzt wird das Konzept durch ein Wärmekataster zur Bestimmung des Heizenergiebedarfs von einzelnen Gebäuden und eines Wärmeatlas, in dem diese Informationen zum Erkennen lokaler Bezüge geographisch dargestellt sind. Ein Dachflächenkataster weist zudem die für solare Zwecke pro Haus nutzbare Dachfläche aus. Hinterlegt sind in Kataster und Atlas die relevanten Gebäudedaten wie Adresse, Flurstück, Größe, Alter und Energiebezugsfläche.

### **1. Ist-Analyse**

Bad Homburg v. d. Höhe ist eine Sonderstatusstadt mit Sitz von übergeordneten Ämtern und Behörden sowie Kreisstadt des Hochtaunuskreises. Sie ist sowohl Kur- und Fremdenverkehrsstadt mit 442 527 Übernachtungen im Jahr 1997 als auch bedeutender Wirtschaftsstandort in der Region Frankfurt/Rhein Main und gleichzeitig ein beliebter Wohnort. Mitte 1997 lebten hier 51 791 Einwohner.

Die Stadt verfügt über ein breites Angebot an allgemein bildenden Schulen, Berufsschulen, Fachschulen, Einrichtungen der Jugend- und Altenhilfe sowie im Freizeit- und Gesundheitswesen.

Die Energieversorgung über die leitungsgebundenen Energieträger in Bad Homburg wird über die Stadtwerke (Gas, Wasser), AfE und OVAG (Strom) sowie Mainova (Gas in Teilen Dornholzhausens) gewährleistet.

---

\* Die im Text genannten DM- und Pfennig-Beträge stammen aus: Integriertes Klimaschutzrahmenkonzept Bad Homurg, 2000.

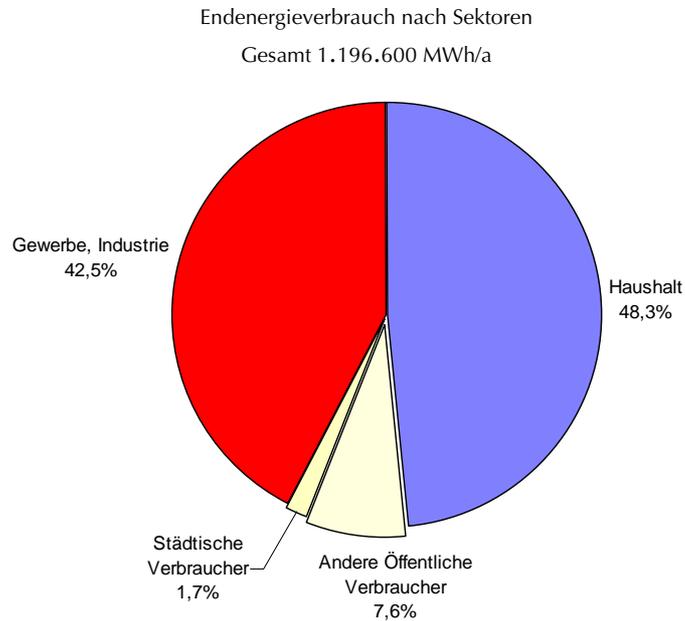
Abbildung 1: Bebaute Flurstücke in den Gemarkungen der Stadt Bad Homburg



### *Gesamtverbrauch*

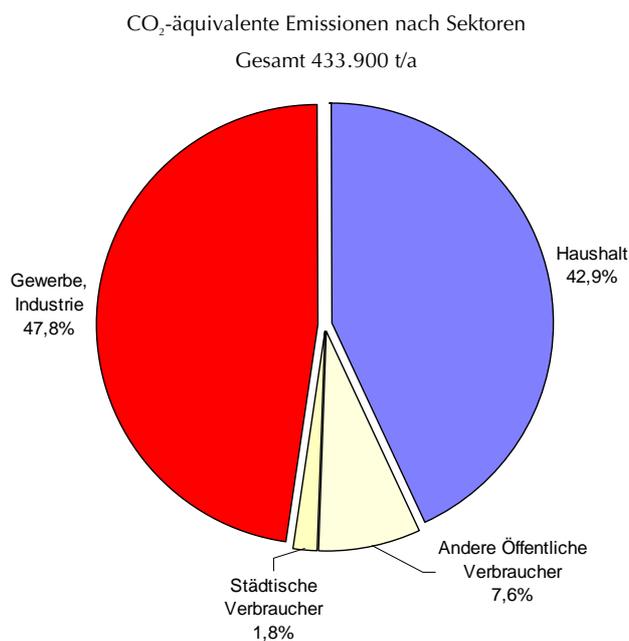
Der Endenergieverbrauch des Bezugsjahres 1997 in Bad Homburg beläuft sich auf rund 1 196 600 Megawattstunden (MWh) ohne Verkehr. Mit 577 700 MWh trägt der Sektor Haushalt den Hauptanteil (ca. 48 %). Der Bereich Gewerbe und Industrie mit Handel, privaten Dienstleistungen, Industriebetrieben, Landwirtschaft und Handwerk hat einen fast ebenso hohen Anteil von ca. 42 % entsprechend rund 507 900 MWh. Städtische Liegenschaften, Straßenbeleuchtung etc. tragen mit ca. 20 200 MWh (1,7 %) zum Endenergieverbrauch bei, andere öffentliche Verbraucher, zu denen auch Krankenhäuser, Schulen, und Pflegeeinrichtungen gehören, mit 90 400 MWh zu 7,6 %. Zusammen hat der öffentliche Sektor mit 111 000 MWh/a einen Anteil von 9,3 % am Energieverbrauch der Stadt.

Abbildung 2: Endenergieverbrauch der Stadt Bad Homburg nach Sektoren (ohne Verkehr)



Die Emissionen von insgesamt 433 900 Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente im Jahr werden zum größten Teil (47,8 %) durch den von einer Vielzahl stromspezifischer Anwendungen gekennzeichneten Energiebedarf des Industrie- und Gewerbesektors (207 200 Tonnen) verursacht. Dem stehen Emissionen des Haushaltsbereichs von 186 200 und des öffentlichen Sektors von 40 500 Tonnen pro Jahr gegenüber.

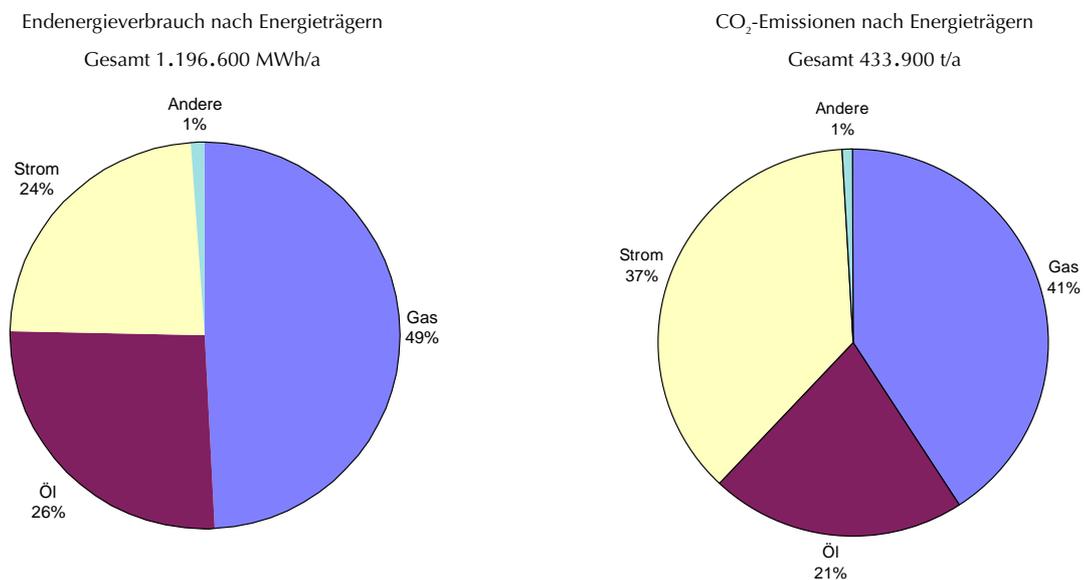
Abbildung 3: CO<sub>2</sub>-äquivalente Emissionen der Stadt Bad Homburg nach Sektoren (ohne Verkehr)



Bedingt durch die dominierende Anwendungsart Raumwärme und den dort zu verzeichnenden Gasanteil von rund 60 % sind bei den Haushalten relativ betrachtet geringere CO<sub>2</sub>-Emissionen zu verzeichnen (43,1 %). Die Emissionen durch Verbraucher aus städtischen und öffentlichen Einrichtungen haben mit 40 500 Tonnen im Jahr einen Anteil von insgesamt 9,3 %.

Die 1997 zur Deckung des Energiebedarfs verwendeten Energieträger sind mit dem größten Anteil von 49 % und steigender Tendenz Erdgas, gefolgt von Heizöl (26 %) und Strom (24 %). Andere Energieträger werden in vernachlässigbar geringfügigem Umfang verwendet.

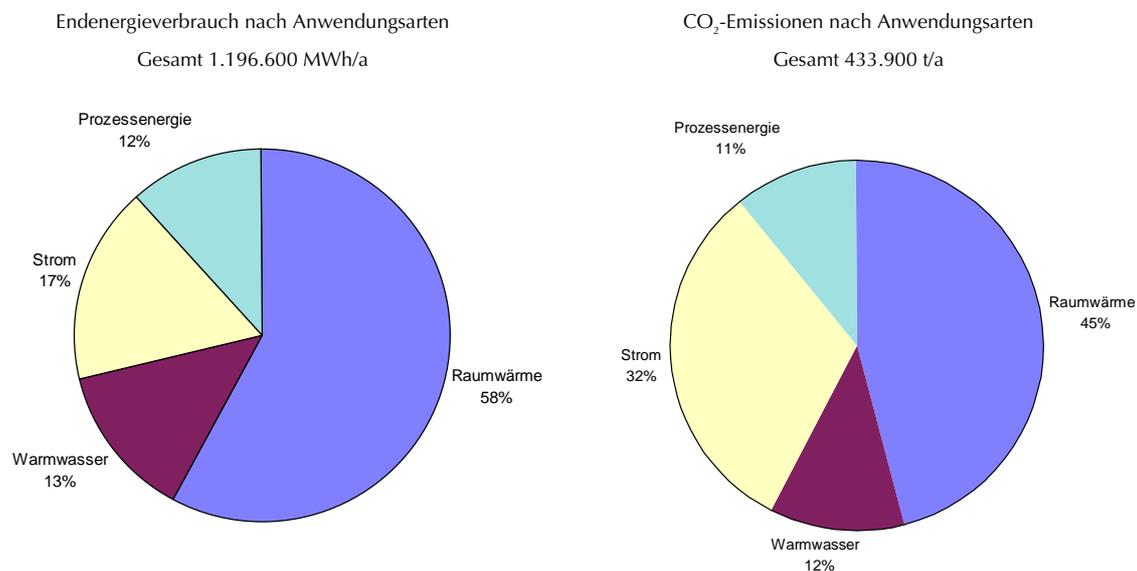
Abbildung 4: Endenergieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Energieträgern



Die Verhältnisse der Energieträger an den CO<sub>2</sub>-Emissionen stellen sich bedingt durch unterschiedliche Emissionsfaktoren anders dar. Stromanwendungen, die rund dreimal soviel Primärenergie benötigen, wie beim Verbraucher als Endenergie ankommt, haben einen Anteil von 32 % der in der Stadt durch Energieanwendungen verursachten äquivalenten Kohlendioxidemissionen.

Die Beheizung von Gebäuden mit den verschiedensten Energieträgern ist mit 58 % die überwiegende Verwendung von Endenergie: die Senkung des Bedarfs ist hier mit hoher Priorität zu versehen. Reine Stromanwendungen wie Beleuchtung, Antriebe und Lüftung nehmen einen Anteil von 17 % ein (ohne Energie für elektrische Wärmeanwendungen). Die Bereitung von Warmwasser verursacht mit einem Endenergieeinsatz von 158 400 MWh/a 12 % der CO<sub>2</sub>-Emissionen.

Abbildung 5: Endenergieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Anwendungen (alle Sektoren)



### Gebäudestruktur

Mit dem Wärmekataster wird neben der für die Beheizung von Räumen erforderlichen Menge an Nutzenergie die Gebäudestruktur der Stadt ersichtlich: von 10 570 Gebäuden werden 91 % oder 9 664 überwiegend zu Wohnzwecken genutzt.

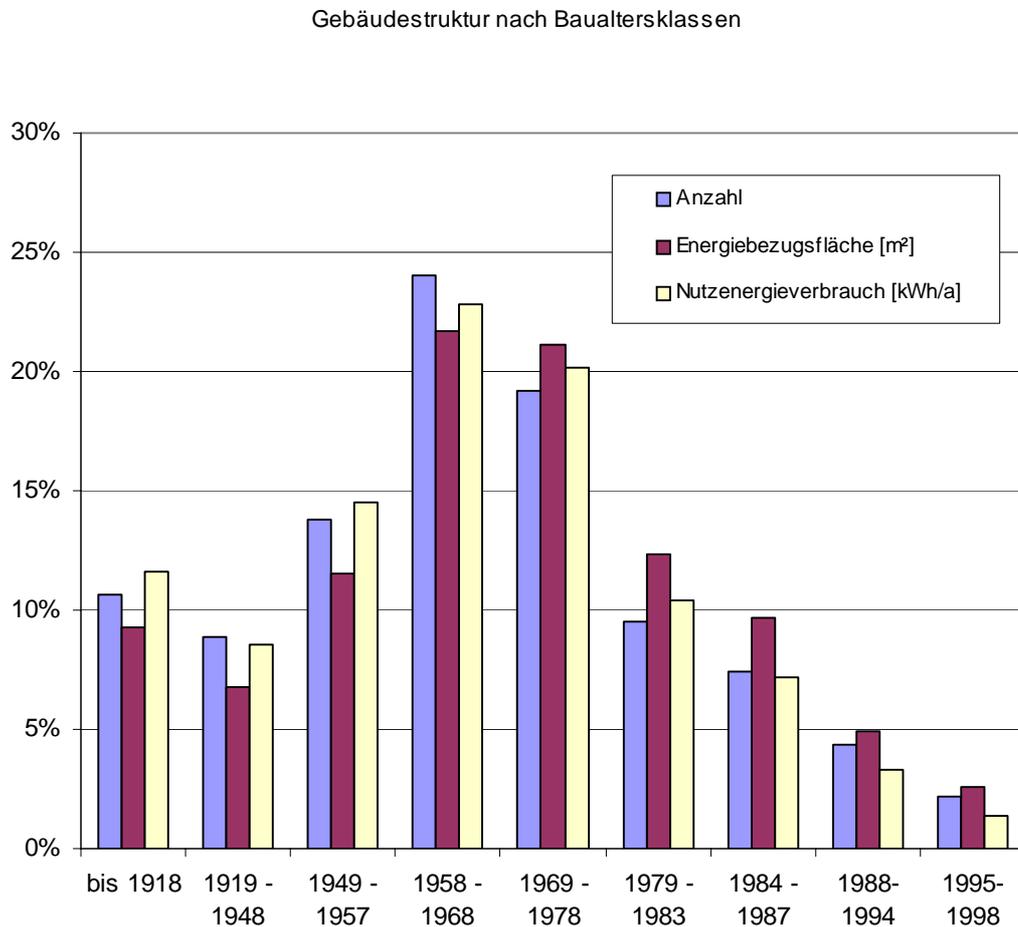
Die Verteilung der Wohngebäude nach Baualtersklassen zeigt einen hohen Anteil der in den Jahren 1958 bis 1978 errichteten Häuser, die fast drei Viertel des Nutzenergieverbrauchs benötigen: hier sind Wärmeschutzmaßnahmen auch aufgrund des durch die Baualtersklasse bedingten mäßigen Dämmstandards, geeignet, zu einer erheblichen und langfristigen CO<sub>2</sub>-Minderung beizutragen.

Im Mittel liegt der theoretische Nutzenergiekennwert der Wohngebäude mit 157 Kilowattstunden pro Quadratmeter und Jahr unter dem Bundesdurchschnittswert (alte Bundesländer) von 162 kWh/m<sup>2</sup>a.

Weiterhin dargestellt sind in Tabellenform des separat vorgelegten Katasters der Heizleistungsbedarf in Kilowatt (kW<sub>th</sub>), sowie weitere Angaben zu den Gebäuden: Energiebezugsfläche, Nutzungsart, Energieträger und solar nutzbare Dachfläche.

Unter Berücksichtigung der Verluste von Heizanlagen in den Typgebäuden liegt der Anteil am Endenergieverbrauch für die Beheizung von Räumen des Haushaltssektors mit 455 500 MWh/a bei 66 %. Der Dienstleistungs-, Industrie- und Gewerbesektor benötigt ein Viertel, der Öffentliche Sektor 9 % des gesamten für Raumwärme genutzten Endenergieverbrauchs von insgesamt 692 200 MWh/a.

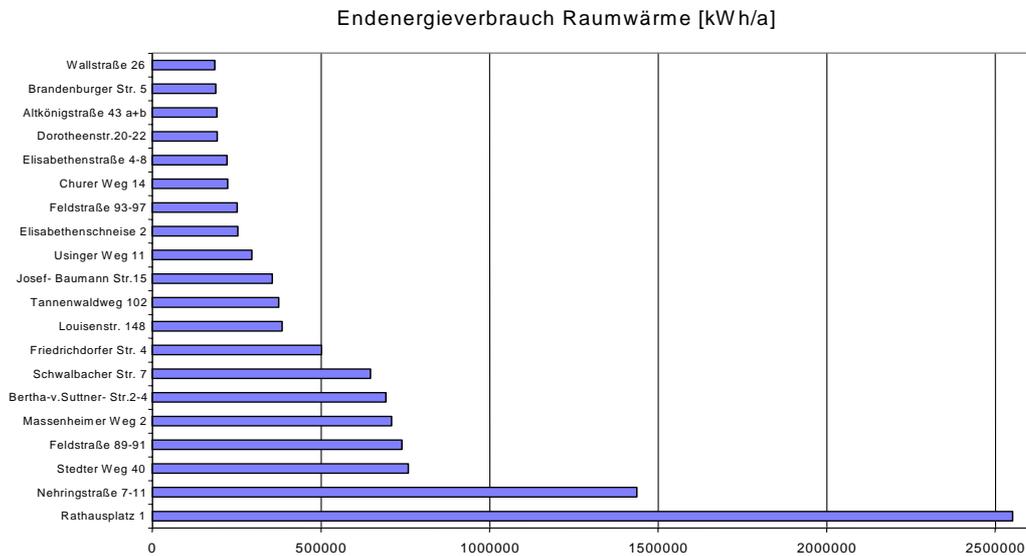
Abbildung 6: Aufteilung der Wohngebäude nach Baualtersklassen: Anzahl, Energiebezugsfläche, Nutzenergieverbrauch



### Städtische Liegenschaften

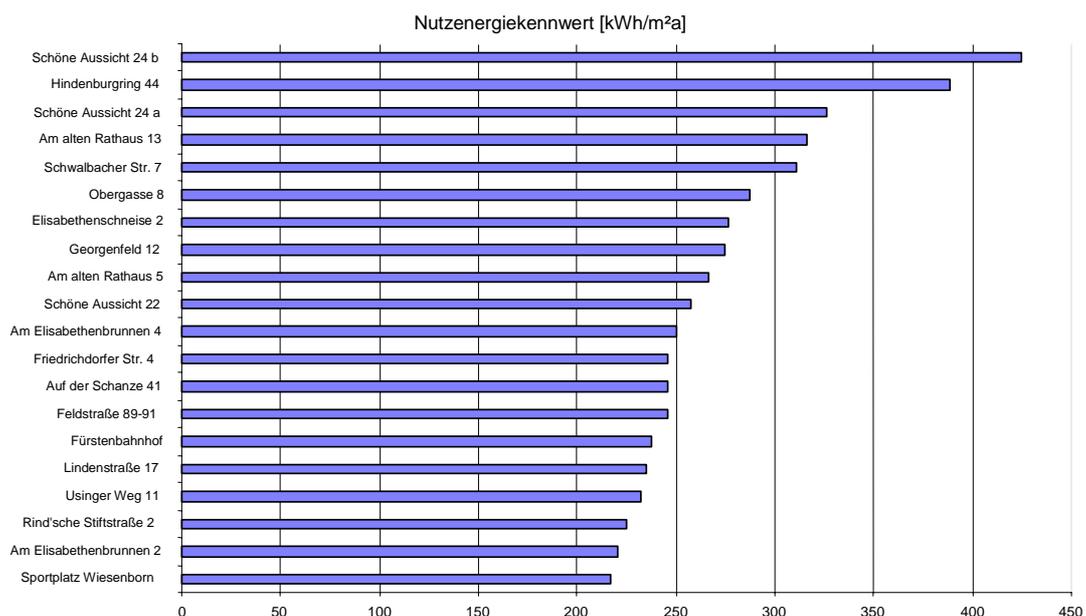
Die in Einzelkonzepten untersuchten städtischen Liegenschaften sind mit einem jährlichen Endenergieverbrauch für Wärme von 14 830 MWh zu 1,2 %, mit Stromwendungen (4 400 MWh/a) und Straßenbeleuchtung (895 MWh/a) zusammen zu 1,7 % am Endenergieverbrauch der Stadt beteiligt. Kriterium für Handlungsbedarf an städtischen Objekten hinsichtlich der Raumwärme ist neben spezifischen Energiekennzahlen der absolute Verbrauch. In folgender Abbildung sind die 20 höchsten Energieverbraucher für Wärmeanwendungen aufsteigend dargestellt.

Abbildung 7: Städtische Liegenschaften mit den höchsten Endenergieverbräuchen [kWh/a]



Als Gebäude mit den höchsten Absolutverbräuchen wurden das Rathaus mit über 2,5 Mio. kWh/a und der Betriebshof (Nehringstraße) mit 1,4 Mio. kWh/a einer näheren Untersuchung unterzogen. Eine Auflistung der an städtischen Objekten durchzuführenden Maßnahmen samt Kosten ist im Endbericht zum Klimaschutzkonzept tabellarisch zusammengefasst. Städtische Objekte mit den größten Nutzenergiekennwerten sind hauptsächlich Wohngebäude (Bundesdurchschnitt 162 kWh/m<sup>2</sup>a).

Abbildung 8: Städtische Liegenschaften mit den größten Nutzenergiekennwerten [kWh/m<sup>2</sup>a]

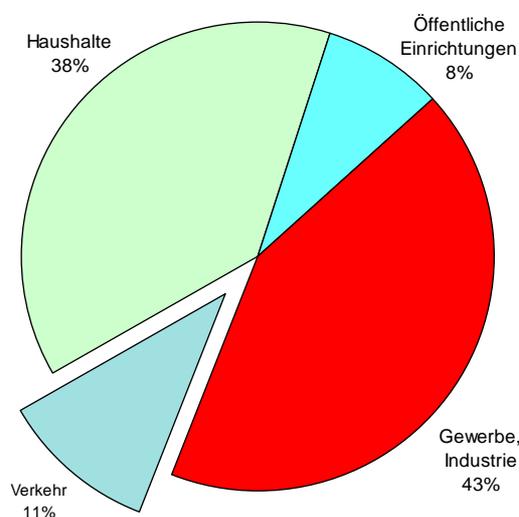


### Verkehrsbereich

In Bad Homburg ist eine Gesamtverkehrsleistung pro Tag von 732 500 Fahrzeug-km zu verzeichnen, entsprechend einer jährlichen Verkehrsleistung von 219,75 Mio. km. Davon entfallen 97 % auf den motorisierten Individualverkehr und 3 % auf den Straßengüterverkehr. Der dadurch bedingte Ausstoß an CO<sub>2</sub> beträgt in Bad Homburg ca. 53 000 t/a für das Jahr 1997.

Abbildung 9: CO<sub>2</sub>-Emissionen des Bereichs Energie (Haushalt, Öffentliche Einrichtungen, Gewerbe und Industrie) und Verkehr

Anteil des Verkehrs an den CO<sub>2</sub>-Emissionen in Bad Homburg  
Gesamt: 486.900 t/a



Damit sind insgesamt 11 % der *gesamten* durch die Stadt verursachten CO<sub>2</sub>-äquivalenten Emissionen dem Verkehrssektor zuzuordnen, von Autobahn-, Bahn- und Luftverkehr abgesehen.

## 2. Entwicklung bis 2018: Referenz-Szenario

Die zu erwartende Entwicklung bis 2018 wird im Referenz-Szenario beschrieben. Dieses Szenario geht davon aus, dass so gut wie keine nennenswerten Anstrengungen hinsichtlich des Klimaschutzes unternommen werden, sieht man von den durch Gesetze und Verordnungen (zum Beispiel die Energieeinsparverordnung – EnEV) vorgeschriebenen Verbesserungen im Energieeffizienzbereich ab.

Demnach wird sich bis 2018 der Endenergieverbrauch im Vergleich zum Bezugsjahr 1997 um 1,8 % reduzieren. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Bereichs Energie werden um 1,6 % zurückgehen.

Der Rückgang des Energieverbrauchs ist das Ergebnis unterschiedlicher Entwicklungstendenzen in den drei Sektoren Haushalt, Öffentliche Einrichtungen und Gewerbe. Während im Haushaltsbereich und bei den öffentlichen Verbrauchern ein Rückgang zu erwarten ist (-4 % bzw. -7 % der Emissionen), steigen Energieverbrauch und Emissionen im gewerblich-industriellen Sektor um fast 2 % leicht an. Die Tabelle zeigt die erwartete Entwicklung in den einzelnen Energie-Anwendungsarten der Sektoren bis 2018.

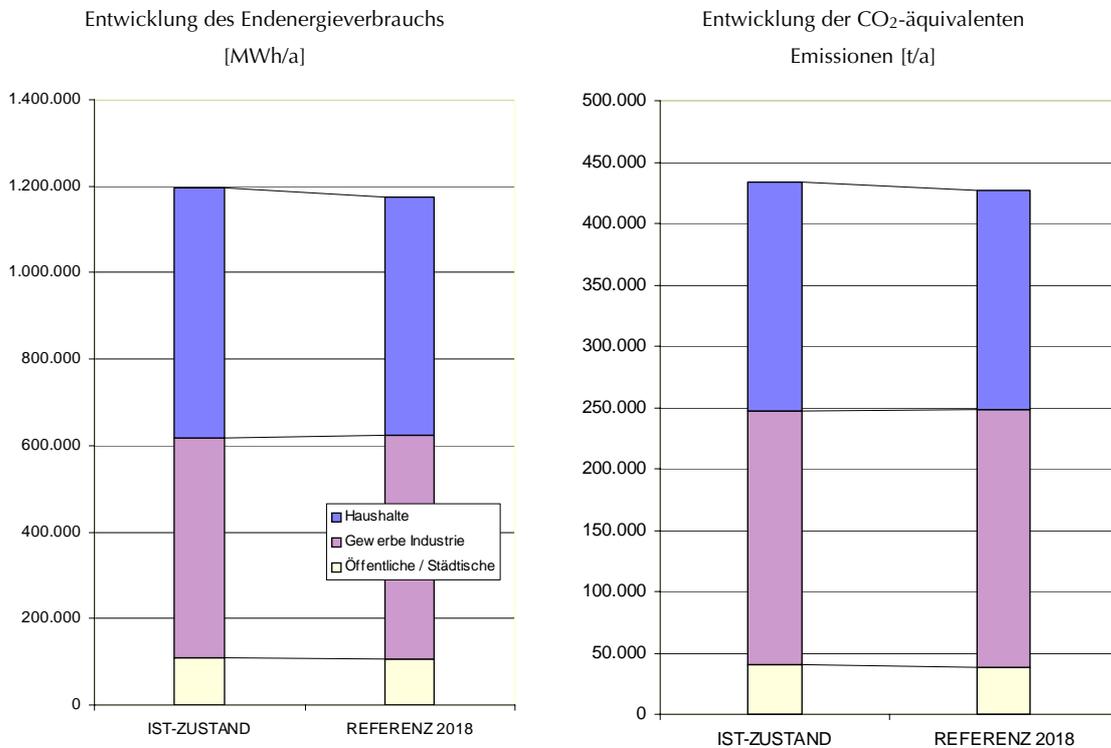
Tabelle 1: CO<sub>2</sub>-äquivalente Emissionen 1997 und im Referenz-Szenario

CO <sub>2</sub> -äquivalente Emissionen Ist-Zustand [t/a]	Raumwärme	Warmwasser	Strom	Prozessenergie	SUMME
Haushalte	129.300	21.700	35.200	-	186.200
Öffentliche/Städtische Einrichtungen	18.800	5.700	12.800	3.200	40.500
Gewerbe, Industrie	50.200	24.000	88.700	44.300	207.200
<b>Summe</b>	198.300	51.400	136.700	47.500	<b>433.900</b>
CO <sub>2</sub> -äquivalente Emissionen 2018 [t/a]	Raumwärme	Warmwasser	Strom	Prozessenergie	SUMME
Haushalte	121.700	21.300	35.000	-	178.000
Öffentliche/Städtische Einrichtungen	16.700	5.500	12.300	3.200	37.700
Gewerbe, Industrie	45.900	23.800	97.600	43.800	211.100
<b>Summe</b>	184.300	50.600	144.900	47.000	<b>426.800</b>

Im Referenzszenario ist der Energieverbrauch ebenso wie im Jahr 1997 nahezu gleich auf die Sektoren Haushalte und Gewerbe/Industrie verteilt.

Öffentliche Einrichtungen spielen sowohl im Verbrauch als auch bei den Emissionen eher eine untergeordnete Rolle; dem gewerblich-industriellen Bereich ist bedingt durch mehr stromspezifische Anwendungen ein höherer Anteil zuzuordnen.

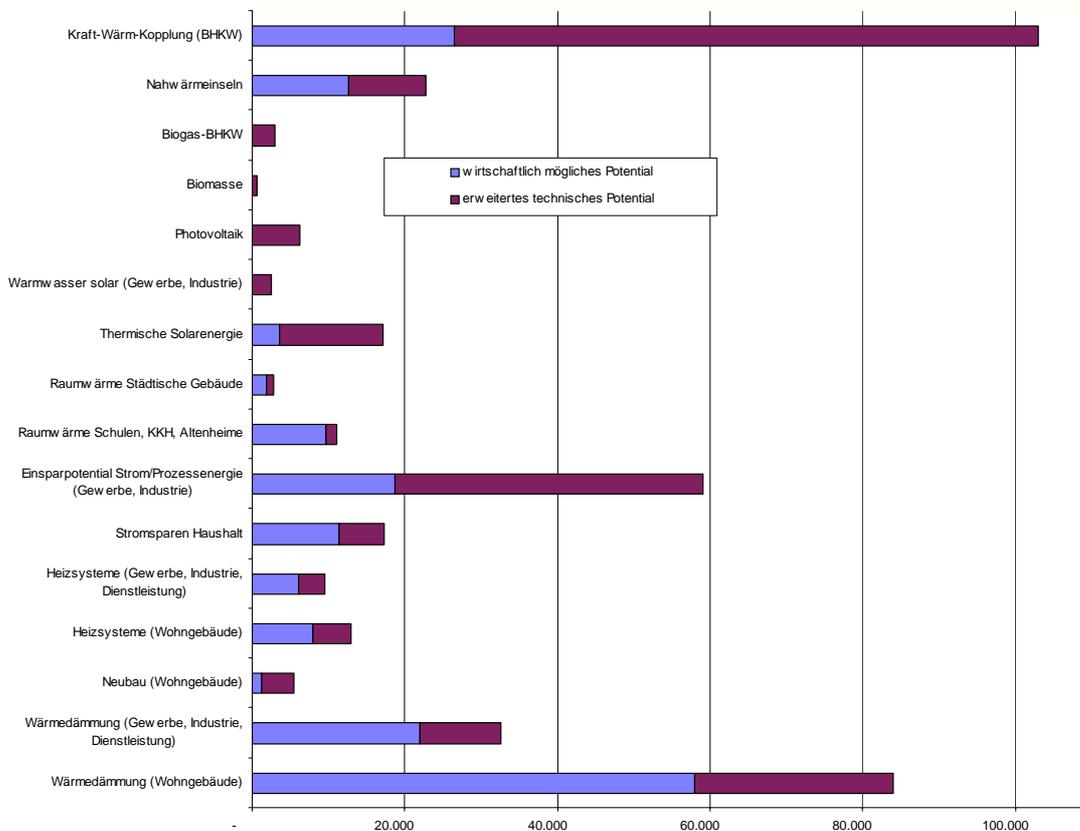
Abbildung 10: Erwartete Entwicklung des Endenergieverbrauchs und der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Referenz-Szenario



### 3. Einsparpotenziale

Nach Analyse der einzelnen Emissionsbereiche mit den Reduktionsmöglichkeiten auf der Nachfrageseite (Energiesparen) und der Variation des Energieangebots (Energieträgersubstitution, regenerative Energien) sind wirtschaftlich und technisch mögliche Einsparpotenziale des Bezugsjahres 1997 ermittelt worden. Die wichtigsten Reduktionspotenziale der einzelnen Teilbereiche sind in der folgenden Grafik dargestellt. Die Abbildung macht deutlich, dass durch Maßnahmen im Raumwärmebereich wirtschaftlich das größte Potenzial ausgeschöpft werden kann, wobei der Wohngebäudebereich dabei die wichtigste Rolle spielt: Einsparungen von 84 000 Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalenten sind durch Wärmedämmung technisch möglich, Verbesserungen an den Heizsystemen bergen theoretisch ein Einsparpotenzial von 13 000 Tonnen im Jahr. Emissionen durch die Beheizung von Gebäuden des industriellen und handwerklichen Sektors, des Handels, der Landwirtschaft und des Dienstleistungsbereichs sind durch Maßnahmen an der Gebäudehülle und der Heizsysteme in Höhe von 42 100 Tonnen einzusparen.

Abbildung 11: Reduktionspotenziale einzelner Bereiche in Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalent im Jahr



Nicht alle aufgeführten Potenziale sind aufsummierbar, da sie Alternativen darstellen. Zum Beispiel können durch Einbau von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (BHKW) in Einzelgebäuden CO<sub>2</sub>-äquivalente Emissionen von 103 000 Tonnen pro Jahr vermieden werden, oder es ließen sich mehrere Objekte zu 11 Nahwärmeseln mit einem Potenzial von 22 700 t/a über trassengeführte Wärmeverbünde zusammenschließen.

Regenerative Energien weisen mit der thermischen Nutzung von Solarenergie und Photovoltaik ein CO<sub>2</sub>-Vermeidungspotenzial von zusammen 25 000 t CO<sub>2</sub>-Äquivalenten im Jahr auf. Biomassenutzung stellt mit 700 Tonnen eher ein Nischenpotenzial dar. Anders sieht die Nutzung von aus Biomasse gewonnenem Biogas aus, das in BHKW genutzt werden kann und so in der Lage ist, über Kraft-Wärme-Kopplung 2 900 Tonnen CO<sub>2</sub> im Jahr einzusparen.

## Einsparpotenziale in den Sektoren

### Haushalte

Bei Maßnahmen zur Reduzierung der Verluste bei der Bereitstellung von Raumwärme ist in erster Linie der Wärmeschutz zu nennen. Unter Berücksichtigung der Kennwerte der

unterschiedlichen Gebäudekategorien sind durch *Maßnahmen an der Gebäudehülle* im Bestand Einsparungen von 43 % bis 63 % oder CO<sub>2</sub>-Reduzierungen von 58 000 t bis 84 000 t CO<sub>2</sub>-Äquivalenten pro Jahr im Schnitt realisierbar.

Eine Erhöhung der Nutzungsgrade der Heizanlagen über eine Reduzierung der Verteilungsverluste und effizientere Wärmeerzeuger erzielen CO<sub>2</sub>-Einsparungen in der Größenordnung von 8 000 t bis 13 000 t CO<sub>2</sub>-Äquivalenten im Jahr. Wird der Anteil von Erdgas zur Raumheizung durch den Ausbau des Gasnetzes innerhalb der nächsten 10 Jahre im Gebäudebestand von derzeit rund 60 % auf 72 % erhöht und zusätzlich die Versorgung mit Nahwärme auf 20 % der Wohngebäude im Bestand gebracht, sind Einsparungen von 73 000 t CO<sub>2</sub>-Äquivalenten im Jahr zu erwarten. Das theoretische Potenzial der dem Haushaltssektor zuzuordnenden Gebäude innerhalb der 614 möglichen *BHKW-Inseln* beträgt 78 450 t CO<sub>2</sub>-Äquivalente im Jahr.

Maßnahmen zur Verringerung der Verluste an *Warmwasserbereitungssystemen* sind geeignet, dadurch bedingte Emissionen um 20 % bis 33 % (4 350 bis 7 150 Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente) einzusparen. Das theoretische Potenzial bei der Verwendung solarer Energie zur Warmwasserbereitung beträgt 13 300 MWh oder 3 630 Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente (erforderliche Solarfläche: ca. 44 000 m<sup>2</sup>).

Im Bereich der Stromanwendungen lassen sich durch die Verwendung von Stromgeräten mit bestmöglicher Effizienz, eine weitgehende Umstellung von Strom- auf Gasanwendungen und den Einsatz von Solarstrom (7 440 MWh/a mit 75 000m<sup>2</sup> Modulfläche) unter Annahme eines bewussten Energieumgangs seitens der Benutzer insgesamt rund 63 % des heutigen Stromverbrauchs und 61 % der CO<sub>2</sub>-äquivalenten Emissionen (21 400 t im Jahr) einsparen.

### *Städtische und Öffentliche Verbraucher*

Das gesamte Einsparpotenzial der in Detailkonzepten untersuchten *städtischen Liegenschaften* durch Maßnahmen an der Gebäudehülle und der Wärmeerzeugung beträgt 1 846 Tonnen CO<sub>2</sub>-äquivalenter Emissionen im Jahr. Erweitert lassen sich mit Investitionsvollkosten von rund 7 Mio. DM<sup>1</sup> über 14 Jahre Emissionen von 2 350 Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalenten einsparen.

Die im Kapitel zur dezentralen Kraft-Wärme-Kopplung des Endberichts ausgewiesenen 614 möglichen Standorte von Blockheizkraftwerken (BHKW) beinhalten 14 städtische Objekte mit 18 Gebäuden. Deren Anteil an dem Minderungspotenzial der BHKW-Anlagen beträgt theoretisch 4 334 Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente im Jahr. Die als möglicherweise realisierbar geltenden Standorte von BHKW sind im Endbericht aufgelistet.

Für die untersuchten *Schulen, Krankenhäuser und Altenheime* liegt das ermittelte Einsparpotenzial durch Wärmeschutzmaßnahmen am Bauwerk und Verbesserung der Effizienz der Wärmeerzeugung und -verteilung bei rund 9 600 Tonnen CO<sub>2</sub>-äquivalenten Emissionen im Jahr. Bedingt durch die Nutzungsstruktur der Kliniken und Seniorenwohn-

---

1 Davon sind ca. 2,8 Mio. DM als Mehrkosten den Energiesparmaßnahmen zuzuordnen, die über das übliche Sanierungsmaß hinausgehen.

anlagen können die größten Einsparerefolge durch den Einsatz effizienter Heiztechnik in Verbindung mit Blockheizkraftwerken erzielt werden.

Weiterhin sei in diesem Zusammenhang auf die in einzelnen Berichten vorliegenden Ergebnisse je Gebäude verwiesen.

Im Bereich der *Straßenbeleuchtung*, ist es möglich, durch effiziente Natrium-Hochdruckdampflampen rund 30 % der Energiekosten (83 000 DM/a von 277 000 DM/a), neben einer Energieeinsparung von 378 MWh/a und CO<sub>2</sub>-Einsparungen von 252 Tonnen Äquivalenten/Jahr, ohne größere Investitionsmehrkosten einzusparen. Wirtschaftlich ist der Lampenwechsel bei ohnehin anstehendem Wechsel.

### *Gewerbe und Industrie*

Insgesamt ist ein rechnerisches Einsparpotenzial im Gebäudebestand der Industrie-, Gewerbe- und Handwerksbetriebe sowie dem Landwirtschafts- und Dienstleistungsbereich von 44 % bis 65 %. (22 000 t bis 32 600 t CO<sub>2</sub>-Äquivalente im Jahr) vorhanden. Die Verbesserungen an Heizkesselanlagen unter Berücksichtigung des vorhandenen Baualters und der angenommenen Heizanlagenstruktur lässt im Bereich Raumwärme ein Einsparpotenzial zwischen 12 % (6 000 t CO<sub>2</sub>) und 19 % (9 500 t CO<sub>2</sub>) zu. Weiterhin sind mit dem Anschluss von 471 Gebäuden, die über BHKW versorgt werden können, Einsparungen von 11 000 t CO<sub>2</sub>-Äquivalenten im Jahr möglich.

Maßnahmen an Systemen zur Warmwasserbereitung können eine Reduzierung von bis zu 33 % (rund 7 900 t) der Emissionen bewirken. Darüber hinaus lassen sich mit Solaranlagen die CO<sub>2</sub>-äquivalenten Emissionen um 2 500 Tonnen im Jahr senken. Angenommen wird die Installation von 19 000 m<sup>2</sup> Kollektorfläche auf der insgesamt vorhandenen nutzbaren Dachfläche der Gewerbe und Industrieobjekte von ca. 120 000 m<sup>2</sup>.

Die durch den Energieverbrauch für prozesswärmeintensive Anwendungen verursachten Emissionen lassen sich durch Reduzierung der Verluste, einer verbesserten Regelung, Nutzung von Abgaswärme sowie der Substitution energieintensiver Techniken wirtschaftlich um 5 % bis 10 % (technisch 30 % bis 40 %) senken: die Spannbreite liegt bei 2 200 bis 17 700 t CO<sub>2</sub>-Äquivalente im Jahr. Stromanwendungen bergen ein wirtschaftliches Potenzial von 30 900 t CO<sub>2</sub>-Äquivalente/a, hauptsächlich im Einsatz energiesparender Beleuchtung und Lüftungstechnik.

Weitere theoretische Potenziale zur Stromeinsparung sind bei der Installation von Photovoltaik-Anlagen möglich: werden 20 % der zur Verfügung stehenden Dachflächen der gewerblich genutzten Gebäude mit 24 000 m<sup>2</sup> Solarzellen belegt, lassen sich jährlich rund 2 400 MWh Strom erzeugen. Damit wären theoretisch die Emissionen von rund 1 600 Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente im Jahr vermieden.

## Einsparpotenziale im Bereich der Energiebereitstellung

### *Einsparpotenziale durch Kraft-Wärme-Kopplung*

Mögliche Standorte von BHKW sind prinzipiell einzelne oder aneinander grenzende Gebäude mit einer zu installierenden Heizleistung von mehr als  $50 \text{ kW}_{\text{th}}$ .

Ausgewiesen wurden 614 theoretisch mögliche Standorte von BHKW, die zusammen 1 305 Gebäude mit einer Gesamtleistung von knapp rund  $104 \text{ MW}_{\text{th}}$  versorgen.

Abbildung 12: Übersicht BHKW-Inseln in Bad Homburg



Die Übersicht zeigt die Verteilung der theoretisch realisierbaren BHKW-Inseln in Bad Homburg. Die Konzentration in der Innenstadt ist durch die dichte Bebauung mit für den Blockheizkraftwerksbetrieb geeigneten Mehrfamilien- und Geschäftshäusern bedingt.

Aufgrund der guten Gasversorgungsstruktur im Stadtgebiet bietet sich der Einsatz von Erdgas als Energieträger in den meisten Fällen an: 855 oder 66 % der potenziellen Gebäude sind bereits mit einem Erdgasanschluss versehen. Die übrigen Objekte können, sofern ein Anschluss an das Gasnetz nicht möglich ist, mit Heizöl, Diesel, und Rapsöl betrieben werden. Eine Einsparung von insgesamt rund 103 000 Tonnen  $\text{CO}_2$ -Äquivalenten im Jahr ist möglich: das sind 52 % der Haushalts- und fast ein Viertel der Gesamtemissionen.

### *Thermische Solarenergie*

Die intensive Nutzung von 75 % der solar nutzbaren Flächen zur Brauchwassererwärmung ergibt mit einer gesamten Kollektorfläche von 341 250 m<sup>2</sup> ein technisch mögliches Reduktionspotenzial von 102 270 MWh<sub>th</sub>: Der Endenergieverbrauch zur Warmwasserbereitung aller Sektoren liegt im Ist-Zustand bei 158 410 MWh/a. Angenommen werden kann allerdings bei Verwendung herkömmlicher Speichertechnik und üblichen Flachkollektoren eine Deckung des Endenergiebedarfs für Warmwasser von lediglich 60 %, womit die Maximaleinsparung bei rund 95 000 MWh<sub>end</sub>/a liegt. Dafür sind rund 316 800 m<sup>2</sup> Kollektorfläche (rund 70 % der gesamten zur Verfügung stehenden solar nutzbaren Dachfläche) notwendig. Bei einem mittleren Emissionsfaktor von derzeit 325 kg/MWh für die Warmwasserbereitung würden rund 22 900 Tonnen CO<sub>2</sub>-äquivalenter Emissionen (44 %) im Jahr eingespart werden.

### *Photovoltaik*

Eine Abschätzung des vorhandenen Potenzials bei Nutzung von 30 % der in Bad Homburg für solare Zwecke nutzbaren Dachflächen von Wohngebäuden führt zu einem theoretischen Potenzial für photovoltaische Stromerzeugung in Bad Homburg von ca. 14 MW<sub>el</sub>. Dies würde bei einer jährlichen Stromerzeugung von 13 650 MWh<sub>el</sub> etwa 7 % des gesamten Stromverbrauchs des Jahres 1997 (ohne Heizungs- und Warmwasseranwendungen) entsprechen. Einsparen ließen sich damit rund 7 600 oder 6 % der im Jahr 1997 durch reine Stromanwendungen verursachten 136 700 Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente Emissionen im Jahr.

### *Strom aus externen regenerativen Energiequellen („Grüner Strom“)*

Neben den Optionen zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen aus Anlagen, die in Bad Homburg selbst zu errichten sind (Solaranlagen beispielsweise), besteht auch die Möglichkeit des Bezugs von regenerativ erzeugtem und zertifiziertem Strom aus dem Netz. Wird der Strombedarf *städtischer Liegenschaften* von derzeit rund 4 400 MWh/a beispielsweise zu 10 % bis 20 % dadurch gedeckt, ließen sich 240 bis 490 Tonnen CO<sub>2</sub>-äquivalenter Emissionen im Jahr einsparen<sup>2</sup>: bei Mehrkosten von 44 000 bis 88 000 DM/a eine Investition von rund 180 DM pro eingesparter Tonne CO<sub>2</sub>. Durch die seit der Liberalisierung des Strommarktes gesunkenen Energiepreise und die Überprüfung bestehender Energielieferverträge ist die Maßnahme ohne weiteres finanzierbar. Öffentlichkeitswirksam wird der Bezug des grünen Stroms durch beispielsweise das Anbringen eines Hinweisschildes oder Emblems am Eingang eines von Bürgern oft frequentierten Gebäudes.

Werden 10 % des *Haushalts-Stromverbrauchs* von derzeit 52 000 MWh/a zu 10 % mit dem Bezug von Strom aus regenerativer Erzeugung gedeckt, ließen sich bei Mehrkosten von 520 000 DM/a 2 900 Tonnen CO<sub>2</sub>-äquivalenter Emissionen einsparen. Angenommen wird ein mittlerer Strompreis aus konventionellem Bezug von 0,22 DM/kWh, und aus al-

<sup>2</sup> Emissionsfaktor 112 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalent / MWh für PV-Strom.

alternativer Erzeugung von 0,32 DM/kWh. Der gewerblich/industrielle Sektor mit 133 100 MWh/a hätte bei der gleichen Deckungsrate und dadurch bedingten Mehrkosten von knapp 1,5 Mio. DM (Strom-Mehrkosten von 0,29 zu 0,18 DM/kWh) mit 7 400 t/a an CO<sub>2</sub>-äquivalenten Einsparungen beigetragen.

#### 4. Szenarien bis 2018

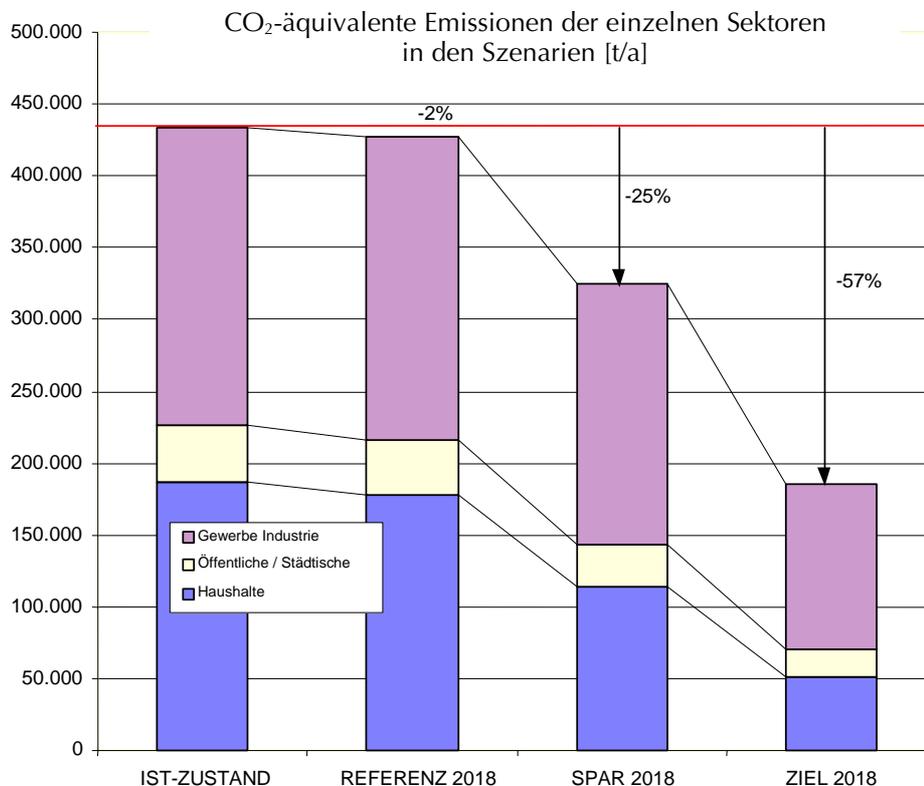
##### Entwicklung der Emissionen

Nicht alle Potenziale lassen sich aufsummiert in die Zukunft projizieren. Berücksichtigt werden muss der Umstand der wechselseitigen Abhängigkeit oder sich gegenseitig ausschließender Vorhaben. Zum Beispiel sind nicht alle Haushalte mit Systemen zur solaren Warmwasserbereitung *und* Kraft-Wärme-Kopplung ausstattbar. Entscheidend ist ebenso die Umsetzungsquote von Energiesparmaßnahmen: diese kann nur abgeschätzt werden und beträgt in den seltensten Fällen hundert Prozent. Die sich im *Referenz-Szenario* widerspiegelnde erwartete Entwicklung unter Zugrundelegung der Beibehaltung des derzeitigen Trends lässt wie beschrieben eine Reduzierung der CO<sub>2</sub>-äquivalenten Emissionen insgesamt um knapp 2 % oder 7 100 Tonnen auf 426 800 t/a zu.

##### Spar-Szenario

Unter Annahme des trotz liberalisierten Energiemarkts leichten Anstiegs der Energiepreise wurde das prognostizierte Spar-Szenario ausgearbeitet: das heißt Brennstoffeinsparungskosten unter 6 Pf/kWh und Stromeinsparungskosten von weniger als 20 Pf/kWh.

Die Entwicklung bei Umsetzung dieser im wirtschaftlichen Bereich liegenden Maßnahmen lassen eine Reduktion in 2018 von 25 % im Vergleich zu 1997 zu (→ Reduzierung um 109 000 Tonnen auf 324 900 Tonnen im Jahr). Dazu gehören in erster Linie Wärmeschutzmaßnahmen im Gebäudebestand, Stromeinspar- und -substitutionsprogramme, die vor allem über informelle und aufklärende Aktionen realisierbar sind sowie die Ausweitung der Gas- und Nahwärmeversorgung.

Abbildung 13: Entwicklung der CO<sub>2</sub>-äquivalenten Emissionen in den Szenarien [t/a]

### Ziel-Szenario

Unterstellt wird im Ziel-Szenario die Umsetzung von Maßnahmen zur Energieeinsparung und Emissionsreduzierung, die mit bereits auf dem Markt befindlichen üblichen technischen Möglichkeiten realisierbar sind. Dieses Szenario stellt das anzustrebende Ziel dar und soll als Meßlatte der dann tatsächlich erreichten CO<sub>2</sub>-Reduzierung dienen.

Sollten die technisch möglichen Einsparpotenziale unter Berücksichtigung ihrer teilweise wechselseitigen Abhängigkeit und der Strukturentwicklung umgesetzt werden, ist bis zum Jahr 2018 eine Reduzierung der CO<sub>2</sub>-äquivalenten Emissionen um 58 % von 433 900 Tonnen auf 184 900 Tonnen im Jahr möglich.

Die im Spar-Szenario beschriebenen Aktionen wie Wärmeschutz und Kraft-Wärme-Kopplungs-Ausbau zählen als Maßnahmen oberster Priorität zu den wichtigsten. Gleichzeitig ist über eine intensive Aufklärungs- und Öffentlichkeitsarbeit die Basis für eine große Akzeptanz in der Bevölkerung und anderer Beteiligter zu legen. Im Ziel-Szenario hat weiterhin die Integration erneuerbarer Energiequellen, vor allem eine Nutzung der Solarenergie, in Versorgungs- und Einsparkonzepte zu erfolgen.

Tabelle 2: Emissionen der beiden Szenarien „Spar“ und „Ziel“ im Jahr 2018 in Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalent im Jahr

CO <sub>2</sub> -äquivalente Emissionen im Spar-Szenario 2018 [t/a]	Raumwärme	Warmwasser	Strom	Prozessenergie	SUMME
Haushalte	69.200	14.900	29.100	-	113.200
Öffentliche/Städtische Einrichtungen	12.700	3.900	9.900	3.000	29.500
Gewerbe, Industrie	40.800	19.500	83.800	38.100	182.200
<b>Summe</b>	<b>122.700</b>	<b>38.300</b>	<b>122.800</b>	<b>41.100</b>	<b>324.900</b>
CO <sub>2</sub> -äquivalente Emissionen im Ziel-Szenario 2018 [t/a]	Raumwärme	Warmwasser	Strom	Prozessenergie	SUMME
Haushalte	26.700	6.000	18.600	-	51.300
Öffentliche/Städtische Einrichtungen	6.900	2.600	7.800	2.000	19.300
Gewerbe, Industrie	25.300	11.900	56.400	20.700	114.300
<b>Summe</b>	<b>58.900</b>	<b>20.500</b>	<b>82.800</b>	<b>22.700</b>	<b>184.900</b>

Eine Verringerung des Ausstoßes an CO<sub>2</sub>-äquivalenten Emissionen um 57 % auf 184 900 Tonnen im Jahr (Rückgang um 249 000 t im Vergleich zum Ist-Zustand) ist als technisch machbares Ziel anzuvisieren.

Die dazu erforderlichen Anstrengungen betreffen alle Sektoren und Anwendungsbereiche gleichermaßen, wobei absolut betrachtet auch hier dem Wärmeschutz im Gebäudebestand (Haushalt, Gewerbe, Öffentlich), der Nahwärmeversorgung sowie der Reduktion des Verbrauchs industrieller und gewerblicher Stromanwendungen Priorität einzuräumen ist. Die Forcierung erneuerbarer Energien in Form von thermischen Solar- und Photovoltaikanlagen stellt ebenfalls einen Eckpfeiler bei der Verwirklichung der CO<sub>2</sub>-Emissionsreduktion dar.

## 5. Instrumente und Umsetzung

Neben den Möglichkeiten der Stadt zur Senkung der Emissionen in den Sektoren Haushalt und Gewerbe durch Öffentlichkeitsarbeit und Beratung sowie der Vergabe von Fördermitteln sind die Instrumente im Bereich der städtischen Einrichtungen und bei der Planung weitaus vielfältiger:

- Schaffung von Strukturen zur Implementierung eines Energiemanagements;
- Planung und Veranlassung von Sparmaßnahmen an städtischen Gebäuden;
- Initiierung von Contractingmaßnahmen;
- Optimierung des Energiebezugs: Einkauf regenerativ erzeugten Stroms, Prüfung von Verträgen;
- Aufbau eines Systems zur Finanzierung von Energiesparmaßnahmen (Internes Contracting);

- Interne Beratung / Fortbildung / Hausmeisterschulungen;
- Bauleitplanung: Berücksichtigung von Einsparmöglichkeiten im Neubaubereich.

Zur Einleitung und Koordinierung dieser Aktionen ist die Gründung einer *Energieleitstelle* Voraussetzung. Das erfordert die Schaffung von mindestens einer, besser jedoch von zwei Vollzeitstellen. Deren Besetzung ist mit fachlich qualifizierten *Energiebeauftragten* zur Bewältigung von komplexen Aufgaben mit hohem Projektcharakter und Wirkungstiefe vorzunehmen.

Es ist zu prüfen, ob innerhalb der Verwaltung diese Kräfte bereits vorhanden sind. Dadurch würde sich zum einen der finanzielle Aufwand begrenzen lassen, zum anderen sind dann bereits beim Energiebeauftragten die nötigen Orts- und Objektkenntnisse vorhanden. Der finanzielle Aufwand für die zu schaffenden Stellen von jeweils 140 000 DM im Jahr wird erfahrungsgemäß bereits nach drei bis vier Jahren durch Senkung von Energiekosten mehr als kompensiert.

### **Maßnahmen- und Zeitplan**

Die Tätigkeitsfelder bis zum Jahr 2018 sind in Tabelle 3 zusammengefasst. Die für die Stadt anfallenden Kosten sind dabei, soweit nicht anders vermerkt, auf ein Jahr bezogen. Einsparpotenziale sind für ein Jahr angegeben, im Neubaubereich aufgrund des kumulierenden Effekts einmal im ersten und im letzten Jahr des Betrachtungszeitraums.

Unter dem *administrativen* Aufwand ist die Höhe des personellen und verwaltungstechnischen Aufwandes zur Durchsetzung von Maßnahmen zu verstehen, der auch Überzeugungsaktivitäten beinhaltet. Sofern bezifferbar sind die den Maßnahmen zuzuordnenden Einsparpotenziale in Tonnen pro Jahr benannt. Informative Aktionen und Öffentlichkeitsarbeit lassen sich nicht direkt in eingesparten Emissionen bewerten, sind ob ihrer Wirkungstiefe aber nicht hoch genug zu bewerten. Die Effizienz bezeichnet einen Mix aus Dauer des Erfolges von Maßnahmen, der Verhaltensänderung, die sie bewirken und der zu erwartenden Einsparung.

Tabelle 3: Maßnahmenplan (Teil1)

Maßnahme	Akteure	Zielgruppe	Administrativer Aufwand	CO <sub>2</sub> -Einsparpotenzial [t/a]	Kosten für die Stadt [DM/a]	Effizienz
INFORMATIONSVREBREITUNG						
Öffentlichkeitsarbeit, Beeinflussung des Nutzerverhaltens, Social Marketing	Energieberatungsstelle	Bürger, Verbände, Firmen, die Interesse an einer wertschöpfenden Klimapolitik haben.	mittel-hoch	nicht direkt quantifizierbar.	50 000	hoch
Fortbildungsmöglichkeiten für externe Experten des Energie- und Baubereichs	Energieberatungsstelle	Handwerker, Ingenieure, Architekten	gering-mittel	nicht direkt quantifizierbar.	30 000	hoch
Koordination der Beratungsstellen der Stadt und des Kreises	Stadt, Energieberatungsstelle	Energieberatungsstelle (Stadt / Kreis)	gering	nicht direkt quantifizierbar.	fällt unter die Kosten für die Beratungsstelle	mittel
Energieberatung Gewerbe / Industrie (z. B. Ökoprofit)	Energieberatungsstelle, Externes Büro	Gewerbe- und Industriebetriebe	hoch	nicht direkt quantifizierbar: → „Förderprogramm Gewerbe / Industrie“	10 000	mittel
Informationsveranstaltungen Wärmedämmung, Heizungssanierung	Energieberatungsstelle, Externes Büro	Privathaushalte	mittel	nicht direkt quantifizierbar.	20.500	hoch
GEBÄUDEBESTAND						
Förderprogramm Wärmedämmung Privathaushalte	Energieberatungsstelle	Hausbesitzer, Wohnbaugesellschaften, Handwerksbetriebe	hoch	15.000	325.000	hoch
Förderprogramm Heizungssanierung Privathaushalte	Energieversorger	Hausbesitzer, Wohnbaugesellschaften	hoch	2.000	100.000	mittel
Förderprogramm Gewerbe/Industrie (z.B. Ökoprofit)	Energieberatungsstelle, EVUs	Gewerbe- und Industriebetriebe	mittel	2.800	30.000	mittel
Stromsparprogramm 5000 Energiesparlampen	Energieberatungsstelle, Stadt, AfE, OVAG	Endverbraucher (Haushalt)	gering	145	60.000	gering
Stromspar- und Substitutionsprogramm Haushalt, Gewerbe	Stadt, AfE, OVAG Energieberatungsstelle	Endverbraucher Haushalt, Gewerbe		3.800	70.000	mittel
Energiesparen in Schulen	Energieberatungsstelle, Kreis	Schüler, Hausmeister, Lehrkräfte	mittel	nicht direkt quantifizierbar.	5.000	hoch
Energieberatung Privathaushalte	Energieberatungsstelle, Externes Büro	Privathaushalte	mittel	nicht direkt quantifizierbar.	35.000	mittel

Tabelle 3: Maßnahmenplan (Teil 2)

Maßnahme	Akteure	Zielgruppe	Administrativer Aufwand	CO <sub>2</sub> -Einsparpotenzial [t/a]	Kosten für die Stadt [DM/a]	Effizienz
<b>NEUBAU</b>						
Vorgabe von Energiekennwerten	Stadt, Energieleitstelle	Bauwillige, Baugesellschaften	gering	100 bis 1.900	-	mittel
Nahwärme als Energieträger festlegen	Stadt, Energieleitstelle	Bauwillige, Baugesellschaften	gering	320 bis 5.800	-	hoch
Bauherren- und Architektenseminare	Stadt, Energieberatungsstelle, Extern	Bauherren, Architekten, Fachplaner	mittel	300	3.710	hoch
<b>STÄDTISCHE EINRICHTUNGEN</b>						
Energiesparen Gebäude	Stadt, Energiebeauftragter, Externer Berater.	Stadt, Verwaltung, Nutzer, Hausmeister	mittel-hoch	2.850	Vollkosten: 6.990.000 Mehrkosten: 2.830.000 in 14 Jahren (2001 bis 2014)	hoch
Verbesserte Regelungstechnik	Stadt, Energiebeauftragter, Extern	Stadt, Nutzer, Hausmeister	mittel	400	50.000	mittel
Kommunales Energiemanagement	Stadt, Energieleitstelle	Stadt, Verwaltung	hoch	nicht direkt quantifizierbar.	100.000 – 250.000	hoch
Internes Contracting	Stadt, Energieleitstelle	Stadt, Verwaltung	mittel-hoch	nicht direkt quantifizierbar.	500.000 (Anschubfinanzierung)	hoch
<b>ENERGIEVERSORGUNG</b>						
Energiedienstleistung Stadtwerke	Stadtwerke mit Stadtverwaltung, Kreditinstitute, Externen Beratern	Alle Sektoren	hoch	nicht direkt quantifizierbar.	-	hoch
Ausbau Nahwärmeversorgung	Stadtwerke, Contractor, Energiedienstleister	Alle Sektoren	mittel	2.500	-	hoch
Prämie bei Umstellung auf Erdgas	Stadtwerke	Tarifikunden	gering-mittel	100	-	gering-mittel
60 BHKW	Stadtwerke, Contractor, Energiedienstleister	Alle Sektoren	hoch	Umsetzung von 10 % der ausgewiesenen BHKW: 10.000	-	hoch
Biogas-BHKW Paul-Ehrlich-Weg	Stadtwerke, Energieleitstelle, Landwirte, Contractor, Externer Berater	Flersheimstiftung, Kursanatorium am Kurpark, Hotelbetrieb	hoch	1.500	je nach Engagement 0 bis 850.000 (einmalig)	mittel



Über den Zeitraum bis 2009 hinausgehende detaillierte Planung ist zum heutigen Zeitpunkt noch nicht möglich, da die Wirkung der einzelnen Maßnahmen erst festgestellt werden und über die Weiterführung dann entschieden werden wird, wie beispielsweise die Auflegung von Förderprogrammen.

Bis 2018 auf jeden Fall kontinuierlich auch weiterhin umzusetzende und aufrecht zu haltende Aktionen sind unter anderem Öffentlichkeitsarbeit, Energiemanagement und die Koordinierung der Klimaschutzaktivitäten der einzelnen Akteure.

## 6. Akteure

Um die wechselseitigen Beziehungen der Beteiligten untereinander zu koordinieren, sind die möglichen Akteursgruppen zuerst zu benennen, deren Beziehungen untereinander und deren Einstellung zu analysieren. Interessenkonflikte sind so eher zu erkennen und zu vermeiden.

Weiterhin ist die Motivation der einzelnen Interessengruppen zur Teilnahme an Klimaschutzaktivitäten entscheidend für den Erfolg. Förderlich wird die Erkenntnis sein, dass alle dahin gehenden Aktionen langfristig eine Wertsteigerung im weiteren Sinne für die Wirtschaftsregion Bad Homburg und für die Umwelt gleichzeitig bedeuten. Gruppen aus den Bereichen Handwerk, Dienstleistung und Gewerbe, die unmittelbar wirtschaftliche Vorteile aus den Programmen und dem zu erwartenden Umsatz ziehen, sind sicher bereit, sich an den Programmen über ein Sponsoring zu beteiligen.

- Die *Kommune* und ihre politischen Gremien als Projektkoordinator und -motor sind für den Rahmen eines regelmäßigen Austausches unter den beteiligten Akteuren verantwortlich.
- *Energieversorger*, ihre Entscheidungsträger und Beteiligten sollten den Weg vom klassischen Energieversorgungsunternehmen (EVU) zum innovativen Energiedienstleistungsunternehmen (EDU) vollziehen. Zu nennen sind hier als Gas- und Wasserversorger die Stadtwerke Bad Homburg, die AfE und die OVAG als Stromversorger, sowie als Erdgas-Randversorger die Mainova. Auch kleinere Versorger der Sparten Heizöl, Kohle, Holz, Diesel sind dieser Gruppe zuzuordnen.
- Die *Bevölkerung* als Energieverbraucher und gleichzeitig gesellschaftlicher Akteur in verschiedenen Interessengruppen (Umwelt- und sozialpolitische Organisationen, Vereine, Initiativen, Verbände) ist allein durch ihr Verhalten bei der Energieverwendung und im Verkehr ein wichtiger Faktor. Werden die Aktivitäten in breiten Feldern der Gesellschaft richtig kanalisiert, können Klimaschutzaktivitäten quasi von selbst am Laufen gehalten werden.
- *Öffentliche und private Wohnungsbaugesellschaften, Haus- und Wohnungseigentümer* handeln zuerst aus Gründen des Substanzerhalts und der Kosteneinsparung. Es ist wichtig, diesen Sachverhalt in den Bereich Energieverwendung und -sparen auszuweiten.

- *Handwerker* sind aus wirtschaftlichen Gründen an Aufträgen interessiert und müssen bei der Ausführung mängelfrei arbeiten. Unter Umständen könnte ein kleiner Part zum Projektetat beigetragen werden.
- *Dachverbände und Innungen* des beteiligten Handwerks können sowohl Informationen transportieren als auch einen Sponsorenbeitrag leisten.
- *Finanzierer* wie Banken und Bausparkassen können wichtiger Bestandteil des Konzeptes sein, indem sie zum einen Informationen über das Projekt in den Filialen und über den Außendienst verbreiten und zum anderen ein Finanzierungspaket für Energiesparmaßnahmen entwickeln. Die Finanzierer könnten sich mit einem Betrag am Sponsoring beteiligen.
- *Hersteller* von Produkten aus den Bereichen Fenster, Dämmstoffe, Heizanlagen, Solaranlagen, Dachsteine, Wärmedämmverbundsysteme können einen wesentlichen Beitrag zur Finanzierung des Projektes leisten, wobei zu jedem Gewerk mindestens zwei Hersteller gesucht werden sollten, um die Unabhängigkeit zu wahren.
- Die *Presse* und andere Medien als wichtige Instrumente zur Informationsweitergabe sind jeweils über Aktivitäten zu unterrichten.
- Einen großen Vertrauensvorschuss besitzen die *Haus- und Grundbesitzervereine* sowie *Siedlerverbände*. Sie sollten in die Gespräche mit einbezogen, die vorhandenen Printmedien genutzt und Informationen der allgemeinen Vereinspost beigelegt werden.
- Eine Kooperation mit der *Schornsteinfegerinnung* sollte angestrebt werden, zumal Schornsteinfeger eine genaue Kenntnis der Beheizungsstruktur besitzen, Vertrauen genießen, Ambitionen zur energieberatenden Tätigkeit hegen und qualifiziert sind.

Bei den Akteuren ist hinsichtlich der Umsetzung des Klimaschutzkonzeptes eine positive Resonanz zu erzielen und auf Aspekte aufmerksam zu machen, die über das reine Energiesparen hinausgehen. Wirtschaftliche Ziele wie die Beschäftigung, Kostenreduzierung, Stärkung des Mittelstands, Wachstum und mögliche Einsparungen sind ebenso von Relevanz wie ökologische Gesichtspunkte.

Gute Ansätze für die Involvierung der Beteiligten sind die Fortführung des „Arbeitskreises Klimaschutz“, die vorgesehene Energieberatungsstelle „Power“ zusammen mit dem Kreis sowie die dazu geplante Gründung des Fördervereins.

## 7. Ausblick

Die Erschließung der möglichen Potenziale und die Ziele des Klimaschutzes in Bad Homburg lassen sich nur mit einem Mix aus den vorgeschlagenen Handlungsempfehlungen erreichen.

Bei den Möglichkeiten zur CO<sub>2</sub>-Minderung sind unter dem Aspekt der Verbreitung bei übergeordneter Betrachtung drei große Verbrauchergruppen zu involvieren, und zwar:

- der Privatsektor, wobei hinsichtlich des dominierenden Raumwärmebereichs die Hausbesitzer zu nennen sind;
- der gewerbliche Sektor mit produzierendem Gewerbe, Energieerzeugung und -umwandlung;
- städtische, kommunale und öffentliche Einrichtungen ohnehin.

Es liegt im Handlungsspielraum der Kommune, verstärkt neue, eigene Wege zu beschreiten, die dem fehlenden Handlungswillen entgegentreten und beteiligte Entscheidungsträger dazu veranlassen, vorhandene Technik zur Energieeinsparung im breiten Umfang einzusetzen. Dadurch veranlasste Investitionen auf dezentraler Ebene mit der zu erwartenden Wertschöpfung zählen dabei – wie die Schaffung von Arbeitsplätzen in der Region – zu den wesentlichen Argumenten.

- Dazu gehört aus zwei Gründen die Umsetzung der für die *städtischen Liegenschaften* in Einzelkonzepten empfohlenen Maßnahmen und die Einführung eines *Energiemanagements*: CO<sub>2</sub>- und Kostenreduzierung einerseits, Vorbildfunktion für andere Beteiligten und Verbraucher andererseits. Dadurch kurzfristig realisierbare Energie- und Kosteneinsparungen verstärken zudem die politische Akzeptanz dieses Instruments. Eine leicht realisierbare Möglichkeit ist zum Beispiel der Bezug von regenerativ erzeugtem Strom, der durch eingesparte Kosten durch den derzeitigen Strompreissrückgang finanziert werden kann.
- Eine wesentliche CO<sub>2</sub>-Minderung ist ohne die Einbeziehung der privaten *Wohngebäude* nicht möglich und für die Umsetzung des Klimaschutzkonzeptes von elementarer Bedeutung. Das bedeutet die Verringerung des Energiebedarfs auf der Nachfrageseite durch Maßnahmen des Wärmeschutzes und die Bereitstellung von Energie auf der Angebotsseite durch besonders CO<sub>2</sub>-neutrale Formen wie die Kraft-Wärme-Kopplung. Ferner ist mit den Innungen und Interessenverbänden des Handwerks, des Gewerbes und der Industrie der gewerbliche Sektor von der Wirtschaftlichkeit von CO<sub>2</sub>-Minderungsprogrammen zu überzeugen und die Bedeutung für die Wertschöpfung der Region herauszustellen.
- Mit den Mitteln einer nachhaltigen *Bauleitplanung* in Neubaugebieten hat die Stadt alle Möglichkeiten, nicht nur quantitativ künftige Emissionen zu vermeiden, sondern auch Wohnqualität über zeitgemäße und vorbildliche Standards in diesem Bereich zu schaffen. Durch die Vorgabe von Energiekennwerten, der Empfehlung der Verwendung emissionsarmer Energieträger und der Auslobung von Planungswettbewerben wird die Attraktivität der Stadt Bad Homburg nicht nur im Wohnbereich erhöht.
- Die Involvierung aller Beteiligten zur Ausnutzung der vollen Bandbreite der direkten *Öffentlichkeitsarbeit* und öffentlichkeitswirksamer Maßnahmen ist dringend notwendig, um im Energiesektor signifikante Einsparungen und damit auch eine CO<sub>2</sub>-Emissionsreduktion zu erreichen. Durch Beratung, eine geschickte Informationspolitik, Öffentlichkeitsarbeit sowie den gezielten und effizienten Einsatz von Fördermitteln als Anstoß sollten die gesteckten Ziele erreichbar sein.

Eine vorausschauende Planung der Stadtentwicklung mit einem ökologisch wie auch wirtschaftlich ausgerichteten Energiedienstleistungsangebot ist in der heutigen Umbruchzeit wichtiger denn je. Dazu gehört auch die Einbeziehung und Ausweitung der Nutzung regenerativer Energiequellen, denn sicher ist: fossile Energieträger werden bei weiter steigendem Weltenergiebedarf immer knapper und die Anzeichen anthropogener Klimaveränderungen verdichten sich.

Seit 2000 – Vorlage des Klimaschutzrahmenkonzeptes – unter anderem durchgeführt:

- Das Klimaschutzkonzept wurde durch den Magistrat und die Stadtverordneten zur Kenntnis genommen und beschlossen, bis zum Jahr 2018 den Energieverbrauch der städtischen Liegenschaften um 30 % zu senken; entsprechend werden finanzielle Mittel bereitgestellt.
- Diverse technische Maßnahmen an verschiedenen Gebäuden.
- Anfang 2001 wurde die Energie-Beratungsstelle POWER gemeinsam mit dem Hochtaunuskreis eingerichtet. Die Beratungsstelle ist mit einer Vollzeitstelle besetzt und leistet die externe Beratung in der Stadt und in verschiedenen weiteren Kommunen des Hochtaunuskreises. Durchschnittlich werden ca. 1 000 Beratungen jährlich durchgeführt.
- Die Stadt Bad Homburg hat ein Förderprogramm für Maßnahmen zur Energieeinsparung bei kleineren Wohneinheiten aufgelegt.
- Es wurden, zum Teil in Kooperation mit anderen Institutionen, verschiedene Veranstaltungen zum Klimaschutz durchgeführt (z. B. Seminare für Architekten, Ausstellungen) und Informationsschriften erstellt.
- Im Jahr 2002 wurde eine Stelle „Energiemanagement“ geschaffen und mit einem Fachingenieur besetzt (siehe Tim Bachmann, Kommunales Energiemanagement in Bad Homburg).

Im Jahr 2004 wird eine erste 5-Jahresbilanz gezogen und veröffentlicht.

*Herbert Hofmuth*

## **Energiesparkonzept für 1000 städtische Gebäude der Landeshauptstadt München**

### **Umsetzung der Maßnahmen**

Inhalt Projekt

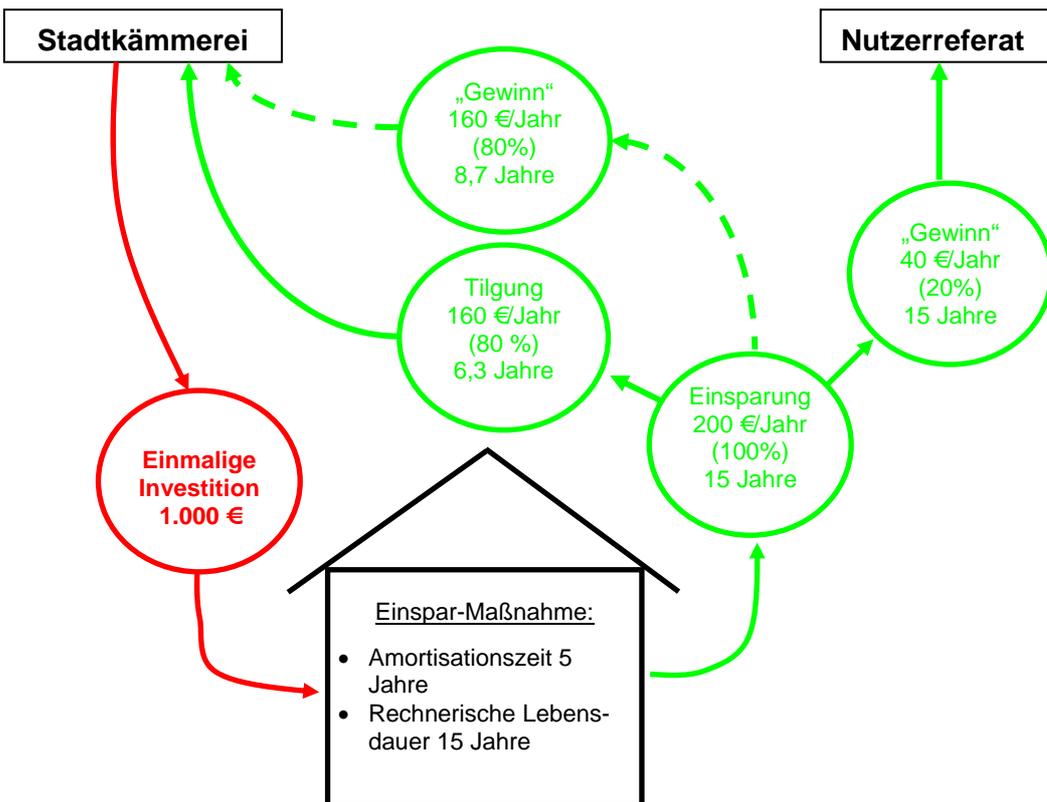
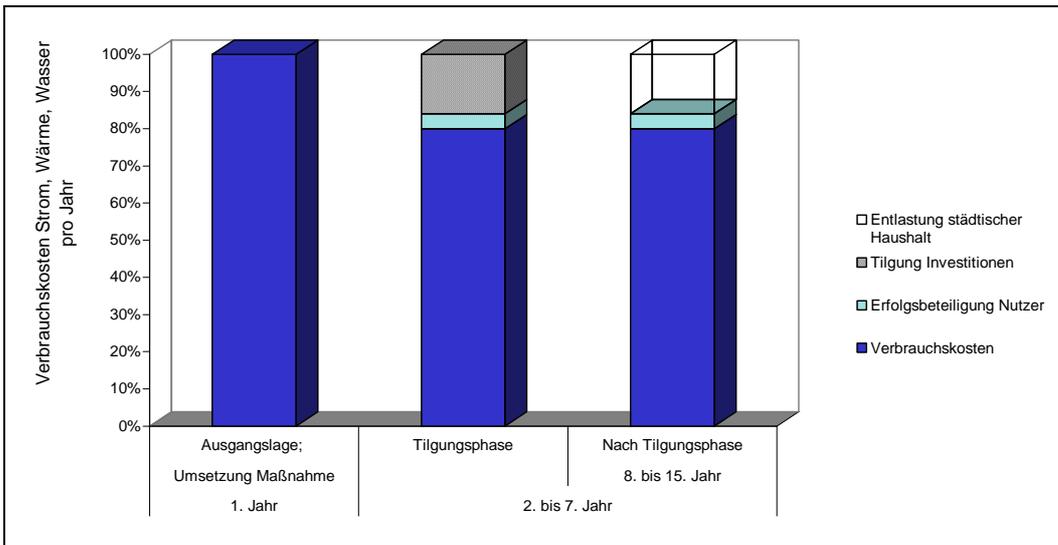
- Energetische Untersuchungen an rund der Hälfte aller städt. Gebäude
- Einsatz regenerativer Energien
- Schwerpunkt: Maßnahmen Amortisationszeit unter 10 Jahren
  - ▲ Energiesparkonzept finanzierbar
  - ▲ Umsetzung Maßnahmen finanzierbar
- Auftragssumme: 600.000 Euro
- Laufzeit: März 2000 – Juli 2002
- Finanzierung: Mittel aus dem Energiemanagement (eingesparte Energiekosten)
- Förderung: Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Verkehr und Technologie

Einsparpotentiale

- Wärme: 30.370 MWh/a (14 %)
- Strom: 3.490 MWh/a (8 %)
- Wasser: 25.200 m<sup>3</sup>/a (2 %)
- CO<sub>2</sub>-Emissionen: 6.810 t/a (11 %)
- Kosten: 2,2 Mio Euro/a (11 %)
- Energiesparmaßnahmen: 3020 Maßnahmen
  - ▲ nicht investiv: 1450 Maßnahmen
  - ▲ investiv: 1570 Maßnahmen
- Investitionen: 9 Mio Euro
- Amortisationszeit: 4,5 Jahre

Umsetzung Maßnahmen

- Nicht investive Maßnahmen
  - ▲ Seit November 2000
  - ▲ Bisher 1305 Maßnahmen (90 %) durchgeführt
  - ▲ Einsparungen: rd. 900.000 Euro/a
- Investive Maßnahmen
  - ▲ Seit Juli 2000 bei Sanierungsmaßnahmen (45 Maßnahmen)
  - ▲ Münchner Intracting Modell



<b>Investition je Maßnahme</b>	<b>Anzahl</b>	<b>Anteil</b>	<b>Gesamt- Investition</b>
<b>€</b>	<b>Stk.</b>	<b>%</b>	<b>€</b>
<b>&lt; 1.000</b>	775	65,3%	220.000
<b>1000 - 5.000</b>	291	24,5%	590.000
<b>5000 - 10.000</b>	58	4,9%	360.000
<b>10.000 - 50.000</b>	59	5,0%	1.280.000
<b>&gt; 50.000</b>	4	0,3%	250.000
<b>Gesamt</b>	<b>1.187</b>	<b>100%</b>	<b>2.700.000</b>

Einsparungen: 540.000,- € pro Jahr (Preise auf Basis 2003)

- Heizungssanierungsprogramm
- Anforderungen Energiesparverordnung – Gebäudebestand
  - ▲ Dämmung oberste Geschossdecken
  - ▲ Austausch Heizkessel
  - ▲ Dämmung Wärmeverteilungsleitungen; Warmwasserleitungen; Armaturen

*Michael Funke*

## **Sinn, Aufbau und Vermarktung des Energieberichts**

### **Begriffdefinition:**

Ansätze:

- Betrachtungen zum Stadtklima und zur Lufthygiene;
- Betrachtungen zum Energieverbrauch der gesamten Stadt;
- Betrachtungen zum Energieverbrauch der städtischen Liegenschaften.

„Hier und Heute“ geht es um die Betrachtung der Liegenschaften / Immobilien in kommunalen Besitz oder angemieteten Objekten mit Darstellung der Entwicklung von:

- Energieverbrauch;
- Energiekosten und -preise;
- Emissionen.

... und der Verknüpfung der vorgenannten Themen mit der Berichterstattung über Klimaschutzaktivitäten für die „Energiearten“:

- Wärme (Gas, Fernwärme, Öl, Festbrennstoffe usw.);
- Strom;
- Wasser.

### **Zielsetzungen von Energieberichten**

- Tätigkeitsnachweis des Energiemanagements gegenüber politischen Gremien, Verwaltungsvorstand, Amtsleitungen usw. und Darstellung dieser wichtigen Aufgabe;
- Ist-Analyse;
- Dokumentation von Umsetzungen energiepolitischer Beschlüsse (z.B. CO<sub>2</sub>-Emission);
- Controlling-Instrument im Sinne der Planung und Steuerung des Energieeinsatzes (Verbrauch und Kosten );
- Motivation zum sparsamen Umgang mit Energie und Wasser;
- Öffentlichkeitsarbeit → „Vorbildrolle“.

### **Zielgruppen**

- Politische Gremien;
- Verwaltungsspitze (Ober- Bürgermeister/innen, Dezernenten/innen);
- Fachbereiche / Vermögensträger / Kämmerei (als zentraler Finanzier);
- Nutzer und Betreiber;
- Interessierte Bürger/innen.

### **Inhalte von Energieberichten**

#### UMFANG:

- Es gibt zum Beispiel Berichte von 14 bis 100 Seiten.
- Zielgruppe(n) ist (sind) entscheidend.
  - ▲ Ab 50 Seiten nur noch für Energiebeauftragte / -manager interessant.

#### DETAILLIERUNGSGRAD:

- von Darstellung des Energiemanagements mit den Aufgaben und Zielen bis hin
- zur objektbezogenen Baumaßnahme mit Fotos, Berechnungen, Grafiken.

### **Inhalte von Energieberichten**

#### EINLEITUNG:

Vorwort (von Oberbürgermeister/innen oder Dezernenten/innen oder evtl. Amtsleitern/innen):

Inhalte z. B.

- Grundsatzvereinbarungen kommunaler Energiepolitik;
- Strategisches Vorgehen des Energiemanagements;
- anhand von besonderen Erfolgen die Wichtigkeit des Energiemanagements darstellen.

#### ALLGEMEIN:

- Inhaltsverzeichnis, Impressum, Literaturverzeichnis, Abkürzungsverzeichnis;
- Veränderungen, Auswirkungen und Ausblick.

KERNAUSSAGEN: auf 1 bis 2 Seiten.

## HAUPTTEIL

- Energiebeschaffung / Vertragswesen;
- Statistik;
- Bilanz;
- Kennwerte;
- Investive und nicht-investive Maßnahmen;
- Ausblick (kann auch in der Einleitung stehen).

### **Energiebeschaffung / Vertragswesen**

- Aussagen über die Prüfung von Liefer- und Einkaufsverträgen (Erfolg darstellen);
- Tarifstruktur (Wärme, Strom, Wasser);
- Entwicklung der Tarife (Darstellungen durch Grafiken);
- Vergleiche ziehen.

### **Statistik**

#### 1. Schritt

- Übersicht über Gesamt- /Verbrauch / Kosten für Wärme, Strom, Wasser:
  - ▲ bei Wärme: absolute und witterungsbereinigt;
  - ▲ bei Wasser: evtl. mit Abwasserkosten.
- Entwicklung des Energieverbrauches der kommunalen Gebäude über mehrere Jahre.
- (Einfluss des Nutzerverhaltens ).

#### 2. Schritt

##### Verbrauch/Kosten

- bezogen auf Gebäudegruppen;
- Fachbereiche/Vermögensträger (z. B. Sportamt, Sozialamt, oder Grundschulen, Kindertagesstätten).

### 3. Schritt

Verbrauch / Kosten (bezogen auf Gebäude) in Tabellenform mit folgenden Aussagen:

- Bezeichnung der Liegenschaft mit Adresse;
- Bezeichnung der einzelnen Gebäude einer Liegenschaft;
- Verbrauch des jeweils betrachteten Energieträgers (aktuelles Jahr und Vorjahr/e);
- die zum Verbrauch gehörenden Energiekosten;
- Auswahl beschränken (nützliche Zahlen verwenden).

### **Bilanz**

Die Veränderungen des Energieverbrauchs, der Kosten und Emissionen bezogen auf Basisjahr ( z. B. Einführung des EM, Beschlüsse der Politik...) in Tabellen und/oder Grafiken (Diagrammen) darstellen und interpretieren.

Kosten-Nutzen-Bilanzierung des gesamten Energiemanagements bzw. der Planstellen.

### **Kennwerte als Controlling-Instrument**

- Verbrauchskennwerte bezogen auf Fläche/Personen (NGF, BGF, Gebäudereinigungsfläche – GRF).
- Immer gleiche Bezugsfläche verwenden!
- VDI – Richtlinie 3807 Blatt 1 (enthält Berechnungsgrundlagen): andere Bezugsflächen sind zulässig, wenn sie eindeutig definiert und ausdrücklich benannt sind.
- Erster Überblick: Zustand der Gebäude, Einordnung in eine Rangfolge für Handlungsbedarf.
- Verbrauchsentwicklungen innerhalb eines Gebäudes oder einer Gebäudegruppe darstellen.

### **Investive und nicht-investive Maßnahmen**

- Investitionsmaßnahmen (z. B. Sanierungen, regenerative Energieanlagen, wassersparende Armaturen, WRG-Anlagen);
- organisatorische Maßnahmen (Optimierung der Raunutzung, Schulungen von Hausmeistern ...);
- betriebliche Maßnahmen (Optimierung von MSR-Anlagen, Einsatz der Gebäudeleittechnik, Motivation der Nutzer).

### **Ausblick**

- Schlüsse für die Gestaltung der weiteren Arbeit und Durchführung zukünftiger Aufgaben ziehen!
- Werbung und Akzeptanz für zukünftige Aufgaben erzeugen!
- Kritische Bilanzierung der Arbeit!

### **Zeitintervalle zur Erstellung von Energieberichten**

Abhängig von den Inhalten unterscheiden:

- „muss“ : jährlich / 2 Jahre;
- „soll“: maximal alle 3 Jahre;
- „nice to have“: nach Bedarf.

AUSSAGEN:

- Veränderungen im Gebäudebestand und Nutzungsänderungen einzelner Gebäude;
- Verbrauchsentwicklung;
- Kostenentwicklung;
- Emissionen.

### Beispiele eines Projektplans zur Erstellung eines Energieberichts

65/ GN Energiemanagement der Stadt Dortmund 26176		Ablauf Erstellung Energiebericht 2002			
Nr.	Vorgangsname	Ressourcennamen*	Dauer	Anfang	Ende
1	Entwurf Vorarbeiten		34 Tage	Mi. 9.4.03	Mo. 26.5.03
2	Controlling der Verbräuche und Kosten 2002, einschl. Umbuchungen	Frau S, Frau V, Herr Y	3 Tage	Mi. 9.4.03	Fr. 11.4.03
3	Aufstellung der Verbräuche und Kosten 2001 und 2002 nach Kostenstellengruppen	Frau S Frau V	3 Tage	Mo. 14.4.03	Mi. 16.4.03
4	Abgleich der Verbräuche und Kosten 2001 und 2002	Frau X Herr Y	2 Tage	Do. 17.4.03	Fr. 18.4.03
5	Ermittlung aller energetisch wirksamen Maßnahmen von den Projektschulen für 2002	Frau X	4 Tage	Do. 10.4.03	Di. 15.4.03
6	Ermittlung aller energetisch wirksamen Maßnahmen von großen Sanierungen in 01/02	Frau S	3 Tage	Mi. 16.4.03	Fr. 18.4.03
7	Ermittlung des Mittelrückflusses und Einsparerfolge für Projektschulen 2002	Herr W. Frau S	8 Tage	Mo. 14.4.03	Mi. 23.4.03
8	Ermittlung CO 2 Emissionen einschl. Veränderungen Wärme und Strom ermitteln	Herr G	10 Tage	Do. 17.4.03	Mi. 30.4.03
9	Ermittlung umgebaute Kesselanlagen DEW in 2001 und 2002	Herr G	2 Tage	Mo. 14.4.03	Di. 15.4.03
10	Hohe Kennzahlen ermitteln	Herr G	6 Tage	Mi. 23.4.03	Mi. 30.4.03
11	Auswertungen der Maßnahmen des 1 Mio. Topfes	Herr S	10 Tage	Mo. 14.4.03	Fr. 25.4.03
12	Auswertungen der GLT	Herr S	10 Tage	Mo. 28.4.03	Fr. 9.5.03
13	Auswahl der Projekte und Aufbereitung	Herr W	10 Tage	Mo. 21.4.03	Fr. 2.5.03
14	Ermittlung der durchschnittlichen Tarife für alle Energiearten	Frau. V	2 Tage	Mo. 21.4.03	Di. 22.4.03
15	Form der Dokumentation einschl. Kosten für Druck oder Drucker mit der Werkleitung abstimmen	Herr F Herr L	5 Tage	Mo. 14.4.03	Fr. 18.4.03
16	DEW zwecks Kostenbeteiligung ansprechen	Herr F Herr L	1 Tag	Mo. 14.4.03	Mo. 14.4.03
17	Gliederung und detaillierte Inhalte Energiebericht abstimmen	EM_team	1 Tag	Mi. 16.4.03	Mi. 16.4.03
18	Beschreibungen der einzelnen o.g. Auswertungen	EM_team	14 Tage	Mi. 7.5.03	Mo. 26.5.03
19					

65/ GN Energiemanagement der Stadt Dortmund 26176		Ablauf Erstellung Energiebericht 2002			
Nr.	Vorgangsname	Ressourcennamen	Dauer	Anfang	Ende
20	<b>Detaillerggebnisse erarbeiten</b>		<b>28 Tage</b>	<b>Do. 1.5.03</b>	<b>Mo. 9.6.03</b>
21	Vorwort	Herr F	5 Tage	Do. 1.5.03	Mi. 7.5.03
22	Veränderungen, Auswirkungen und Ausblick	Herr F	3 Tage	Mo. 5.5.03	Mi. 7.5.03
23	Verbrauchsauswertung Wärme, Strom Wasser	Frau S	14 Tage	Mi. 7.5.03	Mo. 26.5.03
24	CO <sub>2</sub> -Ausstoß	Herr G	5 Tage	Do. 1.5.03	Mi. 7.5.03
25	Kostenauswertung Wärme, Strom Wasser	Frau V	14 Tage	Mi. 7.5.03	Mo. 26.5.03
26	Tarifentwicklung darstellen	Frau V	2 Tage	Di. 27.5.03	Mi. 28.5.03
27	Hohe Energiekennzahlen und Veränderungen auswerten	Herr G	5 Tage	Mo. 12.5.03	Fr. 16.5.03
28	Größere Sanierungen	Herr W	7 Tage	Di. 27.5.03	Mi. 4.6.03
29	Anlagentechnische Maßnahmen aus 1 Mio. Topf	Herr S	7 Tage	Mo. 19.5.03	Di. 27.5.03
30	Wirtschaftlichkeit GLT	Herr S	7 Tage	Mi. 28.5.03	Do. 5.6.03
31	Erneuerung Kesselanlagen	Herr G	5 Tage	Mo. 19.5.03	Fr. 23.5.03
32	Projekte aus regenerativer Energie darstellen und Solarertrag	Herr W	3 Tage	Do. 5.6.03	Mo. 9.6.03
33	Abschlußbericht Schulprojekt	Frau S	4 Tage	Di. 27.5.03	Fr. 30.5.03
34	Hausmeisterschulung	Herr G	3 Tage	Mo. 12.5.03	Mi. 14.5.03
35	Handlungsanleitung	Frau S	1 Tag	Mo. 2.6.03	Mo. 2.6.03
36	Intranet	Frau S	1 Tag	Di. 3.6.03	Di. 3.6.03
37	Zusammenführung aller Einzeldokumente	EM-Team	3 Tage	Do. 5.6.03	Mo. 9.6.03

\* Namen von der Redaktion unkenntlich gemacht.

### **Es gibt nichts Gutes, außer man tut es! (Erich Kästner) ... und berichtet darüber!**

Weitere Informationen siehe Schriftenreihe des Deutschen Städtetages:  
Ausgabe 9: Energieberichte für kommunale Liegenschaften-

Erhältlich bei:

Deutscher Städtetag,  
Postfach 510620  
50942 Köln  
Fax: 0221 / 3771-127  
E-Mail: [ilona.wollny@stadetetag.de](mailto:ilona.wollny@stadetetag.de)

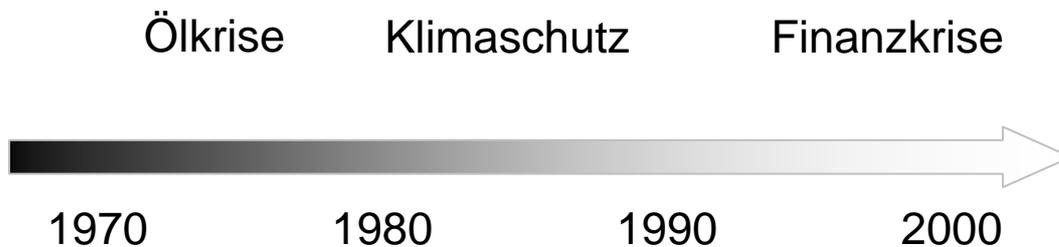
# **Energie- und Gebäudemanagement**



*Tim Bachmann*

## **Kommunales Energiemanagement Bad Homburg**

### **Warum KommEm – die Geschichte des Kommunalen Energiemanagements**



### **Warum KommEm – die Motivation der Kommunen**

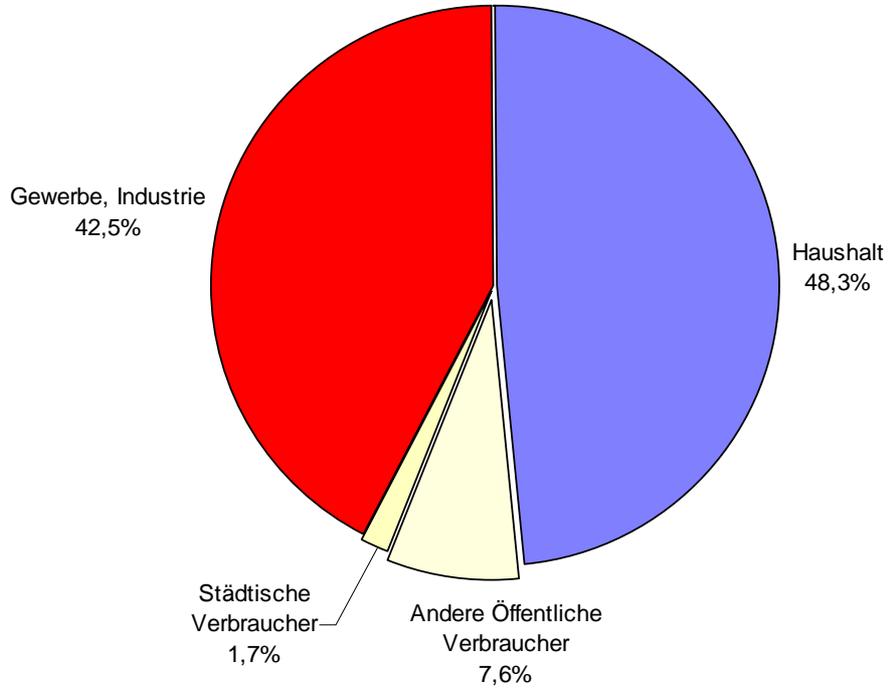
- Versorgungssicherheit;
- Schutz der natürlichen Lebensgrundlagen;
- Finanznot;
- Selbstverpflichtungen (z.B. durch Mitgliedschaft im Klimabündnis);
- Vorreiter- und Vorbildrolle;
- Image.

### **Der Weg zum KommEm – am Beispiel der Stadt Bad Homburg v.d. Höhe**

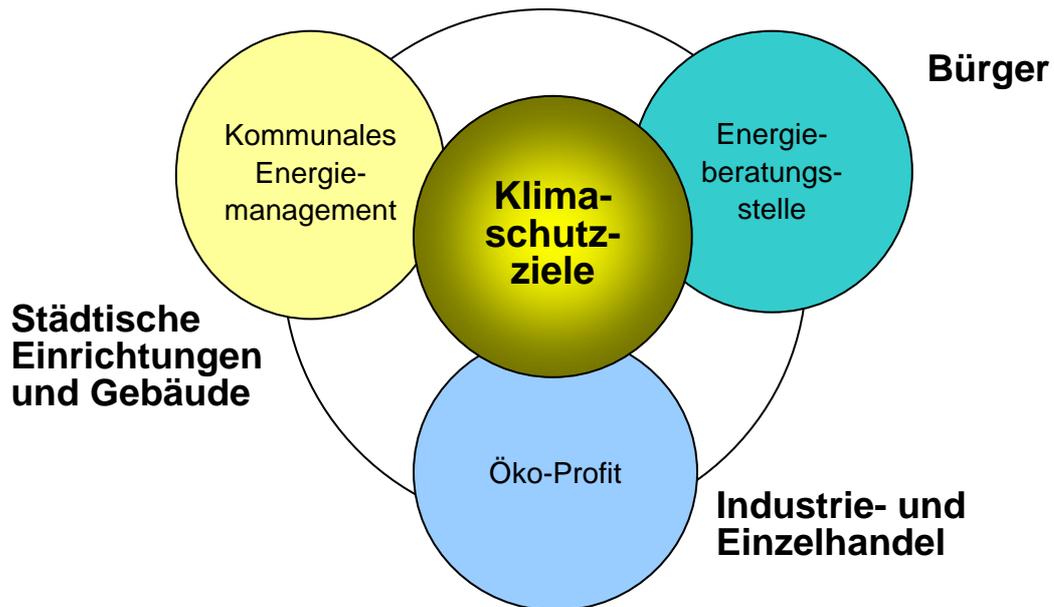
- Beschluss;
- Beschlussvorlage;
- Vorschlag;
- Untersuchungsergebnis;
- Beauftragung Untersuchung;
- Beschluss;
- Beschlussvorlage;
- Idee;
- ca. 10 Jahre.

## Der Weg zum KommEm – das Ergebnis der Untersuchung

Abbildung 1: Endenergieverbrauch nach Sektoren  
Gesamtverbrauch: 1.196.600 MWh/a Bezugsjahr 1997



## Der Weg zum KommEM – der Beschluss und die Umsetzung der Ergebnisse



„ ... Der Magistrat wird aufgefordert Maßnahmen bei eigenen Gebäuden vorzunehmen, die geeignet sind, die Gesamtemission an CO<sub>2</sub> der Stadt Bad Homburg erheblich zu senken. Der Energieverbrauch ist bis zum Jahr 2018 um 30% zu senken. ...“

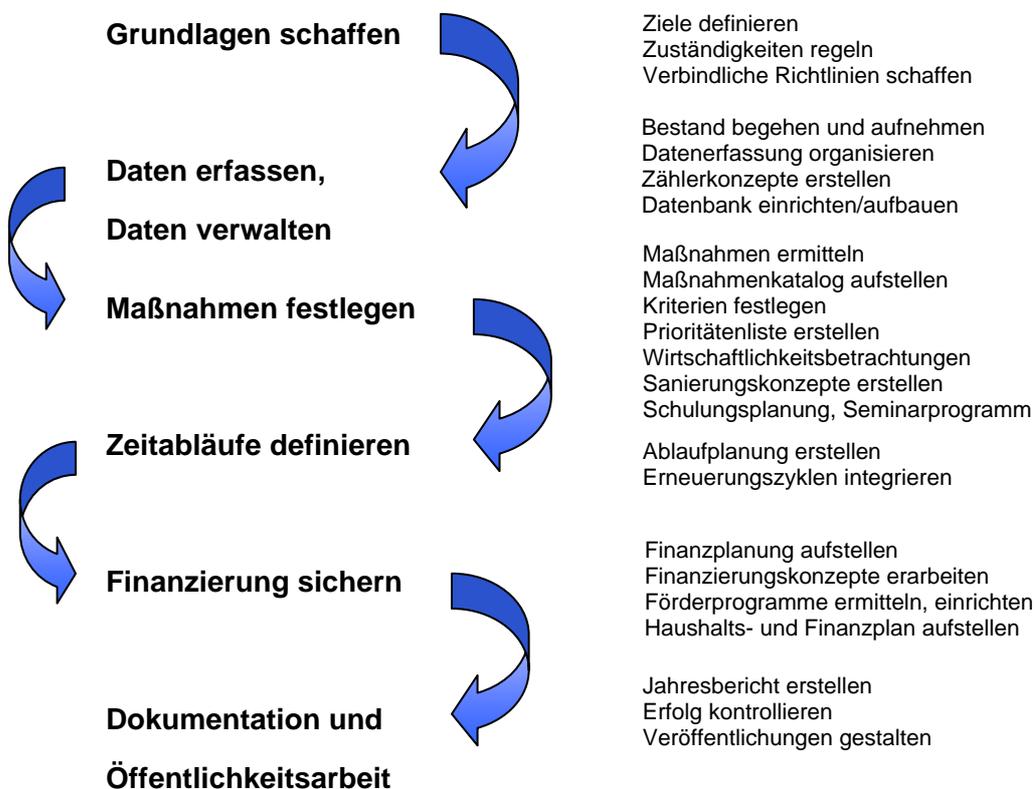
Zur Durchführung und Überwachung der erforderlichen Maßnahmen wurde die Stelle des „Kommunalen Energiemanagement“ geschaffen und zum 01.06.2002 besetzt.

### Der Weg zum KommEm – der erste Schritt des Kommunalen Energiemanagements

Erarbeiten eines Konzeptes:

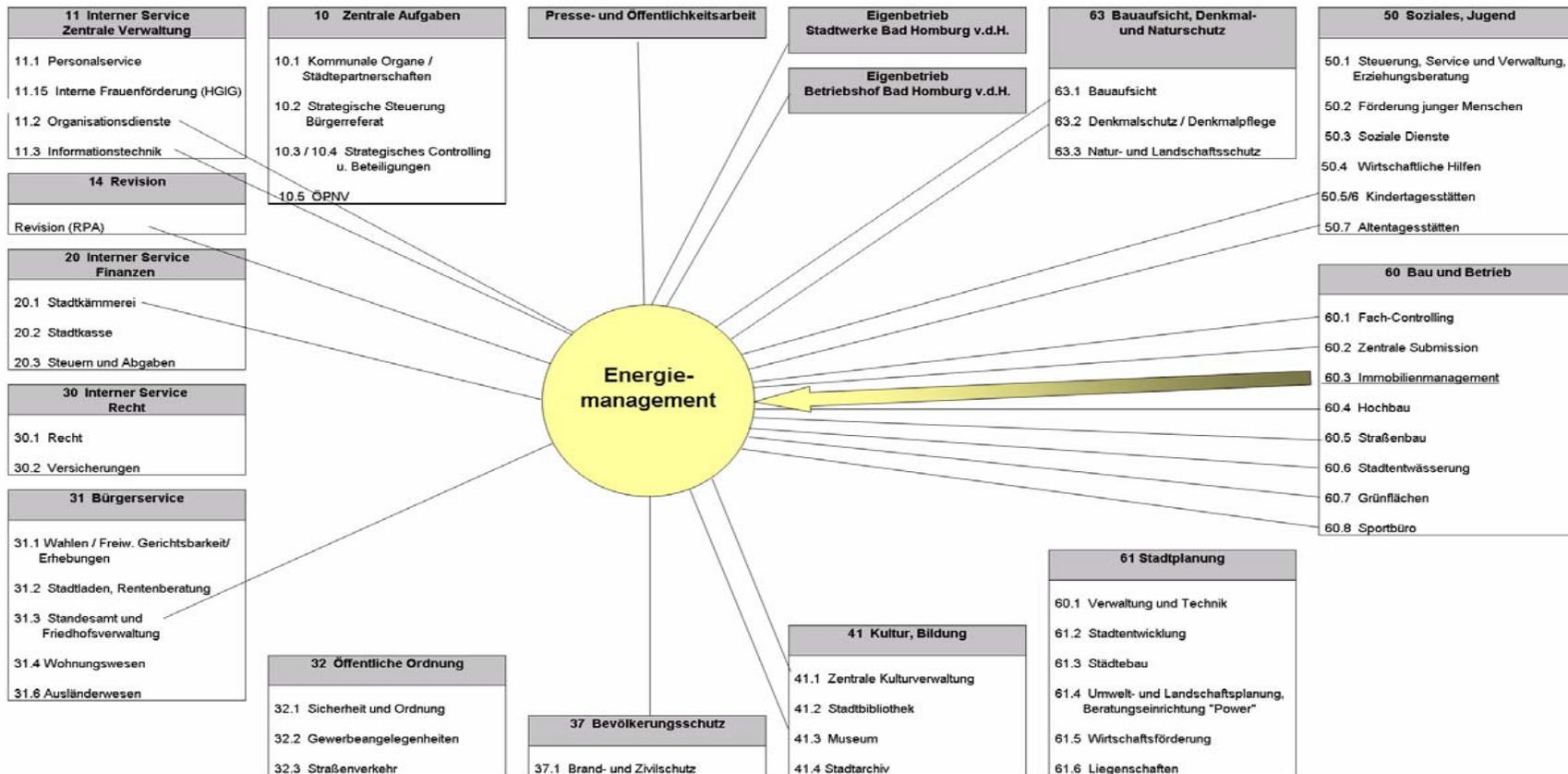
- Definition der Ziele;
- Festlegung der Basis;
- Klärung der Zuständigkeiten;
- Einbindung in die Verwaltung;
- Beschreibung der Arbeitsmittel;
- Beschreibung des Arbeitsablaufes.

### Der Weg zum KommEm – der Weg zum Energiemanagement



# Die Umsetzung des KommEm – Einbindung in die Verwaltung

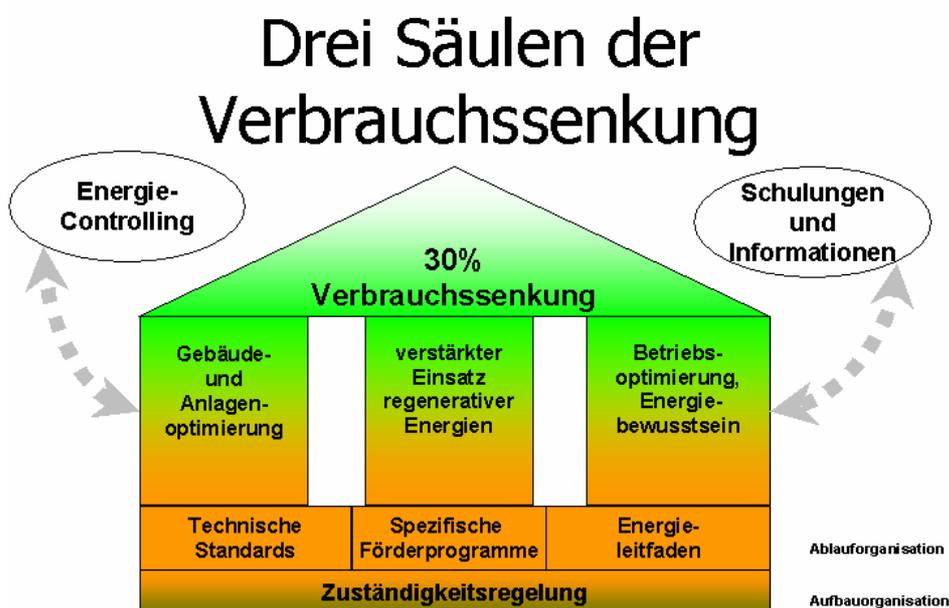
## Stadtverwaltung Bad Homburg v. d. Höhe Aufbauorganisation



## Die Umsetzung des KommEm – die Arbeitsinstrumente

- Technische Standards;
- Energieleitfaden (Dienstanweisungen unterteilt nach Nutzer und Bediener);
- Schulungen und Nutzerinformationen zur Motivation der Mitarbeiter;
- Schulungen und Betreiberinformation zur Betriebsoptimierung;
- Energiecontrolling oder Energiebuchhaltung zur Verbrauchserfassung und –kontrolle (auch Rechnungen !!!);
- (interne) Förderprogramme für regenerative Energien.

## Die Umsetzung des KommEm – die Arbeitsinstrumente im Zusammenspiel



## Besonderheiten von KommEm – Unterschiede zum Energiemanagement im Unternehmen

- inhomogene Immobilienstruktur (Feuerwehren, Krankenhäuser, Schulen, Kindertagesstätten, Verwaltungsgebäude, Schwimmbäder, Trauerhallen, Bürger- und Vereinshäuser, Mietshäuser, etc.);
- inhomogene Nutzerstruktur;
- breit gefächerte Anlagentechnik, aber keine Produktion;
- politische Führungs- und Entscheidungsebene;
- „starre“ Verwaltungsstrukturen;
- die Verwaltung ist kein Wirtschaftsunternehmen (da viele Bereiche mit einem gesetzlichen Auftrag handeln).

*Christian Gleim*

## **Wie arbeitet das Energiemanagement im Rahmen des Gebäudemanagements?**

### **Gebäudemanagement: Was ist das?**

Gesamtheit der

- technischen,
- infrastrukturellen,
- kaufmännischen Leistungen

zum Betrieb und zur Nutzung von Gebäuden.

### **Ziele des Gebäudemanagements sind:**

- Allumfassendes Leistungsangebot für den Gebäudenutzer,
- Erfassung und Minimierung der Kosten für Leistungsbereitstellung.

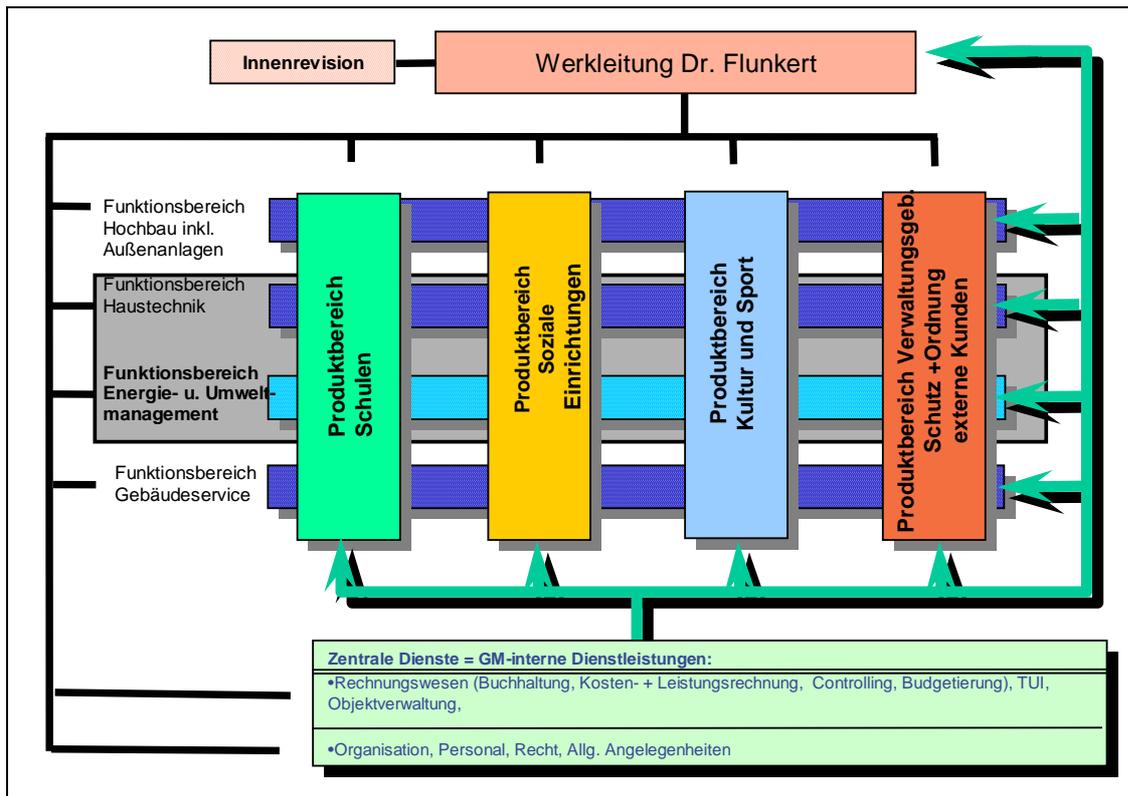
### **Gebäudemanagement der Stadt Wuppertal (GMW)**

- Gegründet 1999;
- Rechtsform: Eigenbetrieb der Stadt Wuppertal (Gebäude sind Sondervermögen);
- Organisationsform: Mieter- / Vermietermodell;
- 871 Gebäude mit ca. 920.000 m<sup>2</sup> Nutzfläche;
- Gebäudewert ca. 531 Mio. Euro;
- Grundstücke ca. 174 Mio. Euro.

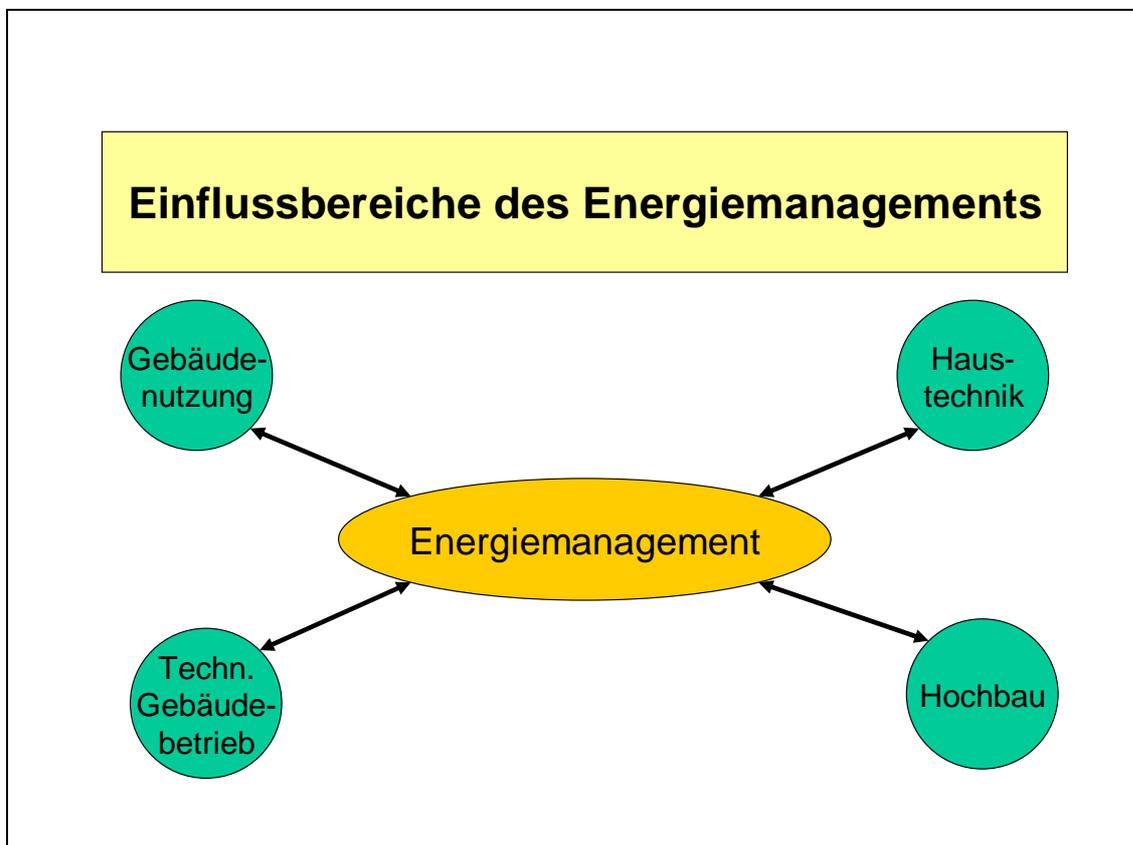
### **Ziele und Aufgaben des GMW**

- Konzentration und Vernetzung aller städtischen Leistungen zur Gebäudewirtschaft;
- Erhöhung der Effizienz der Gebäudewirtschaft;
- Transparenz der Kosten für die Gebäudewirtschaft;
- Verursachergerechte Zuordnung der Kosten;
- Kostenminderung durch Reduktion der bewirtschafteten Gebäudefläche.

Matrixorganisation des GMW

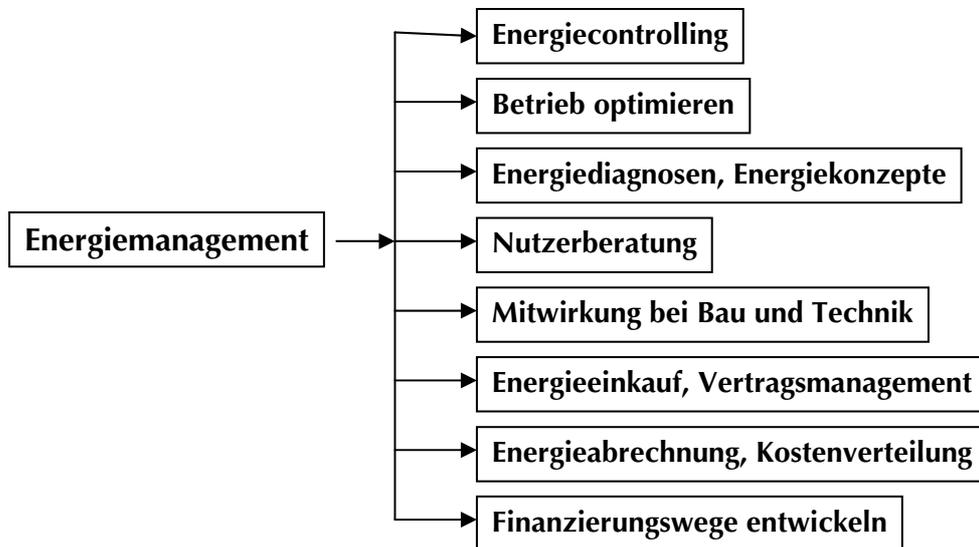


Einflussbereiche des Energiemanagements



## Aufgaben des Energiemanagements

Energiemanagement ist Teilaufgabe des Gebäudemanagements und wird somit in das Gebäudemanagement mit seinen Aufgaben integriert:



## Integration des Energiemanagements in das Gebäudemanagement

Beispiele für Tätigkeitsfelder:

- Betriebsoptimierung: Haustechnik GLT;
- Contracting: Haustechnik;
- Projektbetreuung: Hochbau, Haustechnik,;
- Interne Schulung: Hochbau, Haustechnik, Hausmeister;
- Energieeinkauf, -abrechnung: Rechnungswesen, Hausverwaltung.

Energiecontrolling und Betriebsoptimierung: Aufbau Datenfernauslese mit gleichzeitiger Anbindung an die GLT.

Contracting: Gemeinsames Projekt mit Haustechnik

- Objektauswahl: Gemeinsam;
- Vertragliche Abwicklung, Controlling, Abrechnung: Energiemanagement;
- Technische Abwicklung Haustechnik.

Projektbetreuung:

- Fachberatung bei der Durchführung von Hochbausanierungen;
- Erstellung von EnEV-Nachweisen, Gebäudesimulationsrechnungen;
- Mitarbeit bei der Erarbeitung von Musterausschreibungen.

Organisation/Durchführung von internen Schulungen zu:

- Bauphysik,
- Energiefachliche Aspekte baulicher Sanierungen,
- Hausmeisterschulungen.

Energieeinkauf und –abrechnung:

- Rückkopplung technischer Anforderungen hinsichtlich optimaler Vertragskonditionen
- Zentrale Abrechnung des Energiebezugs: Verarbeitung von Energiekosten und -verbrauch für Betriebskostenabrechnungen

### Beispiele für Projekte

- Sanierung Grundschule Mercklinghausstraße
- Errichtung BHKW Stadtbad Vohwinkel
- Sanierung Gartenhallenbad Langerfeld
- Errichtung Holzhackschnitzelheizung für eine Gesamtschule (geplant)

### Beispiel: Grundschule Mercklinghausstraße

Ausgangssituation:

- Grundschule mit 12 Klassen, BGFA 2.342m<sup>2</sup> Baujahr 1957
- Massivbau, verputztes Mauerwerk, einzelne Putzrisse u. Abplatzungen
- Fenster Einfach-/Doppelverglasung, abgängig
- Treppenhaus voll verglast, abgängig
- Heizungstechnik: Zwei Heizkessel mit Gasgebläsebrenner (PN=2x225 kW) BJ 1999
- Heizenergieverbrauch: 354.000 kWh/a entspr. 151 kWh/m<sup>2</sup>a (Bundesdurchschnitt ca. 155 kWh/m<sup>2</sup>a)

Ansatz des GMW:

Statt „ nur Fenstererneuerung“ besser „kostengünstige energetische Gesamtoptimierung unter Erhaltung der architektonischen Qualität“.

Maßnahmenpaket

- Komplettsanierung Fenster, Fassadenelemente und Treppenhausverglasung
- Dämmung der OG-Decke, teilweise begehbar.
- Teilweise Fassadensanierung mit Wärmedämmverbundsystem
- Sanierungen Wärmeverteilung, Sanitär und Elektro
- Nachrüstung Brandschutzmassnahmen

Fassadensanierung mit Wärmedämmverbundsystem:

- In Teilen der Fassade wurde ein Wärmedämmverbundsystem angebracht mit d=10cm in WLG 040.
- Der U-Wert verbesserte sich von ca. 1,40 W/m<sup>2</sup>K auf 0,31 W/m<sup>2</sup>K.
- Energierelevante Zusatzkosten (abzüglich der teilweise ohnehin erforderlichen Putzsanierung) ca. 20,- Euro/m<sup>2</sup>.



### Fenstersanierung:

- Die Fenster wurden gegen neue Aluminiumfenster mit Zweischeiben-Wärmeschutzverglasung ausgetauscht.
- Die großflächige Stahlkonstruktion mit Einfachverglasung in den beiden Treppenhausbereichen wurde komplett gegen thermisch getrennte Aluminiumprofile mit Zweischeiben-Wärmeschutzverglasung ausgetauscht.
- In den Klassenzimmern kamen teilweise gedämmte Fassadenelemente zum Einsatz.



### Dämmung der obersten Geschossdecke:

- Die oberste Geschossdecke wurde mit Mineralwollmatten  $d=10\text{cm}$  in WLG 035 gedämmt.
- Der U-Wert verbesserte sich von ca.  $1,30\text{ W/m}^2\text{K}$  auf  $0,28\text{ W/m}^2\text{K}$ .
- Kosten  $26,60\text{ Euro/m}^2$  (teilweise begehbar).



### Wirtschaftliche Bewertung

#### Energierrelevante Zusatzkosten:

WDV-System	$20,00\text{ Euro/m}^2 \times 730\text{ m}^2$	14.600,- Euro
Fenster	$25,00\text{ Euro/m}^2 \times 750\text{ m}^2$	18.750,- Euro
Obergeschoss-Decke	$26,60\text{ Euro/m}^2 \times 830\text{ m}^2$	22.080,- Euro
gesamt		<b>55.430,- Euro</b>

#### Energiekosteneinsparung:

- Erdgasverbrauch reduziert sich witterungsbereinigt um 39% = 141.000 kWh,
- Neue Energiekennzahl:  $99\text{ kWh/m}^2$

Einsparung: ca. 5.000,- Euro/a  
 (Mehr-)Aufwand: ca. 55.430,- Euro  
 Amortisation (statisch): 11,1 Jahre

#### Hauptleistungen Energiemanagement:

- Ideengeber,
- Konzeptionelle und bautechnische Energieberatung,
- EnEV-Nachweis (U-Werte),
- Dokumentation,
- Kalkulation Wirtschaftlichkeit.

## Beispiel: Stadtbad Vohwinkel

Ausgangssituation:

- Hallenbad (HB) in Wuppertal-Vohwinkel, errichtet 1972;
- Wasseroberfläche: 250 m<sup>2</sup> Schwimmerbecken und 100 m<sup>2</sup> Nichtschwimmerbecken;
- Täglich geöffnet, 1 Warmbadetag, Intensiv genutzt;
- Heizungstechnik: Zwei baugleiche Heizkessel (PN=1.840 kW) mit Gasgebläsebrenner, ebenfalls Baujahr 1972;
- Verbrauchswerte: Gas 1.740.000 kWh entspr. 69.000,- /a und Strom 370.000 kWh entspr. 43.000,- Euro/a (Nettopreise).

Energiewirtschaftliche Eckdaten:

	<b>HB Vohwinkel</b>	<b>„Normal“-HB1</b>	<b>„Spar“-HB1</b>
Kennwert Gas [kWh/m <sup>2</sup> a]	<b>4.970</b>	<b>3.510</b>	<b>1.410</b>
Kennwert Strom [kWh/m <sup>2</sup> a]	<b>1.060</b>	<b>960</b>	<b>400</b>

Ansatz GMW:

Statt „Erneuerung der Kesselanlage wegen abgängiger Technik“ „Energetische Optimierung nach intensiver Bestandsaufnahme“.

Nähere Konkretisierung der Ausgangssituation:

- Undichte Gebäudefugen, insb. im Fensterbereich (Zugerscheinungen, Eiszapfenbildung an Fensterbänken, Durchfeuchtung der Dämmung g Verschlechterung des U-Wertes).
- „Fußbodenheizung“: Hallenfußboden wird durch Verlegung ungedämmter Heizungsleitung (2“-Rohre, ca. 60°C) unter der Kellerdecke leicht erwärmt g Kellertemperatur ca. 28°C.
- Ineffizienter Lüftungsanlagenbetrieb: Ohne Umluft u. WRG g Sollwerte für Temperatur und Feuchte können im Winter nicht eingehalten werden.
- Abgängige Zuluftgeräte im Bereich der Duschen und Umkleiden.
- Anpassungsbedarf Wasserarmaturen (sparsamere Duscharmaturen).

Integrale Planung des Sanierungskonzeptes:

- Behebung der baulichen Mängel;
- Unterseitige Dämmung der Fußbodenheizung (Abkofferung);
- Sanierung der Lüftungsanlage;
- Erneuerung der Wärmeerzeugung durch Reduzierung der installierten Leistung von 1800 kW auf 590 kW mit:
  - ▲ BHKW 80 kW<sub>th</sub> (50 kW<sub>elt</sub>)
  - ▲ Brennwertkessel 285 kW
  - ▲ NT-Kessel 225 kW

**Hauptleistungen Energiemanagement:**

- Ideengeber;
- Erste Abschätzung Wirtschaftlichkeit;
- Planungsbüro recherchiert und gemeinsam mit Haustechnik ausgewählt,
- Erledigung der Versorger-, Steuer- und KWK-Angelegenheiten (Vertragsverhandlung mit EVU, Mineralöl- und Stromsteuerbefreiung bei Hauptzollamt, Zulassungsantrag bei BAFA, jährliche Berichte an BAFA u. EVU);
- Baubegleitende Dokumentation;
- Nachkalkulation Wirtschaftlichkeit nach abgerechneten Investitions- und Betriebskosten.

**Ausblicke:**

Erarbeitung eines „Einsparkatasters“ als:

- Grundlage für Intracting;
- Integration von energetischen Anforderungen in Sanierungen.

Integration in Computerunterstützte Prozessabläufe über CAFM (Computer Aided Facility Management):

- Umsetzung der integrierten Planung durch Zusammenfassung und Berücksichtigung aller Erfordernisse für Neubau und Sanierung.
- Unterstützung dieses Prozesses durch computerunterstützte Informationsverarbeitung.

*Robert Persch*

## **Einrichten einer kostengünstigen Gebäudeleittechnik in kommunalen Gebäuden der Stadt Bensheim**

Bensheim ist eine Stadt mit rund 40 000 Einwohnern in Südhessen. Das Team „Zentrales Gebäudemanagement“ der Stadtverwaltung betreut rund 150 Liegenschaften vom Bau bis zum Abriss. Hauptaufgaben sind: die komplette Instandhaltung einschließlich Reinigungsmanagement und Energiemanagement sowie die Vermietung.

Im Bereich des Energiemanagements wurde in den letzten Jahren der Aufbau einer einfachen und kostengünstigen Gebäudeleittechnik initiiert.

### **Ausgangssituation**

Ein Großteil der Liegenschaften sind kleinere Gebäude wie Kindergärten und Feuerwehrgerätehäuser mit einem Energieverbrauch ähnlich dem eines Einfamilienhauses.

Bei der Betreuung der Heizungsanlagen kam es oft vor, dass die Nutzer beim Energieberater mit dem Hinweis anriefen, dass die Heizung kalt oder defekt sei. In einem ersten Schritt musste dies überprüft werden, das heißt Hinfahren und Prüfen. Häufige Fehlerquelle war eine defekte oder verstellte Regelung bzw. verstellte Uhrzeiten/Handbetrieb.

Ein Problem bei der korrekten Einstellung der Regelparameter war die Vielfalt der eingesetzten Reglertypen unterschiedlicher Baujahre sowie fehlende Bedienungsanleitungen.

Bei einer Überprüfung von Zählerablesungen im Sommer konnte immer wieder festgestellt werden, dass Heizungsanlagen auch im Sommer in Betrieb waren (Handstellung).

Aber auch schwankende Energieverbräuche zeugten von nicht funktionierenden Regelsystemen.

### **Vorgehensweise**

Eine Marktanalyse zeigte, dass die Fa. Kieback&Peter ein interessantes Regelprodukt im Programm hatte: Der Regler Typ HRP kann durch einfache Parametrierung verschiedene Heizsysteme bedienen und über ein Modem vom PC aus gesteuert werden; das System ist gegenüber anderen sehr preisgünstig.

Im Jahre 1997 wurde an einem Versuchsobjekt die Tauglichkeit des Reglers überprüft und erste Erfahrungen mit der Einbindung in eine bestehende Heizungsanlage einschließlich Modemanschluss und Telefonverbindung gesammelt. Die Software GLT140 wurde auf einem Rechner im Rathaus installiert. Nach und nach wurden veraltete oder defekte Heizungsregler ausgetauscht. Bei anstehenden Sanierungen von Heizungskesseln oder Neubauten wird zukünftig das Regelfabrikat vorgegeben, um langfristig alle Anlagen zu erfassen. Seit 1999 ist die Software CS140 im Einsatz.

Typische Einbausituationen finden sich hier: Wandmontage, Kessel und Heizkreise werden über Kabelkanal angeschlossen.

Abbildung 1: Beispiel für den Einsatz von zwei Regelgeräten mit Wandmontage



Abbildung 2: Beispiel für den Einsatz eines Regelgeräts mit Wandmontage

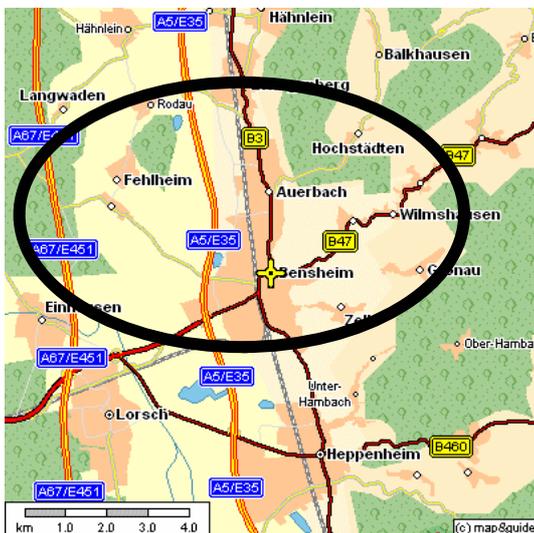


### Vorteile

- Durch den einheitlichen Reglertyp ist eine vereinfachte Bedienung vor Ort und am PC zentral möglich.
- Eine zentrale Überwachung und Fehlerkontrolle bietet sich an.

- Eine Veränderung von Parametern ist einfach möglich, das heißt es können Zeiten sehr genau eingestellt werden. Nutzzeitveränderungen bei Ferienbetrieb oder Sondernutzzeiten können leicht eingegeben werden.
- Auch eine Erfassung von Betriebsstunden (Kessel/Pumpe) sowie eine Impulszählung für Zähler sind möglich.
- Mit einer Aufschaltung eines Raumfühlers kann eine Einzelraumregelung realisiert werden (Optimierfunktion: Ein- und Ausschaltzeitpunkt werden errechnet).
- Die Aufschaltung eines „Partytaster“ zur Nutzzeitverlängerung bringt Akzeptanz bei den Nutzern.
- Durch die zentrale Überwachung werden die Fahrzeiten reduziert, bei einem Radius von 20 km sind beachtliche Einsparungen möglich.

Abbildung 3: Übersichtskarte Stadtgebiet Bensheim



- Last but not least ist das für den Energieberater wichtigste Ziel die *Energieeinsparung*.

### Nachteile

- Investitionsaufwand;
- Anpassungsaufwand vor Ort/Einbindung in das bestehende Heizsystem;
- aufwändige Erstparametrierung gegenüber Herstellerreglern;
- intensive Einarbeitung in die Materie nötig;
- Bei der Vergabe der Bauleistung sind die Gewerke Heizung und Elektro zu berücksichtigen, nicht jeder Heizungsbauer ist mit der Verdrahtung und Inbetriebnahme des Reglers vertraut.

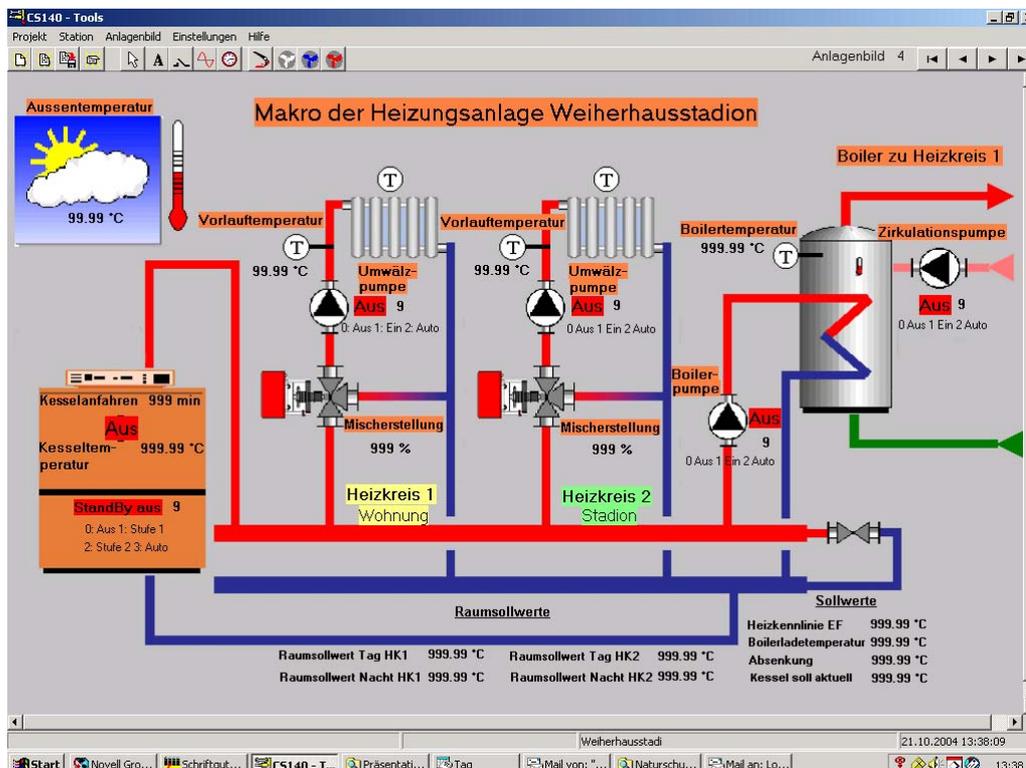
## Schwierigkeiten bei der Umsetzung und dem Betrieb

- Die Ersterstellung der Projekte mit Hilfe des Toolprogramms erfolgte im Rahmen einer Technikerarbeit. Dies erforderte einen hohen Zeitaufwand zur Betreuung.
- Im Laufe der Jahre gab es unterschiedliche Softwareversionen, die angepasst werden mussten.
- Bei analogen Telefonanschlüssen muss eine Modemweiche gesetzt werden. Einfacher ist hier ein ISDN Anschluss mit eigener Nummer für das Modem.
- Defekte Fühler führten in der Vergangenheit zu Heizungsausfällen.
- Ein funktionsfähiger PC ist notwendig. Es können nicht gleichzeitig alle Projekte aktiviert werden (ein „Hin- und Herspringen“ zwischen den Programmen „Tools“ und „Visualisierung“ ist notwendig).

## Software

Die Software teilt sich in zwei Bereiche: Tools und Visualisierung. Mit dem Toolprogramm können eigene Projekte angelegt werden, die grafische Oberfläche kann bestimmt und Parameter eingegeben werden. So können Bilder von der Heizungsanlage und Schemata zur besseren Übersicht eingeblendet werden. In der Visualisierung werden bei Onlineverbindung alle zuvor eingestellten Parameter eingelesen und angezeigt.

Abbildung 4: Verfahrensschema einer Heizungsanlage mit Kessel, zwei Heizkreisen und Boiler (mit Anzeige der Parameter)





Alle wichtigen Parameter wurden in einer Tabelle zusammengefasst:

Abbildung 7: Darstellung einer Parametertabelle zur einfachen Änderung von Sollwerten und Darstellung von Istwerten

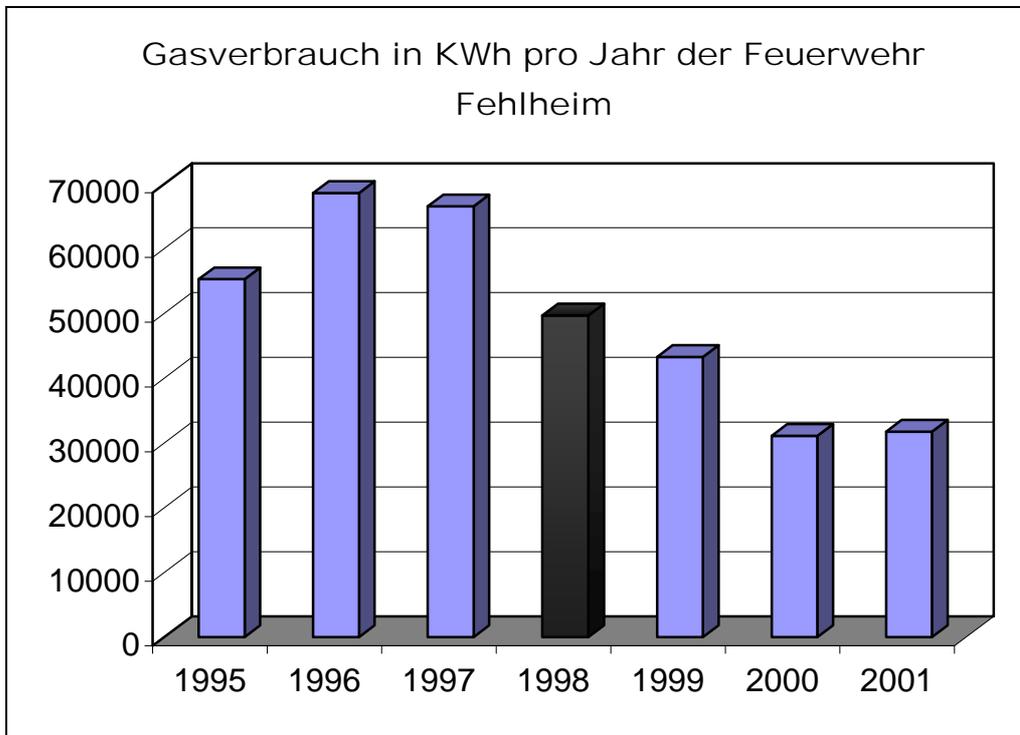
Sollwerte		Istwerte	
Raumsoll Tag	24.00 °C	Raumsoll Nacht	17.00 °C
Kessel Min	35.00 °C	Kessel Max	70.00 °C
Vorlauf Min	35.00 °C	Vorlauf Max	75.00 °C
Sollwert Boiler	44.00 °C	Boilerladetemperatur	65.00 °C
Zeit Standby Ein (Tage)	2 d	Standby Soll	16.00 °C
Heizkurve EF	1.80	Parallelverschiebung KH	0.00
		(b2) Raumtemperatur	22.80 °C
		(b6) Kesseltemperatur	48.10 °C
		(b3) Vorlauftemperatur	34.30 °C
		(b4) Boilertemperatur	45.70 °C
		(i8) Standby	Aus
		TA Mittel	11.3 °C
		(b1) Aussentemperatur	12.3 °C
		(k1) Partytaster	Aus
		Aktuelle Abkühlung	0.32 K/h
		Aktuelle Erwärmung	0.29 K/h
		Bz1 Kessel (i37)	5043.80 h
		Bz2 Pumpe (i1)	0.00 h
		(k6) Heizkreispumpe	Ein
		(k8) Zirkulationspumpe	Ein
		Boilerladung	Aus
		Impulszählung 1	793829.40
		Impulszählung 2	867686.70
		(i9) Regelung aus	0
		(i10) Zwischenheizen	?
		(i4) Regelung Tag	1
		(i6) Optimieren	0
		(i5) Regelung Nacht	0
		(i19) Regelung Economy	0

Hier kann z.B. die Heizkurve verändert der Kessel oder Pumpen von Hand eingestellt werden, um eine Funktionskontrolle durchzuführen.

## Einsparungen

Ein wichtiges Ziel, nämlich die Einsparung von Energie und Kosten, wurde erreicht: So konnte zum Beispiel der Gasverbrauch eines kleineren Feuerwehrgebäudes mehr als halbiert werden.

Abbildung 8: Übersicht des Gasverbrauchs im Feuerwehrgebäude Bensheim-Fehlheim von 1999-2001



Eine Einsparung von 285 MWh/a und damit rund 9 000 Euro bei einer Investition von rund 30 000 Euro konnte für die ersten 15 Gebäude realisiert werden (Stand 2001).

### Kosten

Die Kosten für den Einbau eines einfachen Reglers für eine Heizung mit Boiler, Kessel und einem Heizkreis belaufen sich auf etwa 1 500 bis 2 000 Euro. Bei Heizungsanierungen oder im Neubau sind nur geringe Mehrkosten gegenüber Standardreglern zu erwarten.

Für die Software sind einmalig rund 1000 Euro einzukalkulieren (Projektanzahl beliebig).

### Fazit

Mittlerweile sind mehr als 20 Heizungsanlagen in Bensheim mit dem Regler ausgestattet und können per PC bedient werden. Nutzer und Hausmeister sind mit der Bedienung vertraut, die Akzeptanz ist gut. Die Ziele: Verringerung der Fahrzeiten, Energieeinsparung und optimierter Heizungsbetrieb werden erreicht.

Wer den finanziellen und organisatorischen Aufwand nicht scheut und den Betrieb einer Vielzahl von dezentral gelegenen Gebäuden, wie in Bensheim, zu managen hat, für den ist diese Art der Gebäudeleittechnik sicherlich eine interessante Alternative.

*Mathias Linder*

## **Wirtschaftliche Optimierung durch Gesamtkostenberechnung**

Oberster Planungsgrundsatz bei Neubau, Unterhaltung und Betrieb von Gebäuden ist es, im Sinne der Nachhaltigkeit die Gesamtkosten (Summe aus Investitionskosten, Betriebskosten und Folgekosten) bei gegebener Nutzungsqualität zu minimieren. Die Schwierigkeit besteht darin, dass es zwischen den einzelnen Kostenarten zahlreiche Abhängigkeiten gibt.

Deshalb wurde in der Abteilung Energiemanagement des Hochbauamtes der Stadt Frankfurt am Main ein Rechenmodell entwickelt, das bereits zu einem möglichst frühen Planungszeitpunkt alle relevanten Kosten für die verschiedenen Varianten gegenüberstellt. Dieses Verfahren zur Gesamtkostenberechnung wurde als Excel-Arbeitsmappe programmiert und steht unter der Adresse [www.stadt-frankfurt.de/energiemanagement](http://www.stadt-frankfurt.de/energiemanagement) allen interessierten Nutzern zur Verfügung.

Nur die weißen Felder auf den Formularen sind Eingabefelder. Die hier einzufügenden Werte müssen der Planung bzw. den beigefügten Hilfe-Tabellen entnommen werden. Bei den grau unterlegten Feldern hingegen handelt es sich um Ausgabefelder. Damit die Excel-Berechnung leichter nachvollziehbar ist, wurde die Rechenvorschrift jeweils in der Kopfzeile angegeben. Damit die Werte aus unterschiedlichen Projekten miteinander vergleichbar sind, werden in allen Berechnungsblättern spezifische Werte berechnet. Sie ergeben sich aus der Division des absoluten Wertes durch die Energie-Bezugsfläche bzw. die Personenzahl.

Das Verfahren soll anhand eines Rechenbeispiels vorgestellt werden. Dazu wurde die Asbest-Sanierung einer großen Schule aus den 70er Jahren in Frankfurt gewählt (s. Abbildung 1).

Abbildung 1: Ansicht der Carl-von-Weinberg-Schule in Frankfurt



### a) Gesamtkosten

In diesem Formular können für verschiedene Varianten der Bauausführung die Gesamtkosten berechnet werden. Diese setzen sich aus den Kapitalkosten, den Betriebskosten und den Umweltfolgekosten zusammen. Zur Charakterisierung des Gebäudes sind darüber hinaus wesentliche Kenngrößen des Gebäudes mit aufgeführt, die Grundlage für die Gesamtkostenermittlung waren. Damit fasst dieses Blatt alle wesentlichen Ergebnisse der anderen Rechenblätter zusammen (s. Tabelle 1).

Zunächst ist der Betrachtungszeitraum, der Kapitalzins und die Preissteigerungsrate einzugeben. Der Betrachtungszeitraum kann der VDI 2067 oder der dem Verfahren beigegebenen Hilfetabelle entnommen werden. Da es sich in dem Beispiel um eine Generalsanierung handelt, wurden 25 Jahre gewählt. Bei einem Kapitalzins von 6 % und einer Preissteigerung von 3 % errechnen sich ein Annuitätsfaktor von 0,08 und ein Mittelwertfaktor von 1,38.

Mit dem Verfahren können bis zu fünf verschiedene Varianten betrachtet werden. Im Beispiel sind nur zwei Varianten (Ausführung nach gesetzlichem Standard und optimierte Ausführung) einander gegenübergestellt.

Bei den Kenngrößen müssen nur die Bezugsfläche (Nettogeschossfläche) und die mittlere Personenzahl während der Nutzungszeit eingegeben werden. Die übrigen Kenngrößen (spez. Heizwärmebedarf, Heizzahl, spez. Strombezug, spez. CO<sub>2</sub>-Emissionen und spez. Trinkwasserbezug) werden in den übrigen Blättern berechnet.

Anschließend werden die Kapitalkosten der Varianten berechnet. Dazu werden die Investitionskosten aus dem entsprechenden Rechenblatt abzüglich eventueller Zuschüsse (im Beispiel: 100 000 Euro aus Fördermitteln) mit dem Annuitätsfaktor multipliziert und schließlich auf die Fläche bezogen. Im Beispiel ergeben sich für beide Varianten 76 Euro/m<sup>2</sup>a.

Dann werden die heutigen Betriebskosten (Wartungs- und Instandhaltungskosten, Heizkosten, Stromkosten, Wasserkosten) aus den andern Rechenblättern übertragen. Zusätzlich können hier die Kosten für Personal, Reinigung, Verwaltung und Versicherung eingetragen werden. Wenn man die Summe der heutigen Betriebskosten mit dem Mittelwertfaktor multipliziert, erhält man die mittleren Betriebskosten über den Betrachtungszeitraum. Diese Werte werden wiederum auf die Fläche bezogen. Im Beispiel ergeben sich für die Standard-Variante 27 Euro/m<sup>2</sup>a und für die optimierte Variante 23 Euro/m<sup>2</sup>a.

Schließlich können mit dem Verfahren auch Umweltfolgekosten berücksichtigt werden. Das Hochbauamt der Stadt Frankfurt rechnet mit 50 Euro pro Tonne CO<sub>2</sub> und mit 1 Euro/m<sup>3</sup> Wasser.

In der Summe ergeben sich für die Standard-Variante 105 Euro/m<sup>2</sup>a und für die optimierte Variante 101 Euro/m<sup>2</sup>a. Außerdem wird die dynamische Amortisationszeit der Mehrkosten gegenüber der Variante 1 berechnet. Im Beispiel beträgt diese 1,1 Jahre.

## b) Kosten und U-Werte von Bauteilen

In diesem Hilfs-Blatt wird für jedes Außenbauteil der Schichtenaufbau mit den Parametern Dicke, Preis/Volumen und Lambda eingetragen. Daraus werden der spezifische Bauteilpreis in Euro/m<sup>2</sup>, und der Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) berechnet. Bei der Standard-Variante ergeben sich U-Werte für den Boden von 0,56, für die Wand von 0,58 und für das Dach von 0,21 W/m<sup>2</sup>K. Bei der optimierten Variante ergeben sich U-Werte für den Boden von 0,36, für die Wand von 0,24 und für das Dach von 0,16 W/m<sup>2</sup>K. Dies ergibt sich durch die Anordnung dickerer Dämmschichten. Die spezifischen Preise liegen dafür entsprechend höher.

## c) Investitions- und Wartungskosten

In diesem Blatt werden die Baukosten nach DIN 276 zusammengestellt. Die Kosten der Bauteile sind das Produkt aus den Bauteilflächen und den spezifischen Preisen. Dabei werden die spezifischen Preise der Außen-Bauteile direkt aus dem letzten Blatt übertragen (s. Tabelle 2).

Die Kosten werden zum Vergleich mit anderen Projekten wiederum auf die Fläche bezogen. Außerdem wird ein prozentualer Ansatz für die jährlichen Wartungskosten gemacht. Dafür stehen wiederum entsprechende Hilfe-Tabellen zur Verfügung.

Im Beispiel ergeben sich für die Standard-Variante Investitionskosten von 965 Euro/m<sup>2</sup> und bei der optimierten Variante von 989 Euro/m<sup>2</sup>. Die Mehrkosten im Bereich der Wärmedämmung und für das BHKW konnten durch Einsparungen bei den Lüftungsanlagen weitgehend kompensiert werden. Die jährlichen Kosten für Wartung und Instandhaltung sind bei beiden Varianten ca. 1,2 % der Investitionskosten.

## d) Heizwärmebedarf

In diesem Blatt wird der Heizwärmebedarf des Gebäudes berechnet. Das Rechenverfahren wurde aus dem Leitfaden Heizenergie im Hochbau des Landes Hessen übernommen (s. Tabelle 3).

Das Rechenverfahren nach diesem Leitfaden erfordert deutlich weniger Eingabeaufwand als die Berechnung nach der Energieeinsparverordnung (EnEV) und erzeugt gleichzeitig realitätsnähere Ergebnisse. Es ist daher für Wirtschaftlichkeitsberechnungen besser geeignet als die EnEV.

Zunächst wird die Transmission als Produkt aus Flächen, U-Werten, Außenluftfaktor und Gradtagszahl berechnet. Die Flächen und U-Werte für die Außenbauteile können direkt aus den vorigen Rechenblättern übernommen werden. Nur die Fensterflächen je nach Orientierung und die zugehörigen U-Werte müssen hier noch eingegeben werden. Die Transmissionsverluste sind bei der Standard-Variante 54,5 kWh/m<sup>2</sup>a und bei der optimierten Variante 40,9 kWh/m<sup>2</sup>a.

Die Lüftungswärmeverluste ergeben sich als Produkt aus Nettovolumen, Luftwechselzahl, spezifischer Wärme und Gradtagszahl. Hier muss neben der mittleren Raumhöhe nur die Luftwechselzahl aus den Hilfetabellen übernommen werden.

Mit diesen Werten kann bereits der Wärmebedarf nach DIN 4701 berechnet werden.

Die freie Wärme ergibt sich aus der Abwärme durch Elektrizität und Personen sowie die solare Einstrahlung. Hier muss nur die mittlere Aufenthaltsdauer der Personen und der Fenster-g-Wert eingetragen werden. Alle übrigen Parameter stammen aus Standard-Werten oder den übrigen Berechnungsblättern (z.B. Stromverbrauch).

Aus den genannten Daten kann dann der spezifische Heizwärmebedarf berechnet werden. Gleichzeitig erfolgt eine Überprüfung, ob der Grenzwert des Leitfadens (für die meisten öffentlichen Gebäude: 75 kWh/m<sup>2</sup>a) eingehalten werden kann. Im Beispiel erreicht die Standard-Variante einen Wert von 69 kWh/m<sup>2</sup>a, die optimierte Variante erreicht 53 kWh/m<sup>2</sup>a.

#### **e) Heizzahl, Heizkosten und Heizemissionen**

Im nächsten Blatt wird die Heizzahl, also der Jahresnutzungsgrad der Heizungsanlage berechnet. Zusammen mit dem Heizenergiebedarf aus dem letzten Berechnungsblatt können daraus die Heizkosten und Heizungsemissionen berechnet werden (s. Tabelle 4).

Hier muss zunächst der Warmwasserbedarf (sofern die Erwärmung mit der Heizungsanlage erfolgt) eingegeben werden (Hilfetabellen stehen zur Verfügung). Die Daten zum Speicher, zur Heizungs- und zur Warmwasserverteilung können der Planung entnommen werden. Daraus folgt der Verteilungsverlust.

Danach kann ein Blockheizkraftwerk berücksichtigt werden. Die Wärmeleistung und die Vollbenutzungsstunden müssen der Planung entnommen werden. Die Kesselleistung wird direkt aus dem Wärmebedarf (s. voriges Blatt) übernommen. Mit den daraus errechneten Vollbenutzungsstunden für den Kessel können der Betriebsverlust und der Bereitschaftsverlust berechnet werden. Dann wird aus den vorherigen Daten der Endenergieverbrauch für BHKW und Kessel berechnet (im Beispiel: Erdgas). Dafür wird die Gas-Leistung des BHKW benötigt.

Im nächsten Schritt wird die Heizzahl für Kessel und Verteilung berechnet und mit dem Grenzwert nach Leitfaden verglichen. Mit den Konditionen des Energieversorgers (Leistungspreis und Arbeitspreis) werden dann die Heizkosten berechnet. Für die Standard-Variante ergeben sich 2,9 Euro/m<sup>2</sup>a für die optimierte Variante 2,6 Euro/m<sup>2</sup>a. Hier ist allerdings der Gas-Einsatz für das BHKW bereits enthalten (in der Standard-Variante gibt es kein BHKW).

Schließlich werden mit den tabellierten Emissionsfaktoren nach [www.gemis.de](http://www.gemis.de) noch die Emissionen des Heizsystems berechnet.

### f) Strombedarf, Stromkosten und Stromemissionen

In diesem Blatt werden der Strombedarf, die Stromkosten sowie die resultierenden äquivalenten CO<sub>2</sub>-Emissionen im Kraftwerk berechnet. Die Systematik der Berechnung wurde aus dem „Leitfaden Elektrische Energie im Hochbau“ des Landes Hessen entnommen. Der Strombedarf ergibt sich stets als Produkt aus Leistung und Volllaststunden. Wie in den anderen Formblättern kann der spezifische Strombedarf wieder als Quotient aus dem jährlichen Strombedarf und der Energiebezugsfläche errechnet werden (s. Tabelle 5).

Für die Beleuchtung wurden die spezifischen Installationsleistungen (in W/m<sup>2</sup>) und die Volllaststunden für typische Fälle aus dem Leitfaden in die Hilfetabellen übernommen. Außerdem existieren hier Grenz- und Zielwerte deren Einhaltung überprüft werden kann. Der Bedarf kann durch die Optimierung von 8 auf 3 kWh/m<sup>2</sup>a gesenkt werden.

Für die Lüftung und Klimatisierung sind ebenfalls Richtwerte für die Volllaststunden in den Hilfetabellen hinterlegt. Für die Kombination aus Lüftung und Klimatisierung existieren wiederum Grenz- und Zielwerte. Der Grenzwert für die Hilfsenergie Heizung (Pumpen und Brenner) liegt bei 0,8 kWh/m<sup>2</sup>a.

In analoger Weise werden die Bereiche diverse Haustechnik (z.B. Transport und Kommunikation), Arbeitshilfen (z.B. PCs und Kaffeemaschinen), zentrale Dienste (z.B. Küchen) und elektrische Warmwasserbereitung erfasst.

Im nächsten Schritt kann die Eigenstromerzeugung z.B. durch ein BHKW oder eine Photovoltaikanlage berücksichtigt werden, wobei angegeben werden muss, welcher Teil im Hausnetz verbraucht wird und welcher Teil in das Netz des Versorgers (EVU) rückgespeist wird. Für die Berechnung der bezogenen Leistung aus dem EVU-Netz wird ein Gleichzeitigkeitsfaktor berücksichtigt.

Mit den Konditionen des Stromversorgers (Leistungspreis, Arbeitspreis HT und NT, Einspeisevergütung) können dann die Stromkosten berechnet werden. Diese sind für die Standard-Variante 3,5 Euro/m<sup>2</sup>a und für die optimierte Variante 1,5 Euro/m<sup>2</sup>a. Hier macht sich natürlich das BHKW Kosten senkend bemerkbar.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen lassen sich wieder einfach über den vorgegebenen Emissionsfaktor berechnen.

### g) Wasserbedarf und Wasserkosten

Für die Berechnung von Wasserbedarf und Wasserkosten steht ein weiteres Kalkulationsblatt zur Verfügung (s. Tabelle 6). Der Wasserbedarf und die Wasserkosten werden im Gegensatz zu den anderen Werten nicht auf die Fläche sondern auf die Personenzahl bezogen.

Der Bedarf für die Toilettenspülung berechnet sich als Produkt aus der Spülmenge (l/Sp.), der Spülhäufigkeit (Sp./P,d), den Nutzungstagen (d/a) und der Personenzahl (P). Typische Werte für die Spülhäufigkeit sind in den Hilfetabellen enthalten. Analog kann der Bedarf für Urinale, Handwaschbecken, Duschen, Waschmaschine, Spülmaschine, Ausgussbecken und Freiflächenbewässerung berechnet werden.

Weiterhin kann das Wasserangebot durch Regenwassernutzung (die Dachfläche wird automatisch übernommen) und sonstige Quellen (z.B. Brunnen) berücksichtigt werden.

Mit den Konditionen des Wasserversorgers (Trinkwasserpreis und Kanaleinleitungsgebühr) ergeben sich die Wasserkosten. Für die Standard-Variante sind dies 13,93 Euro/P,a und für die optimierte Variante 9,03 Euro/P,a.

### **Fazit**

Mit der Gesamtkostenberechnung steht ein differenziertes, aber leicht zu bedienendes Verfahren für Wirtschaftlichkeitsanalysen in allen Bereichen des Facility-Managements zur Verfügung.



A. Allgemeine Daten						
A1	Liegenschaftsbezeichn.	Carl-v. Weinberg-Schule			A2 Unterab.	2.800
A3	Gebäudebezeichnung	Hauptgebäude			A4 Str.-Nr.	2.577
A5	Straße	Zur Waldau			A6 Haus-Nr.	21
A7	Variante 2	optimierte Ausführung				
A8	Bezugsfläche (NGF)	5.480 m²	A9 Personenzahl	560	P	
B. Kosten nach DIN276 (Fassung Juni 1993)						
		Investition	Invest.NGF	Wartung	Wartung	
(alle Kosten netto)		(€)	(€/m²)	(%/a)	(€/a)	
100	Grundstück		0			
200	Herrichten und Erschließen	1.150.953	210			
300 Bauwerk -						
		Menge	sp. Preis	Investition	Invest.NGF	Wartung
		(m²)	(€/m²)	(€)	(€/m²)	(%/a)
						Wartung
						(€/a)
Baukonstruktion						
310	Baugrube	0	0	0	0	0
320	Gründung: Fundamente			0	0	0
	Gründung: Bodenaufbauten	(m²)	(€/m²)	(€)	(€/m²)	(%/a)
	Boden gegen Keller/Erde	1.789	52	93.028	17	1,0%
	Boden gegen außen		0	0	0	1,0%
330	Außenwände	(m²)	(€/m²)	(€)	(€/m²)	(%/a)
	Wand gegen außen	1.553	48	74.544	14	1,0%
	Wand gegen Keller/Erde		0	0	0	1,0%
	Außenfenster und -türen	1.270	451	573.128	105	1,5%
				0	0	
340	Innenwände	(m²)	(€/m²)	(€)	(€/m²)	(%/a)
	Innenwände	4.172	59	246.041	45	1,0%
	Innentüren und Fenster	454	369	167.398	31	1,5%
350	Decken	(m²)	(€/m²)	(€)	(€/m²)	(%/a)
	oberste Geschoßdecke		0	0	0	1,0%
	sonstige Geschoßdecken	3.578	45	161.469	29	1,0%
360	Dächer	(m²)	(€/m²)	(€)	(€/m²)	(%/a)
	Dach gegen außen	1.789	33	58.143	11	1,0%
				0	0	
370 - 390	sonstige Baukonstruktion				0	
<b>300</b>	<b>Summe Baukonstruktion</b>			<b>1.373.750</b>	<b>251</b>	<b>1,3%</b>
<b>400</b>	<b>Bauwerk-</b>					
	<b>Technische Anlagen</b>					
410	Abwasser-, Wasser-, Gasanlagen			257.500	47	1,5%
420	Wärmeversorgungsanlagen			386.000	70	3,0%
430	Lufttechnische Anlagen			153.500	28	3,5%
440	Starkstromanlagen			109.000	20	1,5%
450	Fernmelde- und Informationstechnische Anlagen			65.000	12	3,0%
460	Förderanlagen			79.000	14	3,5%
470 - 490	sonstige Technische Anlagen			264.000	48	1,5%
<b>400</b>	<b>Summe Technische Anlagen</b>			<b>1.314.000</b>	<b>240</b>	<b>2,4%</b>
<b>500</b>	<b>Außenanlagen</b>			<b>75.000</b>	<b>14</b>	<b>3,0%</b>
<b>600</b>	<b>Ausstattung und Kunstwerke</b>			<b>371.000</b>	<b>68</b>	<b>1,5%</b>
<b>700</b>	<b>Baunebenkosten</b>			<b>206.850</b>	<b>38</b>	
	Zur Aufrundung und für Unvorhergesehenes			178.447	33	
<b>C. Summe Investition u. Wartung</b>	<b>netto</b>			<b>4.670.000</b>	<b>852</b>	<b>1,2%</b>
C2	Mehrwertsteuer	16%		747.200	136	
C3	<b>brutto</b>			<b>5.417.200</b>	<b>989</b>	<b>1,2%</b>

Tabelle 2:

Investitions- und Wartungskosten für die optimierte Ausführung

**Investitions- und Wartungskosten**

- 100 Grundstück
- 200 Herrichten und Erschließen
- 300 Summe Baukonstruktion
- 400 Summe Technische Anlagen
- 500 Außenanlagen
- 600 Ausstattung und Kunstwerke
- 700 Baunebenkosten

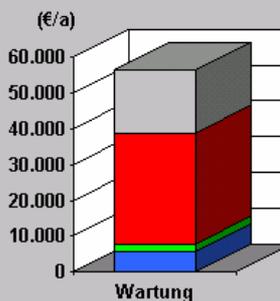
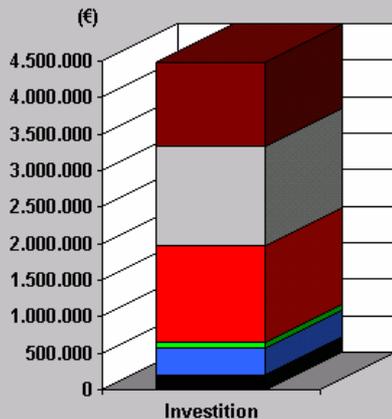
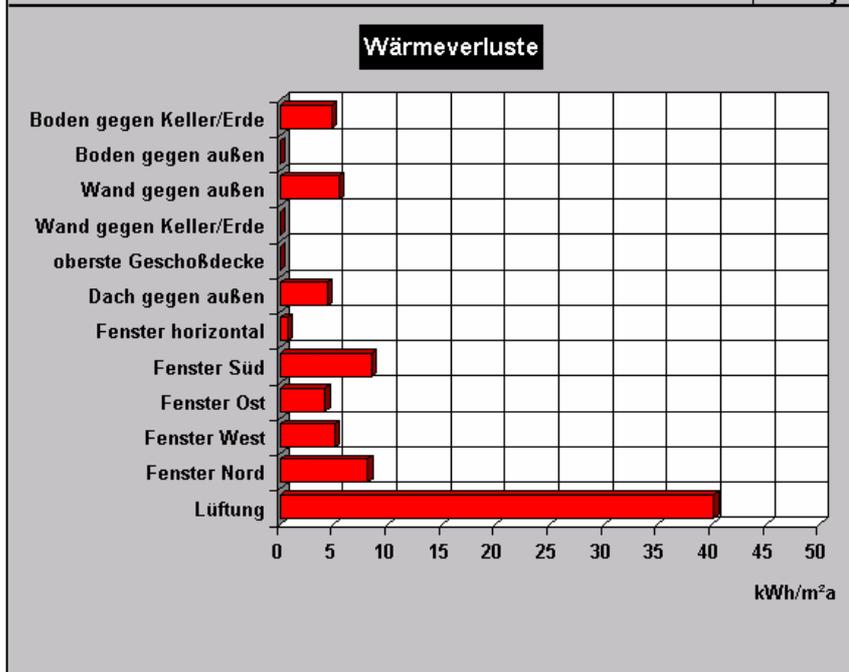


Tabelle 3:  
Heizwärmebedarf für  
die optimierte Vari-  
ante

A. Allgemeine Daten							
A1	Liegenschaftsbezeichn.	Carl-v. Weinberg-Schule			A2 Unterab.	2.800	
A3	Gebäudebezeichnung	Hauptgebäude			A4 Str.-Nr.	2.577	
A5	Straße	Zur Waldau			A6 Haus-Nr.	21	
A7	Variante 2	optimierte Ausführung					
A8	Energiebezugsfläche	5.480 m <sup>2</sup>	A9 Raumtemperatur	20 °C			
A10	Länge der Heizperiode	219 d/a*	A11 Heizgradtage	3.378 Kd/a*			
E. Transmission							
		Fläche x	U-Wert x	AL-Faktor x	HGTx0,024	= Verlust	sp. Verlust
		(m <sup>2</sup> )	(W/m <sup>2</sup> K)	(-)	(kKh/a*)	(KWh/a*)	(KWh/m <sup>2</sup> a*)
E1	Boden gegen Keller/Erde	1.789	0,36	0,5	81,1	26.142	4,8
E2	Boden gegen außen	0		1,0	81,1	0	0,0
E3	Wand gegen außen	1.553	0,24	1,0	81,1	29.852	5,4
E4	Wand gegen Keller/Erde	0		0,5	81,1	0	0,0
E5	oberste Geschoßdecke	0		1,0	81,1	0	0,0
E6	Dach gegen außen	1.789	0,16	1,0	81,1	23.747	4,3
E7	Fenster horizontal	30	1,40	1,0	81,1	3.405	0,6
E8	Fenster Süd	408	1,40	1,0	81,1	46.308	8,5
E9	Fenster Ost	199	1,40	1,0	81,1	22.587	4,1
E10	Fenster West	242	1,40	1,0	81,1	27.467	5,0
E11	Fenster Nord	391	1,40	1,0	81,1	44.379	8,1
<b>E14</b>	<b>Summe Transmission</b>	<b>6.401 m<sup>2</sup></b>				<b>223.887</b>	<b>40,9</b>
F. Lüftung							
		Volumen x	Luftw. x	sp. Wärme	HGTx0,024	= Verlust	sp. Verlust
		(m <sup>3</sup> )	(1/h)	(Wh/m <sup>3</sup> K)	(kKh/a*)	(KWh/a*)	(KWh/m <sup>2</sup> a*)
<b>F1</b>	<b>Lüftung</b>	<b>16.440</b>	<b>0,5</b>	<b>0,33</b>	<b>81,1</b>	<b>219.916</b>	<b>40,1</b>
<b>G1</b>	<b>Bruttoutzwärmebedarf = Summe Transmission + Lüftung</b>					<b>443.803</b>	<b>81,0</b>
<b>G2</b>	<b>Wärmebedarf nach DIN 4701</b>					<b>175 kW</b>	
H. Freie Wärme							
		Fläche	Stromv. x	Faktor fe x	HT/365	= Gewinn	sp.Gewinn
		(m <sup>2</sup> )	(KWh/m <sup>2</sup> a)	(-)	(a/a*)	(KWh/a*)	(KWh/m <sup>2</sup> a*)
H1	Abwärme Elektrizität	5.480	8,5	0,7	0,60	19.583	3,6
		Personen x	Wärmea. x	Aufenthalt x	HTx0,001	= Gewinn	sp.Gewinn
		(P)	(W/P)	(h/d)	(d/a*)	(KWh/a*)	(KWh/m <sup>2</sup> a*)
H2	Abwärme Personen	560	80	6	0,22	58.867	10,7
Solare Einstrahlung							
		Fläche x	g-Wert x	f <sub>1</sub> x f <sub>2</sub> x	Globalstrahl.	= Gewinn	sp.Gewinn
		(m <sup>2</sup> )	(-)	(-)	(KWh/m <sup>2</sup> a*)	(KWh/a*)	(KWh/m <sup>2</sup> a*)
H4	durch horiz. Fenster	30	0,62	0,50	331	3.078	0,6
H5	durch Süd-Fenster	408	0,62	0,50	353	44.647	8,1
H6	durch Ost-Fenster	199	0,62	0,50	212	13.078	2,4
H7	durch West-Fenster	242	0,62	0,50	217	16.279	3,0
H8	durch Nord-Fenster	391	0,62	0,50	121	14.666	2,7
<b>H9</b>	<b>Summe Strahlung</b>	<b>1.270 m<sup>2</sup></b>				<b>91.750</b>	<b>16,7</b>
<b>H10</b>	<b>Freie Wärme = Abwärme Elektrizität + Personen + Strahlung</b>					<b>170.199</b>	<b>31,1</b>
H12	Gewinnfaktor	1 - (0,3 x	Freie Wärme / Bruttoutz.) = Gewinnfaktor		170.199	443.803	0,88
		1 - (0,3 x					
Wärmegewinn							
H13	Wärmegewinn	Freie W. x		Gewinnfak. =	Gewinn	sp.Gewinn	
		170.199		0,88	150.618	27,5	
I. Heizwärmebedarf							
I1	Heizwärmebedarf	Bruttoutz. -		Wärmegew. =	Bedarf	sp. Bedarf	
		443.803		150.618	293.185	53,5	
K1	Grenzwert Heizwärmebedarf						75,0
K2	Grenzwert erreicht?						ja



A. Allgemeine Daten						
A1	Liegenschaftsbezeichn.	Carl-v. Weinberg-Schule			A2 Unterab.	2.800
A3	Gebäudebezeichnung	Hauptgebäude			A4 Str.-Nr.	2.577
A5	Straße	Zur Waldau			A6 Haus-Nr.	21
A7	Variante 2	optimierte Ausführung				
A8	Energiebezugsfläche	5.480 m <sup>2</sup>	A9 spez. Heizwärmebed.	54 kWh/m <sup>2</sup> a		
		Heizbed. x Fläche +	VWV-Bed. x Personen =	Bedarf	sp. Bedarf	
		(kWh/m <sup>2</sup> a) (m <sup>2</sup> )	(kWh/P a) (P)	(kWh/a)	(kWh/m <sup>2</sup> a)	
A10	Wärmebedarf	54	5.480	50	560	321.185
B. Warmwasserspeicher						
		Fläche x U-Wert x	delta T x	1,5x8,76 =	Verlust	sp. Verlust
		(m <sup>2</sup> ) (W/m <sup>2</sup> K) (K)	(K) (kh/a)	(kWh/a)	(kWh/a)	(kWh/m <sup>2</sup> a)
B8	Speicherverlust	9,00	0,45	40	13,14	2.129
C. Heizungsverteilung						
		Länge x U*-Wert x	delta T x	HTx0,024=	Verlust	sp. Verlust
		(m) (W/mK) (K)	(K) (kh/a)	(kWh/a)	(kWh/a)	(kWh/m <sup>2</sup> a)
C10	Heiz.-verteilverlust	22	0,20	45	5,26	1.041
E. Warmwasserverteil.						
		Länge x U*-Wert x	delta T x	bZx0,365=	Verlust	sp. Verlust
		(m) (W/mK) (K)	(K) (kh/a)	(kWh/a)	(kWh/a)	(kWh/m <sup>2</sup> a)
E8	Zirkulationsverlust	150	0,20	20	4,38	2.628
E9	Verteilungsverlust = Speicherverlust + Heizungsverteilverlust + Zirkulation					5.797
F. Wärmeerzeugung						
		Wärmeleist. x Vollnutz. =		Wärmeerz.	sp. Erzeug.	
		(kW) (h/a)		(kWh/a)	(kWh/m <sup>2</sup> a)	
Blockheizkraftwerk		15		5.000	75.000	13,7
Kesselanlage		(Wärmeb.- BHKW-W. +	Verteilv.) /	Kess.Leist=	Vollnutz.	
		(kWh/a) (kWh/a)	(kWh/a)	(kW)	(h/a)	
F9	Vollbenutzungsstunden	321.185	75.000	5.797	175	1.438
		(Abgastemp. - Lufttemp.) x	sigma /	CO2-Geh	Abgasv.	
		(°C) (°C)	(1/K)	(%)	(%)	
F8	Abgasverlust		0,48	8,0		0,0
		(Abgasv. x 0,01 +	Bereitv.) x	Wärmeb.=	Verlust	sp. Verlust
		(%) (%)	(-) (kWh/a)	(kWh/a)	(kWh/a)	(kWh/m <sup>2</sup> a)
F11	Betriebsverlust	0,0	x 0,01 +	0,010	321.185	3.212
		Bereitverl. x (Bereitschaft-Vollnutzung)x Kess. Leist. =				sp. Verlust
		(-) (h/a) (h/a)	(kW)	(kWh/a)	(kWh/a)	(kWh/m <sup>2</sup> a)
F12	Bereitschaftsverlust	0,010	8.760	1.438	175	12.825
F13	Wärmeerzeugungsverlust Kessel = Betriebsverlust + Bereitschaftsverlust					16.037
G. Endenergieverbrauch						
		(h/a)		Verbrauch	sp. Verbr.	
G1	Summe Wärmeverluste = Verteilungsv. + Wärmeerzeugungsv. Kessel			21.835	4,0	
G2	Endenergieverbrauch BHKW	27 kW	x	5.000	136.364	24,9
G3	Endenergieverbrauch Kessel	175 kW	x	1.438	251.983	46,0
Endenergieverbrauch gesamt		2.342 h/a		410.181	74,9	
H. Heizzahl Kessel						
		Wärmebed / (Wärmebed + Verluste) =		Heizzahl		
		(kWh/m <sup>2</sup> a) (kWh/m <sup>2</sup> a) (kWh/m <sup>2</sup> a)		(-)		
H1	Heizzahl Kessel + Verteilung	58,6	58,6	4,0	0,94	
H2	Grenzwert Heizzahl					0,80
H3	Grenzwert erfüllt?					ja
I. Heizkosten						
		Leistung x	Leist.-preis +	Endenergie x	Arbeitspreis=	Kosten
		(kW)	(€/kW,a)	(kWh/a)	(€/kWh)	(€/a)
		Gas-Vertrag: VG I				sp. Kosten
						(€/m <sup>2</sup> a)
I1	Heizkosten (brutto)	175	7,68	410.181	0,032	14.448
K. Emissionen						
		Endenerg. x		sp.Emiss.=	Emission	sp. Emiss.
		(MWh/a)		(kg/MWh)	(kg/a)	(kg/m <sup>2</sup> a)
K2	CO2-Emissionen	410,2		242	99.264	18,1

Tabelle 4:

Heizzahl, Heizkosten und Heizungs-emission für die optimierte Variante

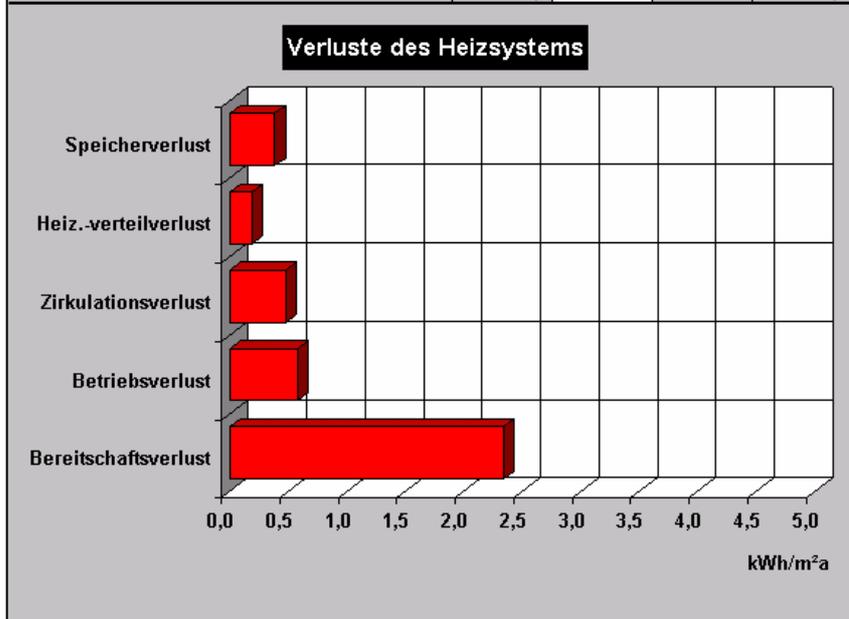


Tabelle 5:  
Strombedarf, Stromkosten und Stromemissionen für die optimierte Variante

A. Allgemeine Daten						
A1	Liegenschaftsbezeichn.	Carl-v. Weinberg-Schule	A2 Unterab.			2.800
A3	Gebäudebezeichnung	Hauptgebäude	A4 Str.-Nr.			2.577
A5	Straße	Zur Waldau	A6 Haus-Nr.			21
A7	Variante 2	optimierte Ausführung				
A8	Energiebezugsfläche	5.480 m <sup>2</sup>	A9 Nutzungszeit	2.000 h/a		
B. Beleuchtung (Mittelwerte für Gebäude/Betriebseinheit)						
B1	Tageslichtnutzung	meist	Leistung x	Vollast =	Bedarf	sp. Bedarf
B2	Beleuchtungsstärke	300 lux	(kW)	(h/a)	(kWh/a)	(kWh/m <sup>2</sup> a)
B3	Beleuchtung	7,5 kWh/m <sup>2</sup>	41,1	400	16.440	3,0
C. Lüftung (Mittelwerte für Gebäude/Betriebseinheit)						
C1	Luftvolumenstrom	10 m <sup>2</sup> /P	Leistung x	Vollast =	Bedarf	sp. Bedarf
C2	Lüftung	12.000 m <sup>3</sup> /h	(kW)	(h/a)	(kWh/a)	(kWh/m <sup>2</sup> a)
C2	Lüftung	0,67 kWh/m <sup>2</sup>	8,00	1.200	9.600	1,8
D. Klimatisierung (Mittelwerte für Gebäude/Betriebseinheit)						
D1	Kälteleistung	28 kW(th)	Leistung x	Vollast =	Bedarf	sp. Bedarf
D2	Klimatisierung		(kWel)	(h/a)	(kWh/a)	(kWh/m <sup>2</sup> a)
D2	Klimatisierung		7,5	250	1.875	0,3
Summe Lüftung + Klima					11.475	2,1
E. Hilfsenergie Heizung (Brenner, Pumpen etc.)						
E1	Wärmebedarf (Heiz. + WWV)	59 kWh/m <sup>2</sup> a	Leistung x	Vollast =	Bedarf	sp. Bedarf
E2	Hilfsenergie Heizung		(kW)	(h/a)	(kWh/a)	(kWh/m <sup>2</sup> a)
E2	Hilfsenergie Heizung		3,0	1.500	4.500	0,8
F. Diverse Haustechnik (Transport, Kommunikation)						
F1	Transportleistung		Leistung x	Vollast =	Bedarf	sp. Bedarf
F2	diverse Haustechnik		(kW)	(h/a)	(kWh/a)	(kWh/m <sup>2</sup> a)
F2	diverse Haustechnik				0	0,0
G. Arbeitshilfen (PCs, Kaffeemaschinen)						
G1	Anzahl PC-Arbeitsplätze	35	Leistung x	Vollast =	Bedarf	sp. Bedarf
G2	PC-Arbeitsplätze	86 kWh/Arbeitspl.	(kW)	(h/a)	(kWh/a)	(kWh/m <sup>2</sup> a)
G3			3,0	1.000	3.010	0,5
G3			0,0	0	0	0,0
H. Zentrale Dienste (zentr. EDV, Waschm.)						
H1	Küche: Essen/Tag	80 E/d	Leistung x	Vollast =	Bedarf	sp. Bedarf
H2	Küchen		(kW)	(h/a)	(kWh/a)	(kWh/m <sup>2</sup> a)
H3	Fachräume		50,0	150	7.500	1,4
H4	Brennofen		30,0	100	3.000	0,5
H4	Brennofen		3,5	200	700	0,1
I. Warmwasser (elektr.) (Transport, Kommunikation)						
I1	Warmwasserbedarf (elektr.)	0 m <sup>2</sup> /P a	Leistung x	Vollast =	Bedarf	sp. Bedarf
I2	Warmwasserbereitung		(kW)	(h/a)	(kWh/a)	(kWh/m <sup>2</sup> a)
I2	Warmwasserbereitung		0,0	0	0	0,0
K. Summe Strombedarf						
K1			Leistung		Bedarf	sp. Bedarf
K1			142,6		46.625	8,5
L. Eigenstromerzeugung						
L1	Blockheizkraftwerk		Leistung x	Vollast =	Arbeit	sp. Arbeit
L2	Stromeinspeisung in das Hausnetz		(kW)	(h/a)	(kWh/a)	(kWh/m <sup>2</sup> a)
L2	Stromeinspeisung in das Hausnetz		5,5	5.000	27.500	5,0
L3	Stromeinspeisung in das Stadtwerkenetz				25.000	4,6
L4	Strombezug aus dem Stadtwerkenetz				2.500	0,5
L4	Strombezug aus dem Stadtwerkenetz		118,5		21.625	3,9
M. Stromkosten (Leistung x Leist.-preis+ Arbeit x Arb.preis Kosten sp. Kosten)						
M0	Vertrag: Highpower 1		(kW)	(€/kWh/a)	(€/a)	(€/m <sup>2</sup> a)
M1	Leistungsbezugskosten	118,5	56,87		6.737	1,2
M2	Strombezugskosten Hochtarif		17,300	0,075	1.297	0,2
M3	Strombezugskosten Niedertarif		4,325	0,075	324	0,1
M4	Einspeisevergütung		2,500	0,030	75	0,0
M5	Stromkosten = Leistungsk. + Bezug HT + NT - Einspeisevergütung				8.283	1,5
N. Kraftwerksemission (Strombez. - Einspeis.)x sp.Emis. = Emission sp. Emis.						
N1	äquivalente CO2-Emissionen	21.625	(kWh/a)	(kWh/a)	(kg/a)	(kg/m <sup>2</sup> a)
N1	äquivalente CO2-Emissionen		2,500	0,68	13.005	2,4

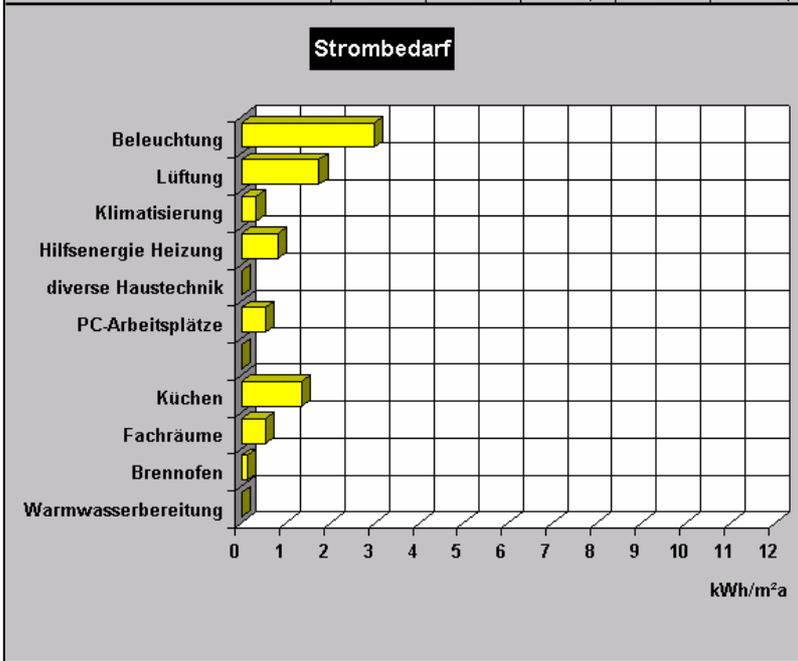


Tabelle 6:  
Wasserbedarf und  
Wasserkosten für die  
optimierte Variante

A. Allgemeine Daten						
A1	Liegenschaftsbezeichn.	Carl-v. Weinberg-Schule			A2 Unterab.	2.800
A3	Gebäudebezeichnung	Hauptgebäude			A4 Str.-Nr.	2.577
A5	Straße	Zur Waldau			A6 Haus-Nr.	21
A4	Variante 2	optimierte Ausführung				
A5	Energiebezugsfläche	5.480 m <sup>2</sup>	A6 Personenzahl	560 P		
B. Wasserbedarf						
		Spülmeng. x	Spülhäuf. x	Nutztage x	Pers x 0,001	= Bedarf
		(l/Spül.)	(Spül./P,d)	(d/a)	(Pm <sup>2</sup> /l)	(m <sup>2</sup> /a)
B1	Toiletten	4	1,75	200	0,56	784
B2	Trocken-Urinale		0,25	200	0,56	0
		Durchfluß x	Dauer x	Nutztage x	Pers x 0,001	= Bedarf
		(l/min)	(min/P,d)	(d/a)	(Pm <sup>2</sup> /l)	(m <sup>2</sup> /a)
B3	Handwaschbecken	4	1,0	200	0,56	448
B4	Duschen	9	0,005	200	0,56	5
		Menge x	Häufigkeit x	Nutztage x	0,001	= Bedarf
		(l/Nutz.)	(Nutz./d)	(d/a)	(m <sup>2</sup> /l)	(m <sup>2</sup> /a)
B5	Waschmaschine			200	0,001	0
B6	Spülmaschine	40	5	200	0,001	40
		Durchfluß x	Dauer x	Nutztage x	0,001	= Bedarf
	sonst. Dauerverbraucher	(l/min)	(min/d)	(d/a)	(m <sup>2</sup> /l)	(m <sup>2</sup> /a)
B7	Ausgußbecken	18	8	200	0,001	29
B8				200	0,001	0
		Menge x	Häufigkeit x	Nutztage x	0,001	= Bedarf
	sonst. Einzelverbraucher	(l/Nutz.)	(Nutz./d)	(d/a)	(m <sup>2</sup> /l)	(m <sup>2</sup> /a)
B9	Freiflächenbewässerung	0	0	0	0,001	0
B10		0	0	0	0,001	0
						Bedarf
						(m <sup>2</sup> /a)
B11	Summe Wasserbedarf					1.306
						sp. Bedarf
						(m <sup>2</sup> /P a)
						2,33
C. Wasserangebot						
		Niederschlagsmenge x	Fläche x	Abflußbeiw.	= Angebot	sp. Angebot
	Regenwasserflächen	(m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> a)	(m <sup>2</sup> )	(-)	(m <sup>2</sup> /a)	(m <sup>2</sup> /P a)
C1	Dach gegen außen	0,663	1.789	0,6	712	1,27
C2		0	0		0	0,00
		Ertrag x	Nutzzeit x	0,001	= Angebot	sp. Angebot
	sonst. Quellen	(l/h)	(h/a)	(m <sup>2</sup> /l)	(m <sup>2</sup> /a)	(m <sup>2</sup> /P a)
C4		0,0	8.760	0,001	0	0,00
						Menge
						(m <sup>2</sup> /a)
C5	Summe Wasserangebot					712
C6	davon genutzt durch					0
C7	Trinkwasserbezug = Wasserbedarf - genutztes Angebot					1.306
C8	davon nicht in Kanal eingeleitete Menge (sep. Wasseruhr)					0
C9	Kanaleinleitung = Trinkwasserbezug - nicht eingeleitete Meng					1.306
D. Wasserkosten						
		W.-Bezug x	W.-Preis +	Kan.-Einleit. x	Kan.-Gebühr	= Kosten
		(m <sup>2</sup> /a)	(€/m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> /a)	(€/m <sup>2</sup> )	(€/a)
D1	Wasserkosten	1.306	2,11	1.306	1,76	5.054
						sp. Kosten
						(€/P a)
						9,03

### Wasserbedarf

Gerät	Wasserbedarf (m <sup>2</sup> /P,a)
Toiletten	1,40
Trocken-Urinale	0,00
Handwaschbecken	0,80
Duschen	0,01
Waschmaschine	0,00
Spülmaschine	0,07
Ausgußbecken	0,05
Freiflächenbewässerung	0,00



# Energieeffizienz



Jürgen Görres

## **Auswirkungen der Energieeinsparverordnung auf Vorgaben für kommunale Bauprojekte**

### **1. Einleitung**

Die Stadt Stuttgart besitzt seit Mitte der 70er Jahre eine Organisationseinheit Energiewirtschaft, die sich vorrangig um eine rationelle Energieverwendung der städtischen Liegenschaften bemüht [1]. In diesem Zusammenhang wurde 1997 vom Gemeinderat ein Energieerlass verabschiedet, der die energetischen Leitlinien der Stadt zusammenfasst und damit die Grundlage für die Planungsvorgaben bei Neubauten bildet. Für den baulichen Wärmeschutz wurde beschlossen, den Grenzwert für die damals gültige Wärmeschutzverordnung (WSVO 95) [2] um 25 % zu unterschreiten.

Für die städtischen Gebäude wurde im Jahre 1999 an Hand eines Neubaugebiets gezeigt, dass es wirtschaftlich vertretbar ist, sowohl für städtische als auch für private Bauvorhaben eine Unterschreitung des Grenzwertes der Wärmeschutzverordnung um 30 % zu fordern. Bei privaten Bauvorhaben wurde deshalb bei allen Verträgen (städtebauliche Verträge, Kaufverträge, Erbbaurechtsverträge usw.) eine verbindliche Unterschreitung in den Vertrag aufgenommen. Um die Umsetzung sicherzustellen, wurde weiterhin eine Ausgleichszahlung fixiert, die sich an der zu erwartenden Energieeinsparung über die Lebenserwartung des Gebäudes orientiert.

Mit Einführung der Energieeinsparverordnung (EnEV) [3] im Februar 2002 und der damit verbundenen Änderung der Rechenvorschrift im Bereich der Energieeinsparung galt es zu untersuchen, ob die bisherige Unterschreitung des Grenzwertes noch aufrecht zu erhalten ist. Diese Untersuchung wurde vom Fraunhofer-Institut für Bauphysik durchgeführt [4].

### **2. Untersuchung Fraunhofer-Institut**

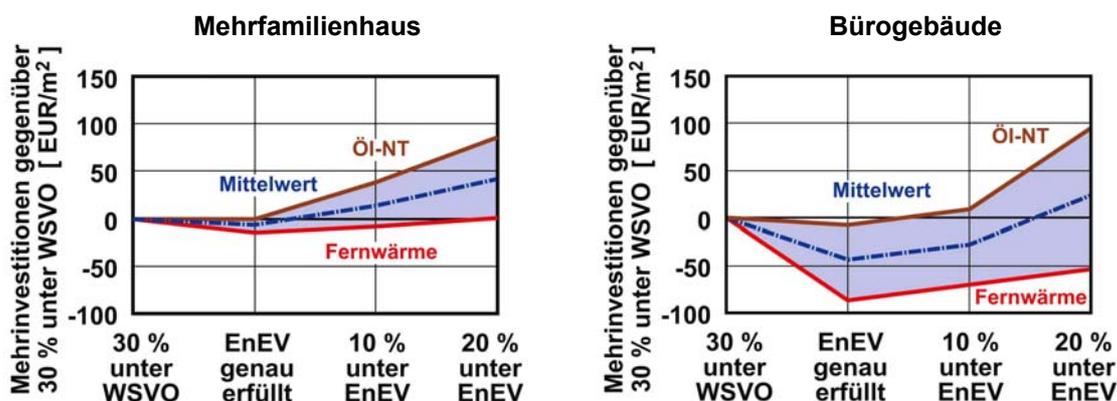
In der Studie wurde untersucht, wie sich die Fortschreibung der Wärmeschutzverordnung (WSVO) zur Energieeinsparverordnung (EnEV) für den bisher in Stuttgart geltenden Standard auswirkt. Dabei stand die zentrale Frage im Vordergrund, ob oder wie der Beschluss aufgrund des neuen Bilanzraums und des Rechenverfahrens der EnEV verändert werden muss, um das bisherige Einsparniveau aufrecht zu erhalten. Sowohl für Wohngebäude als auch für Nichtwohngebäude wurde untersucht, zu welchen Ergebnissen die EnEV kommt, wenn die bauphysikalischen Randbedingungen zur Erfüllung der Unterschreitung der WSVO nicht verändert werden. Weiterhin wird aufgezeigt, mit welchen Mehrkosten eine Reduzierung des Primärenergiebedarfs erreicht werden kann.

Das Ergebnis der Untersuchung zeigt, dass bei Beibehaltung der Ausführung der Neubauten entsprechend einer 30 %igen Unterschreitung des Grenzwertes der WSVO die Vorgaben der EnEV für kleine Gebäude um 10 bis 16 % und für größere Gebäude um 5 bis 8 % unterschritten werden. Beim Einsatz von Gasbrennwertkesseln, solarunterstützter Heizungstechnik und vor allem beim Einsatz von Fernwärme aus Kraftwärmekopplung wären

deutliche Verschlechterungen beim baulichen Wärmeschutz möglich, um trotzdem die Vorgaben der Energieeinsparverordnung einzuhalten.

Deshalb wurde sowohl für ein Mehrfamilienhaus als auch für ein Bürogebäude untersucht, wie sich die Mehrkosten bei den Investitionen gegenüber der Vorgabe 30 % unter WSWO 95 entwickeln. Dies ist in Abbildung 1 dargestellt. Sowohl für eine Gasheizung als auch eine Fernwärmeversorgung reduzieren sich die Investitionen für den Fall, dass die Vorgaben der EnEV exakt erfüllt werden.

Abbildung 1: Mehrkosten bei EnEV gegenüber 30 % unter WSWO [4]



Für das Bürogebäude reduzieren sich die spezifischen Investitionen bei einer Fernwärmeversorgung um 80 Euro/m<sup>2</sup>. Selbst bei einer Unterschreitung der EnEV um 10 % reduzieren sich für das Bürogebäude die Investitionen gegenüber dem heutigen Niveau. Erst bei einer 20 %igen Unterschreitung der EnEV ergibt sich für die Gasversorgung (mittlere Linie) eine Mehrinvestition in der Größenordnung von ca. 25 Euro/m<sup>2</sup>. Dies entspricht einer Steigerung des Investitionsbedarfs um ca. 1%. Die Kostenansätze stammen aus zahlreichen in den letzten Jahren am Institut für Bauphysik bearbeiteten Bauverfahren [5].

Auf der Basis dieser Untersuchung wurde am 22.10.2002 vom Gemeinderat der Landeshauptstadt Stuttgart beschlossen, beim Verkauf städtischer Grundstücke, beim Abschluss städtebaulicher Verträge oder beim Abschluss anderer privatrechtlicher Verträge sowie für zunächst fünf städtische Bauvorhaben den Grenzwert der EnEV um 15 % zu unterschreiten, wenn das Gebäudevolumen unter 2.000 m<sup>3</sup> liegt. Bei Gebäuden mit einem Volumen über 2.000 m<sup>3</sup> wird der Grenzwert EnEV um 20 % unterschritten. Diese Vorgabe gilt sowohl für den spezifischen Primärenergiebedarf ( $q_p'$ ) als auch für den spezifischen Transmissionswärmeverlust ( $H_T'$ ).

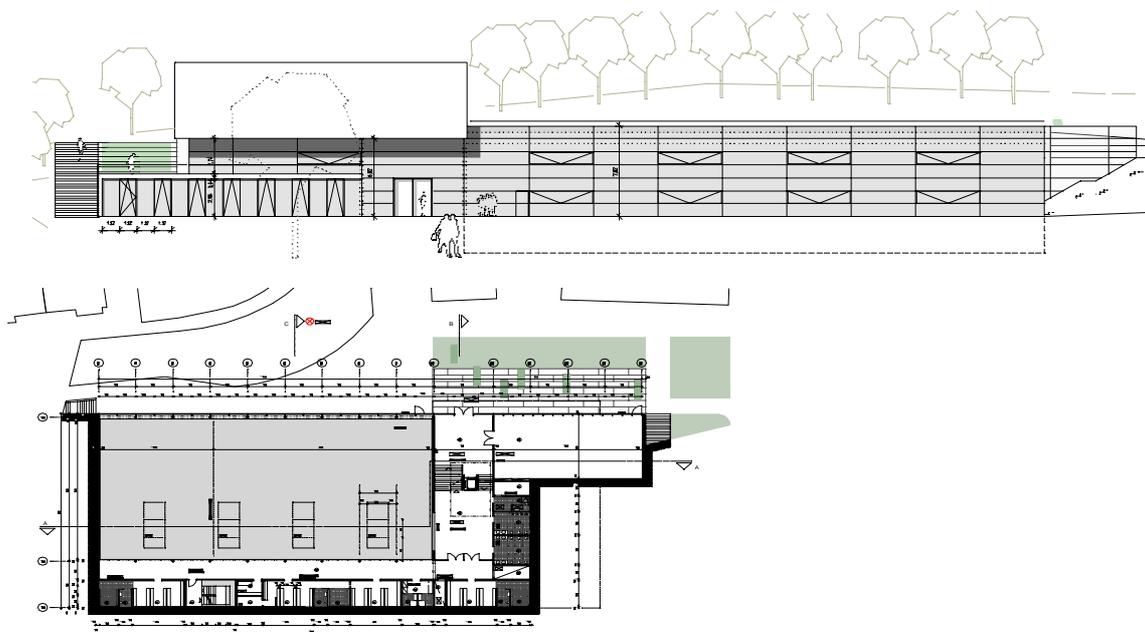
### 3. Erfahrungen bei aktuellen Projekte

Am Beispiel von sechs aktuellen städtischen Neubauvorhaben wurde nun untersucht, um wieviel Prozent der Grenzwert der EnEV unterschritten wird, wenn die bisherige Planungsvorgabe (Unterschreitung WSWO um 25 %) als Basis für die Bauteildimensionierung zu Grunde gelegt wird.

Im ersten Vorhaben handelt es sich um eine Turn- und Versammlungshalle mit integriertem Bürgerzentrum, bestehend aus einer Stadtteilbücherei, einem Bürgersaal und einem Kindergarten. Das Gebäude hat ein Volumen von  $15.878 \text{ m}^3$  und ein  $A/V$ -Verhältnis von  $0,4$ . Der Fensterflächenanteil beträgt  $22,6 \%$ . Der  $U$ -Wert für die Außenwand liegt mit  $0,36 \text{ W/m}^2\text{K}$  in dem üblichen Rahmen ebenso der  $U$ -Wert für die Fenster ( $1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ ), für das Dach ( $0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) und für den Boden ( $0,56 \text{ W/m}^2\text{K}$ ). Die Beheizung des Gebäudes erfolgt mit einem Gasbrennwertkessel, das Heizungssystem ist ausgelegt auf eine Vorlauf-temperatur von  $55 \text{ }^\circ\text{C}$  und eine Rücklauf-temperatur von  $45 \text{ }^\circ\text{C}$ . Ein Teil des Gebäudes ist mit einer Lüftungsanlage ausgestattet, die eine Wärmerückgewinnungsanlage mit einer Rückwärmzahl von  $75 \%$  besitzt. Die Anlagenaufwandszahl  $e_p$  liegt bei  $1,1$ .

Der Grenzwert für den spezifischen Primärenergiebedarf ( $q_p'$ ) liegt bei  $19,5 \text{ kWh/m}^3\text{a}$ . Der tatsächlich zu erwartende spezifische Primärenergiebedarf liegt bei  $14,6 \text{ kWh/m}^3\text{a}$ , sodass der Grenzwert um  $25,1 \%$  unterschritten wird. Die Unterschreitung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes ( $H_T'$ ) liegt sogar bei  $30,4 \%$ .

Abbildung 2: Turn- und Versammlungshalle



Das nächste Beispiel zeigt den geplanten Neubau für ein Feuerwehrhaus (Abb. 3). Das beheizte Volumen liegt mit  $1.978 \text{ m}^3$  unter der angesprochenen Grenze von  $2.000 \text{ m}^3$ . Das  $A/V$ -Verhältnis mit  $0,645$  ist im Vergleich zum ersten Beispiel etwas schlechter. Ebenso liegt der Glasanteil mit  $34,3 \%$  höher. In der ersten Planung war der Glasflächenanteil noch höher, aber durch Reduzierung der Glasflächenanteile im Obergeschoss (hier war eine raumhohe Verglasung in alle vier Himmelsrichtungen vorgesehen) und der Reduzierung des Glasdachs im Bereich des Flurs auf einzelne Lichtkuppeln wurde der Glasflächenanteil an der Fassade deutlich reduziert. Damit war es möglich, auch in diesem mit Gas beheizten Gebäude ( $e_p = 1,25$ ) den spezifischen Primärenergiebedarf ( $q_p'$ ) um  $20,5 \%$  zu unterschreiten. Nach dem ersten Entwurf wurde der Grenzwert lediglich um  $11 \%$  unterschritten. Der Wert für den spezifischen Transmissionswärmeverlust ( $H_T'$ ) liegt um  $32,9 \%$  unter dem Grenzwert.

Abbildung 3: Feuerwehrhaus



Als nächstes Beispiel wird ein Schulgebäude mit einem Raumvolumen von 5.972 m<sup>3</sup> betrachtet.

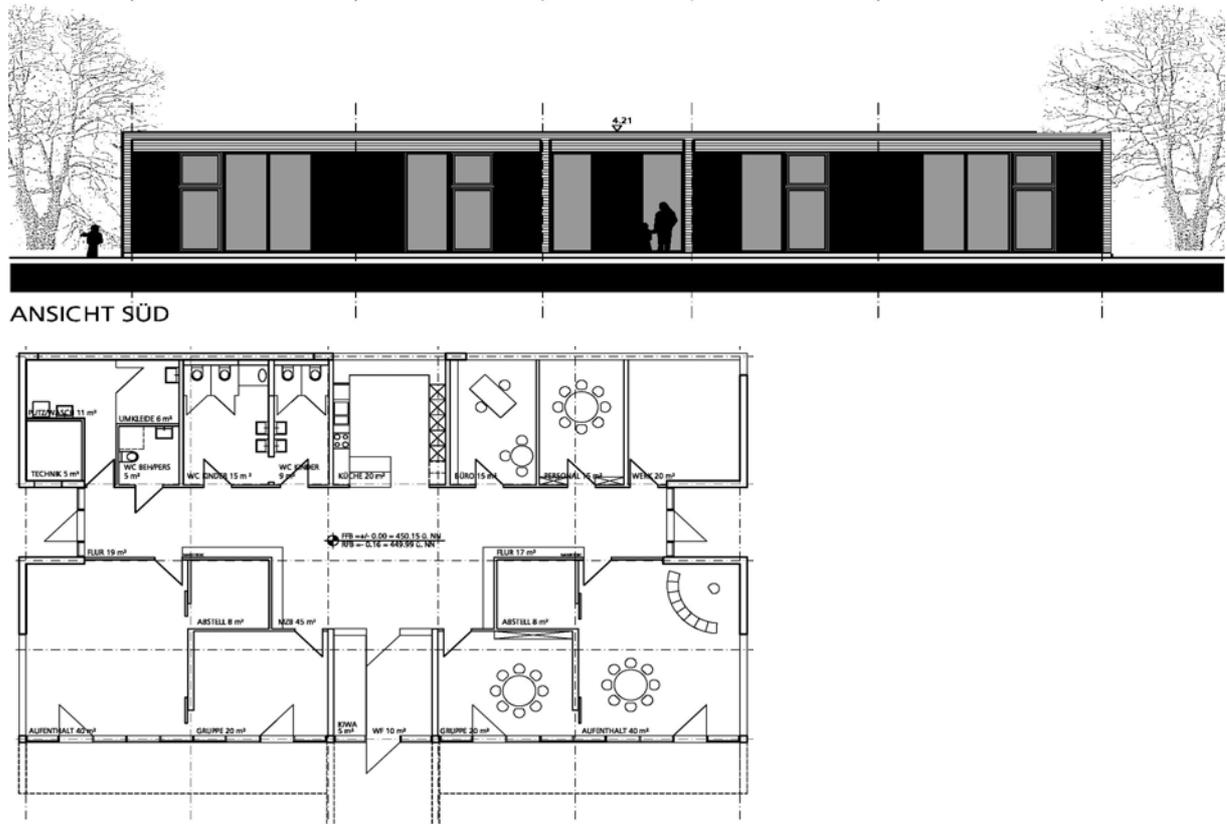
Abbildung 4: Schule



Das A/V-Verhältnis liegt bei 0,47, der Fensterflächenanteil bei 56 %. Das mit Fernwärme versorgte Gebäude ( $e_p = 0,95$ ) unterschreitet die Anforderungen der Energieeinsparverordnung um 22,9 % bei  $q_p'$  und 27,9 % beim  $H_T'$ . Dabei wurde der Primärenergiefaktor für Fernwärme entsprechend den Angaben des Energieversorgungsunternehmens mit 0,7 angesetzt.

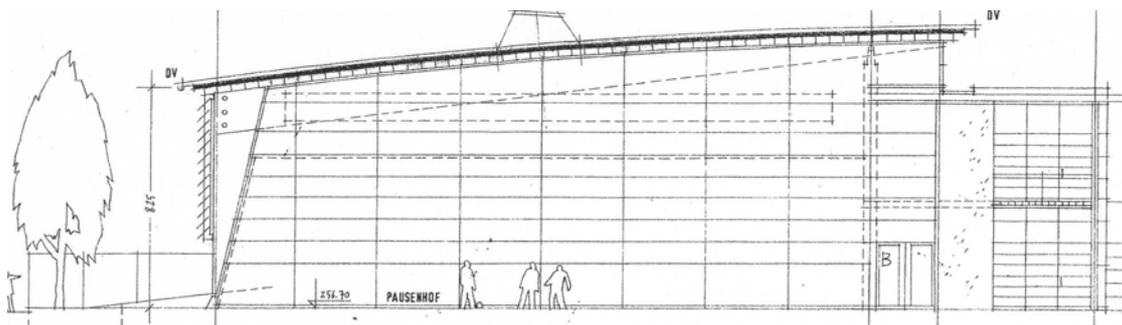
In Bild 5 ist ein zweigruppiger Kindergarten dargestellt. Das A/V-Verhältnis liegt mit 0,7 sehr hoch, da es sich um eine eingeschossige Bauweise handelt. Der Fensterflächenanteil von 25 % und die U-Werte der Außenbauteile liegen im üblichen Rahmen. Durch eine verbindlich durchgeführte Blower-Door-Messung und eine Wärmebrückenoptimierung kann der Grenzwert der EnEV um 21,3 % unterschritten werden.

Abbildung 5: Kindergarten



Ebenfalls mit Fernwärme versorgt werden soll der Neubau einer Sporthalle mit einem Volumen von  $12.789 \text{ m}^3$  (Abb. 6). Der sehr kompakte Baukörper ( $A/V$  0,33) hat einen Fensterflächenanteil von 28,4 %. Die Unterschreitung der Energieeinsparverordnung ist relativ deutlich:  $q_p'$  -30,7% und  $H_t'$  -36,4 %.

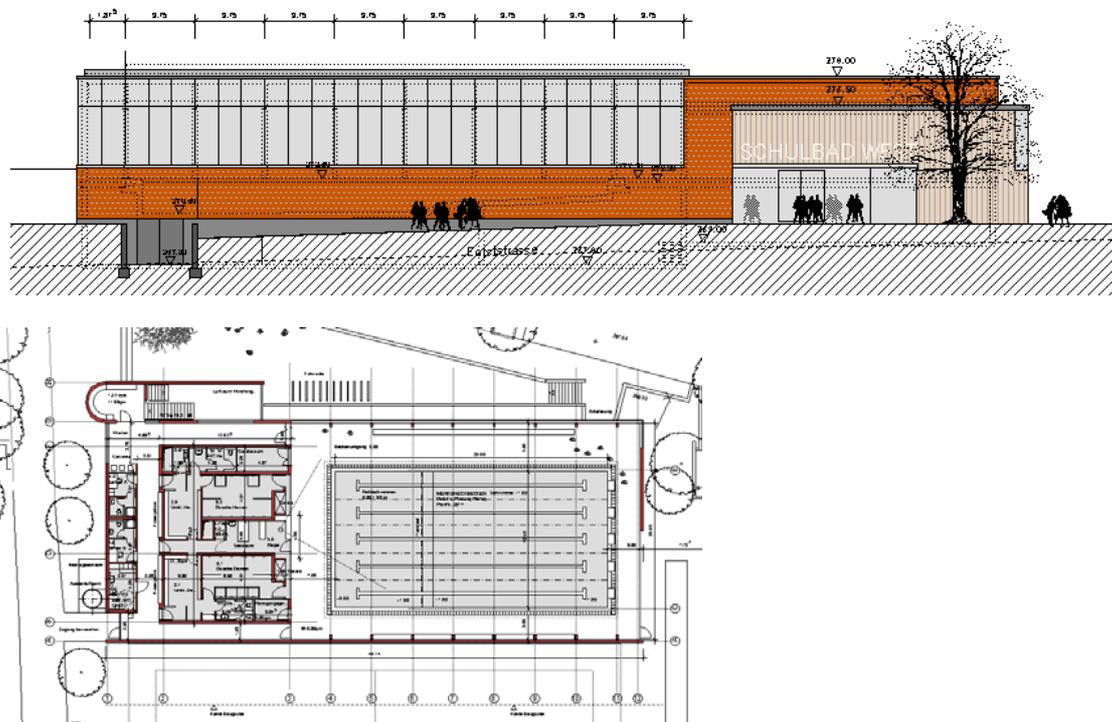
Abbildung 6: Sporthalle



Das letzte Beispiel zeigt ein Schwimmbad.

Das beheizte Volumen liegt bei  $5.196 \text{ m}^3$ . Die kompakte Bauweise ( $A/V = 0,375$ ) und der sehr geringe Fensterflächenanteil (18 %) führen dazu, dass das mit Fernwärme versorgte Gebäude die Grenzwerte sehr deutlich unterschreitet ( $q_p'$  -36,5 % und  $H_t'$  -37,1 %).

Abbildung 7: Schwimmhalle



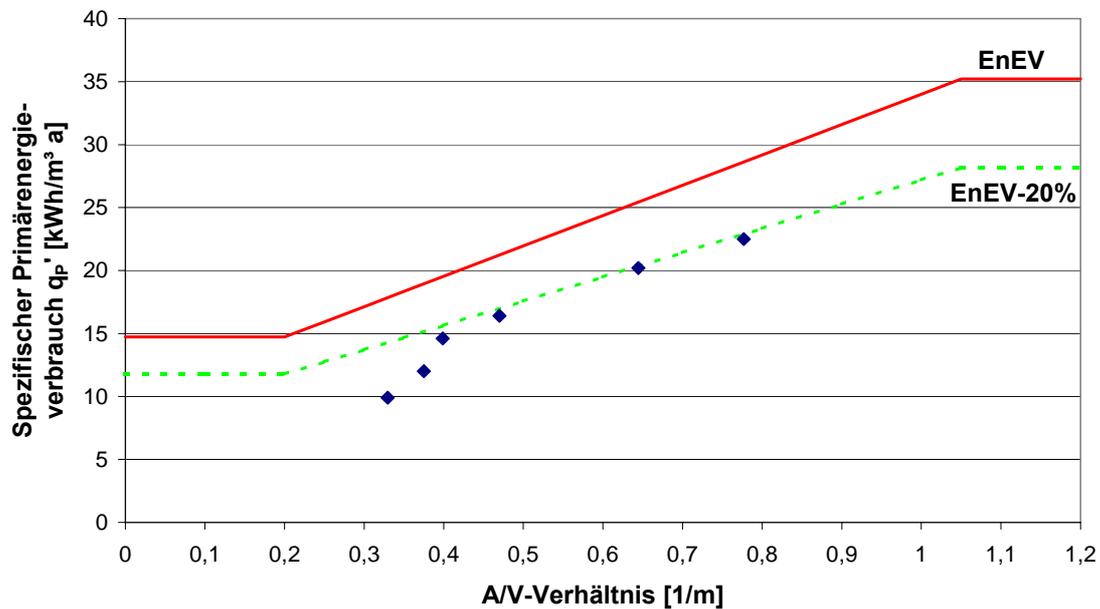
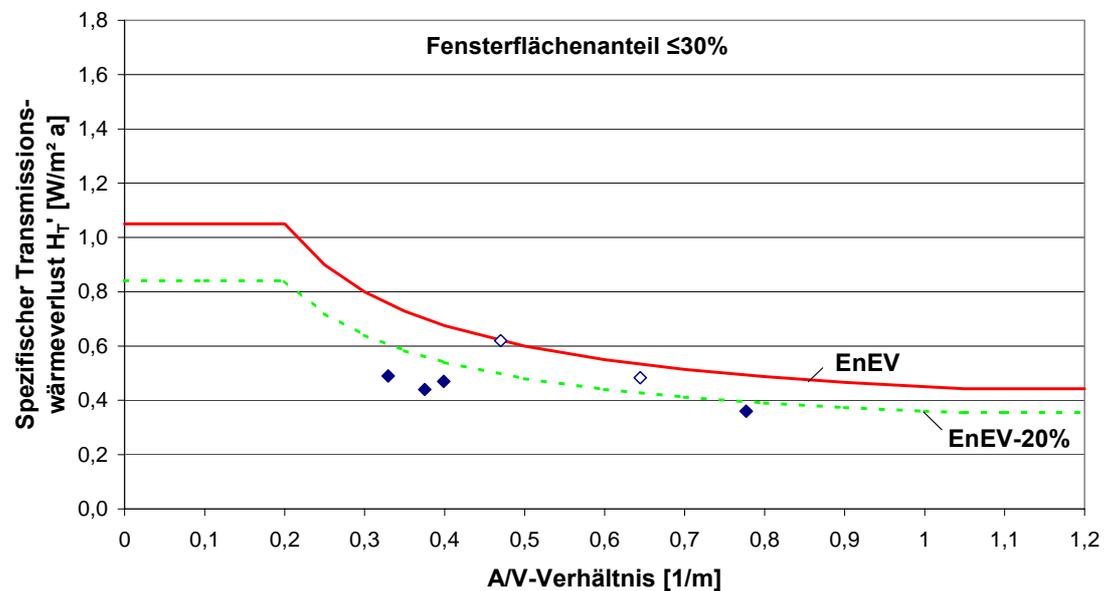
Zusammenfassend kann man sagen, dass alle sechs Bauvorhaben mit der bisher üblichen Dimensionierung der Bauteile (25 % unter WSVO) die Grenzwerte der EnEV deutlich unterschreiten. Die mit Gas versorgten Gebäude unterschreiten bei  $q_p'$  den Grenzwert um 22,3 %, die mit Fernwärme versorgten Gebäude den Grenzwert um 30 %. Im Mittel werden die spezifischen Primärenergieverbrauchsweite um 26,2 % unterschritten. Noch deutlicher wird die Unterschreitung beim spezifischen Transmissionsverlust. Dort ergibt sich eine Unterschreitung um 31,9 %.

Dafür sind nahezu keine Mehrkosten gegenüber der 25 %igen Unterschreitung der WSVO aufgetreten. Lediglich bei einem Gebäude musste zusätzlich ein Blower-Door-Test durchgeführt werden, der aber auch zur Qualitätssicherung der Bauausführung diente.

#### 4. Erkenntnisse aus derzeitigen Vorhaben

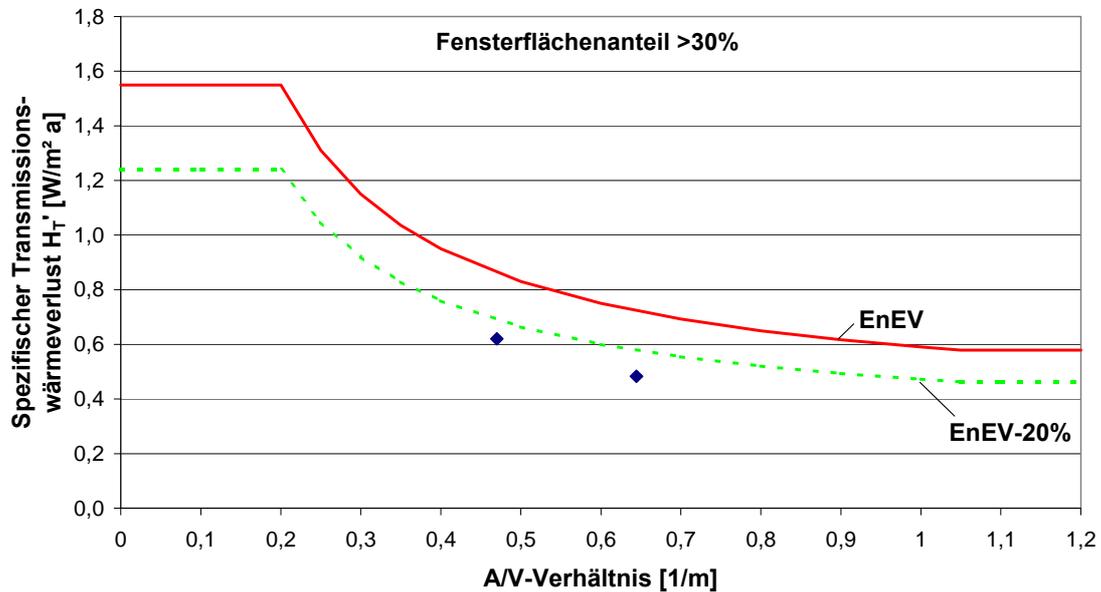
Aus diesen sechs Beispielprojekten können folgende Tendenzen abgeleitet werden. In Abbildung 8 wird zunächst die Abhängigkeit des spezifischen Primärenergieverbrauchs vom A/V-Verhältnis untersucht.

Es wird deutlich, dass mit zunehmender Kompaktheit der Grenzwert der EnEV stärker unterschritten wird. Bei einer Verdopplung des A/V-Verhältnisses erhöht sich der Energieverbrauch um 50 %.

Abbildung 8: Spezifischer Primärenergieverbrauch ( $q_p'$ ) in Abhängigkeit der KompaktheitAbbildung 9: Spezifischer Transmissionswärmeverbrauch ( $H_T'$ ) in Abhängigkeit der Kompaktheit für Gebäude mit einem Fensterflächenanteil unter 30 %

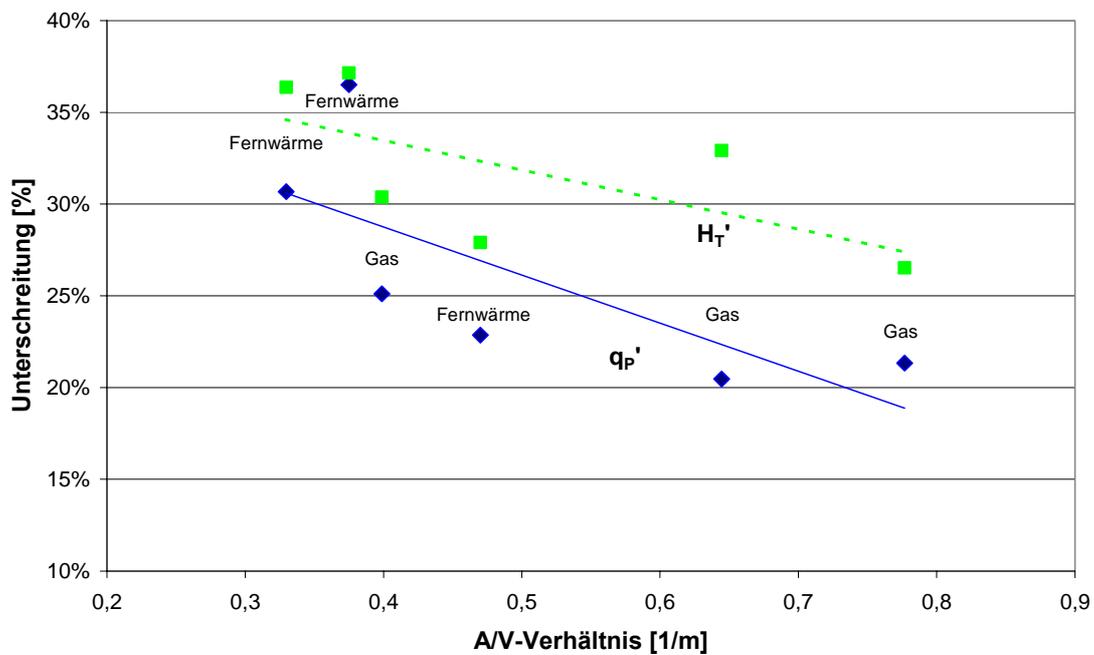
Betrachtet man den spezifischen Transmissionswärmeverlust, muss analog zur Vorgabe der EnEV anhand des Fensterflächenanteils unterschieden werden. In Abbildung 9 ist zunächst die Grenzkurve für Gebäude mit einem Fensterflächenanteil unter 30 % aufgetragen. Da die in den Beispielen betrachteten Gebäude einen moderaten Fensterflächenanteil besitzen, kann mit allen sechs Entwürfen der Grenzwert eingehalten werden. Alle vier Gebäude mit einem Fensterflächenanteil unter 30 % unterschreiten den Grenzwert um mindestens 20 %.

Abbildung 10: Spezifischer Transmissionswärmeverbrauch ( $H_T'$ ) in Abhängigkeit der Kompaktheit für Gebäude mit einem Fensterflächenanteil über 30 %



Betrachtet man in Abbildung 10 die Grenzkurve für den Fensterflächenanteil mit mehr als 30 %, so unterschreiten auch die beiden Gebäude mit höherem Fensterflächenanteil die 20 % - Grenze. In Abbildung 11 wird deutlich, dass die Unterschreitung der Grenzwerte mit zunehmendem A/V-Verhältnis schlechter wird.

Abbildung 11: Prozentuale Unterschreitung in Abhängigkeit der Kompaktheit



Die beiden Geraden in Abbildung 11 zeigen den Trend. Weiterhin zeigt die Darstellung den Einfluss der Energieversorgung. Prinzipiell erreichen fernwärmeversorgte Gebäude eine höhere Unterschreitung der EnEV-Grenzwerte.

Abbildung 12 macht die zurückgehende Unterschreitung des Grenzwerts mit zunehmendem Fensterflächenanteil deutlich.

Abbildung 12: Prozentuale Unterschreitung in Abhängigkeit des Fensterflächenanteils

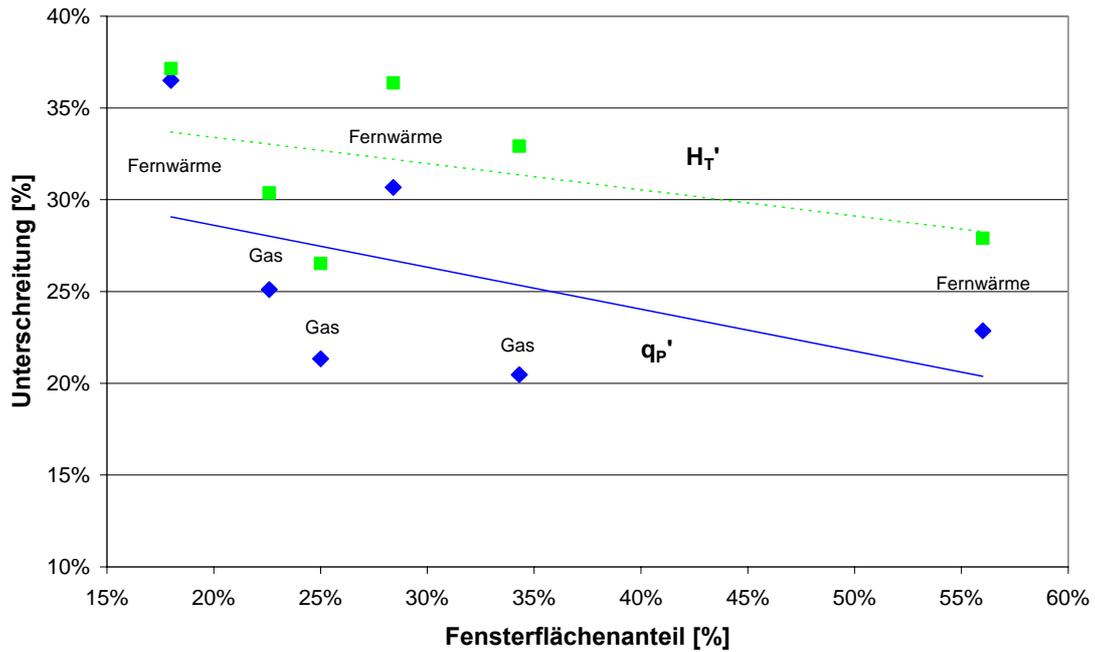
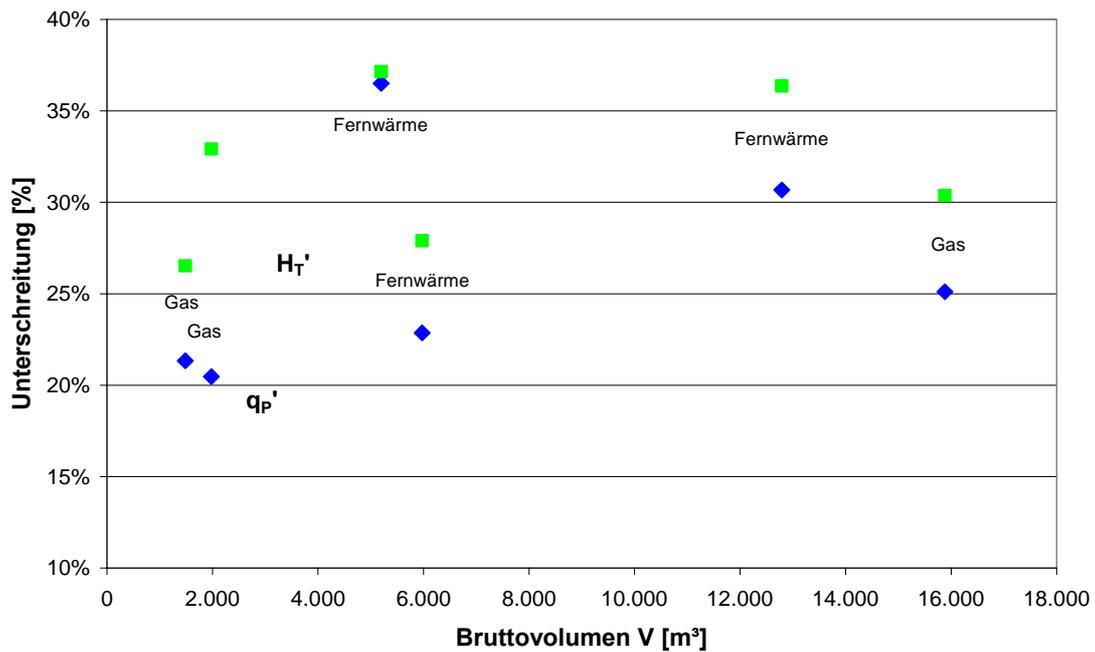


Abbildung 13: Prozentuale Unterschreitung in Abhängigkeit des Gebäudevolumens



Aus dem Diagramm (Abb. 12) wird ersichtlich, dass der spezifische Primärenergiebedarf um 25 % unterschritten werden kann, wenn der Fensterflächenanteil unter 35 % liegt. Durch Abbildung 13 wird deutlich, dass die Unterschreitung des Grenzwerts unabhängig von der Größe des Objekts ist.

## 5. Zusammenfassung und Ausblick

Mit der Untersuchung konnte deutlich gemacht werden, dass selbst bei gasversorgten Gebäuden der Grenzwert der Energieeinsparverordnung im Mittel um ca. 22 % unterschritten wird, ohne dass es zu einer nennenswerten Steigerung der Investitionskosten kommt. Einziger Aufwand, der in einem Beispiel zusätzlich erbracht werden musste, war die Durchführung eines Blower-Door-Tests. Da mit dieser messtechnischen Untersuchung aber auch gleichzeitig eine Qualitätssicherung der Baumaßnahme verbunden ist, sollte diese Untersuchung bei allen Neubauvorhaben standardmäßig durchgeführt werden.

Somit ist es vertretbar, als Planungsvorgabe die Grenzwerte der Energieeinsparverordnung für den spezifischen Wärmebedarf und den spezifischen Transmissionswärmeverlust um mindestens 20 % zu unterschreiten. Nur damit gelingt es, die Unterschreitung der Wärmeschutzverordnung 95 um 25 % unter Anwendung des neuen Rechenverfahrens nach der Energieeinsparverordnung aufrecht zu erhalten.

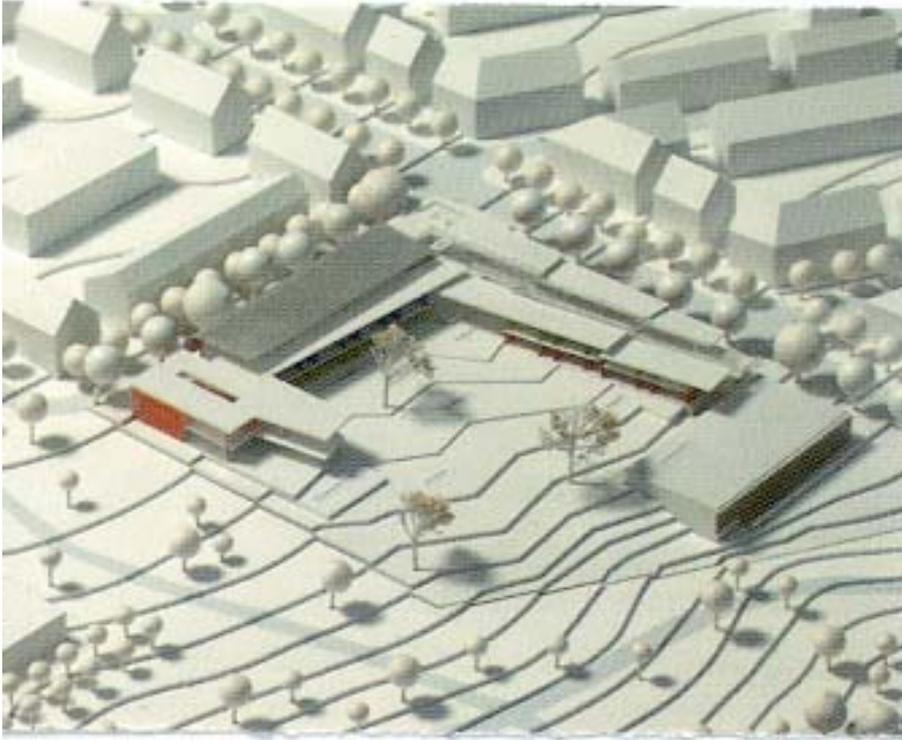
## Literatur

- [1] Energiebericht – Fortschreibung für das Jahr 2003, Landeshauptstadt Stuttgart, Schriftenreihe des Amtes für Umweltschutz, Heft 3 (2004).
- [2] Bundesregierung: Verordnung über einen energiesparenden Wärmeschutz (Wärmeschutzverordnung WSVO, Bundesgesetzblatt Nr. 55 (1994)
- [3] Bundesregierung: Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung), Bundesgesetzblatt Nr. 59 (2001).
- [4] Kluttig, H., Erhorn, H.: Wie wirken sich die Anforderungen der Energieeinsparverordnung (EnEV) auf die Wärmeschutzanforderungen bei unterschiedlichen Gebäudetypen aus? IBP-Bericht WB118/2003, Stuttgart (2003).
- [5] Erhorn, H.: Vom energiesparenden Wärmeschutz der 80er Jahre zu integralen Energiekonzepten mittels Energieeinsparverordnung. Jahrbuch 2002 Bautechnik. VDI-Verlag, Düsseldorf (2002), S. 185-200.

*Axel Bretzke*

## **Planung einer Passivhaus-Grundschule: Am Beispiel der Wilhelm-Busch-Schule am Riedberg, Auf dem Stuhlen, Frankfurt am Main**

Abbildung 1: Modell, Blick von Südwesten



### **Bauherr:**

Magistrat der Stadt Frankfurt, Stadtschulamt, Seehofstr. 41, 60594 Frankfurt am Main

### **Ansprechpartner**

Bauherr: Stadtschulamt 40.42, Frau Schneeweiss Tel. 069-212-35667, dorothea.schneeweiss@stadt-frankfurt.de

Projektleitung: Hochbauamt der Stadt Frankfurt, Gerbermühlstr. 48, 60594 Frankfurt, 65.A3, Frau Korb, Tel. 069-212-34038, astrid.korb@stadt-frankfurt.de

Energetische Qualitätssicherung: Hochbauamt 65.B3, Herr Bretzke, Tel. 069-212-38697, E-Mail: axel.bretzke@stadt-frankfurt.de, [www.stadt-frankfurt.de/energiemanagement](http://www.stadt-frankfurt.de/energiemanagement)

Architekten: 4a, Hallstraße 25, 70376 Stuttgart, Tel.: 0711-3893000-0, Fax.: 0711-3893000-99, E-Mail: riedberg@architektenbuero4a.de

## Zusammenfassung

Die Stadt Frankfurt hat nach Durchführung eines Wettbewerbs in 2000 (Folie Auszug Wettbewerbstext) und langen Vorüberlegungen (Folien Planungsprozess) eine Grundschule mit Turnhalle und Kita in Passivhaus-Technologie gebaut. Besonderer Anspruch, mit dem letztendlich die Zustimmung zu dieser Bauweise erfolgte, ist die Begrenzung der Mehrkosten auf ein wirtschaftliches Maß unter Beachtung von Umweltfolgekosten. Dies wurde mit der Gesamtkostenberechnung der Stadt Frankfurt berechnet (Folien Wirtschaftlichkeit und Umwelt, [www.stadt-frankfurt.de/energiemanagement](http://www.stadt-frankfurt.de/energiemanagement)). Zusätzlich war erhebliche Überzeugungsarbeit mit Beseitigung von erheblichen Vorurteilen beim Bauherren und den Nutzern zu leisten (Folien Vorurteile, Pro), so dass die Lösung hochbaulicher und technischer Details (Folien Hochbau- und Technikdetails) im Planungsprozess teilweise eine eher untergeordnete Rolle spielten. Eine Daueraufgabe war eher der Verweis, dass Kosten für technische Details für allgemeine Anforderungen wie z.B. sommerlicher Wärmeschutz nach EnEV oder DIN für alle Neubauten gelten und nicht dem Passivhaus-Konzept zuzuordnen sind. Zu beachten waren in jedem Fall die Technischen Standards des Hochbauamtes Frankfurt ([www.stadt-frankfurt.de/energiemanagement](http://www.stadt-frankfurt.de/energiemanagement)). Begonnen hat inzwischen auch die Diskussion, ob eine um maschinelle Grundlüftung ergänzte Fensterlüftung wegen der CO<sub>2</sub>-Raumbelastung nicht Standard für jeden Unterrichtsraum sein muss und daher nicht mehr dem Passivhaus-Konzept zuzuordnen ist.

Abbildung 2: Ansicht von Nordosten



## Folienübersicht

- Übersicht
  - ▲ Historie
  - ▲ Eckdaten
  - ▲ Warum eine Schule in Passivhausbauweise
  - ▲ Auszug Wettbewerbstext
  - ▲ Andere Beispiele

- Wirtschaftlichkeit und Umwelt
  - ▲ Gesamtkostenberechnung Deckblatt 1+2
  - ▲ Mehrkostenaufstellung Blatt 1-3
- Hochbau- und Technikdetails
  - ▲ Vorurteile
  - ▲ Pro
  - ▲ Winterlicher Wärmeschutz
    - Detail Frostschräge gedämmt
  - ▲ Heizung
  - ▲ Sommerlicher Wärmeschutz
  - ▲ Lüftungskonzept
    - CO<sub>2</sub>-Raumluftbelastung
    - Lüftungsführung Klasse über Gruppenraum in den Flur
    - Temperatur in den Fluren, beheizt durch Abluft Klassenräume
    - Lüftungstechnik
    - Steuerung Lüftung
  - ▲ MSR/GLT
  - ▲ Warmwasser/Abwasser
  - ▲ Elektro
    - Beispiel Auslegung Klassenraum nach Technische Standards Hochbauamt Frankfurt am Main
- Planungsprozess
  - ▲ Vorgaben
  - ▲ Integrale Planung
  - ▲ Wettbewerbsinhalt, Auszüge
  - ▲ Anlage Historie Planungsablauf im Detail
  - ▲ Anlage Planungsumwege
- Messkonzept

## Übersicht

### Historie

- Im Herbst 2000 wurde erstmalig für die Stadt Frankfurt in einem Architektenwettbewerb zum Neubau der Grundschule und Kita im Neubaugebiet Riedberg (neuer Standort Universität) die Anforderung; Realisierung in Passivhaus-Bauweise eingefügt.
- Im Herbst 2001 wurde für die Planung festgelegt, eine Passiv-Haus-Variante weiterzuverfolgen. Dies wird nach entsprechenden Konzeptbeschlüssen im Frühjahr 2002 erstmalig als Variante projiziert.
- Nach intensiven Beratungen über die Kosten und Technik wurde im Frühjahr 2003 endgültig beschlossen, den Neubau in Passivhausbauweise durchzuführen.

- Baubeginn September 2003, die Eröffnung erfolgte am 1.11.2004.

Abbildung 3: Computeranimation, Blick von Süden



Abbildung 4: Eingangsbereich der Schule vor der Eröffnung am 1.11.2004



Abbildung 5: Ansicht Haupteingang



## Eckdaten

- Investitionskosten gesamt: 16,7 Mio Euro
- Die Finanzierung erfolgt durch eine staatliche Entwicklungsgesellschaft im Treuhandauftrag.
- erwartete Mehrkosten Passivhaus-Qualität gegenüber EnEV-45 % (NEH) nach Kostenberechnung: 620 000 Euro brutto
- davon für Passivhaus-Lüftungstechnik: 240 000 Euro (Fensterlüftung mit maschineller Grundlüftung und statischer Heizung)
- Förderung: 250 T Euro durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (davon 80 000 Euro für wissenschaftliche Begleitung und Messungen)
- Betriebskosteneinsparung Passivhaus gegenüber Neubaustandard über 30 Jahre: 570 000 Euro
- Eingesparte CO<sub>2</sub>-Emissionen zu EnEV in 30 Jahren: 1000 t
- Fertigstellung: Schuljahr 2004/2005
- Fläche (NGF) Schulgebäude und Kita (Passivhaus-Bauweise) ca. 6300 m<sup>2</sup> (NGF), Fläche Turnhalle (NEH-Bauweise) ca. 1700 m<sup>2</sup>, Bruttovolumen 41.000 m<sup>3</sup>
- A/V-Verhältnis Schul- und Kita-Gebäude 0,35
- Heizung: vollautomatischer Holzpellet-Doppelkessel, Förderung 10 000 Euro durch Land Hessen
- Errichtung einer Solarstromanlage bis 45 kW durch externen Investor auf dem Flachdach

Abbildung 6: Lageplan, Blick von Südwesten



### Warum eine Schule in Passivhaus-Bauweise?

- Eine Schule oder Kita ist ideal als Passivhaus geeignet. So reicht – eine entsprechende Dämmung der Wände und Wärmeschutzverglasung vorausgesetzt – die Wärme von 25 Schülern und einem Lehrer aus (2-2,5 kW Heizleistung), schon ab  $-5^{\circ}\text{C}$  Außentemperatur den Klassenraum einer Passivhaus-Schule ausreichend zu beheizen
- In der kurzen Heizzeit ginge der größte Teil der Wärme in der Unterrichtszeit durch Lüftung und nicht durch Verluste durch die Wände verloren. Daher ist eine maschinelle Grundlüftung ( $15\text{ m}^3/\text{Person}$ ) mit Wärmerückgewinnung unerlässlicher Bestandteil für ein Passivhaus-Konzept.
- Außerhalb der kürzeren Heizzeit einer Passivhaus-Schule ist vorgesehen, die Lüftung abzustellen und nur über die Fenster zu lüften, ohne zusätzliche Heizkosten zu verursachen.
- Die Lüftung verhindert gleichzeitig, dass im Verlauf einer Schulstunde die Luftqualität in den Klassen kontinuierlich schlechter wird. Werte über 1500 ppm sind im Bestand häufig, die DIN 1946 T2 empfiehlt 1000 ppm, Grenzwert 1500 ppm (Folie  $\text{CO}_2$ -Raumluftbelastung). Durch die Ausführung in Passivhausbauweise werden also nicht nur die Betriebskosten reduziert, sondern auch noch bessere Lernbedingungen für die Schülerinnen und Schüler geschaffen.

### Auszug Wettbewerbstext, Architektonische Aufgabe und Rahmenbedingungen

- Baukosten: Wegen der äußerst knapp zur Verfügung stehenden Mittel hat eine rationale und wirtschaftliche Lösung der Wettbewerbsaufgabe hohe Priorität. Für besonderen, hohen Aufwand, der zu hohen Investitionskosten führt, sollen die Vorteile dargestellt werden.
- Energieeffizienz: Eines der Planungsziele ist, die Gesamtkosten (Summe aus Investitionskosten, Betriebskosten und Folgekosten über die Nutzungsdauer von 50 Jahren) bei den gegebenen Nutzungsbedingungen zu minimieren. Die Entwicklung oder Nutzung eines innovativen und prüffähigen Energiekonzeptes ist hierbei ausdrücklich gewünscht.
- Neben der WSV 1995 wird der *Passivhausstandard* angestrebt.
- Kompakte Form
- Windfänge
- Gute Tageslichtnutzung und natürliche Belüftung
- Optimierung opake zu transparenten Fassadenflächen hinsichtlich Tageslichtnutzung, Kosten Sonnenschutz, Wärmedämmung und Reinigungsaufwand
- Speichermassen für sommerlichen Wärmeschutz
- Gebäudeorientierung Süden

## Weitere Beispiele

### Erweiterung der Realschule Mölln im Passivhaus-Standard

Architektonische und technische Umsetzung - erste Betriebserfahrungen

Dipl.-Ing. Markus Kaupert  
petersen pörksen partner  
Kanalstraße 52, 23552 Lübeck  
Tel.: 0451 / 79968-0  
Fax: 0451 / 79968-99  
E-Mail: [info@ppp-architekten.de](mailto:info@ppp-architekten.de)  
[www.ppp-architekten.de](http://www.ppp-architekten.de)

Dipl.-Ing. Sören Vollert  
KAplus - Ingenieurbüro Vollert  
Marienthaler Str. 17, 24340 Eckernförde  
Tel.: 04351 / 735-188  
Fax: 04351 / 735-386  
E-Mail: [info@kaplus.de](mailto:info@kaplus.de)  
[www.kaplus.de](http://www.kaplus.de)



Erweiterungsbau und Bestandsgebäude der A.-Paul-Weber Realschule in Mölln

### Energiesparschule Waldshut

Volker Weiß und Dr. Wilhelm Stahl  
Stahl, Büro für SonnenEnergie  
Bertoldstr. 45, 79098 Freiburg  
T: 0761 / 38909-30, F: 0761 / 38909-39  
[www.stahl-sonnenenergie.de](http://www.stahl-sonnenenergie.de)



Ansicht der Justus-Liebig-Schule in Waldshut, Bauzustand November 2002

## Wirtschaftlichkeit

## Gesamtkostenberechnung Deckblatt

<b>Gesamtkostenbetrachtung</b>							
Konzeption und Gestaltung: Hochbauamt der Stadt Frankfurt, Abteilung Energiemanagement							
<b>A. Allgemeine Daten</b>							
A1	Liegenschaftsbezeichnung	Grundschule und Kita am Riedberg			A2	Unterab.	
A3	Gebäudebezeichnung	Schule und Kita mit TH			A4	Str.-Nr.	
A5	Straße				A6	Haus-Nr.	
A7	Betrachtungszeitraum	50	a	A8	Währung	€	
A9	Kapitalzins	5,5%		A10	Annuitätsfaktor	0,06	
A11	Preissteigerung	3,0%		A12	Mittelwertfaktor	1,70	
<b>B. Varianten</b>							
Bezeichnung							
B0	Variante 1	Schule und Kita nach EnEV, Turnhalle (TH) EnEV-45%					
B1	Variante 2	Gesamt EnEV -45%					
B2	Variante 3	Schule+Kita Passivbauweise, TH EnEV-45%, Realisierungsvar.					
B3	Variante 4						
B4	Variante 5						
<b>C. Kenngrößen</b>							
		Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5	
C1	Bezugsfläche (NGF)	7.711	7.711	7.711	7.711	7.711	m <sup>2</sup>
C2	Personenzahl	596	596	596	596	596	P
C3	spez. Heizwärmebedarf	49	35	15			kWh/m <sup>2</sup> a
C4	Heizzahl Kessel+Verteilung	94%	92%	89%			%
C5	spez. Strombezug	14	14	16			kWh/m <sup>2</sup> a
C6	spez. CO <sub>2</sub> -Emissionen	16	13	12			kg/m <sup>2</sup> a
C7	spez. Trinkwasserbezug	5,65	5,65	5,65			m <sup>3</sup> /P a
<b>D. Kapitalkosten</b>							
		Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5	
D1	Investitionskosten (DIN 276)	16.004.238	16.054.560	16.652.843			€
D2	Zuschüsse/Erlöse			180.000			€
D3	Eigenkapitaleinsatz	16.004.238	16.054.560	16.472.843	0	0	€
D4	Kapitalkosten	945.234	948.206	972.910	0	0	€/a
D5	spez. Kapitalkosten	123	123	126	0	0	€/m <sup>2</sup> a
<b>E. mittl. Betriebskosten</b>							
		Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5	
E1	Personal+Reinigungskosten						€/a
E2	Wartung+Instandhaltung	111.979	112.055	118.330			€/a
E3	Heizkosten	27.157	16.644	4.496	0	0	€/a
E4	Stromkosten	21.935	21.866	23.843			€/a
E5	Wasserkosten	13.044	13.044	13.044			€/a
E6	Verwaltung+Versicherung						€/a
E7	heutige Betriebskosten	174.115	163.610	159.714	0	0	€/a
E8	mittl. Betriebskosten	295.955	278.098	268.330			€/a
E9	spez. Betriebskosten	38	36	35	0	0	€/m <sup>2</sup> a
<b>F. Umweltfolgekosten</b>							
		Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5	
F1	CO <sub>2</sub> -Emissionen (50 €/to)	6.130	5.078	4.570	0	0	€/a
F2	Trinkwasser (1 €/m <sup>3</sup> )	3.370	3.370	3.370	0	0	€/a
F3	Umweltfolgekosten	9.500	8.448	7.940	0	0	€/a
F4	spez. Umweltfolgekost.	1	1	1	0	0	€/m <sup>2</sup> a
<b>G. Gesamtkosten</b>							
		Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5	
G1	Gesamtkosten	1.250.689	1.234.752	1.249.180	0	0	€/a
G2	spez. Gesamtkosten	162	160	162	0	0	€/m <sup>2</sup> a
G2	Amortisationszeit (Basis: Variante 1)		3,0	40,1			a
(alle Kosten sind Bruttokosten incl. MWSt.)							



## Mehrkosten

		Fläche	Einheitspreis Passivhaus (Kostenschätzung)	Kosten Passiv	Einheitspreis EnEV minus 45%	Kosten EnEV minus 45%	Mehrkosten PH zu EnEV minus 45%
<b>300</b>	<b>Bauwerk - Baukonstruktion</b>						
<b>310.</b>	<b>Baugrube</b>						
<b>320.</b>	<b>Gründung</b>						
	Dämmung über Bodenplatte	2820,00	25,05 €	70.641,00 €	25,05 €	70.641,00 €	0,00 €
	Passiv: Dämmung PS-Hartschaum d=14cm, EnEV wg. Wärmebrücken dito						
	Dämmung Frostschrüzen 20cm	680,00	31,70 €	21.556,00 €	22,19 €	15.089,20 €	6.466,80 €
	zusätzliche Frostschrüzen	115,00	85,00 €	9.775,00 €	59,50 €	6.842,50 €	2.932,50 €
<b>330.</b>	<b>Außenwände</b>						
335.1	Faserplattenbereich						
	Anteil der Dämmung an den Kosten: Passiv: Dämmung PS-Hartschaum d=24 EnEV: Dämmung PS-Hartschaum d=20	2160,00	120,00 €	259.200,00 €	51,13 €	110.440,80 €	148.759,20 €
	Mtalldeckung 2.OG, PH 30cm, EnEV 20cm	280,00	41,93 €	11.740,40 €	31,70 €	8.876,00 €	2.864,40 €
<b>337.</b>	<b>Elementierte AW</b>						
	Festelemente	345,00	365,57 €	126.121,65 €	365,57 €	126.121,65 €	0,00 €
	Verglasungen, PH 0,7, EnEV 1,1						
	Einzelemente und Lochfenster	715,00	322,11 €	230.308,65 €	251,25 €	179.643,75 €	50.664,90 €
	Einzelement mehrteilig	90,00	388,58 €	34.972,20 €	303,09 €	27.278,10 €	7.694,10 €
	Flächenelemente	633,00	352,79 €	223.316,07 €	275,18 €	174.188,94 €	49.127,13 €

		Fläche	Einheitspreis Passivhaus (Kostenschät- zung)	Kosten Passiv	Einheitspreis EnEV minus 45%	Kosten EnEV minus 45%	Mehrkosten PH zu EnEV minus 45%
<b>350.</b>	<b>Decken</b>						
<b>353.</b>	<b>Deckenbekleidungen</b>						
	Abgehängte Decken	2560,00	41,93 €	107.340,80 €	29,35 €	75.138,56 €	32.202,24 €
	Revisionsklappen	45,00	79,25 €	3.566,25 €	55,48 €	2.496,38 €	1.069,88 €
	Schalldämmplatten	2560,00	6,14 €	15.718,40 €	4,30 €	11.002,88 €	4.715,52 €
	Rieselschutzauflage	2560,00	3,07 €	7.859,20 €	2,15 €	5.501,44 €	2.357,76 €
<b>360</b>	<b>Dächer</b>						
<b>363.</b>	<b>Dachbeläge</b>						
363.1	auf Flachdach Beton, Wärmedämmung, Abdichtung, Drainage, Kies <b>(Dach auf Schule und Kita)</b>						
	Passiv: Dämmung PS-Hartschaum d=30cm EnEV: Dämmung PS-Hartschaum d=24cm	2790,00	41,93 €	116.984,70 €	35,79 €	99.854,10 €	17.130,60 €
363.2	Eindeckung mit Titanzink einschl. Unterbahnen, Dämmung, Unterkonstruktionen <b>("Rucksack")</b>						
	Passiv: Dämmung PS-Hartschaum d=30cm EnEV: Dämmung PS-Hartschaum d=24cm	1025,00	36,82 €	37.740,50 €	35,79 €	36.684,75 €	1.055,75 €
363.4	Wärmed. 30 cm, Abdichtung, Drainage, Plattenbelag, incl Anschlüsse, Abschlüsse, Andichtungen etc. <b>(Terrasse Kita )</b>						
	Passiv: Dämmung PS-Hartschaum d=30cm EnEV: Dämmung PS-Hartschaum d=24cm	510,00	41,93 €	21.384,30 €	35,79 €	18.252,90 €	3.131,40 €

	Fläche	Einheitspreis Passivhaus (Kosten- schätzung)	Kosten Passiv	Einheitspreis EnEV minus 45%	Kosten EnEV minus 45%	Mehrkosten PH zu EnEV minus 45%
<b>400 Bauwerk - Technische Anlagen</b>						
Kosten für Lüftung			499.008,00 €		259.568,00 €	239.440,00 €
Kosten für Wärmeversorgung			230.804,00 €		319.522,00 €	-88.718,00 €
Kosten Dämmung Sanitär Regenfallrohre						12.000,00 €
Kosten Gebäudeautomation, z.T. Wegfall Einzelraumregelung						-40.000,00 €
<b>Summe KG 300+KG400</b>			<b>2.028.037,12 €</b>		<b>1.547.142,95 €</b>	<b>452.894,18 €</b>
<b>KG 730 Baunebenkosten</b> 18%						<b>81.520,95 €</b>
<b>Summe</b>						<b>534.415,13 €</b>
<b>Nettosumme</b>						<b>534.415,13 €</b>
<b>Bruttosumme</b>						<b>619.921,55 €</b>
<b>KG 740 brutto</b>						
Betreuung PH-Planung durch PHI		37.600,00 €	37.600,00 €			37.600,00 €
Messkonzept Umsetzung		80.000,00 €	80.000,00 €			80.000,00 €
<b>Gesamtkosten</b>			<b>16.700.000,00 €</b>			<b>3,71%</b>
Anm.: erwartete Minderausgaben reine EnEV-Variante zu EnEV-45%-Variante					128.551,00 €	

Anm.: Eine reine EnEV-Variante weist gegenüber der EnEV-45%-Variante nochmals ca. 130€ geringere Investitionskosten auf. Die Variante EnEV ist aber gesamtwirtschaftlich schlechter als die EnEV-45% Variante (siehe Deckblatt Gesamtkostenberechnung).

## Hochbau- und Technikdetails

### Vorurteile

- Die Technik ist kompliziert, eine umfangreiche Schulung der Nutzer ist erforderlich.
- Lüftungsanlagen sind gesundheitsschädlich, brauchen Platz, machen Lärm, kosten Unterhalt.
- Passivhausbauweise ist wie Mercedes kaufen: Prestige, aber teuer.
- Passivhaus-Bauweise ist hässlich, die Anforderungen schränken den Gestaltungsspielraum des Architekten als Künstler ein.
- Fenster dürfen nicht geöffnet werden.
- Der sommerliche Wärmeschutz wird nur wegen der Passivhausbauweise benötigt.

### Pro

- Anforderungen der Passivhaus-Bauweise fordern vom Architekten die Qualitäten eines Baumeisters mit kreativen Lösungsansätzen.
- Die Wirtschaftlichkeit ist im Einzelfall über eine Gesamtkostenberechnung nachweisbar.
- Die Grundlüftung von 15 m<sup>3</sup>/Ph (d.h. 0,1 m<sup>3</sup>/sec pro Klasse) läuft nur in der kurzen Heizperiode (ansonsten Fensterlüftung).
- Die enorme CO<sub>2</sub>-Belastung im Raum wird gegenüber bestehenden Unterrichtsräumen erheblich reduziert, die Anforderung DIN 1946 T2 (1500 ppm CO<sub>2</sub>) kann eingehalten werden, Anforderung der ASR werden erfüllt, die Grundlüftung ist daher für die Zukunft keine Anforderung allein für die PH-Bauweise, eine weitere Reduzierung der Mehrkosten ist daher absehbar.
- Die Fenster können mehr geöffnet werden als in einem Haus nach EnEV, da die Heizperiode kürzer ausfällt und nach Stoßlüftung schneller wieder Behaglichkeit erreicht wird.
- Aufwand für Sonnenschutz ist für Unterrichts-Gebäude mit hohem Verglasungsanteil wegen der hohen Lasten notwendig. Für ein PH-Unterrichtsgebäude sind große Glasflächen für Solargewinne nicht wesentlich und sollten eher verringert werden.
- Die Steuerung vereinfacht sich erheblich, da z.B. Einzelraumregelung wg. des geringen Heizbedarfs betriebswirtschaftlich grenzwertig und nur zum Teil wegen der Behaglichkeit sinnvoll ist.

### Winterlicher Wärmeschutz

- Dach U-Wert 0,11;

- Elementfassade U-Wert 0,13;
- Außenwand Massiv U-Wert 0,17;
- Boden U-Wert 0,34 und gedämmte Frostschräge (20 cm), zusammen U-Wert ca. 0,24;
- Fenster U-Wert 0,84;
- Fenster zum öffnen nur mit Drehflügel;
- Wärmebrücken minimieren (z.B. Aufhängung Vorhangfassade, Öffnungen Heizungsraum, Dämmung Lüftung- und Wasserleitungen);
- Wärmebrückenfreiheit bedingt erhebliche Detailabklärungen.

### **Detail Frostschräge gedämmt**

- Frostschräge ist notwendig.
- An Teilen des Gebäudes ist aufgrund der Hanglage eine Stützwand notwendig.
- Die Frostschräge als L-Profil übernimmt statische Funktion beim Auffüllen am Hang.
- Die Dämmung der Frostschräge bedeutet geringere Wärmebrücken und Taupunktfreiheit der Wandanschlüsse und Versprünge im Gebäude.
- Die Bodendämmung im Gebäude kann auf Kimsteine etc. verzichten.
- Mit Frostschräge (Anhebung der Bodentemperatur) ist die Rest-Dämmung auf der Bodenplatte erheblich einfacher auszuführen.

Abbildung 7: Detail Aufbau der Frostschräge



## Heizung

- Kleine Heizkörper nahe der Flurtüren in den meisten Räumen (Kosten vergleichbar zu dezentrale Heizregister Lüftung);
- Reduziertes Heizkreiskonzept;
- Flure werden nur über die Abluft der Klassenräume geheizt;
- Heizung Turnhalle über Strahlplatten an der Decke;
- Wärmeerzeugung über Holzpelletkessel (60 t + Speicher 36 t, Fernwärme 120 t);
- Keine Einzelraumregelung Kita und kleine Räume, Büros;
- Einzelraumregelung über Temperaturfühler (sonst Thermostatventile) für: Klassenräume, Besprechungszimmer, Lehrerzimmer, Mehrzweckraum 1+2, Bibliothek, Schülertreff, Hausaufgabenraum 1+2;
- Heizungsabschaltung bei Fensteröffnung über Temperaturfühler;
- Möglichst einfach und wartungsarm.

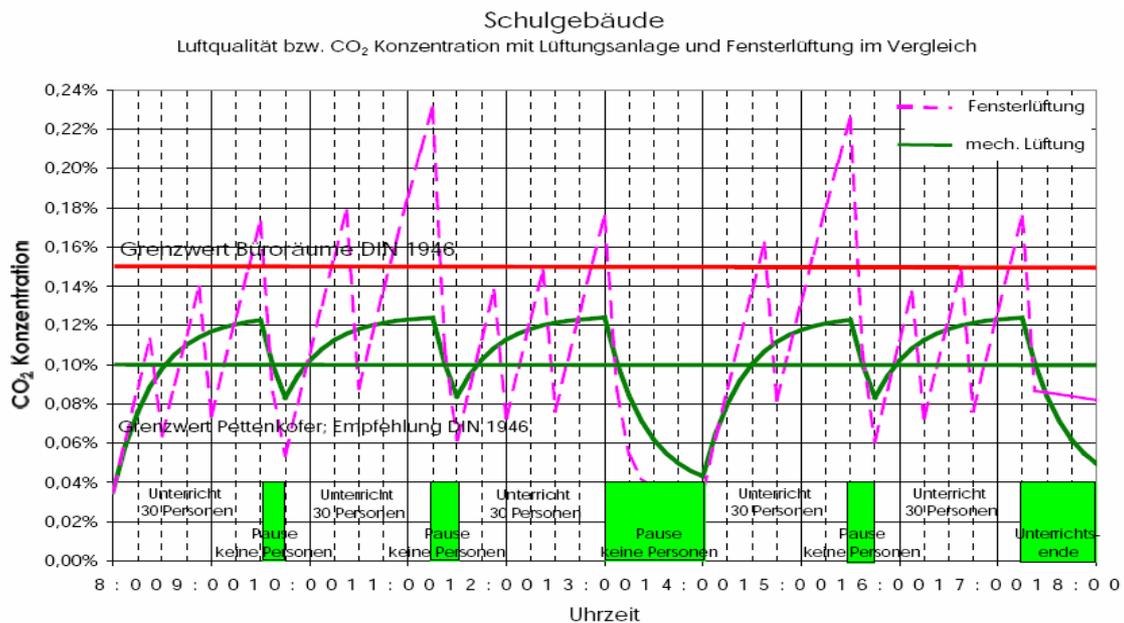
## Sommerlicher Wärmeschutz

- Komplexe Aufgabe, aber nicht PH-spezifisch, wichtig für Akzeptanz und Komfort;
- Unterrichtsräume haben sehr hohe interne (25 Schüler) und externe Lasten (Fenster 15 m<sup>2</sup>, 15 % Einstrahlung) => Kühllast 80 W/m<sup>2</sup>!!!;
- Zumindest einfache Simulation und Berechnung DIN 4108 T2 ist notwendig;
- Fensterfläche optimieren (Tageslicht vs. sommerlicher Wärmeschutz);
- Sturz minimieren, Brüstung vorsehen, um weitestgehend auf künstliche Beleuchtung auch in der Raumtiefe zu verzichten;
- Außenjalousien automatisch gesteuert, mit Schlüsselschalter begrenzt manuell;
- Schwere Bauweise, Boden-, Wand- und Deckenflächen als Speichermasse;
- Nachluftkühlung passiv (4-facher Luftwechsel, Querschnitt pro Klasse einseitig 2 x 0,7 m<sup>2</sup> freier Querschnitt, bei Querlüftung 0,5 m<sup>2</sup>) zwei automatisch öffnende Fensteroberlichter je Klassenraum;
- Nachluftkühlung aktiv bei Bedarf (Lüftungsanlage).

## Lüftungskonzept

- Möglichst einfach und wartungsarm;
- Belüftung durch Zuluftkanäle zu allen Räumen der Schule;

- Zuluft nur für Frischluftbedarf ohne Heizfunktion;
- Luftwechsel pro Person im Klassenraum 15 m<sup>3</sup>/h, Luftwechselrate damit ca. 2-fach;
- Teilweise Steuerung über CO<sub>2</sub>- oder Mischgassensoren, sonst 100 % / 50 % / 0;
- Hohe Wärmerückgewinnung, die Luft wird nur ausnahmsweise aufgeheizt (nur Frostschutzheizregister), Beheizung statisch;
- Einblasung unter der Decke (min 14°C) und Aufheizung durch interne Last (die Schüler);
- Überströmung der Luft von den Klassen über Gruppenräume in den Flur (Schalldämpfer, Brandschutzklappen);
- Absaugung und WRG im Atriumdach, keine Abluftkanäle;
- WCs sind an die Abluft angeschlossen.

Abbildung 8: CO<sub>2</sub>-Raumlufbelastung

Vergleich der CO<sub>2</sub>-Konzentration in einem vollbesetzten Klassenzimmer mit mechanischer Belüftung mit 20 m<sup>3</sup>/Pers\*h und bei Fensterlüftung

Abbildung 9: Lüftungsführung Klasse über Gruppenraum in den Flur

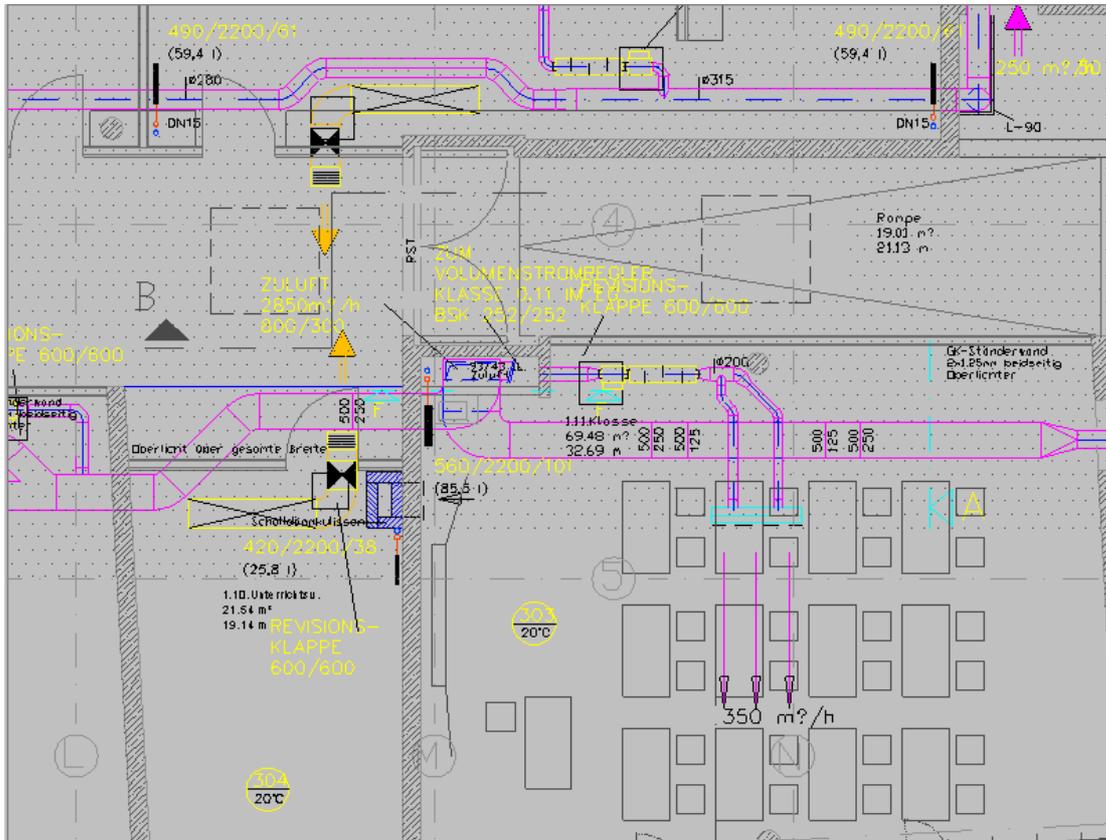
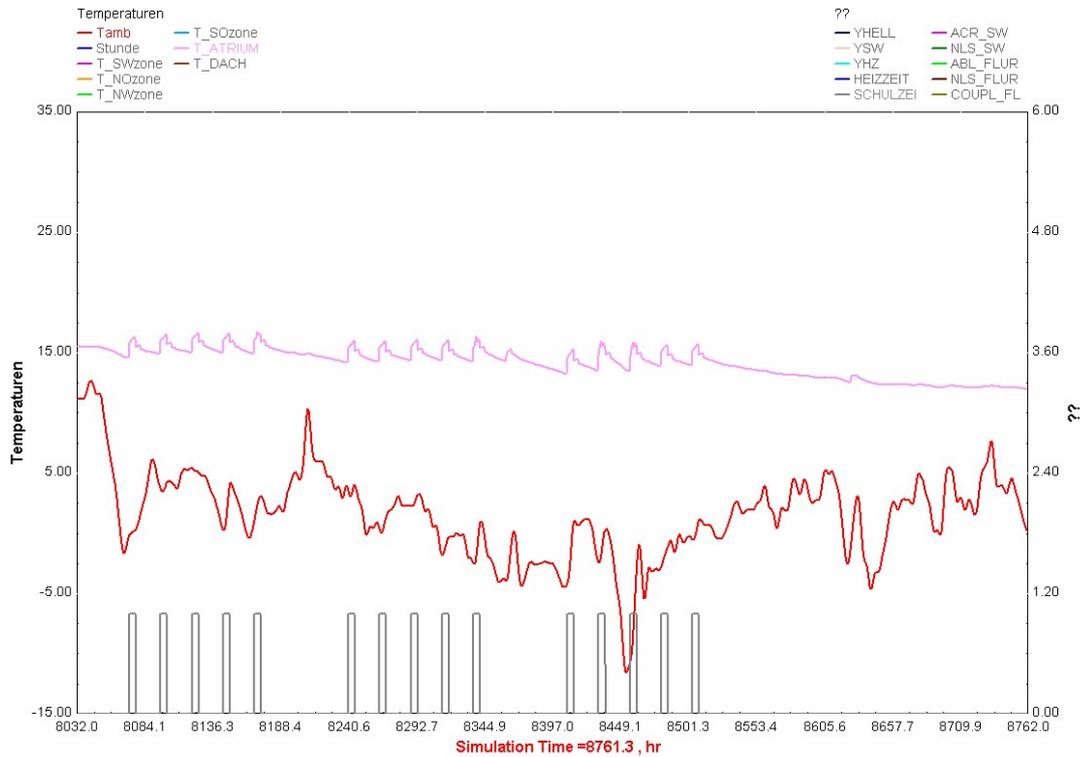


Abbildung 10: Temperatur in den Fluren, beheizt durch Abluft Klassenräume



## Lüftungstechnik

- Anlage 1 bis 3 großteils wegen Passivhauskonzept, aber Fensterlüftung mit maschineller Grundlüftung ist wegen dichter Bauweise und CO<sub>2</sub>-Belastung (ASR) für Unterrichtsräume eher als Standard anzusehen;
- Je nach Anlage WRG: 75-90 %, z.T. Dreifach-Plattenwärmeübertrager Kreuz-Gegen-Kreuzstrom;
- Alle Anlagen drehzahl geregelt;
- Stromaufwand < 0,5 Wh/m<sup>3</sup>;
- Kosten aller Lüftungsanlagen: 470 000 Euro netto;
- Eine Steigerung der WRG um 1 Prozent bedeutet 1 cm weniger Dämmung!

Tabelle 1: Lüftungsanlagen der PH-Schule

Nr.	Bezeichnung	Vol. m <sup>3</sup> /h	Leistung kWel	Kosten Euro	Bemerkung
1	Schule 1	4.800	2x1,9	101	
2	Schule 2	4.800	2x1,9	97	
3	Kita	2.800	2x1,9	62	
4	Turnhalle	1.800	2x1,1	56	adiabate Kühlung nur Abluft
5	Küche	4.700	2x2,7	75	LW 30-fach, doppelschalige Abluftkassetten mit hohem Abscheidegrad
6	Kantine	2.800	2x1,9	60	
	Summe	21.700	22,8	470	

## Steuerung Lüftung

*Luftqualitätsfühler (CO<sub>2</sub> und Mischgas) für 7 Räume, für die erhöhte oder erheblich verringerte Lüftungsanforderungen bestehen; mit variabler Steuerung:*

- Mehrzweckraum 1+2;
- Speisesaal;
- Lehrerzimmer;
- Bibliothek;
- Hausaufgabenraum 1+2;
- Steuerung sonst: 0 / 50 % / 100 %.

## MSR/GLT

- LON-Netz mit OPC-Server und ggf. Software Wonderware, Steuerung nur noch teilweise raumweise für:

- Heizung;
- Lüftung;
- Sonnenschutz;
- Flurbeleuchtung;
- OPC wird zum Standard des Hochbauamtes.

### **Warmwasser/Abwasser**

- Dezentrale Lösung, da WW-Zirkulationsverluste einer zentralen Lösung höher sind als der Primärenergiebedarf Strom für elektrische WW-Erzeugung, nur gelegentliche Nutzung vorausgesetzt;
- Art, Anzahl und Leistung der dezentralen elektrischen WW-Bereiter werden detailliert je nach Anforderung optimiert, Putzen z.B. kalt wegen alkoholhaltiger Reinigungsmittel;
- WW für Großabnehmer in der Nähe der Heizzentrale zentral über Holzpellet-Kessel (Küche, Turnhalle);
- Entlüftung der Abwasserleitungen über Systeme mit Druckentlüftung im Gebäude;
- Führung der Regenwasserrohre an der Außenfassade.

### **Elektro**

- Technische Standards unter [www.stadt-frankfurt.de/energiemanagement](http://www.stadt-frankfurt.de/energiemanagement) oder Deutscher Städtetag „Energieleitlinien Planung“;
- Beachtung der Vorgaben „Minimierung Strombedarf“, z.B. Beleuchtung (< 2,5 W/m<sup>2</sup> 100lx);
- Warmwasserbereitung (Bedarf auf Notwendigkeit abstimmen);
- Motoren EFF1 Klasse, drehzahl geregelt soweit sinnvoll.



**Wettbewerbsinhalt, Auszüge**

- Baukosten: Wegen der äußerst knapp zur Verfügung stehenden Mittel hat eine rationale und wirtschaftliche Lösung der Wettbewerbsaufgabe hohe Priorität. Für besonderen, hohen Aufwand, der zu hohen Investitionskosten führt, sollten die Vorteile dargelegt werden;
- Energieeffizienz: Eines der Planungsziele ist, die Gesamtkosten (Summe aus Investitionskosten, Betriebskosten und Folgekosten über die Nutzungsdauer von 50 Jahren) bei den gegebenen Nutzungsbedingungen zu minimieren. Die Entwicklung oder Nutzung eines innovativen und prüffähigen Energiekonzeptes ist hierbei ausdrücklich gewünscht;
- Neben der WSV 1995 wird der Passivhausstandard angestrebt;
- Kompakte Form;
- Windfänge;
- Gute Tageslichtnutzung und natürliche Belüftung;
- Optimierung opaker zu transparenten Fassadenflächen hinsichtlich Tageslichtnutzung, Kosten Sonnenschutz, Wärmedämmung und Reinigungsaufwand;
- Speichermassen für sommerlichen Wärmeschutz;
- Gebäudeorientierung nach Süden.

### Anlage Historie Planungsablauf im Detail

ZEIT	BEARBEITUNG	BEMERKUNG, ERGEBNIS
11/2000-2/2001	Wettbewerb über Grundschule mit Halbtagsbetrieb, Vorrang Architektur vor PH-Bauweise	Bester Entwurf mit Einstufung Passivhaus-tauglich: mittel
Sommer 2001	Überzeugungsarbeit für die Architekten: Besichtigungen bestehender NEH-Schulen mit Lüftungsanlagen	NEH-Lüftungsanlagen sind nicht annähernd so aufwändig wie Anlagen aus den 70er Jahren
08/2001	Planungsbeginn Erhebung und Auswertung Nutzungsdaten (Nutzung der Räume, Personen, Größe, Temperaturen, Zeiten)	Grundlagendaten, Konzeptvorschlag Heizung und Lüftung
09–11/2001	Vorstellung und Auswahl Varianten Lüftung: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fensterlüftung</li> <li>▪ Luftkollektoren</li> <li>▪ Dezentrale Lüftungselemente mit WRG</li> </ul> Zentrale Lüftungsanlage in diverser Ausführung	Zentrale Lüftungsanlage aus Gründen der Wartung, des geringsten Energiebedarfs und Investitionskosten
11/2001	Erste Gesamtvarianten Heizung und Lüftung mit Passivhaus-Standard, Festlegung auf 3 Varianten	Optimierungen Dämmung, Fenstergröße, Lüftungsanlagen, Heizkörper für Büroräume und Klassenräume
11/2001	Einheitliches Verfahren zur Wirtschaftlichkeitsberechnung in dem Projekt	Einführung der Gesamtkostenrechnung des Energiemanagements für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung
11/2001	Behindertenfreundliche Lösung mit 60 m langen Rampen	Anforderung wird aus energetischen und Kostengründen verworfen, es gibt Aufzüge
11.12.2001	Offizieller Start-up Termin mit Vorstellung von drei Entwurfsvarianten: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ NEH-Bauweise mit natürlicher Lüftung</li> <li>▪ NEH-Bauweise mit Lüftung und WRG</li> <li>▪ PH-Bauweise</li> </ul>	Es wird eine Variante NEH Bauweise mit Lüftung und verstärkter Dämmung als weitere Planungsgrundlage beschlossen (PH-Variante, ohne es so zu nennen).
12/2001	Erster Beschluss der Planungsrunde zur Umsetzung einer NEH-Variante in Anlehnung an PH-Standard	Zustimmung durch Stadtschulamt und auch durch die Entwicklungsgesellschaft Gründe: Marketing
01/2002	Beschluss Grundschule im Ganztagsbetrieb mit Vollküche und Speisesaal	Erhebliche Kostenerhöhung wird erwartet
01/2002	Kostenschätzung übertrifft die Schätzung erheblich, die Schuld wird dem Passivhaus-Konzept zugeordnet	Eine erste Mehrkostenberechnung PH-Bauweise anhand der Kostenschätzung der Architekten wird angefertigt und widerlegt die Schuldzuweisung
03/2002	Beschluss des Stadtschulamtes Verzicht auf Passivhaus-Bauweise zugunsten EnEV minus 30 % wg. Kostenüberschreitung des Gesamtprojektes	

ZEIT	BEARBEITUNG	BEMERKUNG, ERGEBNIS
04/2002	Einhaltung des Kostenrahmens durch Reduzierung des Bauvolumens, insbesondere der Verkehrsflächen	
04/2002	Politische Absichtserklärung der Dezernentin Stadtschulamt, es soll eine Passivhaus-Schule gebaut werden, Übernahme der Mehrkosten ist aber noch zu klären,	Stützung dieser Entscheidung durch Gesamtkostenberechnung und Daten zur Luftqualität an bestehenden Schulen (wg. Mehrkosten Lüftungsanlage)
11.06.2002	Entscheidung für den PH-Standard durch das Stadtschulamt	Nach Vorlage und langer Diskussion der Gesamtkostenberechnung und der Argumente für eine Grundlüftung trägt auch die Entwicklungsgesellschaft (Geldgeber) zunächst die Entscheidung mit
06/2002	PHI übernimmt von Transsolar die weitere Betreuung des Projektes	
06/2002	Vergleich EnEV zum LEG/EN832 für Schulgebäude durch das Hochbauamt	Die Anforderungen der Technischen Standards des Hochbauamtes werden auf EnEV minus 30 % festgeschrieben
06/2002	Erste Anfragen zur Nutzung der Flachdächer der Schule für Photovoltaik	
08/2002	Antrag auf Förderung durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt	Vorbereitungen dazu ab 06/2002, Zustimmung vorzeitiger Beginn in 10/2002
08/2002	Entscheidung Holzpelletkessel statt Fernwärme	Gesamtkosten Holzpelletanlage sind günstiger
10/2002-02/2003	Erneuter Planungsstopp von Seiten des Entwicklungsträgers wg. der Mehrkosten Passivhaus im Kostenumlageverfahren der Baugebieterschließung	Die PH-Bauweise wird als Standard für Schul-Neubauten definiert, das Gebäude darf nicht PH-Schule genannt werden
02/2003	Einrichtung einer pädagogischen Begleitgruppe	
02/2003	Förderbescheid der Deutschen Bundesstiftung Umwelt mit der Auflage, ein Messkonzept und Bericht zu erstellen, Förderung 250 000 Euro, davon Messkonzept 80 % von 100 000 Euro	Die Mittel werden erst nach Abschluss der Baumaßnahme und Bestätigung durch das PHI ausgezahlt
08/2003	Beauftragung Messkonzept für die PH-Schule	Auflage des Förderbescheides
6.6.2003	Beschluss des Magistrats der Stadt Frankfurt zur PH-Bauweise	Alle Neubauten von Kitas und Schulen sind in Passivhaus-Bauweise zu errichten
09/2003	Grundsteinlegung	Fertigstellung bis 27.08.2004, Zeitdruck wg. langem Planungslauf
11/2003	Ankündigung des Hessischen Wirtschaftsministeriums, für Passivhäuser gilt der Nachweis nach PHPP als Nachweis nach EnEV	Keine zusätzliche Kosten für den Nachweis nach EnEV

**Bericht des Magistrats vom 06.06.2003, B 461**

Betreff:

Neue Kindertagesstätten und Schulen in Passivbauweise bauen

Vorgang:

Beschl. d. Stv.-V. vom 27.02.2003, § 4892

- NR 866 GRÜNE -

Gebäude in zertifizierter Passivbauweise weisen einen Heizenergiebedarf unter 15 kWh/m<sup>2</sup>a und einen Primärenergiebedarf für Heizenergie und Strom unter 120 kWh/m<sup>2</sup>a auf. Diese Werte werden nur durch eine sehr gute Dämmung und eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung erreicht. Zusätzlich spielen externe (solare) und interne Gewinne durch Personen und Geräte eine Rolle. Gebäude mit hoher Personenabwärme in der Nutzungszeit wie Schulgebäude und Kindertagesstätten sind daher grundsätzlich gut geeignet, mit geringerem als dem vom Passiv-Wohnungsbau gewohnten Mehraufwand an Dämmung in Passivhausbauweise errichtet zu werden.

Derzeit wird die Grundschule mit Kindertagesstätte am Riedberg in Passivhausbauweise geplant. Daher liegen hier relativ genaue Daten für die Mehrkosten und die Wirtschaftlichkeit im Vergleich zum herkömmlichen Standard vor. Die Mehrkosten für das Passivhauskonzept dieses Projektes (einschließlich der Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung) betragen 4,2 Prozent der Baukosten für die Basisvariante nach Energiesparverordnung beziehungsweise 3,6 Prozent der Baukosten für die verbesserte Variante (Unterschreitung der Energiesparverordnung um 45 Prozent). Da bei diesem Projekt zusätzlich Fördermittel in Höhe von 190.000,-- Euro gewährt wurden, kann hier eine Amortisation der Passivhaus-Variante nach heutigen Energiekosten nach 38,6 Jahren erreicht werden. Es ist jedoch damit zu rechnen, dass durch Verteuerung von Energie in den nächsten Jahren sich diese Phase erheblich verkürzen wird.

Inzwischen wird allgemein anerkannt, dass in deutschen Schulneubauten ohne maschinelle Grundlüftung die CO<sub>2</sub> Belastung der Raumluft am Ende der Unterrichtsstunden vor allem im Winter nicht mehr tolerierbar ist. Die Außenluft in Innenstädten weist zwischen 300 und 600 ppm CO<sub>2</sub> auf, am Ende der Unterrichtsstunden werden in neu errichteten Klassenräumen regelmäßig über 1.500ppm CO<sub>2</sub> festgestellt. Daher wird davon ausgegangen, dass in Zukunft eine natürliche oder maschinelle Grundlüftung bei dem geforderten Dichtigkeitsstandard moderner Schulgebäude zwingend notwendig ist. Wenn die Grundlüftung in Schulen nicht mehr als zusätzlicher Standard für die Passivbauweise angesehen wird, reduzieren sich die Mehrkosten von zirka 3,6 Prozent auf zirka 1,6 Prozent.

Diese geringen Mehrkosten bestätigen, dass neue Kindertagesstätten und Schulen in Passivbauweise errichtet werden sollen.

## Anlage Planungsumwege

VORSCHLAG	UMWEG/IRRWEG	AUSFÜHRUNG
PASSIVHAUS-KONZEPT		
Stürze minimieren (Licht kommt von oben) und dafür Brüstungen als statische Lösung (Überzüge statt Unterzüge)	Der Architekt möchte bodentiefe Verglasung, der Statiker wählt daher Unterzüge an der Fassade. Die Berechnungen sommerlicher Wärmeschutz erfordert allerdings eine Reduzierung der Fensterflächen. Es wird eine Fassade mit Brüstung in Holz geplant	Aus Gründen der Statik und der leichteren Bauausführung für die Vorhangfassade wird die Brüstung betoniert, eine Umplanung der gesamten Statik von Unter- auf Überzüge zur Reduzierung der Stürze ist nicht mehr möglich
Aufgrund der Simulation wird in der Baubeschreibung Entwurfsplanung für den sommerlichen Wärmeschutz zwingend schwere Bauweise für die Klassenräumen vorgesehen (aufgrund der großen verglasten Flächen, nicht Passivhaus-Konzept !)	Um Bauzeit zu sparen wird Trockenestrich in der Ausschreibung vorgesehen, dabei wird auch Gipskarton mit vorgesehen	Erneute Simulationen bestätigen die Notwendigkeit von schweren Böden als Speichermasse für die Nachtauskühlung im Sommer, es werden Zementplatten vorgesehen
Eine zentrale Lüftung für die Schule und die Kita	Die Technik mit WRG, mit 85%, Platzmangel und langen Wegen, unterschiedlichen Laufzeiten der Anlagen Kita und Schule (noch Halbtags-schulkonzept) führen anfangs zur Entscheidung; drei getrennte Lüftungsanlagen	Die Nutzungszeit der Lüftungsanlagen Kita und Schule gleicht sich durch das Konzept Ganztagschule wieder an, an dem Konzept drei getrennte Anlagen wird u.a. aus Platzgründen (Gebäude wurde zwischenzeitlich noch weiter verkleinert) festgehalten
Überströmung der Zuluft von den Klassen in die Flure mit Schallschutz und zentraler Absaugung	Nach 2 Jahren Planung geänderte Anforderung der Branddirektion, Überströmungen aus allen Räumen nur mit Brandschutzklappen.	Kosten der Wartung Brandschutzklappen sind eventuell höher als die Heizungskosten, eine von Anfang an eingeplante verrohrte Abluftführung wäre in diesem Fall ggf. günstiger.

**Messkonzept**

- Messung der Energie- und Wärmeverbräuche für Raumwärme und Strom
- Messung des Luftwechsels in den Eingangsbereichen bei Betreten und Verlassen der Schule durch die Schüler
- Messung der Raumluft- und Oberflächentemperaturen in ausgewählten Klassenräumen und den angrenzenden Räumen
- Vermessung der Lüftungsanlage, Wirkungsgrad
- Messung des Kaltwasserverbrauchs und einzelner Kaltwassertemperaturen
- Messung der Luftqualität in den Klassenräumen, VOC (integral) und CO<sub>2</sub>, vergleichende Messung der Außenluft und der Luft in maschinell belüfteten Räumen
- Messung der Außentemperatur, der Solarstrahlung horizontal, ggf. der Windgeschwindigkeit und -richtung
- Messung der Raumtemperaturen und Raumluftfeuchte in allen größeren Räumen
- Messung des Effektes der Dämmschürze auf den Energieverlust unter der Bodenplatte

*Dieter Rilling*

## **Wirtschaftliche Stromsparprojekte in Stuttgarter Liegenschaften**

Im Rahmen dieses Workshops möchte ich als Beispiele folgende Stromsparprojekte vorstellen, die in Stuttgarter Liegenschaften realisiert wurden:

1. Austausch von Lüftungsventilatoren in einer Schwimmhalle
2. Einbau von Frequenzumformern bei Badewasserumwälzpumpen
3. Austausch einer Badewasserumwälzpumpe
4. Umrüstung Heizungsumwälzpumpe mit FU- und RL-Regelung
5. Umstellung Brauchwarmwasserspeicher (Strom/Gas)

Zur Vorgehensweise können folgende grundsätzliche Angaben gemacht werden, die jederzeit auf andere Kommunen und ihre Liegenschaften übertragbar sind:

- Überblick über elektrische Verbraucher in der Liegenschaft
  - ▲ Erstellung einer Prioritätenliste
- Anlagenanalyse
  - ▲ Überprüfung von Lauf- und Betriebszeiten
  - ▲ Anforderungsprofile prüfen
  - ▲ Überprüfung von Soll- und Istwerten
  - ▲ Prüfung von Hydraulik und Schaltung
  - ▲ Hinterfragen unklarer Sachverhalte beim Betreiber
  - ▲ Messungen
- Auswertung der Anlagenanalyse
- Wirtschaftlichkeitsberechnung
- Maßnahmenumsetzung

### **1. Austausch von Lüftungsventilatoren in einer Schwimmhalle**

Als erstes ist, wie bereits in der Darstellung der Vorgehensweise erwähnt, eine Anlagenanalyse durchzuführen. Hierbei werden Lauf- und Betriebszeiten kontrolliert, Anforderungsprofile überprüft, sowie Soll- und Istwertdaten miteinander verglichen. Eine wichtige Voraussetzung dabei ist, dass sich die Anlage in einem ordentlichen Betriebszustand befindet. Eine Sichtprüfung ist dabei unbedingt erforderlich, denn so lassen sich offensichtliche Missstände wie verschmutzte Anlagenteile (Filter, Wärmetauscher, usw.), Veränderungen im Anlagennetz oder beschädigte Ventilatoren schnell erkennen. Nach Durchfüh-

rung der vorgenannten Kontrollen kann die eigentliche Messung der Anlage durchgeführt werden und der tatsächliche Anlagenwirkungsgrad berechnet werden.

Entsprechend den gemessenen Daten wird nun ein Vergleich der bestehenden Ventilatoreinheit mit einer ausgewählten neuen Ventilatoreinheit möglich. Bei dem hier vorgestellten Beispiel ergab der Vergleich der alten zur neu ausgewählten Ventilatoreinheit eine Wirkungsgradverbesserung von 45,0 % auf 71,8 %.

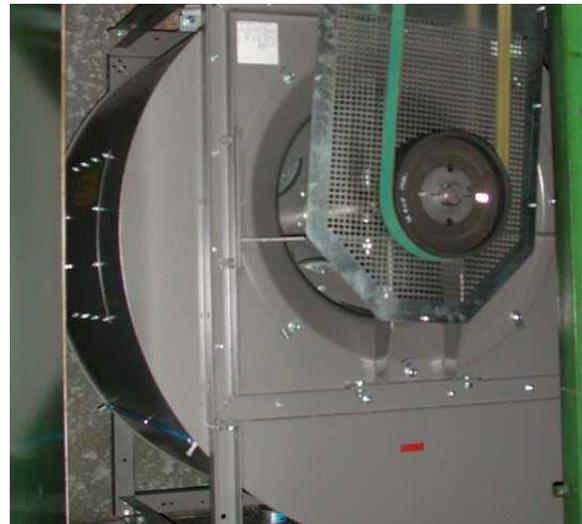
In vielen Fällen wird das Augenmerk rein auf die Investitionskosten gelegt und die Betriebskosten in den Hintergrund gedrängt. Dieses Denken ist falsch, denn oftmals übersteigen die lebenslangen Betriebskosten einer Anlage die Investitionskosten um ein Vielfaches und es wäre kurzsichtig dies nicht zu berücksichtigen. Ein hoher Wirkungsgrad spart nicht nur Energie sondern auch Kosten.

Was kann ich tun um einen guten Gesamtwirkungsgrad zu erreichen:

- Auswahl eines dem Betriebspunkt entsprechenden Ventilators mit hohem Wirkungsgrad.
- Elektroantrieb mit hohem Wirkungsgrad, z.B. Drehstromnormmotor der Effizienzklasse eff1.
- Flachriemen statt Keilriemen.
- Vermeidung von Strömungshindernissen, z.B. Verlegung des Keilriemenschutzes an die Tür der Ventilatorokammer.

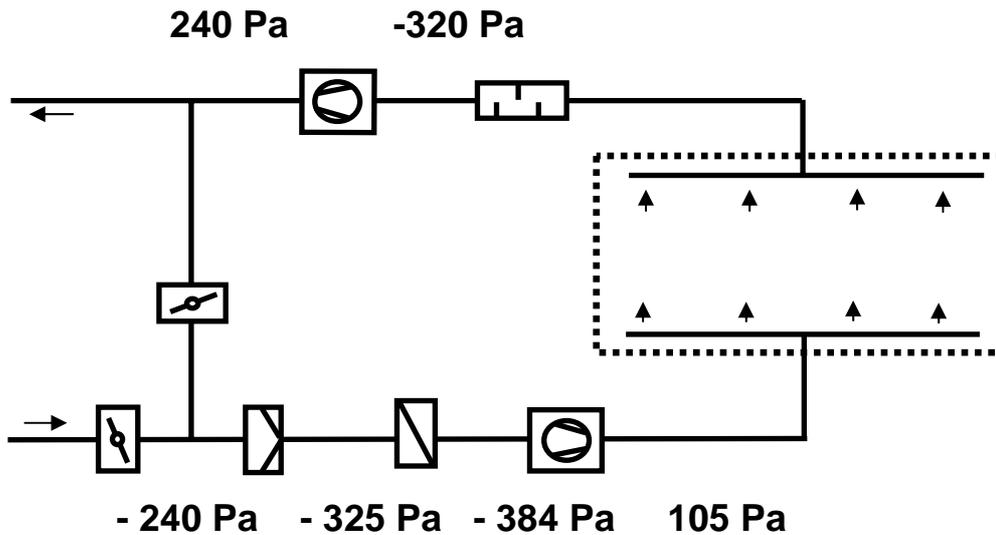


mit Keilriemenschutz



ohne Keilriemenschutz

Die dem Beispiel zugrundeliegenden Messungen, Berechnung, Einsparungen sowie die Wirtschaftlichkeit werden im Folgenden dargestellt.



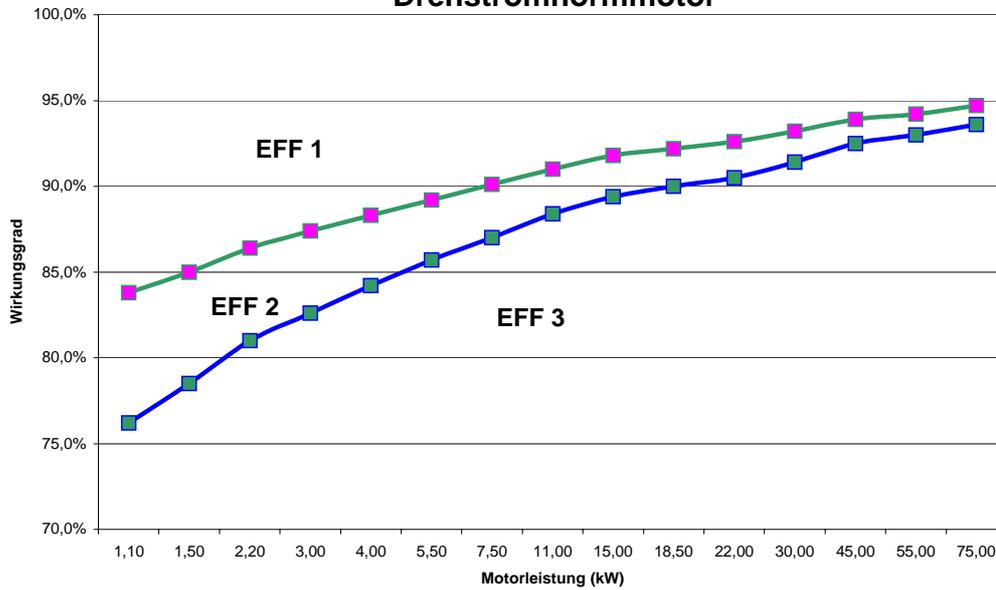
Zuluft

Volumenstrom (Kanalmessung)	19.853 m <sup>3</sup> /h
Gesamtdruckerhöhung (stat.)	489 Pa
Strömungsleistung	2.697 W
elektr. Wirkleistung (Messung)	6.000 W
Anlagenwirkungsgrad $\eta$	44,95 %

Ventilatortausch Lüftungsanlage Schwimmhalle

	Auslegungsdaten	Messdaten	neuer ventilator
Wirkleistung	Siegle + Epple 12,5 kW	Siegle + Epple 6,00 kW (Aufnahme Motor)	Gebhard RZR 13-0630 3,73 kW (Welle-Ventilator)
Volumenstrom	27.000 m <sup>3</sup> /h	19.853 m <sup>3</sup> /h	19.853 m <sup>3</sup> /h
Druckerhöhung	1.200 Pa	489 Pa	489 Pa
Ventilator $\eta$			81,0%
Motor $\eta$			90,5%
Keilriemen $\eta$			(90,00%)
Flachriemen $\eta$			98,0%
Wirkungsgrad Anlage		45,0%	71,84%

**Wirkungsgradklassen  
Drehstromnormmotor**



Wirkungsgrad Riemenantriebe

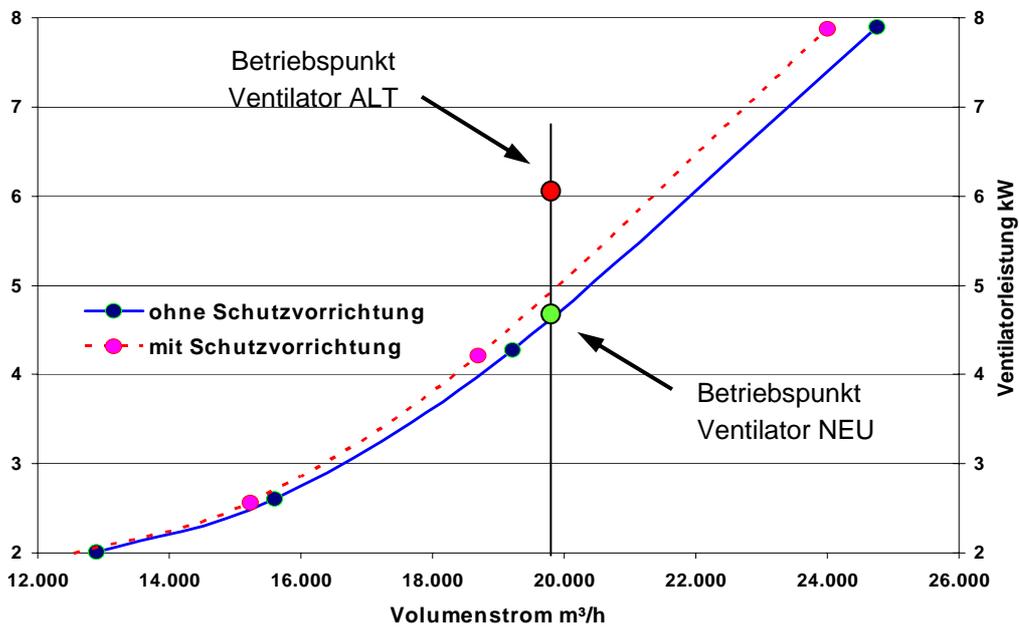
		kW	η
Schmalkeilriemen	bis	2,2	0,82
	bis	4,0	0,85
	bis	7,5	0,90
	>	11,0	0,94
Flachriemen	bis	3,0	0,97
	>	4,0	0,98

Wirtschaftlichkeit

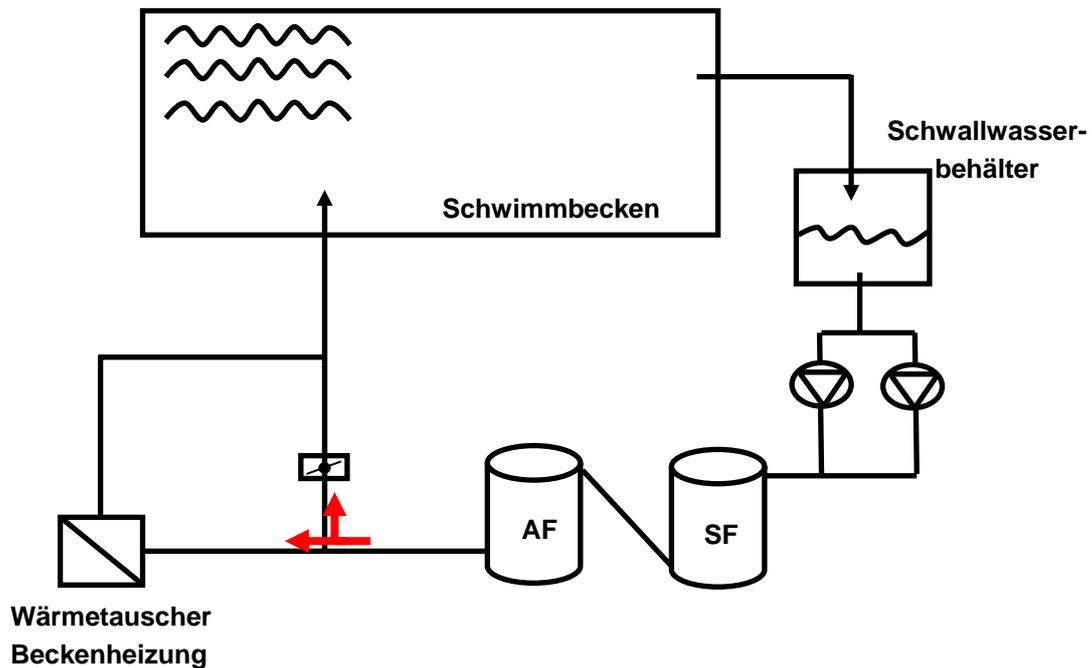
		Luftmenge m³/h	Leistung kW	Betrieb h/a	Verbrauch kWh/a	spez. Kosten €/kWh	Kosten Euro/a
Altanlage	100 %	19.500	12,00	5.650	67.800		
	70 %	13.650	6.36	<u>3.100</u>	<u>19.716</u>		
				8.750	87.516	0,0845	7.394
Neuanlage	100 %	19.500	8.50	5.650	48.025		
	70 %	13.650	4,30	<u>3.100</u>	<u>13.330</u>		
				8.750	61.355	0,0845	5.183
Einsparung:					26.161		2.210

Kosten Ventilatortausch 13.771 Euro

Kapitalrückflusszeit (statisch) 6,2 Jahre



FU-Nachrüstung UWP-Badewasser



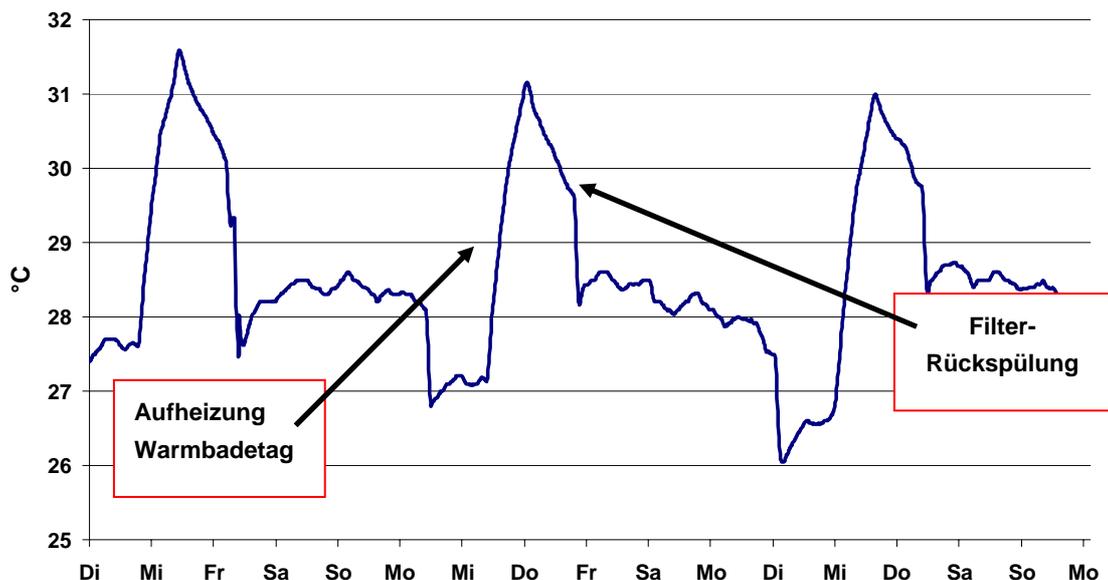
## 2. Einbau von Frequenzumformern bei Badewasserumwälzpumpen

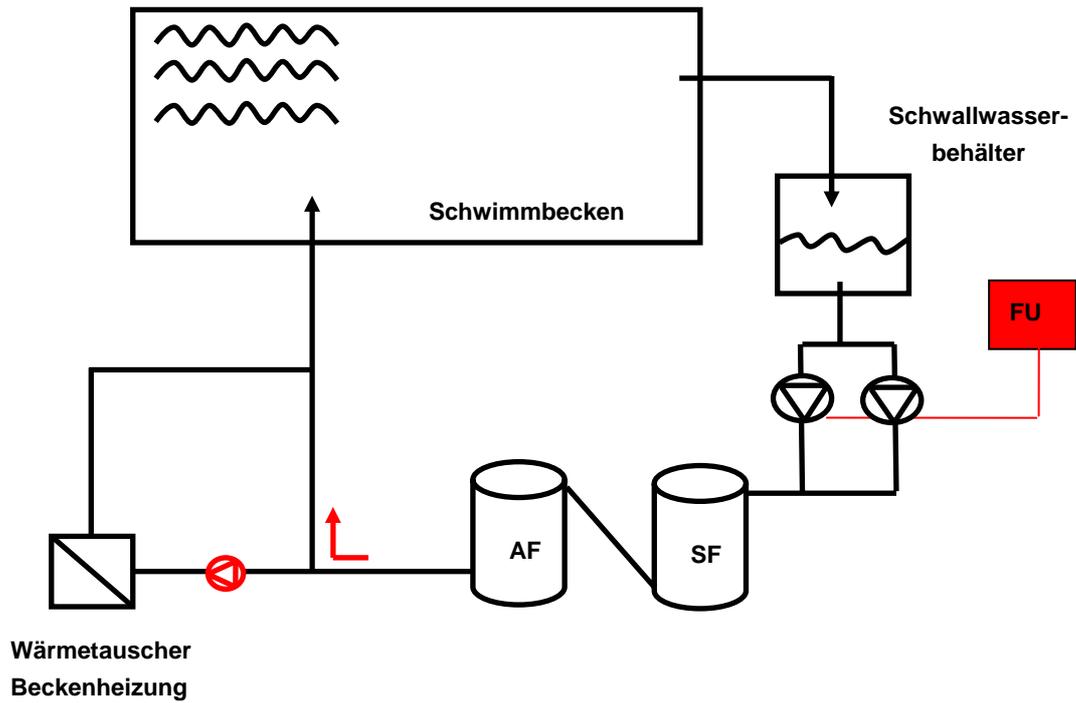
Es gibt viele Möglichkeiten Energie zu vernichten, eine dieser Möglichkeiten wird in dem nachfolgenden Beispiel einer Badewasserumwälzung aufgezeigt.

In der DIN 19643 ist festgelegt, welcher Volumenstrom (m³/h) in einem Bad über die Filteranlage zu führen ist. Bei diesem Beispiel ist der Wärmetauscher zur Badewasserer-

wärmung so integriert, dass stetig ein konstanter Teilvolumenstrom über den Wärmetauscher geführt wird. Um diesen Zustand hydraulisch zu erreichen wurde hier die Umwälzleitung so stark eingedrosselt, dass der erforderliche Teilvolumenstrom über den Wärmetauscher erreicht wurde. Das erfordert einen höheren Pumpendruck und somit einen höheren Energiebedarf. Für die Badewassererwärmung ist dieser Zustand jedoch nur an ca. 16 Stunden in der Woche notwendig. Dieser Umstand führte dazu, dass an 150 Stunden in der Woche bzw. an 7.800 Stunden im Jahr eine unnötige Eindrosselung in der Badewasserhydraulik vorhanden war. Um diesen Misstand zu beseitigen wurde eine Pumpe in die Leitung zum Wärmetauscher eingebaut und die Drosselung aufgehoben. Die zusätzliche Pumpe ist nur während des Aufheizbetriebes eingeschaltet. Nach dem Wegfall der Drosselung hätte sich der Umwälzvolumenstrom weit über den geforderten DIN-Wert erhöht. Diesem Umstand wurde mit dem Einbau von Frequenzumrichtern begegnet und die Drehzahl der Pumpen entsprechend verringert. Durch diese Maßnahme konnte der jährliche Energieverbrauch der Badewasserumwälzung um ca. 37.000 kWh verringert werden. Schema Badewasserumwälzung, Beckentemperaturen und Wirtschaftlichkeit sehen Sie auf den nachfolgenden Seiten.

### Beckentemperatur





Wirtschaftlichkeit

	Betrieb h/a	Leistung kW	Verbrauch kWh/a	spez. Kosten €/kWh	Kosten Euro/a
Istzustand:	8.650	17,02	147.223	0,0845	12.440
Vorschlag:	8.650	12,71	109.942	0,0845	9.290
Einsparung:		4,31	37.282		3.150

Kostenzusammenstellung der Energiesparmaßnahmen

Maßnahme: Regelung der Badewasserumwälzpumpen durch Frequenzumformer

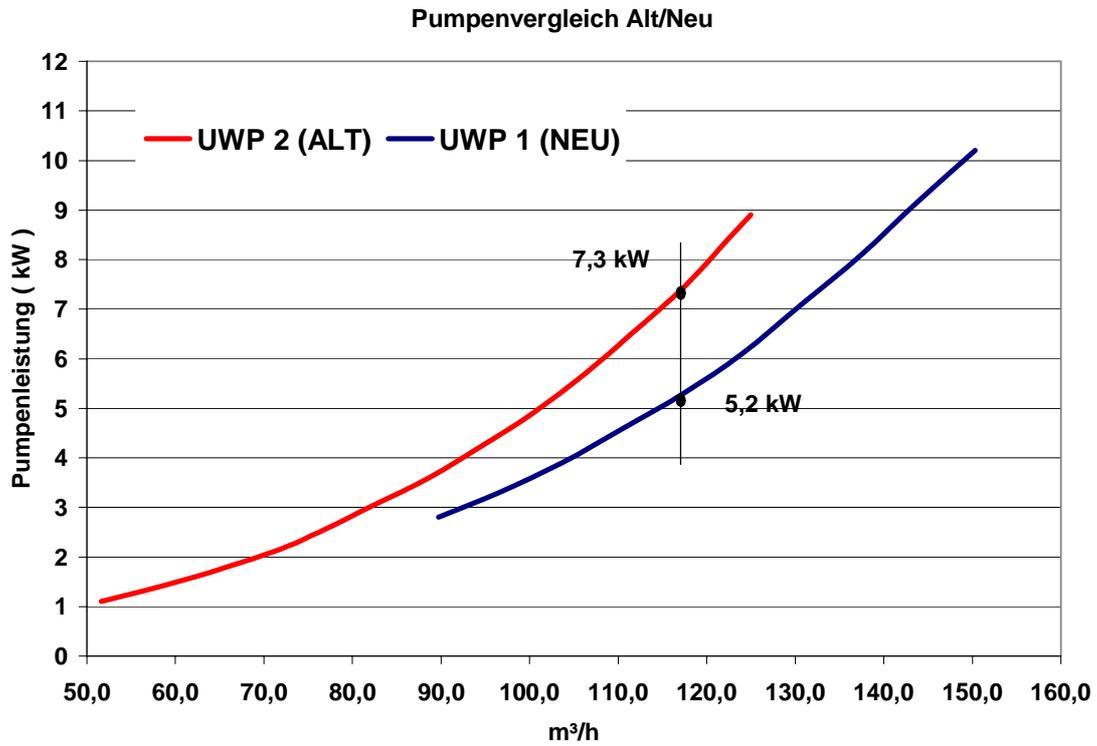
Frequenzumformer	4.650
Pumpe für Wärmetauscher Beckenwassererwärmung	1.550
Elektromaterial	750
Montage	<u>2.600</u>
Gesamtkosten der Maßnahme	9.550
Abgerechnete Kosten	12.009
Kapitalrückflusszeit (statisch)	3,8 Jahre

### 3. Austausch einer Badewasserumwälzpumpe

Fortschritt und Innovation führen dazu, dass auch im Bereich von Wirkungsgraden laufend Verbesserungen erzielt werden. Das nachfolgende Beispiel führt dieses deutlich vor Augen. Bei diesem Beispiel handelt es sich um eine Badewasserumwälzpumpe aus dem Jahr 1975, die als Einheit (Pumpe/Motor) einen Gesamtwirkungsgrad von 63% hatte. Eine neue Pumpe (Bj. 2000) mit wirkungsgradoptimierten Drehstromnormmotor der Klasse eff1 kommt nach dem heutigen Standard auf einen Gesamtwirkungsgrad von 74%. Das bedeutet einen um 11% Punkte verbesserten Wirkungsgrad. Unter Realbedingungen brachte der Austausch dieser Pumpeneinheit eine jährliche Einsparung von ca. 18.270 kWh. Auch dieses Beispiel zeigt wieder sehr stark auf, wie wichtig es ist auf den Wirkungsgrad der Anlagenkomponenten zu achten. Verlassen Sie sich nicht blind auf Auftragnehmer, sondern fordern Sie möglichst bereits bei der Ausschreibung hohe Wirkungsgrade. Fordern Sie sie in Schriftform oder geben Sie die geforderten Wirkungsgrade vor. Nur so haben Sie eine Handhabe und sparen über Jahre hinaus hohe Betriebskosten.

Pumpen- und Motoraustausch





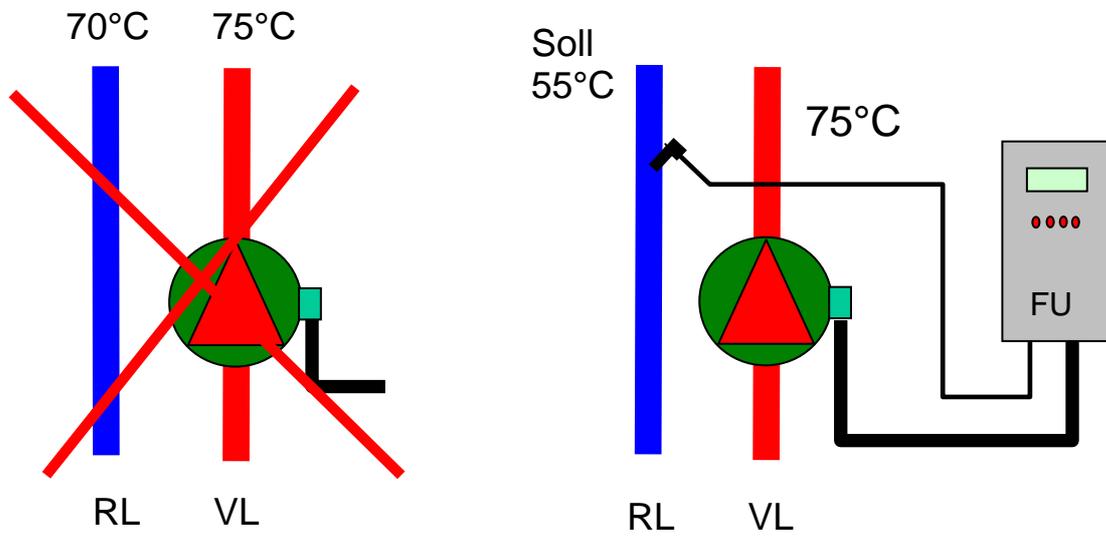
#### Wirtschaftlichkeit

	Betrieb h/a	Leistung kW	Verbrauch kWh/a	spez. Kosten €/kWh	Kosten Euro/a
Alte Umwälzpumpe	8.700	7,30	63.510	0,0845	5.365,50
Neue Umwälzpumpe	8.700	5,20	45.240	0,0845	3.822,00
Einsparung:			18.270		1.543,50

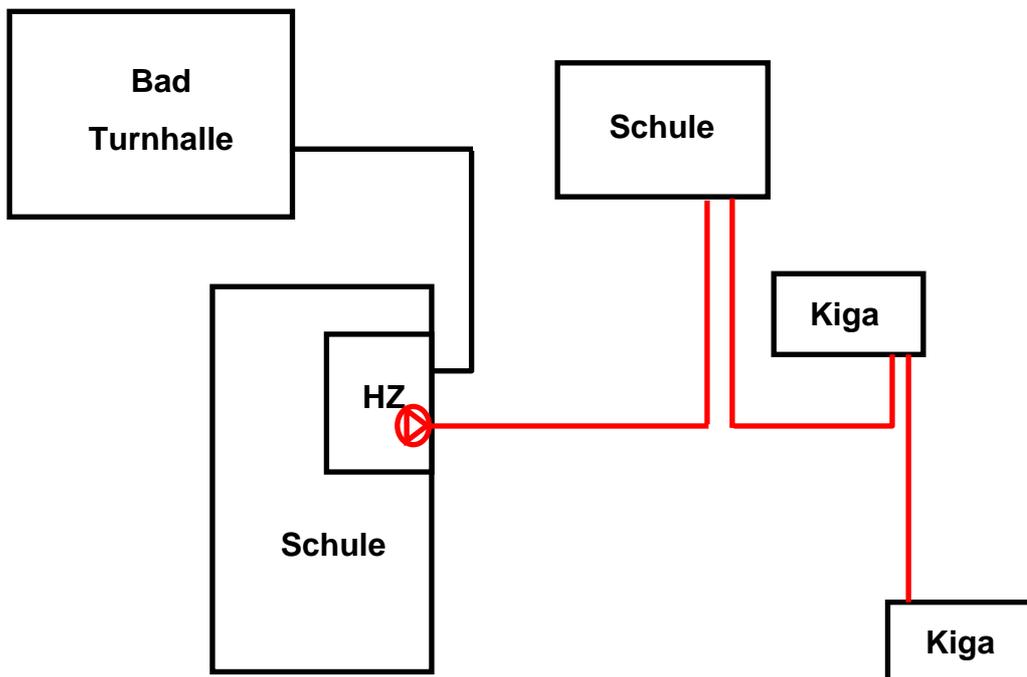
#### Kostenzusammenstellung der Energiesparmaßnahmen (Kostenschätzung durch Afu)

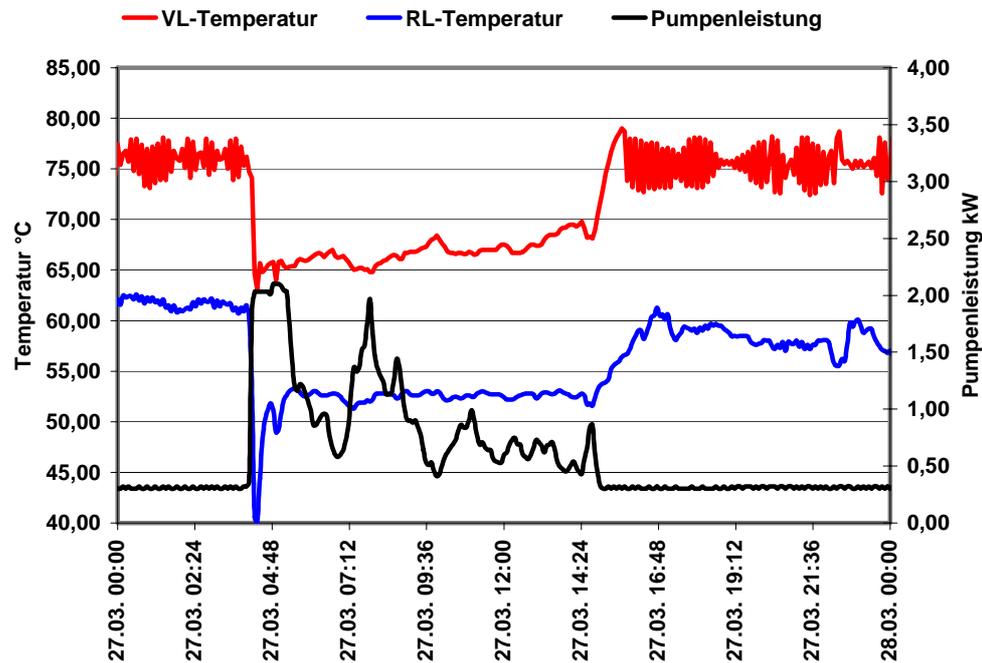
Umwälzpumpe mit wirkungsgradoptimiertem Motor	3.323,40
Einbau	<u>766,94</u>
Gesamtkosten der Maßnahme	4.090,34
Abgerechnete Kosten	4.289,38
Kapitalrückflusszeit (statisch)	2,8 Jahre

#### 4. Umrüstung Heizungsumwälzpumpe mit FU und RL-Regelung



Versorgungsschema





In diesem Beispiel werden mehrere Gebäude eines Areals von einer zentralen Heizungsanlage aus versorgt. Im Rahmen des Energiedienstes und der damit verbundenen regelmäßigen Inaugenscheinnahme der Anlage fiel auf, dass außerhalb der Aufheizphasen diese Versorgungsgruppe eine sehr geringe Temperaturspreizung zwischen Vor- und Rücklauf aufwies. Bei näherer Betrachtung ergab sich, dass bei dieser Gruppe ein annähernd konstanter Volumenstrom umgewälzt wurde. Dieses hat nicht nur zur Konsequenz, dass unnötige Wassermengen mit elektrischer Energie bewegt werden, sondern auch erhöhte Wärmeverluste auftreten. Um diesen Missstand zu beseitigen wurde in den Heizungsrücklauf ein Temperaturfühler eingebaut. Dieser Temperaturfühler ist auf einen Frequenzumrichter aufgeschaltet, der jetzt die Aufgabe hat, mittels Drehzahlregelung die Rücklaufumtemperatur auf ca. 55°C zu halten. Die jährliche Energieeinsparung beträgt bei dieser 2,2 kW Heizungsumwälzpumpe jährlich ca. 8.000 kWh

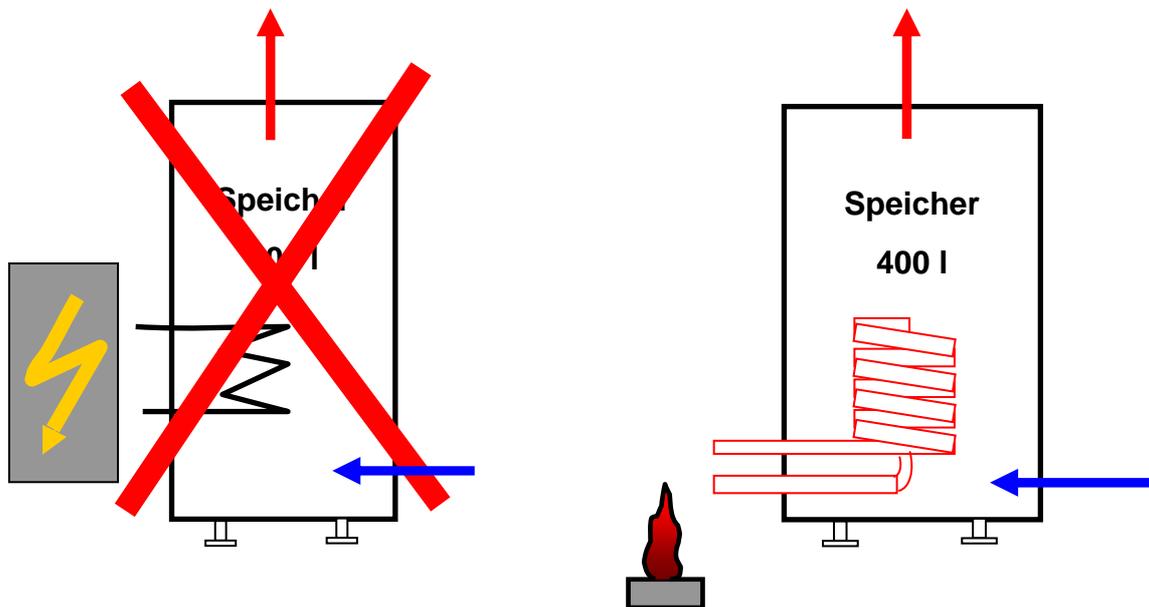
#### Wirtschaftlichkeit

	Leistung kW	Verbrauch kWh/d	Tage/a	Verbrauch kWh/a	spez. Kosten €/kWh	Kosten Euro/a
Umwälzpumpenbetrieb ungeregelt	2,10	50,4		10.584	0,106	1.122
Umwälzpumpenbetrieb FU-geregelt	2,10	11,9	210	2.499	0,179	447
Einsparung:				8.085		675

Baukosten 2.485 Euro

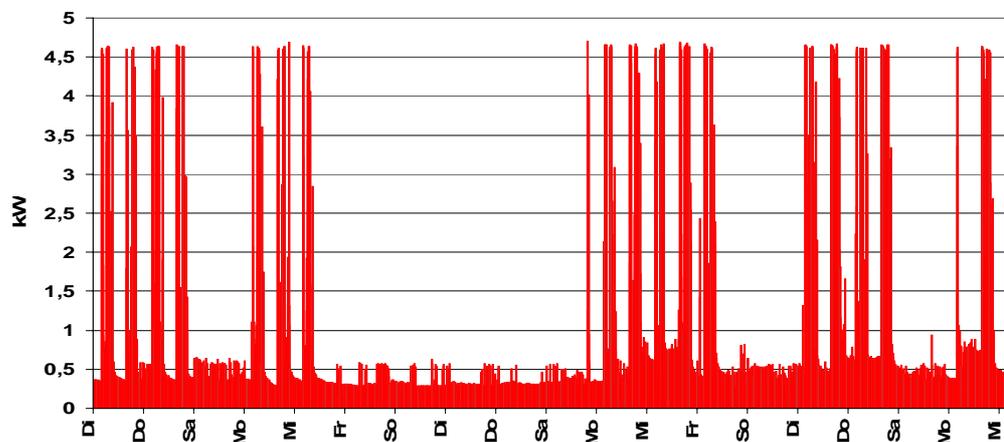
Kapitalrückflusszeit (statisch) 3,68 Jahre

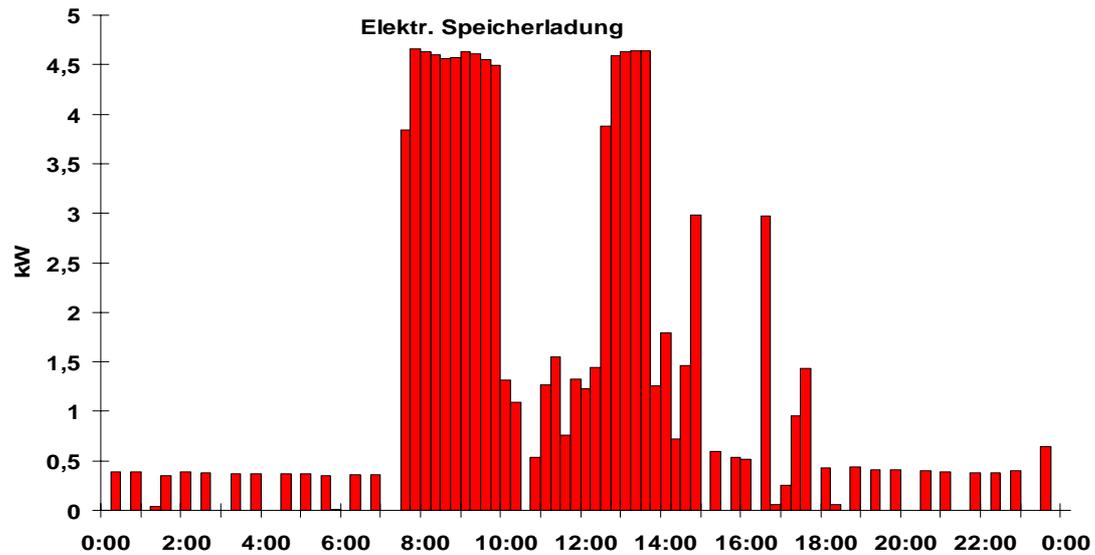
## 5. Umstellung Brauchwarmwasserspeicher (Strom/Gas)



Der Brauchwarmwasserspeicher dient zur Versorgung einer kleinen Schulküche und war in seiner ursprünglichen Form elektrisch beheizt. Die elektrische Stromversorgung des Schulgeländes erfolgt über eine hauseigene Trafostation mit Sondervertragskonditionen (Leistungs- u. Arbeitspreis). Da sich die Abnahme-/Aufheizstruktur überwiegend in einem Zeitfenster abspielte, in denen sich auch das sonstige Leistungsmaximum einstellte, war der Leistungspreisanteil entsprechend hoch. Der zur Erwärmung erforderliche Energiebedarf fiel zu 85% in die teure Hochtarifzeit. Bei einer spezifischen Stromkostenbetrachtung des Brauchwarmwasserspeichers ergaben sich dabei Kosten in Höhe von 0,189 Euro/kWh. Im Vergleich mit Erwärmungskosten und dem Energieträger Gas, mit einem spezifischen Preis von 0,03 Euro/kWh, ergab sich ein jährlicher Kostenvorteil von 900,00 Euro bei Investitionskosten in Höhe von 4.300,00 Euro. Die statische Kapitalrückflusszeit lag somit unter 5 Jahren.

Elektr. Speicherladung





#### Wirtschaftlichkeit der Umstellung

Erwärmung des Brauchwarmwassers	Verbrauch kWh/a	spez. Kosten €/kWh	Kosten Euro/a
Elektrisch	5.700	0,189	1.078,31
Wärmetauscher Heizung	5.700	0,030	169,03
Einsparung:			909,28

#### Kostenzusammenstellung der Maßnahmen

	Euro
Umbau des BWW-Speichers Küche (lt. Hochbauamt)	3.080,00
Demontage Speicher Bauteil 3	510,00
Nebenkosten	<u>150,00</u>
Summe	3.740,00
Zuzügl. MWSt.	<u>561,00</u>
Gesamtkosten	4.301,00
Kapitalrückflusszeit (statisch)	4,7 Jahre

*Ingo Therburg*

## **Energetische Qualitätssicherung im Neubau und im Bestand von komplexen kommerziellen Immobilien**

### **1. Eingangsthese**

In großen komplexen kommerziellen Immobilien gibt es nach wie vor große noch nicht ausgeschöpfte Energieeffizienzpotentiale. Grund für diese brach liegenden Effizienzpotenziale ist neben schwer durchschaubaren Finanzierungsmodellen vor allem das Fehlen von Transparenz, von eindeutig definierten Leitgrößen und von Messgrößen für die energetische Qualität.

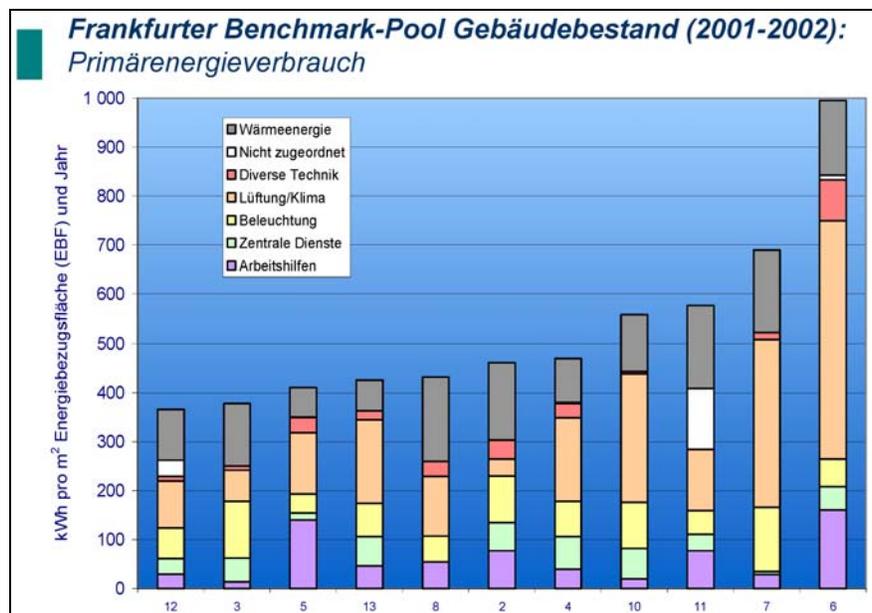
### **2. Ausgangssituation**

- In Deutschland gibt es zwar eine starke Tradition und viel Know-how bei der thermischen Optimierung von Wohngebäuden. Eine Tradition und das Know-how zur Optimierung des Strombedarfs in kommerziellen Gebäuden fehlt aber fast völlig.
- Diese Fixierung auf Wohngebäude und Wärmebedarf findet sich auch in den gesetzlichen Regelungen (EnEV/WSVO) wieder und es gibt Anzeichen, dass sich diese Entwicklung auch bei der Umsetzung der EU-Gebäuderichtlinie fortsetzen wird.
- In großen komplexen Gebäuden dominiert der Stromverbrauch die Energiebilanz sowohl von der primärenergetischen Seite als auch von der Seite der Kosten.
- Es sind weder für den Betrieb noch für die Neubauplanung geeignete Instrumentarien verbreitet, mit denen dieser Strombedarf hinsichtlich der unterschiedlichen Nutzungsgruppen wie beispielsweise Beleuchtung, Lüftung, Kälteerzeugung etc. transparent gemacht werden können.
- Es sind keine allgemeingültigen Qualitätskriterien vorhanden, anhand derer der Energiebedarf in diesen Gebäuden bewertet und gesteuert werden kann.
- Die HOAI honoriert nach wie vor Planungsleistungen, die zu effizienten schlanken und kleinen technischen Lösungen kommen, nicht ausreichend.
- In modernen Gebäuden verschmelzen die Fachgewerke wie Architektur, Bauphysik und Haustechnik. In der Planung wird dieser Tatsache noch viel zu wenig Bedeutung beigemessen.

### 3. Beispiele

#### Primärenergiebedarf

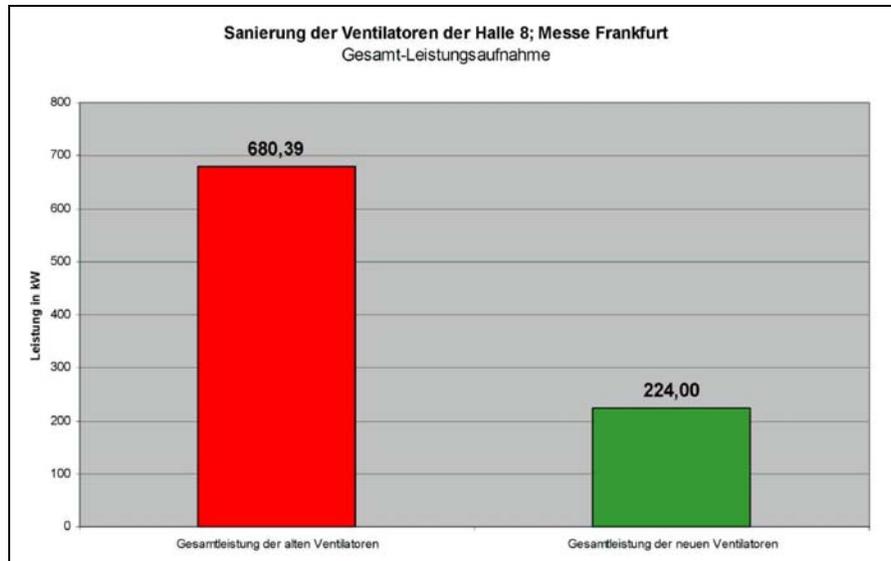
Im ersten Frankfurter Benchmark-Pool wurden 13 bestehende Gebäude energetisch untersucht und der Energiebedarf auf die einzelnen Verbrauchsgruppen verteilt. Es ergab sich ein Primärenergieverbrauch von 502 kWh/m<sup>2</sup>a im Durchschnitt. Bei Gebäuden, die nach 1990 gebaut wurden, sank der Durchschnittswert auf 421 kWh/m<sup>2</sup>a. Im Gegensatz dazu verbrauchen zwei richtungweisende neue Gebäude in Frankfurt, das „Neue Domizil“ der Helvetia Versicherung und die „Ostarkade“ der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) einen Verbrauch zwischen 125 und 150 kWh/m<sup>2</sup>a. Damit ergibt sich ein Effizienzpotenzial von über 250 kWh/m<sup>2</sup>a.



#### Lüftung

Ventilatoren haben in der Regel einen Investitionsanteil der gesamten RTL Anlage von 1 bis 3 %, verursachen jedoch im Betrieb zwischen 40 und 70 % der Betriebskosten. Es gibt große Unterschiede in der energetischen Qualität der Ventilatoren. Mehrkosten für effiziente Ventilatoren haben in der Regel eine Amortisationszeit von unter einem Jahr. Dennoch gibt es in Deutschland keinen nennenswerten Markt für effiziente Ventilatoren. Die Klimateinheiten werden über den Preis und die erforderliche Volumenstrommenge verkauft. Die qualitativen Eigenschaften spielen so gut wie keine Rolle. Der Ventilator wird in der Regel im Klimaschrank sozusagen als Black Box mit erworben, ohne dass eine Qualitätssicherung stattgefunden hätte. Ein einfacher Vergleich der spezifischen Leistung in W/m<sup>3</sup>h transportierter Luft würde die Qualität der Ventilatoren deutlich machen und die Effizienz deutlich erhöhen.

Die Grafik zeigt eine Sanierung einer Lüftungsanlage, bei der alleine die Leistung des Ventilators um über 2/3 gesenkt werden konnte.



### *Kühlung*

In großen Gebäuden werden zunehmend sehr komplexe Systeme zur Kälteerzeugung eingesetzt. Nutzung des Erdreichs, Kühlung durch Nachtlüftung, Wärmepumpen, Speichersysteme und freie Kühlung sind Beispiele von Komponenten, die zusammenwirken können.

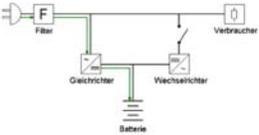
Eine Bewertung der energetischen Qualität der Kühlung ist nur möglich, wenn alle Komponenten gemeinsam erfasst und bewertet werden. Als Leitwert zur Steuerung kann der spezifische Energieverbrauch bzw. der durchschnittlich über ein Jahr benötigte Energieverbrauch pro erzeugter kWh Kälte hinzugezogen werden. Dies erfordert aber einen gewissen Aufwand. Es ist uns in unseren Benchmark Pools bisher noch nicht gelungen, diesen Wert in einer Qualität so zu erhalten, dass eine sinnvolle Auswertung möglich gewesen wäre.

### *Beleuchtung*

Mit dem derzeitigen Stand der Technik kann effizient sehr gutes Licht erzeugt werden. In der Sanierung sind hohe Investitionskosten jedoch oft ein Hindernis. Als Leitwert hat die spezifisch, auf die beleuchtete Fläche bezogene installierte Leistung eine relativ hohe Verbreitung und eignet sich sehr gut zur Bewertung einer Beleuchtung.

**Beispiel 1: USV (Unterbrechungsfreie Stromversorgung)**

50 % des Mieterstroms geht in den USV-Anlagen verloren.  
Grund:  
Überdimensionierung der Anlagen





### Management

Zum effizienten Betrieb eines Gebäudes gehört nicht nur eine effiziente Gebäudehülle und eine gute Gebäudetechnik, sondern auch ein gutes Management. Ein Gebäudemanagement, das vor allem an der Betriebssicherheit eines Gebäudes und nicht an der Effizienz der Betriebskosten ausgerichtet ist, ist automatisch bestrebt, die Anlagen „am Laufen“ zu haben. Unterbrechungen und Bedarfsanpassungen sind mögliche Störungen. Erst durch klare Zielvorgaben hinsichtlich des Energieverbrauchs kann eine Optimierung umgesetzt werden.



Obiges Beispiel zeigt die Tagesgangkurve des Stromverbrauchs vor der Optimierung und nach der Optimierung. Das Ergebnis beruht auf rein organisatorischen Maßnahmen. Es wurden keine investiven Maßnahmen umgesetzt.

#### 4. Konsequenzen

- Mehr Transparenz in Planung und Betrieb von Gebäuden ist notwendig.
- Die Energieverbräuche sind nutzungsbezogen zu erfassen und auszuweisen. In Neubauplanungen sind Entwicklungen von Messkonzepten unabdingbar.
- Es ist dringend notwendig, allgemein anerkannte Qualitätskriterien zur Bewertung von Gebäuden zu entwickeln.

#### 5. EU-Richtlinie „Gesamtenergieeffizienz in Gebäuden“

Vor einem Jahr hat die Europäische Kommission mit der Richtlinie zur „Gesamtenergieeffizienz in Gebäuden“ einen Grundstein zur energetischen Bewertung von Gebäuden gelegt. Derzeit sind die europäischen Nationen beauftragt, diese Richtlinie in geltendes Recht umzuwandeln. In Deutschland ist noch nicht abzusehen, wie diese Richtlinie letztlich umgesetzt werden wird. Es besteht eine große Chance, mit dieser Umsetzung die energetische Qualität von Gebäuden transparenter zu machen und so letztlich bei der Ausschöpfung der Effizienzpotenziale in Gebäuden einen großen Schritt weiter zu kommen.

# **Erneuerbare Energien**



*Rüdiger Forchmann*

## **Thermische Solaranlagen: Probleme in der Praxis und deren Lösung**

### **Das müsste man eigentlich nicht mehr sagen:**

Die Sonnenenergie, die an einem einzigen Tag auf der Erde auftrifft, könnte den gesamten Energiebedarf der Menschheit für 180 Jahre sichern.

### **Mein Vati (Jahrgang 1921) sagt:**

„In den fünfziger Jahren haben wir uns darum gekümmert, wie und ob Doppelfenster eingebaut werden müssen, jetzt gibt es dieses Thema nicht mehr.“

Daraus folgt: Dieses Thema müssen wir gegenwärtig intensiv verfolgen, um es so auf den Weg zu bringen, dass es in ein paar Jahren kein Thema mehr ist.

### **Verlieren Sie nicht den Mut (in Zeiten schmaler kommunaler Kassen):**

Sollten Sie bei Vorbereitung und Bau von Solaranlagen einmal keinen Erfolg haben – so machen Sie damit den Erfolg der nächsten Anlagen wahrscheinlicher!

#### *Installationshinweise:*

- Bei der Vorbereitung der Planung (möglichst) Energiekonzept/Energiebetrachtung erstellen;
  - ▲ Ganzheitliche Optimierung von Investitions- und Folgekosten;
  - ▲ Ansatz über den Lebenszyklus eines Gebäudes;
  - ▲ ca. 25 % Investitionskosten, ca. 25 % Refinanzierung, ca. 50 % Folgekosten;
- Nahezu optimale Südausrichtung beachten/anstreben (dies ist insbesondere bei thermischen Solaranlagen wichtig);
- Gebäude aussuchen, die eine effektive Nutzung zulassen;
  - ▲ vor allem in den Sommermonaten → Schwimmbäder, Seniorenheime
  - ▲ oder bei evtl. politischem oder pädagogischem Grund;
  - ▲ Anstellwinkel der Solaranlage (je nach Einsatz → Heizungsunterstützung) ca. 40° bis 45° (steilerer Anstellwinkel, wenn vorzugsweise in der Übergangszeit geerntet werden soll);
- Volumen des Solarspeichers 1,5 bis 2-fache des mittleren täglichen Warmwasserverbrauchs (Ø ca. 40 l pro Person und Tag; nicht eingerechnet evtl. besonderer Wasch- oder Geschirrspülaufgaben);

- In öffentlichen Gebäuden ist es oft sinnvoll (finanzierbar),
  - ▲ kleinere Anlagen einzusetzen und
  - ▲ damit einen hohen Ausnutzungsgrad zu erreichen.
- Trinkwarm-Wasser-Bereitung mit geringem Volumen (Hygiene);
- Pufferung der solaren Wärme ausschließlich im Pufferspeicher;
- Sonnenkollektoren in Tichelmann-Schaltung anschließen;
- Zentrale Übergabe der von den Kollektoren und dem Heizkessel gelieferten Wärme;
- Thermische Schichtung im Solarspeicher;
- Nutzung des Solarspeichers im Heizfall für die Bereitstellung/Speicherung der Wärme;
  - ▲ Reduzierung der Schalthäufigkeit der Kesselanlagen → Energieeinsparung;
  - ▲ Reduzierung der Rücklauftemperatur bei FW-Anlagen → Tarifoptimierung;
- Stofftrennung zwischen Solar- und Warmwasserkreislauf;
- Isolierung aller wärmeführenden Leitungen und Armaturen;
- Verkalkung in Rohren und Speicher vermeiden;
- Unterstützung der Raumheizung in der Übergangszeit;
- Sinnvolle Messtechnik;
  - ▲ Pumpen nicht für Mengen-Messtechnik einsetzen;
  - ▲ Keine Messstelle ist eine zu viel;
- Erfassung der solaren Leistung und der Wärmemenge;
- Möglichkeit der Aufzeichnung von Trends vorsehen;
- Einheitliche Regelungsanlage (Vorzugsweise DDC) einsetzen;
- Differenziertes Be- und Entladen des Pufferspeichers;
- Hochwirksamer Legionellenschutz (DVGW 551, AMEV Sanibau 2003);
- Technologie der Solaranlage muss zwingend offen gelegt werden;
  - ▲ Patente sollen nur vor missbräuchlicher Nutzung schützen;
  - ▲ der Einbau kann nicht missbräuchlich sein;
  - ▲ Verfahrensweise ist darzustellen;
- Umschaltung Heizung ← → Solar beachten;
- Tageszyklus beachten (Nutzung mit Erntezeit abstimmen);

- Rohrverlegung beachten (an den höchsten Punkten der Anlage zwingend Entlüftungen setzen);
- Zirkulation der Solar- und Warmwasser-Kreise optimieren;
- Anlage auf Bedingungen ( - 30 °C bis + 160 °C) einrichten;
- Richtige Dimensionierung des Ausgleichsgefäßes;
- Beachtung von Eigenlast, Schneelast, Windlast, Hagelschlagfestigkeit, Regendichtheit (dazu Analyse des vorhandenen/vorgesehen Daches);
- bei Kollektoranordnung Verschattung von anderen Gebäuden/Bäumen und gegenseitige Verschattung vermeiden;
- Hochtemperaturbeständigkeit beachten (Kollektor wird unbefüllt eine Bestrahlungsstärke von > 1000 W/m<sup>2</sup> ausgesetzt);
- Zwingender Einsatz von regelbaren Umwälz-Pumpen;
- Optimierung der Einstellwerte (immer nötig!);
- Strenge Abnahme (aller relevanten Parameter).

### **Regelwerk (Auswahl)**

ISO 9806 – 1 (1994)	Thermal Performance Test of Solar Collectors, Part 1
EN 12975-1	Kollektoren – Allgemeine Anforderungen
EN 12975-2	Kollektoren – Prüfverfahren
EN12976-1	Vorgefertigte Anlagen – Allgemeine Anforderungen
EN12976-2	Vorgefertigte Anlagen – Prüfverfahren
EN12977-1	Kundenspezifisch gefertigte Anlagen – Allgemeine Anforderungen
EN12977-2	Kundenspezifisch gefertigte Anlagen – Prüfverfahren
EN12977-3	Kundenspezifisch gefertigte Anlagen – Leistungsprüfung von Warmwasserspeichern für Solaranlagen
DruckbehV	Verordnung über Druckbehälter
DVGW Arbeitsblatt W551 (1993)	Maßnahmen zur Verminderung des Legionellenwachstums
DVGW Arbeitsblatt W552 (1996)	Maßnahmen zur Verminderung des Legionellenwachstums
DVGW Arbeitsblatt W551 (11/2003)	Maßnahmen zur Verminderung des Legionellenwachstums

VDI 2067 Bl. 12 (Entw. 1998)	Nutzenergiebedarf für die Trinkwassererwärmung
DIN 4708-2(1993)	Zentrale Wassererwärmungsanlagen, Wärmebedarf
DIN 1055	Lastannahmen für Bauten
DIN 4753	Wassererwärmer und Wassererwärmungsanlagen für Trink- und Betriebswasser
DIN 4807	Ausdehnungsgefäße
DIN 1988 (1988)	Technische Regeln Trinkwasserinstallation
DIN 4140 (1981)	Dämmen betriebstechnischer Anlagen

*Manfred Schaub*

## **Holzfeuerungsanlagen in kommunalen Gebäuden**

Im Landkreis Kassel sind derzeit sieben Holzhackschnitzelfeuerungsanlagen in Betrieb bzw. im Bau.

### **Die Anlagen im Überblick**

- Die erste Anlage war im Jahr 2000 die Holzhackschnitzelfeuerungsanlage an der Albert-Schweitzer-Schule/Herwig-Blankertz-Schule in Hofgeismar. Ein 750 kW-Kessel (Fabrikat Fröhling) ist in einen bestehenden Heizraum (ehemalige Koks-Kesselanlage) eingebaut worden. Hier ergab sich ein erheblicher Mehraufwand durch nachträglich erforderlich gewordene bauliche Maßnahmen zur Kesseleinbringung und Abgasführung. Problematisch an dieser Anlage ist die eingebaute Fördertechnik mit Kratzkettenförderer und Zwischenbehälter, die in dieser Form nicht mehr realisiert wird. Schwierig gestalteten sich die hydraulische Einbindung und die Einregulierung in das bestehende Heizungsnetz, mit zwei vorhandenen Gaskesseln als Spitzenlastkessel. Der Sommerwärmebedarf für die Warmwasserbereitung wird, wie auch bei allen späteren Holzfeuerungsanlagen, über thermische Solaranlagen abgedeckt. Das Silo in Holzbauweise, mit befahrbarem Schubboden und hydraulischem Klappdach wurde in dieser Form errichtet, weil ein Tiefbunker aufgrund der Bodenverhältnisse nicht möglich war und die Gebäudehöhe vom Denkmalschutz begrenzt wurde. Diese Lagerbauweise ist gekennzeichnet durch ein im Vergleich zum Gesamtgebäudevolumen geringes nutzbares Volumen. Außerdem gestaltet sich das Befüllen aufgrund der Tatsache, dass sich das Dach nicht ganz senkrecht stellen lässt, schwierig.
- Die beiden folgenden Anlagen ab dem Jahr 2002 sind baugleich (Fabrikat Polytechnik) und befinden sich an der Gesamtschule Grebenstein und der Gesamtschule Bad Karlshafen.

Im ersten Fall ist ein gemeinsames Nahwärmenetz mit Einbindung der Mehrzweckhalle der Stadt Grebenstein realisiert. Eine ursprünglich gemeindeeigene Gaskesselanlage wurde vom Landkreis übernommen und als Spitzenlastkesselanlage in das Projekt eingebunden. Als weiterer Spitzenkessel kam ein zusätzlicher Ölkessel zum Einbau. Für die Hackschnitzellagerung wurde ein befahrbarer Schubboden in einem oberirdischen Silo gewählt. Für die Anlieferung wurden Spezialcontainer mit hydraulischem Ausschub beschafft, da die Gebäudehöhe wiederum begrenzt war, sodass ein Abkippen von Großcontainern nicht möglich ist. Mit Schubcontainern wird eine deutlich bessere Ausnutzung des Füllvolumens bei befahrbaren Schubböden erreicht.

- Die Anlage in Immenhausen wurde in 2002 durch eine Betreibergesellschaft realisiert. Anteilseigner der GmbH sind der Landkreis Kassel, die Stadt Immenhausen und die EAM EnergiePlus GmbH zu gleichen Teilen. Die Anlage versorgt eine Gesamtschule, eine Grundschule, zwei Sporthallen sowie ein städtisches Hallen- und Freibad. Der Kessel ist auch hier, wie bei den anderen Anlagen, für die Grundlast ausgelegt und läuft während der Heizperiode und auch bei notwendigem Heizbetrieb für

das Freibad ununterbrochen. Lediglich in Zeiten geringer Lastabnahme wird die Wärmeversorgung durch einen Gaskessel übernommen. Die Anlage ist mit einem großvolumigen Tiefbunker ausgestattet, der eine nutzbare Kapazität von mehr als 200 m<sup>3</sup> hat.

- Zur Wärmeversorgung mehrerer historischer Gebäude sowie Tierschauhäuser wurde im Tierpark Sababurg eine 100 kW-Anlage errichtet. Diese dient gleichzeitig als Anschauungsanlage für die Tierparkbesucher und soll später in einen Energielehrpfad eingebunden werden. Für die Lagerung wurde ein Tiefbunker mit hydraulischem Klappdeckel gewählt. Probleme bereitet bei dieser Anlage, wie auch bei der Anlage in Immenhausen, die gewählte Fördertechnik mit einer Förderschnecke. Diese Technik ist sehr empfindlich gegen Ausreißer im Brennstoff, die zu Verklemmungen in der Mechanik führen.
- Die Anlage in Calden (Fabrikat Schmid) versorgt seit 2003 ebenfalls kreis- und gemeindeeigene Gebäude. Das Hackschnitzelsilo sollte ursprünglich in einen großen ungenutzten Raum innerhalb des Gebäudes eingebaut werden. Diese Lösung wurde jedoch verworfen, weil sich ein solches Silo nicht mit vertretbarem Aufwand in einem ökonomisch sinnvollen Füllungsgrad befüllen ließ. Es kam schließlich ein außenliegender Tiefbunker mit Klappdeckel-Abdeckung zum Einsatz. Der Heizkessel ist, wie auch alle anderen Holzkessel, mit automatischer Rauchrohrabreinigung ausgerüstet. Diese verringert den manuellen Reinigungsaufwand deutlich. Die Kessel werden, in Abhängigkeit vom Brennstoff, etwa zweimal im Jahr gründlich gereinigt.
- Die Anlage in Zierenberg, die außer kreiseigenen und städtischen Gebäuden auch ein gewerbliches Objekt mit Wärme versorgt, wurde erstmals im Landkreis Kassel in Containerbauweise errichtet. Hierdurch ergab sich eine deutliche Kostenreduzierung gegenüber der Massivbauweise bzw. des Einbaus im Gebäude. Die Anlage ist zur besseren Ausnutzung des Holzkessels mit einem 40 m<sup>3</sup> Pufferspeicher ausgestattet.

### **Holzlogistik**

Da ca. 50 % des benötigten Holzes vertraglich bedingt als Industrierholz zur Verfügung gestellt werden, müssen die Aufarbeitung und der Transport dieses Materials in Eigenregie des Landkreises erfolgen. Die ursprünglich günstig erscheinende Variante, das Holz durch einen Dienstleister im Wald hacken und dann zu einem Lagerplatz transportieren zu lassen, wurde später geändert. Nunmehr wird das Holz aus dem Wald zum Lagerplatz transportiert und dort gehackt. Diese Variante erwies sich als weniger aufwändig und kostengünstiger.

Über Waldholz hinaus wird auch Holz aus der Landschaftspflege, in Zusammenarbeit mit den Kommunen gesammelt und verarbeitet. Hierbei handelt es sich aber um relativ geringe Mengen.

Weiterhin kommt Material aus den regionalen Sägewerken zum Einsatz. Bei dem Ankauf zusätzlicher Sortimente wird Wert darauf gelegt, dass es sich um Material aus der Region handelt, um lange Transportweg zu vermeiden.

Auf der Kreisabfalldeponie in Hofgeismar konnte unter dem Dach der Kompostierungsanlage ein Zwischenlager für Hackschnitzel eingerichtet werden. Hier wird der Bedarf von etwa drei Wochen vorrätig gehalten. Von diesem Lagerplatz aus erfolgt die Belieferung der Anlagen mit Fahrzeugen des Eigenbetriebs Regionale Abfallentsorgung.

Hinsichtlich der Qualität der Hackschnitzel kommt es immer wieder zu Problemen, da die geforderten Werte bezüglich der Größe (Homogenität) des Materials sowie des Feinanteils nicht immer eingehalten werden können. Ursächlich hierfür ist zum einen das eingesetzte Holz. Die meisten handelsüblichen Hacker sind für Nadelholz optimiert und sind bei härterem Laubholz nicht optimal einsetzbar. Darüber hinaus weist das Industrieholz, bedingt durch Weißfäule bzw. sehr feuchte Lagerplätze teilweise einen hohen Feinanteil auf. Hinzu kommen Verschmutzungen durch anhaftende Erde und Steine. Diese Probleme wurden jedoch durch Optimierung der eingesetzten Geräte und sorgfältige Auswahl der Lagerplätze mittlerweile deutlich reduziert.



# **Weiterbildung**



*Hendrik Pinnau*

## **Helle Köpfe sparen Energie: Bildungsangebote des Hamburger Energiemanagements**

Weiterbildungsangebote sind ein zentraler Bestandteil des Hamburger Energiemanagements. Die Behörde für Umwelt und Gesundheit bietet der Hamburger Verwaltung ein umfangreiches Angebot von Schulungen an, die sich mit Fragestellungen zur Energie- und Trinkwasserversorgung befassen. Die Schulungen basieren auf den praktischen Erfahrungen aus einem langjährigen Energiemanagement für die öffentlichen Gebäude der Stadt. Die Grundlage der Schulungsangebote sind umfassende Kenntnisse im Klima- und Ressourcenschutz, im betrieblichen und technischen Umweltschutz, der Umsetzung von Sanierungsmaßnahmen sowie dem Energiecontrolling.

Ein entscheidendes Handlungsfeld ist die rationelle Verwendung von Energie und Trinkwasser.

### **Energiemanagement der Freien und Hansestadt Hamburg**

Es ist ja keine neue Erkenntnis, dass die intensive Nutzung von Energie Auswirkungen auf die Umwelt hat. Das hat man in Hamburg schon sehr früh erkannt. Deshalb wurde der Energiebereich dem Thema Umwelt zugeordnet und im Zuständigkeitsbereich der Umweltbehörde angesiedelt. Und das bereits seit den ersten Ölkrisen in den siebziger Jahren.

Schon damals wurden vom Hamburger Senat Programme zum rationellen und sparsamen Umgang mit Energie beschlossen und vor allem Mittel für Investitionen in diesen Bereich zur Verfügung gestellt. Seitdem wird in Hamburg für die öffentlichen Gebäude systematisch ein Energiemanagement betrieben.

### *Klimaschutz und Ressourcenschonung*

Das Hamburger Energiemanagement für die öffentlichen Gebäude ist ein zentraler Beitrag der Klimaschutzpolitik des Senats. Klima- und Ressourcenschutz sowie die Auswirkungen einer drohenden Erderwärmung durch den globalen Treibhauseffekt begründen heute das intensive Engagement in diesem Bereich.

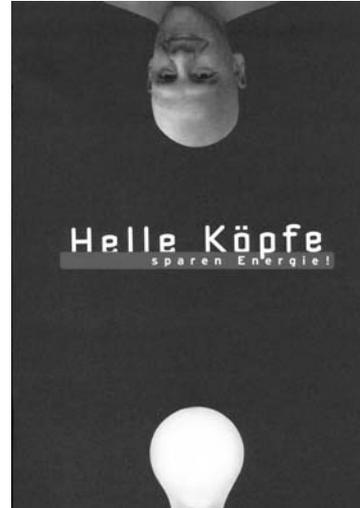
Als Kommune hat man die Möglichkeit, Klimaschutz in den eigenen Gebäuden praktisch zu betreiben. In Hamburg sind das ca. 2 500 öffentliche Gebäude, von denen die meisten mit Strom und Wärme versorgt werden. Für die Stadt Hamburg ist der sparsame Umgang mit Energie und Wasser besonders auch aus Kostengründen von Interesse.

„Helle Köpfe sparen Energie“: Unter diesem Motto vermarktet die Behörde für Umwelt und Gesundheit ihre Dienstleistungen, die den anderen Behörden im Rahmen des Hamburger Energiemanagements angeboten wurden.

Ziel ist es, eine sichere Energieversorgung mit möglichst geringen Auswirkungen auf die Umwelt und zu einem günstigen Preis zur Verfügung zu stellen.

Dazu werden eine Reihe von Dienstleistungen, Beratungsangeboten und finanziellen Förderungen angeboten, die kommunalen Einrichtungen und Hamburger Unternehmen helfen sollen, Energie sparsam und effizient einzusetzen.

Abbildung 1: Helle Köpfe sparen Energie; Motto der Energieabteilung zur Vermarktung der Serviceleistungen



Folgende Arbeitsschwerpunkte beinhaltet das Hamburger Energiemanagement:

- Zentraler Energieeinkauf

Die Umweltbehörde kauft Fernwärme und Gas zentral für die öffentlichen Gebäude ein. Für den Stromeinkauf wurde ein Pool gebildet, der viele stadtnahe Einrichtungen mit einbezieht und die Einkaufsmengen bündelt. Als klimapolitischen Aspekt kauft die Stadt 5 % „Grünen Strom“ ein (in 2004).

- Umsetzung technischer Maßnahmen durch Investitionen

Es werden kontinuierlich Investitionen für energie- und wassersparende Techniken getätigt. Es werden Sanierungslösungen erarbeitet, die dann systematisch in den öffentlichen Gebäuden umgesetzt werden.

- Durchführung von Kampagnen, die auf das Nutzungsverhalten abzielen

Projekte wie 50/50, Hamburgs Schulen schalten auf Spargang, werden von der Behörde für Umwelt und Gesundheit initiiert. Ausschließlich durch Änderungen im Nutzungsverhalten werden Energie- und Wassereinsparungen erzielt. 50/50 ist ein Anreizsystem. Auf der Basis einer festgelegten Bemessungsgröße verbleiben 50 % der erzielten Einsparungen in den Schulen zur freien Verfügung. Von der anderen Hälfte profitiert der Hamburger Haushalt.

- Schulung von kaufmännischem und technischem Personal sowie der Mitarbeiter

Der rationelle Einsatz von Energie und Wasser bedingt gewisse Grundkenntnisse über technische und wirtschaftliche Zusammenhänge. Die Dezentralisierung der öffentlichen Verwaltung, mit einer größeren Kostenverantwortung für die einzelne Dienst-

stelle, erfordert eine intensive Auseinandersetzung mit energiewirtschaftlichen Fragestellungen.

- Kontinuierliches Energiecontrolling für die öffentlichen Dienststellen

Ein weiteres Hilfsmittel für die öffentlichen Dienststellen ist der jährliche Energiebericht. Er wird aus einer Energiedatenbank hergestellt, die zum Energiecontrolling genutzt wird. Die Dienststellen können ihren Jahresverbrauch für Wärme, Wasser und Strom differenziert nach Arbeit und Leistung einschließlich der dazugehörigen Kosten erkennen und mit den Vorjahren vergleichen.

Durch das Energiemanagement werden kontinuierlich Energie- und Wassersparpotenziale sowohl durch Investitionen in moderne Techniken als auch durch die Einflussnahme auf das Nutzungsverhalten erschlossen. Die Einsparungen können grundsätzlich aber nur in den Dienststellen selbst erzielt werden. Deshalb ist ein guter Kontakt zu den Dienststellen und ein ausgefeiltes Dienstleistungsangebot unabdingbar, welches sich an die Veränderungen in der Verwaltung anpasst.

### **Veränderungen in der Hamburger Verwaltung**

Wie in vielen anderen Kommunen auch, ist das Gebäudemanagement der Stadt Hamburg im Umbruch begriffen. Das Gebäudemanagement wird neu geordnet und betriebswirtschaftlich ausgerichtet. Es wird stark dezentralisiert und die Verantwortung für Budgets wird auf kleinere Verwaltungseinheiten verteilt.

Die Neuordnung erfolgt nach einem so genannten Vermieter-Mieter-Modell. Das heißt wie in der Privatwirtschaft gibt es einen Eigentümer, einen Vermieter/Verwalter und den Mieter/Nutzer. Eigentümer ist eine stadt-eigene Objektgesellschaft, eine Vermögensverwaltung, der die Gebäude gehören. Große Teile der bisherigen Gebäudebewirtschaftung fallen weg. Über Pacht- und Managementverträge überlässt die Objektgesellschaft die Gebäude privaten oder teilprivaten Betriebsgesellschaften. Diese verwalten die Gebäude, haben Mietverträge mit den öffentlichen Dienststellen geschlossen und bieten zusätzliche Dienstleistungen (z.B. Fremdanmietung) an.

Die öffentlichen Dienststellen finden sich in der Rolle des Mieters wieder, der in einer Übergangszeit von 5-10 Jahre verpflichtet wurde, die Immobilie anzumieten.

Ziel der Neuordnung ist, eine größere Kostentransparenz bei der Gebäudenutzung zu erreichen. Weiterhin sollen Anreize zum sparsamen Verhalten mit der Ressource Gewerbefläche geschaffen werden und bei den Gebäudenutzern soll eine größere Kostenverantwortung erreicht werden.

Eine weitere grundlegende Veränderung ist, dass die Dienststellen in Hamburg für den Bau und die Unterhaltung ihrer Gebäude eigene Budgets erhalten. Sie müssen ihre Gebäude eigenverantwortlich betreiben. So haben heute die Schulleitungen in vielen allgemeinbildenden und beruflichen Schulen die Budgetverantwortung für bauliche Angelegenheiten. Der Schulleiter einer großen Schule hat im Rahmen der Neuordnung der äußeren Schulverwaltung über sechstellige Beträge der Bauunterhaltung zu entscheiden.

Zumindest in einer Übergangsphase führen diese Entwicklungen dazu, dass Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter Aufgaben übernehmen, für die sie sachlich nicht ausgebildet sind. Um diese Wissenslücken zu schließen, bietet die Behörde für Umwelt und Gesundheit den anderen Dienststellen zielgruppenorientierte Schulungen an.

### Schulungsangebote

Die Schulungen werden fast ausschließlich mit eigenem Personal durchgeführt. Sie stehen unter dem Motto „Helle Köpfe sparen Energie“.

Kernzielgruppe für die Schulungen sind die öffentlichen Einrichtungen der Stadt. Es werden alle Akteure, die mit energiewirtschaftlichen Fragen befasst sind, angesprochen. Wichtige Ansprechpartner sind die technischen und kaufmännischen Entscheider. Sie können bei Investitionsvorhaben, ob Neubau, Umbau oder Sanierung, energiewirtschaftliche Aspekte berücksichtigen. Wenn ohnehin gebaut wird, lassen sich energie- und wassersparende Techniken am effizientesten einsetzen (Kopplungsprinzip).

Weiterhin werden spezielle Kurse für Schulleitungen angeboten, in denen auch Fragen der Finanzierung und Wirtschaftlichkeit bearbeitet werden.

Eher gebäudetechnisch ausgerichtet sind die Schulungen für Hausmeister und haustechnisches Personal. Hier werden viele praktische und technische Fragestellungen erörtert.

Schulungen zu denen Schulleiter und Hausmeister als Team eingeladen werden, bieten den größten Erkenntnisgewinn. In diesen häufig sehr lebhaften Schulungen erkennen die Schulleitungen, welche Bedeutung und welches Potenzial in der rationellen Energie- und Wasserverwendung stecken und welche Bedeutung ihre Hausmeister in diesem Zusammenhang haben.

Es entstehen wirklich interessante Gespräche in denen die Hausmeister ihre Probleme vor Ort darstellen können, z.B. mit Gewohnheiten von Lehrern, bei denen Schulleiter die Zusammenhänge in ihrer Schule erkennen. Und es ist natürlich eine Anerkennung und Motivation für den Hausmeister, wenn er mit seinem Schulleiter gemeinsam eine Fortbildungsveranstaltung besuchen kann.

Abbildung 2: Schulungsimpressionen; Hausmeister bei der Auswertung einer Blower-Door Messung



Abbildung 3: Schulungsimpressionen; Hausmeister und Schulleiter erleben Energie



## Das Konzept

Die Schulungen sind im Wesentlichen ein Hilfsmittel, um mit den Dienststellen ins Gespräch zu kommen. Sie ersetzen zum großen Teil die vor Ort Besuche unserer Techniker, die früher die Dienststellen regelmäßig besuchen konnten. Die Schulungen zielen darauf ab, Kontakte aufzubauen und den Teilnehmern die Serviceangebote der Behörde für Umwelt und Gesundheit aufzuzeigen. Sie stehen immer unter dem Motto „*Erfahrungsaustausch – Wissensvermittlung – Motivationstraining*“.

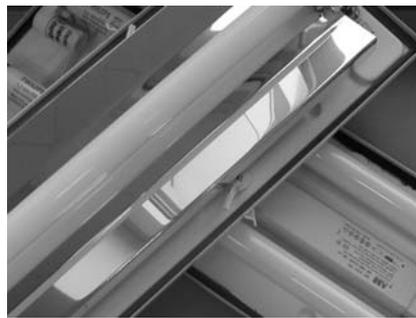
## Die Schulungsinhalte

Anwendungsbezogen; Selbstverantwortlich; Kooperativ, gemeinsam arbeiten; Handlungsspielräume eröffnen; Praxisbezug; Beispiele; Teilnehmerkompetenz einbeziehen.

Abbildung 4: Wassersparutensilien zum Zeigen und Ausprobieren



Abbildung 5: Stromsparutensilien (Licht) zum Zeigen und Ausprobieren



## Wissen bedeutet sparen.

Die Behörde für Umwelt und Gesundheit bietet Schulungen mittlerweile auch anderen Gruppen an, beispielsweise Umweltbeauftragten von Firmen, Handwerkern oder Bauverantwortlichen aus Kirchengemeinden.

*Dirk Schnurr und Adam Schmitt*

## **Einbindung von Hausmeistern und Nutzern: Hausmeisterschulung durch Energiebeauftragte – Praxiserfahrungen mit Energietreffs**

Sind Hausmeisterschulungen sinnvoll? Wie werden sie durchgeführt? Welche Erfahrungen mit internen und externen Schulungen wurden bereits gemacht? Welche Inhalte und Methoden sind sinnvoll? Sind die Schulungskonzepte effizient?

Dies waren die Fragen, die sich die Mitglieder des Arbeitskreises der hessischen Energiebeauftragten immer wieder zu diesem Thema stellten. Die Hausmeister/-innen gehören zu den wichtigsten Akteuren bei der Einsparung von Energie in kommunalen Gebäuden. Insbesondere bei den oft stark überalterten haustechnischen Anlagen, die auf Grund fehlender Mittel häufig noch jahrelang betrieben werden müssen, können durch eine clevere Betriebsführung der Hausmeister erhebliche Mengen an Heiz- und Elektroenergie eingespart werden.

Um diesen Umstand noch besser nutzen zu können, hat sich aus dem Arbeitskreis der hessischen Energiebeauftragten eine Arbeitsgruppe gebildet, die sich das Ziel gesetzt hat, zeitgemäße Schulungsprogramme und entsprechende Hilfsmittel bzw. Unterlagen zu erarbeiten. Beteiligt sind derzeit fünf Landkreise und die Landesenergieagentur.

Zunächst wurde eine Bestandsaufnahme durchgeführt, bei der sich herausstellte, dass den bisher durchgeführten Schulungen im Prinzip immer die gleichen Methoden und Inhalte zugrunde lagen. Die Inhalte waren auf die technischen Anlagen ausgerichtet, die Methode bildete in der Regel ein Vortrag vor rund 70 (!) Personen, der meist mit reichlichen Overheadfolien unterstützt wurde. Auf diesen ein bis zwei Tage dauernden Veranstaltungen wurde die gesamte Palette der technischen Einsparmöglichkeiten behandelt. Wie man aus eigener Erfahrung wusste, blieb der gewünschte Erfolg jedoch aus: der Ausbildungsstand und die Motivation zum Handeln konnten nicht merklich verbessert werden.

Um die Informationen besser und vor allem dauerhafter zu vermitteln, wurde überlegt, wie man den Inhalt in kleinere „Happen“ zerlegen und die Vortragsweise für den Kreis der Hausmeister geeigneter gestalten könnte. Dazu wurden Folien mit kurzen einprägsamen, aber wichtigen Informationen entwickelt, die graphisch und farbig ansprechender gestaltet waren. Nachdem dieser Schritt getan war, wuchs die Erkenntnis, dass man eigentlich nur das alte Schulungskonzept „runderneuert“ hatte. Es stellte sich die Frage, ob es nicht noch andere, effizientere Instrumente der Methodik gebe. Da die Mitglieder der Arbeitsgruppe selbst nur wenig Kenntnis und Erfahrung im Bereich der Erwachsenenbildung hatten, ließen sie sich in einem Intensivseminar entsprechend weiterbilden. Ausgestattet mit neuem „Rüstzeug“ wurde die bisherige Vorgehensweise kritisch hinterfragt.

Man erkannte, dass es besser wäre, die Betroffenen doch selbst zu fragen, wo sie Probleme, aber auch Möglichkeiten und Chancen zum Energiesparen sehen, und welche Punkte sie davon für besonders wichtig halten.

So wurden im September 1995 in den fünf beteiligten Landkreisen Pilotveranstaltungen durchgeführt, die „Energie-Treff“ genannt wurden. Die Seminare wurden mit jeweils etwa 15 Personen durchgeführt, wobei die Moderation von zwei „fremden“ Energiebeauftragten übernommen wurde. Um eine mögliche Befangenheit der Teilnehmer zu vermeiden,

wurde der „heimische“ Energiebeauftragte bewusst nicht eingesetzt. Die Energie-Treffs gliederten sich in zwei Abschnitte, zuerst in eine Runde mit der Frage „Was verhindert bzw. behindert die Energieeinsparung?“ und dann in eine Runde mit der Frage „Was wird bereits getan und was kann und sollte man darüber hinaus noch tun?“. Alle Antworten und Vorschläge wurden auf Karten geschrieben und auf einer Pinnwand gesammelt. Jeweils am Ende wurden gemeinsame Oberbegriffe gesucht und die Antworten danach einsortiert. Anschließend hatten die Hausmeister die Möglichkeit, eine Punktevergabe auf den Karten vorzunehmen, um darzustellen, welcher Bereich von besonderer Wichtigkeit ist, um danach festzulegen, in welcher Richtung zuerst weitergearbeitet werden sollte.

Nach Abschluss der Pilotveranstaltungen lagen nun die ersten Ergebnisse vor. So wurden in allen fünf Landkreisen fast die gleichen Probleme und Verbesserungsmöglichkeiten angesprochen. Auch die Gewichtung der Problembereiche war überall sehr ähnlich. Daher kann davon ausgegangen werden, dass sich die Ergebnisse direkt auf andere Kreise übertragen lassen. Auch in den Städten und Gemeinden dürfte, zumindest im Wesentlichen, eine ähnliche Situation gegeben sein.

Obwohl für Hausmeister in dieser Form eher ungewohnt, wurden die Veranstaltungen sehr gut aufgenommen, hauptsächlich der durchgeführte Erfahrungsaustausch wurde sehr positiv bewertet. Erstaunlich für die Arbeitsgruppe war auch die Tatsache, dass besonders in den Bereichen der „Nichttechnik“ wie Nutzerverhalten, Verhalten zu und von Vorgesetzten usw. erhebliche Probleme, aber auch Möglichkeiten gesehen werden. Darin wird auch der Grund für die fehlende Motivation der Hausmeister gesehen, die zum Teil vor diesem Problemfeld bereits „kapituliert“ haben. Hier wird ein Ansatzpunkt gesehen, nicht nur den Bereich der Technik in ein Schulungsprogramm aufzunehmen, sondern sich auch diesem Problemfeld intensiv zu widmen.

Somit stand das Projekt wieder an einem Anfang. Nun wurde ein konkretes Schulungsprogramm mit den gewonnenen Inhalten aus den Pilotveranstaltungen erarbeitet und in der Praxis erprobt.

Das Schulungs- und Motivationsprogramm soll dabei ein fester Bestandteil der laufenden Maßnahmen zur Energieeinsparung werden. In den am Projekt beteiligten Kreisen werden die Energietreffs als dauerhafte Einrichtung jeweils im Herbst und Frühjahr eines Jahres veranstaltet, wobei immer verschiedene Themen den Schwerpunkt eines Energietreffs bilden sollen. Ganz besonders wichtig dabei ist, mit den Schulungsmaßnahmen nicht nur den Kenntnisstand, sondern insbesondere die Motivation der Hausmeister zu erhöhen.

## **Zusammenfassende Darstellung: Energietreff der Hausmeister**

### **Die Idee**

- Zielgruppenorientiertes Schulungs- und Motivationsprogramm

### **Die Entwicklung des Projektes**

- Phase 1: Selbst lernen, wie zu lehren und zu motivieren ist
- Phase 2: Von den Betroffenen selbst erfahren, wo die Hindernisse zur Erreichung des Zieles liegen
- Phase 3: Erarbeitung eines Seminarprogramms unter besonderer Berücksichtigung der Erfahrungen aus den Phasen 1 und 2

### **Die Umsetzung**

- Institutionalisierung durch regelmäßige Energietreffs in halbjährlichen Abständen

### **Der Erfolg**

- Für die Hausmeister wird der Bereich Energie zum Thema.
- Die Anlagen werden besser und häufiger bedient.
- Merklich erhöhte Rückkoppelungen in Form von (Verbesserungs-)Vorschlägen oder Wünschen nach Beratung vor Ort sind zu verzeichnen.

### **Zum Beispiel: Energietreff mit Schwerpunkt Heizung und Regelung**

Zeitpunkt: in der Heizperiode (möglichst Anfang)

Veranstaltungsort: Gebäude eines teilnehmenden Hausmeisters mit möglichst „prinzipieller“ Heizungsanlage und einem geeigneten Seminarraum

Teilnehmerzahl: 15 Hausmeister/-innen

Moderator: Energiebeauftragter; bevorzugt ein „Fremder“ z.B. (Ring)-Tausch zwischen den Landkreisen bzw. Kommunen

Tafel (Flipchart), Pinnwand, Overhead

### **Ablauf Energietreff**

- Persönliche Vorstellung des Moderators;
- Kennen lernen der Teilnehmer (paarweise);

- Vorstellung der Teilnehmer;
- Einführung in das Thema durch den Moderator (warum wichtig; Betroffenheit wecken...);
- erster kurzer Erfahrungsaustausch;
- Vorstellung der vor Ort befindlichen Heizungsanlage durch den zuständigen Hausmeister (gegebenenfalls mit Hilfe des Moderators);
- Erfahrungsaustausch durch Sammeln der Vorschläge und Ideen auf Karten (Pinnwand) oder Tafel mit der Frage: „Mit welchen Maßnahmen sparen Sie Energie bei Ihrer Heizungsanlage?“
- Pause mit Imbiss;
- Weiterführung des Erfahrungsaustauschs durch Ordnen der gesammelten Vorschläge nach Oberbegriffen wie „Kessel“, „Regelung“, „Warmwasser“ oder „Nutzer“; Bestätigung und Vertiefung der guten Vorschläge durch Einflechten von Folien aus dem Folienpool;
- Fazit: Lob für die Teilnehmer, Hinweis auf die nächste Veranstaltung; Gesamtdauer etwa vier Stunden.

*Birgit Schott*

## **Energie in Kinderbetreuungseinrichtungen – Fortbildung für ErzieherInnen**

Kindern energiebewusstes Verhalten frühzeitig zu vermitteln ist eine Notwendigkeit, derer sich immer mehr Kommunen annehmen. Gerade bei Kindern bietet sich die Chance, dauerhafte Werte zu vermitteln, die das Verhalten nachhaltig beeinflussen.

Schulprojekte sind im Bundesgebiet mittlerweile weit verbreitet, in Kinderbetreuungseinrichtungen (KBE) dagegen scheint die Anzahl der Projekte und Ansätze noch begrenzt zu sein.

Im Workshop wurde ein Seminar für ErzieherInnen vorgestellt. Den Schwerpunkt des Seminars bilden praktische Ansätze – es werden Hilfestellungen gegeben, wie die Themen „Energiesparen“ und „Erneuerbare Energien“ in die Arbeit der Betreuungsstätten eingeführt und umgesetzt werden können. Ziel ist nicht die Ablesung von Zählern und das Erreichen konkreter Einsparungen, sondern eine langfristige Verinnerlichung energiebewussten Verhaltens.

Viele TeilnehmerInnen des Workshops haben über die in den Kommunen stattfindenden Aktivitäten berichtet. Andere holten sich Anregungen, wie sie sich dem Thema nähern können.

### **1. Klimaschutz-Agentur Wiesbaden e.V.**

Die Klimaschutz-Agentur entstand aus dem Energietisch Wiesbaden, einer Einrichtung im Rahmen der Lokalen Agenda 21. Ein Ergebnis des Energietisches war, dass in Wiesbaden eine Anlaufstelle fehlt, die außerhalb der Bewirtschaftung der städtischen Liegenschaften und neben der klassischen Verbraucherberatung innovative Projekte für den Klimaschutz initiiert und begleitet.

Seit Anfang 2002 arbeitet die Klimaschutz-Agentur als regionale Energieagentur mit der Aufgabe, im Stadtgebiet das Ziel der verringerten CO<sub>2</sub>-Emissionen voranzutreiben. Dies wird insbesondere über die Reduzierung der Energieverbräuche sowie der verstärkten Nutzung erneuerbarer Energien und effizienter Energietechniken angestrebt. Hierzu beteiligt sich die Klimaschutz-Agentur an den verschiedensten Projekten und leistet über Veröffentlichungen, Ausstellungen und Seminare eine breite Öffentlichkeitsarbeit.

Durch die Anschubfinanzierung über die Europäische Kommission hat die Klimaschutz-Agentur neben dem örtlichen auch einen europäischen Bezug. Insbesondere mit den Partneragenturen in Frankreich und Rumänien findet ein überregionaler Austausch statt.

### **2. Voraussetzungen an Schulen**

Laut einer Umfrage des Unabhängigen Instituts für Umweltfragen e.V., Berlin (UfU) werden in Deutschland nahezu flächendeckend Schulprojekte durchgeführt. Daher kann hier auf Bekanntes zurückgegriffen werden. Ausgehend von den Voraussetzungen an den

Schulen wird anschließend auf die Besonderheiten und Unterschiede an den KBE eingegangen.

## 2.1 Gegebenheiten an Schulen

- Schulen sind Bildungseinrichtungen, daher steht die Wissensvermittlung im Vordergrund.
- Stunden- und Lehrpläne bestimmen die Inhalte und bieten Anknüpfungspunkte durch energiespezifische Themenbereiche sowie die Möglichkeit des fächerübergreifenden Unterrichts.
- In verschiedenen Bundesländern können Umweltberatungslehrer eingesetzt werden. Unabhängig davon gibt es auch an vielen Schulen weitere feste AnsprechpartnerInnen im Kollegium.
- In der Regel gibt es Hausmeister an den Schulen, die häufig maßgeblich am Erfolg von Energieprojekten beteiligt sind.
- Meist handelt es sich bei Schulen um größere Liegenschaften, die oft auch ein großes Einsparpotential bieten.
- Die Schulen befinden sich überwiegend in kommunalem Eigentum, weshalb Einsparungen im primären Interesse der Kommunen sind. Ein weiterer Anreiz außerhalb von Schulprojekten entsteht durch die Budgetierung.

An Schulen besteht also eine Vielzahl von Anknüpfungspunkten zum Thema Energie. Es finden sich verschiedene Akteure, die einbezogen werden können.

## 2.2 Angebote an Schulen

- Den Schulen stehen vielfältige Materialien zur Unterstützung der Unterrichtsgestaltung und als Handreichungen für komplette Unterrichtseinheiten zur Verfügung.
- Viele durchgeführte Projektwochen und Wettbewerbe wurden dokumentiert und stehen als Anregungen für Aktivitäten zur Verfügung.
- Monetäre Anreizsysteme der Kommunen dienen häufig zur Motivation, Einsparungen zu erzielen.
- Für das Kollegium und die Hausmeister stehen zielgerichtete Fortbildungen zur Verfügung.

Schulen können somit auf eine Fülle von Materialien und Angeboten zurückgreifen. Zunehmend können Informationen und Anregungen auch im Internet recherchiert werden, verschiedene Netzwerke zielen auf einen Austausch zwischen den Schulen ab.

### 2.3 Hilfestellungen für die Schulen in Wiesbaden (regional und überregional)

„Energiesparen lohnt sich“ heißt das Schulprojekt, an dem sich Wiesbadener Schulen seit dem Schuljahr 1998/99 beteiligen können. Sie werden vom Hochbauamt der Stadt Wiesbaden betreut und können bei erfolgreicher Einsparung von Heizenergie eine Rückzahlung erhalten. Derzeit nehmen rund 30 von 80 Schulen am Projekt teil.

Das Hessische Landesinstitut für Pädagogik (HeLP) mit Sitz in Wiesbaden bietet den Schulen Unterstützung durch eine umfangreiche Materialiensammlung und einen ausleihbaren Messgerätekofter für Energierundgänge. Auch thematische Fortbildungen für LehrerInnen finden hier statt.

Der hessische Arbeitskreis der kommunalen Energiebeauftragten hat verschiedene zielgerichtete Angebote entwickelt. Hierzu gehören das Konzept für die Hausmeisterschulung, eine Materialkiste für die Lehrkräfte, eine Sammlung von Projekten an Berufsschulen und ein Internetangebot mit Materialien und Projektbeschreibungen.

Viele weitere überregionale Angebote stehen den Schulen zur Verfügung (z.B. das Projekt „Sonne erleben, Energie erfahren“ vom Naturschutzzentrum Hessen oder die Multivisions-Show „Klima & Energie“ des BUND [Bund für Umwelt und Naturschutz]).

## 3. Voraussetzungen an Kinderbetreuungseinrichtungen (KBE)

Bei den KBE stellen sich die Rahmenbedingungen anders dar, die Unterschiede müssen zur Erstellung erfolgreicher Angebote berücksichtigt werden. Insbesondere der Erziehungsauftrag, die Größe der Liegenschaften und die Trägerschaft der Einrichtungen müssen neben internen Voraussetzungen wie den Anforderungen an die ErzieherInnen, den verfügbaren Materialien oder den Angeboten vor Ort beachtet werden.

### 3.1 Gegebenheiten an den KBE

Grundlage für die Tätigkeit der ErzieherInnen ist die Entwicklung von Haltungen und Einstellungen wie z.B. ein positives Verhältnis zur Natur. An erster Stelle steht die Entwicklung von Haltungen und Einstellungen und nicht die Vermittlung von Informationen und eines Problembewusstseins.

Der situationsorientierte Ansatz, also die Orientierung am alltäglichen Geschehen, stellt die Grundlage dar, auf der umfangreichere Aktivitäten und Angebote aufbauen. Dies erfordert von den ErzieherInnen eine größere Flexibilität, eine Planung analog der nach einem Lehrplan ist nicht möglich.

Es handelt sich bei den KBE in der Regel um kleinere Liegenschaften mit einer entsprechend geringeren technischen Ausrüstung. Oft nehmen die KBE auch nur einen Teil des Gebäudes ein.

Häufig kann nur begrenzt auf Hausmeister zurückgegriffen werden, da diese aufgrund der Größe der Liegenschaften meist nicht vor Ort tätig sind.

Im Gegensatz zu den Schulen gibt es viele nicht-kommunale Einrichtungen mit einer entsprechend abweichenden Abwicklung der Energiekosten. Diese können in der Regel nicht an Anreizsysteme angekoppelt werden. Weiter haben die Kommunen oftmals kein Interesse, die nicht kommunalen Einrichtungen mit einzubeziehen, da die Kommune von deren Einsparungen nicht unmittelbar profitiert, wenn die Energiekosten in den allgemeinen Zuschüssen enthalten sind.

Die äußeren Voraussetzungen an den KBE unterscheiden sich also beträchtlich von denen an den Schulen. Für die Entwicklung zielgruppenorientierter Angebote muss weiter die Situation in den Einrichtungen betrachtet werden.

An die ErzieherInnen werden die unterschiedlichsten Anforderungen gestellt. Mit zunehmender Aufenthaltszeit der Kinder in den Einrichtungen steigen die Anforderungen weiter. Die Umwelterziehung ist nur ein kleiner Bereich dessen, was in den KBE abgedeckt wird. Und innerhalb der Umwelterziehung ist das Thema Energie wiederum nur eines von vielen.

Energiethemen werden im Rahmen der Umwelterziehung häufig nicht berücksichtigt. Viele Umweltthemen sind leicht zugänglich (z.B. Ernährung, Wald), wohingegen der Bereich Energie als sehr abstrakt empfunden wird. Ohne die Hilfestellung und Motivation von außen wird das Thema Energie kaum aufgegriffen werden.

In der Regel kann nicht davon ausgegangen werden, dass die ErzieherInnen über eine technische Vorbildung verfügen. Da oft auch keine Hausmeister vor Ort sind, ist unter Umständen mit großen Berührungsängsten zu rechnen. Im Vergleich zu den Schulen gibt es (noch?) verhältnismäßig wenige Materialien, die den ErzieherInnen zur Verfügung stehen. Anregungen finden sich z.B. in den Reihen zu Feuer, Erde, Wasser, Luft. Insgesamt ist das Angebot aber nicht zu vergleichen mit der Fülle an Materialien und Projektbeschreibungen für Schulen.

Der situationsorientierte Ansatz macht den Einstieg in das Thema Energie vermeintlich schwer. Eine vorausschauende Planung kann schnell durch ein aktuelles Ereignis überholt werden, welchem die Kinder ihre Aufmerksamkeit widmen.

Insgesamt erscheint es sehr schwierig, Energiethemen in den KBE-Alltag einzubringen, obwohl die Kinder tagtäglich Energie verwenden. Es ist erforderlich, Angebote zu entwickeln, die die LeiterInnen und ErzieherInnen motivieren, sich auch diesem Umweltbereich anzunehmen. Hierzu benötigen sie neben Informationen über Zusammenhänge insbesondere Einstiegshilfen und Hinweise, wie sie das abstrakte Thema aufgreifen können.

### **3.2 Angebote und Hilfestellungen**

Den KBE stehen verschiedene Fach- und Kinderbücher zur Verfügung. Auch wenige Spiele sind auf dem Markt. Das Energietheater von BUND Wetterau und Naturschutzzentrum Hessen ist ein Puppentheater, das sich für eine Einzelveranstaltung eignet.

Die Umweltberatung der Stadt Wiesbaden hat eine Arbeitsgruppe Umwelt ins Leben gerufen. In einem losen Zusammenschluss treffen sich engagierte ErzieherInnen mit Mitar-

beiterInnen der Umweltberatung. Eingeladen sind alle Einrichtungen, nicht nur die städtischen. Obwohl die AG seit über sechs Jahren besteht, ist das Energiethema bisher nicht aufgegriffen worden. Die Klimaschutz-Agentur bietet eine Fortbildung für ErzieherInnen an, um diesen den Einstieg in das Thema zu ermöglichen. Die Fortbildung kann von allen Einrichtungen über die Fortbildungsstelle der Stadt Wiesbaden gewählt werden. Die Teilnahme für externe (nicht städtische) Einrichtungen ist nicht kostenfrei. Dennoch haben sich über 50 % Externe angemeldet.

Vorhandene Strukturen wie die AG Umwelt sind wichtig, um bereits aktive ErzieherInnen gezielt ansprechen zu können.

#### **4. Die Fortbildung für ErzieherInnen**

Die Fortbildung besteht aus vier Bausteinen:

- Technische Informationen  
grundlegende Informationen zu Sachverhalten, die die ErzieherInnen im Alltag wieder finden;
- Hinweise zum Nutzerverhalten  
hier liegen die größten Einflussmöglichkeiten in den KBE sowie die Bereiche, die den Kindern gut vermittelt werden können;
- Pädagogische Hilfestellungen  
abgeleitet aus anderen Erziehungsbereichen;
- Umsetzungshilfen  
zum direkten praktischen Einstieg in das Thema.

##### **4.1 Technische Informationen und Nutzerverhalten**

Informationen technischer Art und zum Nutzerverhalten werden aus verschiedenen Gründen vermittelt:

- Die Informationen sollen den ErzieherInnen eventuell vorhandene Berührungspunkte nehmen und ihr Interesse wecken. Daher werden Informationen aus den Lebenszusammenhängen der ErzieherInnen gewählt, wie Heizkörperthermostate oder Energiesparlampen.
- Den ErzieherInnen wird Grundlagenwissen vermittelt – vorwiegend wieder in den Bereichen, die sie direkt betreffen und auf die sie Einfluss haben. Die Wissensvermittlung dient den ErzieherInnen auch dafür, den Kindern ihre Fragen beantworten zu können.
- Publikationen und Anlaufstellen werden genannt für den Fall, dass weiterführende Informationen oder auch Aktivitäten gewünscht werden. Es erfolgen Hinweise auf Broschüren, Bücher, Leihmöglichkeiten für Energieverbrauchsmessgeräte sowie auf örtliche Hilfestellungen wie die AG Umwelt, den Umweltladen oder das Hochbauamt.

- Die ErzieherInnen sollen für die Beschäftigung mit dem Thema Energie motiviert werden. Andernfalls werden sie das Thema in den Einrichtungen nicht wieder aufgreifen. Im Idealfall sollen sie ihr eigenes Verhalten in Frage stellen und, wenn nötig, korrigieren. Sie sollen ihre vielfältigen Einflussmöglichkeiten erfahren und dazu gewonnen werden, sich auch in den KBE für Veränderungen einzusetzen.

Der Bereich der technischen Informationen und des Nutzerverhaltens umfasst die klassischen Bereiche der Energieverwendung in privaten Haushalten. Dies hat zwei Vorteile: Die ErzieherInnen sehen ihre persönlichen Interessensbereiche behandelt, sie können Unsicherheiten im Umgang mit Energie klären. Außerdem können sie vieles direkt in den Einrichtungen umsetzen, da diese in großen Teilen den privaten Haushalten ähnlich sind.

Die vergangenen Seminare haben gezeigt, dass die ErzieherInnen hier sehr interessiert sind und sich sehr gut motivieren lassen.

#### **4.2 Pädagogische Hilfestellungen**

Die pädagogischen Hilfestellungen zeigen den ErzieherInnen, was von ihnen erwartet wird bzw. was nicht von ihnen erwartet wird. Gleichzeitig sind sie wichtig für Anbieter und Durchführende (Kommune, Energiebeauftragte), damit diese an die ErzieherInnen als externe Partner nicht mit falschen Erwartungen herantreten.

Keine Experimente der Experimente willen: Experimente zielen auf Informationsvermittlung, wohingegen in KBE Einstellungen und Werte vermittelt werden sollen. Eine unreflektierte Übernahme von aus dem Schulbereich bekannten Experimenten soll daher nicht erfolgen.

Situationsorientiertes Lernen: Das alltägliche Verhalten bildet die notwendige Grundlage, um hierauf umfangreichere Aktivitäten und Angebote aufzubauen. Idealerweise werden Variationen aufgegriffen, die sich ohnehin ergeben („Warum ist es kalt im Raum?“).

Überzeugendes Vorleben durch die ErzieherInnen: Umweltbewusstes Verhalten kann den Kindern nur nahe bringen, wer es selbst praktiziert. Unter Umständen setzt dies auch Verhaltensänderungen bei den Erwachsenen voraus. Umsetzung im Alltag der Einrichtung: Glaubwürdig wird die Auseinandersetzung für die Kinder erst, wenn sich alle mit dem Thema beschäftigen – also auch die Erwachsenen und möglichst alle Gruppen der Einrichtung. Des Weiteren ist eine kontinuierliche Auseinandersetzung der zeitlich befristeten Aktion vorzuziehen. Kurzzeitige Aktionen wie eine „Energiewoche“ oder ein „Sonnenfest“ können natürlich als Auftakt zum Einstieg in das Umweltthema Energie dienen.

#### **4.3 Umsetzungshilfen**

Um die Wahrscheinlichkeit zu erhöhen, dass die ErzieherInnen ihre neuen Anregungen in die Einrichtungen auch einbringen, wird großer Wert auf Umsetzungshilfen gelegt. Im Idealfall gehen die ErzieherInnen motiviert aus dem Seminar und haben viele Anregungen dafür, sofort mit der Umsetzung zu beginnen.

- Einstieg in die Themenbereiche: Verschiedene Vorschläge aus den Lebenszusammenhängen der Einrichtungen werden angeboten (z.B. Beginn der Heizperiode, tropfender Wasserhahn).
- Veranschaulichung komplexer Zusammenhänge: Hilfestellungen, mit denen den Kindern Zusammenhänge veranschaulicht werden können (z.B. Dynamotaschenlampe – die Bereitstellung elektrischen Stroms erfordert den Einsatz von Arbeit).
- Verhaltensregeln aufstellen: Zusammen mit den Kindern können Verhaltensregeln aufgestellt werden, die dann von allen beachtet werden sollen (z.B. Licht aus, wenn keiner im Raum ist).
- Bastelarbeiten, Aktionen, Materialien: Verschiedene Bastelarbeiten werden angeboten (z.B. Wasserräder, Ofenkarussell) und Hinweise auf Aktionen gegeben (z.B. ein Tag ohne Strom). Verschiedene Bücher und Spiele werden den ErzieherInnen vorgestellt.
- Spaß: Umweltbewusstsein zu entwickeln, kann nicht bedeuten, den Kindern wichtige Erlebnismöglichkeiten vorzuenthalten – die Aktivitäten zum Thema Energie sollen den Beteiligten Spaß machen!

#### 4.4 Ziele des Seminars

- Informationen vermitteln, um Ansatzpunkte für Veränderungen zu bieten;
- Motivation, um Veränderungen in den KBE anzustreben;
- Überzeugung der ErzieherInnen, damit diese den Kindern wiederum energiebewusstes Verhalten überzeugend vorleben können;
- Verhaltensänderungen im Alltag, von allen und dauerhaft;
- Kontinuierliche Auseinandersetzung mit dem Thema Energie;
- Multiplikatoreneffekte durch die ErzieherInnen und die Kinder, so dass das energiebewusste Verhalten weitere Kreise zieht;
- Idealerweise soll aus dem Umweltthema Energie ein „Dauerbrenner“ analog zu anderen wichtigen Themen wie z.B. der Ernährung, werden.

Keine – primären – Ziele des Seminars sind das Ablesen von Zählern oder die Dokumentation von Einsparungen. Solche selbstverständlich wünschenswerten Aktivitäten und Ergebnisse müssen dann mit einbezogen werden, wenn die Kommune ein Anreizsystem für Energieeinsparungen aufstellt. Bei Interesse einzelner Einrichtungen wird natürlich ebenfalls hierauf eingegangen.

#### 4.5 Voraussetzungen zum Erfolg

Folgende Punkte müssen bei der Umsetzung von Energiethemen in KBE unbedingt berücksichtigt werden:

- Nur, was überzeugend vorgelebt wird, kommt bei den Kindern auch an: die ErzieherInnen müssen nicht nur informiert, sondern überzeugt werden.
- Glaubwürdigkeit entsteht erst, wenn die Erkenntnisse im KBE-Alltag wieder entdeckt werden: dies wird erreicht durch eine kontinuierliche Auseinandersetzung mit Energiethemen, bei der alle eingebunden sind.
- Grundvoraussetzung für eine erfolgreiche Umsetzung ist, dass es Spaß macht: hierin liegt gleichzeitig die große Chance, energiebewusstes Verhalten für die Kinder positiv zu belegen.

#### 4.6 Seminarinhalt

- Einführung: Aktualität und Motivation
- Energiesparen und rationelle Energieverwendung für Große
- Pädagogische Hilfestellungen
- Energiesparen für Kinder
- Erneuerbare Energien für Große
- Energie erleben mit Kindern

Folgende Energiethemen werden behandelt: Raumwärme, elektrischer Strom, Beleuchtung, Warmwasser, Sonnenenergie, Windkraft, Wasserkraft.

Das Seminar findet an zwei Halbtagen statt oder in einer gekürzten Version innerhalb eines halben Tages.

### 5. Diskussion und Anregungen

Die Wiedergabe der Beiträge der TeilnehmerInnen des Workshops erfolgt nur in Stichpunkten. Sie sollen einen Einblick in die verschiedenen Ansätze bieten sowie den Stand der Diskussion im Forum darstellen.

#### 5.1 Projekte

Aus vielen Kommunen wurde von realisierten und geplanten Projekten berichtet:

- Angebote von Dienstleistungen für Schulen und KBE (z.B. solares Basteln);
- Schulprojekt, ab ca. 2004 sollen die KBE mit aufgenommen werden (incl. Anreizsystem);
- Verbrauchserfassungen und Schulungen;

- Schulprojekt, seit 2 Jahren auch KBE dabei; Betreuung der KBE ist nicht optimal;
- Seit zwei Jahren sind die KBE mit im Energiemanagement; Leitungen der Einrichtungen blockieren oft;
- Seit 1998 Programm für KBE, Konzentration auf ErzieherInnen KBE sollen nun angegangen werden, erwartet wird ein großes Einsparpotenzial;
- KBE werden vor Ort betreut;
- Seit 1999 neben Schulen auch KBE + Küchen-AG; Schulungen, auch technische Maßnahmen wurden durchgeführt; ansehnliche Einsparungen im Bereich Wasser;
- Laufendes Projekt seit zwei Jahren;
- Umweltpädagogik, ohne Energie;
- Budgetierung; Wassersparen; Energie noch nicht; engagierte Leitungen;
- Seit 4-5 Jahren gibt es ein (bisher) freiwilliges Projekt, das jetzt auf alle ausgedehnt werden soll; hohe Einsparungen wurden erzielt (nicht nur Nutzerverhalten);
- Schulprojekt im Internet, aktuell vernetzt auch mit den KBE; einmal jährlich Erfahrungsaustausch.

Die meisten TeilnehmerInnen des Workshops rechnen mit eher geringen Einsparungen an den KBE. Manche Auswertungen zeigen, dass aber auch größere Einsparungen möglich sind. Noch mehr als bei den Schulen sollte darauf geachtet werden, die KBE zu betreuen und Demotivation zu verhindern.

## 5.2 Hemmnisse und Erfahrungen

Von den TeilnehmerInnen am Workshop wurde eine Reihe von Hemmnissen bei der Umsetzung von Projekten an KBE zusammengetragen:

- Keine Budgetierung an den Einrichtungen;
- Berechnung der Kostenzuschüsse an freien Einrichtungen anhand von „Mustereinrichtungen“ stellen für die freien Einrichtungen keine Einsparmotivation dar;
- Energie ist ein abstraktes Thema;
- Geringe Anzahl an TeilnehmerInnen bei Fortbildungsangeboten – die Hemmschwelle zur Teilnahme ist sehr hoch;
- Freistellung der ErzieherInnen einer ganzen Einrichtung ist in der Regel nicht machbar – Teilnahme nur von einzelnen, die die anderen dann überzeugen müssen;
- Zu wenig Personal für Betreuung von Projekten – die Abwicklung erfolgt nur nebenbei, der persönliche Kontakt kommt zu kurz;
- Nicht kooperationswillige LeiterInnen;

- Kleine Liegenschaften – die Betreuung sollte daher nur einen geringen Aufwand verursachen.

### 5.3 Ideensammlung

- NABU-Sommerfest (thematische Feste für die Kinder) – könnte auch zum Thema Energie angeregt werden;
- Konzeptionstage in Einrichtungen nutzen, um gezielt Angebote zu bewerben und anzubieten;
- Themenorientierte Kindergärten (analog Erlebniskindergarten);
- Schulung der LeiterInnen;
- Schulung in den Einrichtungen, mit Rundgang;
- Budgetierung als Anreiz;
- Jährliche Fortbildungswoche für alle ErzieherInnen.

Die Vielfalt der Ansätze wie auch die unterschiedlichen Erwartungen und Erfahrungen wurden im Workshop deutlich. Die weitere Entwicklung im Themenbereich Energie an KBE kann daher mit Spannung erwartet werden.

*Gabriele Purper*

## **Der hessische Arbeitskreis der kommunalen Energiebeauftragten**

Der hessische Arbeitskreis der kommunalen Energiebeauftragten wurde Ende des Jahres 1984 auf Anregung des damaligen Energiebeauftragten des Landkreises Marburg-Biedenkopf, Herrn Kraft, eingerichtet. Ziel dieses regelmäßig stattfindenden Treffens sollte sein, den Energiebeauftragten eine Gelegenheit zu verschaffen, sich über ihre Erfahrungen mit der Technik und den Gebäuden, mit Produkten, dem Betrieb, der Organisation usw. auszutauschen. Gleichzeitig sollte damit ein „Netzwerk“ von Kollegen gebildet werden, die man bei Bedarf schnell und unbürokratisch fragen und mit denen man auch außerhalb der Treffen fachlich diskutieren kann. Es sollte nicht den Charakter einer Weiterbildungs- oder Vortragsveranstaltung haben, sondern es sollten durchaus unterschiedliche Themen pro Treffen zur Sprache kommen können. Auch sollte nicht einer oder mehrere referieren, sondern es sollte die Diskussion im Vordergrund stehen.

Seit 1984 tagt dieser Arbeitskreis in der Regel drei Mal im Jahr: zwischen Weihnachten und Ostern, zwischen Ostern und den Sommerferien und zwischen den Sommerferien und Weihnachten. Die ursprüngliche Zielsetzung und Form haben sich nicht verändert. Immer noch steht der praxisorientierte und gegenseitige Erfahrungsaustausch im Vordergrund.

Das hessische Wirtschafts- bzw. Umweltministerium (je nachdem, welches Ressort für Energiefragen zuständig ist) organisiert den Arbeitskreis. Es pflegt die Adressliste, lädt zu den Treffen ein, leitet die Treffen und fertigt ein Ergebnisprotokoll der Treffen, das an alle Mitglieder versandt wird. Zurzeit ist das hessische Wirtschaftsministerium, Referat Energieeinsparung, zuständig.

Die Mitglieder des Arbeitskreises sind die Energiebeauftragten der 21 hessischen Kreise und der fünf kreisfreien Städte. Als „Energiebeauftragte“ werden diejenigen Mitarbeiter bezeichnet, die für das Energiemanagement und die Energieeinsparung in den kreis- bzw. stadteigenen Liegenschaften zuständig sind. In den Kreisen und Städten gibt es verschiedene Organisationsmodelle. Die Energiebeauftragten sind sowohl bei den Bauämtern, den Bau- und Planungsämtern als auch bei den Umweltämtern, den Liegenschaftsämtern, den Schulämtern angesiedelt. Es gibt Eigenbetriebe zur Gebäudewirtschaft bzw. zum Gebäudemanagement sowie Energieagenturen. Zum Teil werden die Städte bzw. Kreise durch zwei Teilnehmer aus verschiedenen Ämtern, zum Beispiel Hochbauamt und Umweltamt, vertreten.

Darüber hinaus können auch Energiebeauftragte der übrigen hessischen Städte und Gemeinden teilnehmen. Weiterhin steht der Arbeitskreis den Energiebeauftragten sonstiger öffentlicher Einrichtungen (der Kirche, kirchlicher Einrichtungen, der Universitäten usw.) sowie Mitarbeitern landeseigener oder für das Land tätiger Einrichtungen (Institut Wohnen und Umwelt, Hessen-Energie) offen. Diese sog. freiwilligen Mitglieder werden allerdings nur zu drei Terminen eingeladen. Wenn sie zu einem dieser Termine nicht erscheinen, werden sie von der Adressliste gestrichen, um diese Liste nicht unnötig anwachsen zu lassen. Derzeit hat der Arbeitskreis 65 Mitglieder.

Die Teilnahme von Vertretern aus Unternehmen oder Ingenieur- oder Planungsbüros am Arbeitskreis wird nicht zugelassen, auch nicht als Vertreter von Kommunen, da sonst die Neutralität und die Wettbewerbsgleichheit gefährdet wären.

Zu Beginn des Arbeitskreises waren noch keine Frauen unter den Energiebeauftragten vertreten. Inzwischen sind es erfreulicherweise sechs bis sieben Frauen, die zu den engagierten und aktiven Teilnehmern gehören.

Beim Start des Arbeitskreises im Jahr 1984 war die Funktion eines Energiebeauftragten noch weitgehend unbekannt. Durch die Aufklärungsarbeit der ersten engagierten Teilnehmer und des Ministeriums benannte nach und nach fast jeder Kreis bzw. jede kreisfreie Stadt einen zuständigen Mitarbeiter. Von den fünf „Pflichtmitgliedern“ bei den kreisfreien Städten arbeiten vier aktiv mit, von den 21 „Pflichtmitgliedern“ unter den Kreisen sind es 16. Dafür verantwortlich ist einerseits die grundsätzliche politische Ausrichtung der Stadt bzw. des Kreises, andererseits hängt das Engagement aber auch sehr stark vom persönlichen Engagement der jeweiligen Person ab.

An den Sitzungen nehmen gewöhnlich 30 bis 35 Personen teil. Die Sitzungen finden an wechselnden Orten statt, in der Verwaltung oder einer Einrichtung eines der Teilnehmer. Nach Möglichkeit werden die Sitzungen abwechselnd in Nord-, Mittel- und Südhessen abgehalten, so dass jeder mindestens einmal im Jahr nur eine kurze Anreise hat. Der betreffende Energiebeauftragte stellt beim Treffen in seinem Ort in der Regel seine Arbeit, ein bestimmtes Projekt oder Objekt vor.

Die Tagesordnung, die mit der Einladung bekannt gegeben wird, wird weitgehend von den Teilnehmern selbst bestimmt. Es handelt sich um alltags- und praxisbezogene Themen aus den Bereichen des Energie- und Gebäudemanagements, der Gebäude- und Haustechnik, der Organisation und den Finanzen. Einer oder mehrere der Energiebeauftragten referieren kurz ihre Erfahrungen zu dem Thema, danach finden eine gewöhnlich ausführliche Diskussion und ein Erfahrungsaustausch statt. Zu grundsätzlicheren Themen bzw. zu Übersichten über bestimmte Themen referieren Mitarbeiter der Hessen-Energie, des Instituts Wohnen und Umwelt und in Ausnahmefällen auch externe Referenten. Das Ministerium selbst informiert über alle Fragen der Förderung und die übrigen Aktivitäten des Landes.

Im Laufe der Jahre gibt es immer wieder Schwerpunktthemen, die eine grundsätzlichere und/oder breitere Arbeit über einen längeren Zeitraum mit ggf. externer Hilfe erfordern.

Das erste Thema dieser Art war „Energieverbrauchserfassung und -kontrolle mittels EDV“. Seit Anfang der neunziger Jahre wurde im Arbeitskreis darüber diskutiert, wie man den Energieverbrauch der Gebäude systematisch erfassen und kontrollieren könnte. Einige Energiebeauftragte entwickelten dazu eigene Programme. Man kam aber überein, dass es sinnvoll wäre, ein einheitliches Programm zu haben, um sich ggf. auch austauschen zu können. Nach einer Marktrecherche und anschließenden Ausschreibung entschied man sich für das Programm Akropolis der Firma Enerko aus Aldenhoven. Dieses Programm wurde im Auftrag des Landes zu „Akropolis Hessen“ weiter entwickelt, wobei hessenspezifische Bestandteile wie zum Beispiel der Leitfaden „Heizenergie im Hochbau“ integriert wurden. Die inhaltliche Weiterentwicklung, die Anpassung an die allgemeine EDV-Entwicklung sowie die Tests waren sehr aufwendig, bevor man ein funktionierendes und umfassendes Programm zur Energieverbrauchserfassung und -kontrolle erreichte. Alle

Energiebeauftragte hatten die Möglichkeit, eine kostenlose Lizenz zur Nutzung dieses Programms zu erhalten.

Ein weiterer Arbeitsschwerpunkt, der seit Jahren kontinuierlich bearbeitet wird, ist der Themenkomplex „Lernen und handeln für die Zukunft – hessische Schulen sparen Energie“. Schulen stellen ca. 90 % des von den Energiebeauftragten betreuten Gebäudebestands dar. Der Zustand der Schulen und die Situation in den Schulen sind deshalb ein regelmäßiger Gesprächsgegenstand bei den Treffen.

Zu diesem Themenkomplex sind eine Reihe konkreter Modellprojekte unternommen worden, die in enger Zusammenarbeit mit dem Hessischen Kultusministerium bzw. dem von ihm beauftragten Hessischen Landesinstitut für Pädagogik (HeLP) durchgeführt wurden. Dabei kam es vor allem darauf an, die nicht-investiven Energiesparpotenziale zu nutzen. Wesentliche Projekte waren:

- die Durchführung und Vermittlung der Hausmeisterschulungen („Energietreffs für Hausmeister“) mittels eines Moderationskonzepts, das sich vorrangig an den Interessen und Problemen der Hausmeister orientiert;
- die Erarbeitung und Vermittlung beispielhafter Unterrichtskonzepte wie „Sonne erleben – Energie erfahren“ für die Grundschule, das Lernpaket „Bewusster Umgang mit Energie“ für die Sekundarstufen;
- Regionale und bundesweite Veranstaltungen;
- „Energiesparen in Schulen“ im Internet (siehe [www.energie-und-schule.hessen.de](http://www.energie-und-schule.hessen.de)).

Zurzeit noch im Gange sind die Vorhaben

- „Energiesparprojekte in Berufsschulen“. Dabei wird zum einen eine Dokumentation beispielhafter Projekte hessischer Berufsschulen zusammengestellt, und zum anderen wird versucht, auf die laufenden Prozesse der Neuordnung sowohl der Sanitär- und Heizungsberufe als auch der Elektroberufe Einfluss zu nehmen, damit die beruflichen Anforderungen, die energieeffiziente Techniken stellen, angemessen berücksichtigt werden;
- Budget- und Anreizsysteme für Energieeinsparung bei hessischen Schulträgern, eine Bestandsaufnahme und Bewertung der vergangenen und laufenden Vorhaben in Hessen.

Ein weiteres aktuelles Schwerpunktthema ist „Neuartige Einspartechniken – Top oder Flop?“ Bei den Treffen wird regelmäßig über neue Geräte und Produkte auf dem Markt berichtet, mittels deren Einsatz erhebliche Einsparungen erzielt werden sollen, wie zum Beispiel Keramikeinsätze in Heizkessel und Geräte zur Verzögerung der Brennerlaufzeit bzw. zur Verzögerung der Startzeiten. Der Arbeitskreis hat dazu eine Stellungnahme verfasst, die den Teilnehmern als Orientierung dienen soll.

Vor ca. zwei Jahren wurde auf der Internetseite des Ministeriums ein eigener chat-room eingerichtet, der nur den Energiebeauftragten zugänglich ist und wo Fragen oder Inhalte schnell allen übermittelt werden können. Die Inanspruchnahme des chat-rooms wechselt. Eine solche Übermittlung ist auch per E-mail möglich. Die entsprechende Adressda-

tei wird vom Ministerium gepflegt und aktualisiert dem Arbeitskreis in regelmäßigen Abständen zur Verfügung gestellt.

Die Einrichtung und der Betrieb des Arbeitskreises ist nur eine der Aktivitäten, die das Land Hessen im Rahmen seiner praktischen Energiepolitik für die Kommunen bereitgehalten hat bzw. bereithält. Dazu gehört die Förderpolitik, die gerade in den letzten Jahren sehr stark auf die Kommunen ausgerichtet war, die Entwicklung von Planungsunterlagen (Leitfäden Heizenergie im Hochbau und Elektrische Energie sowie die frühere Förderung von Energiekonzepten), das Angebot der kostenlosen Vorfeldberatung sowie der Projektbegleitung der Hessen-Energie, Veranstaltungsreihen zu ausgewählten Themen usw.

Der Arbeitskreis bringt dem Land ebenfalls Vorteile. Die Energiebeauftragten sind die Ansprechpartner des Landes für alle kommunalbezogenen Maßnahmen. Die Vermittlung der Landesförderung kommunaler Energieinvestitionen und damit auch die Umsetzung der Förderung ist darüber zum Beispiel sehr schnell möglich, da dadurch sofort derjenige erreicht wird, der die Maßnahme in der Kreis- bzw. Stadtverwaltung initiieren, planen und durchführen muss. Auch gemeinsame Aktionen wie zum Beispiel die regionalen Solar-kampagnen oder das Modellprojekt BIOREGIO HOLZ sind so schnell und erfolgreich umsetzbar.

Ich leite den Arbeitskreis seit seinem Beginn mit einer Unterbrechung von ca. zwei Jahren, während der ein Kollege die Organisation übernahm. Der Aufwand für die Organisation des Arbeitskreises ist nicht sehr hoch. Er besteht in der Pflege der Adressdatei, dem Versand der Einladungen, der Leitung und Protokollführung der Sitzung. Die Organisation des Treffens vor Ort übernimmt der jeweilige Energiebeauftragte. Ohne dass eine Umfrage durchgeführt wurde, sieht es doch so aus, als sei der Nutzen des Arbeitskreises für die Teilnehmer relativ hoch, da kontinuierlich fast die Hälfte der Eingeladenen die Sitzungen besucht. Es ist auch ein ausreichend großer „Kern“ an aktiven Teilnehmern vorhanden, der für den Einzelnen immer die Aussicht bietet, auf den jeweiligen Treffen Neues zu erfahren und interessante Diskussionen führen zu können. Insofern wird das Verhältnis von Aufwand zu Nutzen dieser Maßnahme als sehr gut betrachtet.



**Anhang**  
**Verzeichnis der Autorinnen und Autoren**  
**Abkürzungsverzeichnis**



## Verzeichnis der Autorinnen und Autoren

*Tim Bachmann*

Magistrat der Stadt Bad Homburg v.d.H.,  
Bau und Betrieb

*Axel Bretzke*

Magistrat der Stadt Frankfurt am Main,  
Abteilung Energiemanagement

*Rüdiger Forchmann*

Stadtverwaltung Leipzig, Hochbauamt

*Holger Fröhlich*

Magistrat der Stadt Bad Homburg v.d.H.,  
Fachbereich Stadtplanung

*Michael Funke*

Stadtverwaltung Dortmund,  
Städtische Immobilienwirtschaft

*Christian Gleim*

Stadt Wuppertal, Gebäudemanagement

*Dr. Jürgen Görres*

Stadtverwaltung Stuttgart,  
Amt für Umweltschutz

*Axel Henkel*

Hessisches Ministerium für Wirtschaft,  
Verkehr und Landesentwicklung,  
Abteilung "Energie, Mittelstand, Außen-  
wirtschaft, Berufliche Bildung"

*Herbert Hofmuth*

Landeshauptstadt München, Baureferat

*Dr. Volker Kienzlen*

Stadtverwaltung Stuttgart, Amt für  
Umweltschutz

*Mathias Linder*

Magistrat der Stadt Frankfurt am Main,  
Abteilung Energiemanagement

*Robert Persch*

Magistrat der Stadt Bensheim, Energiebe-  
ratung

*Hendrik Pinnau*

Hansestadt Hamburg, Behörde für Um-  
welt und Gesundheit

*Gabriele Purper*

Hessisches Ministerium für Wirtschaft,  
Verkehr und Landesentwicklung, Referat  
"Energieeinsparung"

*Dieter Rilling*

Stadtverwaltung Stuttgart, Amt für  
Umweltschutz

*Cornelia Rösler*

Deutsches Institut für Urbanistik

*Franzjosef Schafhausen*

Bundesministerium für Umwelt,  
Naturschutz und Reaktorsicherheit,  
Arbeitsgruppe „Klimaschutzprogramm  
der Bundesregierung“

*Manfred Schaub*

ENERGIE 2000 e.V.,  
Energieagentur im Landkreis Kassel

*Adam Schmitt*

Kreisausschuss des Landkreises Bergstra-  
ße, Abteilung Gebäudewirtschaft

*Dirk Schnurr*

Kreisausschuss des Schwalm-Eder-  
Kreises, Hochbauverwaltung

*Birgit Schott*

Klimaschutz-Agentur Wiesbaden e.V.

*Peter Schröder*

Magistrat der Stadt Bremerhaven,  
Wirtschaftsbetrieb Seestadt Immobilien

*Ingo Therburg*

Magistrat der Stadt Frankfurt am Main,  
Energierreferat

*Petra Walderbach*

Stadtverwaltung Freiburg im Breisgau,  
Bauverwaltungsamt

## Abkürzungsverzeichnis

AfE	Aktiengesellschaft für Energiewirtschaft
AMEV	Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen
ASR	Arbeitsstättenrichtlinie
A/V-Verhältnis	Verhältnis der Außenwandfläche zum Volumen
BHKW	Blockheizkraftwerk
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BMVEL	Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft
BMWA	Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit
BUND	Bund für Umwelt und Naturschutz
CO <sub>2</sub>	Kohlendioxyd
d/a	Nutzungstage
DDC	Digital Direct Control
DIN	Deutsche Industrienorm
DruckbehV	Druckbehälterverordnung
DVGW	Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V.
EAM	Elektrizitäts-Aktiengesellschaft Mitteldeutschland
EDU	Energiedienstleistungsunternehmen
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EFF1 Klasse	Effizienzklasse 1
EN	Europäische Norm
EnEV	Energieeinsparverordnung
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
e <sub>p</sub>	Anlagenaufwandszahl
Euro/m <sup>2</sup> a	Euro pro Quadratmeter und Jahr
Euro/P,a	Euro/Personenzahl, Jahr
EVU	Energieversorgungsunternehmen

Fenster-g-Wert	Gesamtenergiedurchlassgrad
FW	Fernwärme
GLT	Gebäudeleittechnik
GuD-Kraftwerke	gekoppelte Gas- und Dampfturbinen-Kraftwerke
GWB	Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen
HeLP	Hessische Landesinstitut für Pädagogik, Wiesbaden
HOAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
HT	Haupttarif
$H_T'$	spezifischer Transmissionswärmeverlust
ISO	International Organization for Standardization
I/Sp.	Spülmenge
KBE	Kinderbetreuungseinrichtungen
Kd/a	Kelvin mal Tag pro Jahr (Gradtagzahl für die Heizzeit)
KEA	Klimaschutz- und Energieagentur in Baden-Württemberg
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
KommEm	Kommunales Energiemanagement
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde
kWh/m <sup>2</sup> a	Kilowattstunde pro Quadratmeter und Jahr
kWh/m <sup>3</sup> a	Kilowattstunde pro Kubikmeter und Jahr
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
KWKModG	Kraft-Wärme-Kopplungsmodernisierungsgesetz
$kW_{th}$	Kilowatt thermisch
LV	Leistungsverzeichnis
LW	Luftwechselrate
lx	Lux, Maß für die Beleuchtungsstärke
MSR	Mess-, Steuer- und Regeltechnik
MWh	Megawattstunde
MWh/a	Megawattstunde pro Jahr (per anno)
$MW_{el}$	Megawatt elektrisch

MWh <sub>end/a</sub>	Megawattstunde Endenergie pro Jahr (per anno)
MWSt	Mehrwertsteuer
MWh <sub>th</sub>	Megawattstunde thermisch
NABU	Naturschutzbund
NEH	Niedrigenergiehaus
NGF	Nettogeschossfläche
NT	Nachttarif
OVAG	Oberhessische Versorgungsbetriebe Aktiengesellschaft
P	Personenzahl
PH	Passivhaus
PHI	Passivhaus-Institut
PHPP	Passivhaus-Projektierungs-Paket
ppm	Part per Million
PV	Photovoltaik
q <sub>p</sub> '	spezifischer Primärenergiebedarf
RegPT	Regulierungsbehörde für Post und Telekommunikation
RTL Anlage	Raumlufttechnische Anlage
Sp./P,d	Spülhäufigkeit
t/a	Tonnen pro Jahr
UfU	Unabhängiges Institut für Umweltfragen e.V., Berlin
U-Wert	Wärmedurchgangskoeffizient
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VOB/A	Verdingungsordnung für Bauleistungen, Teil A
W/m <sup>2</sup>	Watt pro Quadratmeter
W/m <sup>2</sup> K	Watt pro Quadratmeter und Kelvin
W/m <sup>3</sup> h	Watt pro Kubikmeter und Stunde
WRG	Wärmerückgewinnung
WSVO	Wärmeschutzverordnung
WW	Warmwasser
WWB	Warmwasserbereitung