

---

# 3. ENERGIEBERICHT

DER BAYERISCHEN STAATLICHEN  
HOCHBAUVERWALTUNG



Oberste Baubehörde  
im Bayerischen Staatsministerium  
des Innern



---

# 3. ENERGIEBERICHT

DER BAYERISCHEN STAATLICHEN  
HOCHBAUVERWALTUNG

– Ergebnisse –  
1997 bis 2001



---

## Vorwort



Energie ist ein knappes Gut.

Das Bestreben, die Sicherung unserer Energieversorgung nachhaltig zu gestalten, kann nur unter den Vorzeichen der Energieeinsparung und rationellen Energieverwendung durch Kraft-Wärme-Kopplung sowie der Nutzung erneuerbarer Energieträger gelingen.

Der nachhaltige Umgang mit Energie hat eine herausragende Bedeutung für den Klimaschutz sowie für Innovationen und Beschäftigung. Ein Maß für die Beurteilung des Erfolges im Hinblick auf den Klimaschutz stellen die CO<sub>2</sub>-Emissionen dar. Mit dem Einsatz umweltschonender Energieträger konnten die CO<sub>2</sub>-Emissionen in den letzten Jahren bei den staatlichen Liegenschaften im Freistaat Bayern weiter gesenkt werden.

Energieversorgungskonzepte auf der Basis erneuerbarer Energieträger in Form von Biomasse, Solarthermie und Fotovoltaik sowie Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen tragen einen immer größer werdenden Anteil dazu bei.

Die Anstrengungen der Hochbauverwaltung, bei staatlichen Gebäuden den Energieverbrauch zu stabilisieren, obwohl sich der Gebäudebestand auf Grund umfangreicher Neubaumaßnahmen deutlich erhöhte, haben sich gelohnt. Auch der zusätzliche Primärenergieverbrauch für die Eigenstromerzeugung mittels Kraft-Wärme-Kopplung konnte kompensiert werden. Durch Umstellung auf regenerative Energieträger und Erdgas, aber auch durch Verbesserungen der Gebäudetechnik und Bausubstanz, konnte die Emission des klimaschädlichen Treibhausgases CO<sub>2</sub> weiter verringert werden.

Dieses erfreuliche Ergebnis bestätigt den eingeschlagenen Weg, und wir werden in den kommenden Jahren sehen, dass durch die aufgezeigten Maßnahmen – wie schon in der Vergangenheit – auch in Zukunft weitere Potenziale der Energieeinsparung erkannt und ausgeschöpft werden können.

Der vorliegende dritte Energiebericht unserer Hochbauverwaltung enthält die Maßnahmen zur Umsetzung der energiepolitischen Ziele der Staatsregierung. Er bezieht sich auf die Entwicklungen der Jahre 1997 bis 2001 im Zuständigkeitsbereich des staatlichen Hochbaus.

A handwritten signature in black ink, reading "Günther Beckstein". The signature is written in a cursive, slightly stylized script.

Dr. Günther Beckstein  
Staatsminister des Innern

---

<b>Vorwort</b>	<b>3</b>
<b>Einleitung</b>	<b>5</b>
<b>1. Entwicklung des Energieverbrauchs</b>	<b>5</b>
1.1 Brennstoff- und Fernwärmeverbrauch	5
1.2 Elektrischer Energieverbrauch	6
1.3 CO <sub>2</sub> -Reduzierung	6
1.4 Energiekostenentwicklung	7
1.5 Energieverbrauch der Bayerischen Universitätsinstitute und -kliniken	8
<b>2. Erfolgreiche Maßnahmen zur Energie- und Kosteneinsparung</b>	<b>10</b>
2.1 Sanierungsmaßnahmen	10
– Justizvollzugsanstalt Mühldorf am Inn	11
– Justizvollzugsanstalt Ansbach	12
– Finanzamt Fürth	13
2.2 Optimierung von Heizanlagen	14
– Amtsgericht Pfaffenhofen	14
– Ämtergebäude Donauwörth	16
2.3 Optimierung von raumluftechnischen Anlagen	20
– Universität Bayreuth	20
2.4 Energietechnische Gesamtuntersuchungen	22
2.5 Anschlusswertprüfung	23
<b>3. Alternative Finanzierungsmöglichkeiten</b>	
– <b>Performance-Contracting</b>	<b>24</b>
<b>4. Erneuerbare Energien und Kraft-Wärme-Kopplung</b>	<b>26</b>
4.1 Solarthermie	27
4.2 Biomasse	28
4.3 Fotovoltaik	30
4.4 Kraft-Wärme-Kopplung	31
<b>5. Energie im Wettbewerbsverfahren</b>	<b>32</b>
<b>6. Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>32</b>
<b>7. Literatur / Quellen</b>	<b>33</b>

## Einleitung

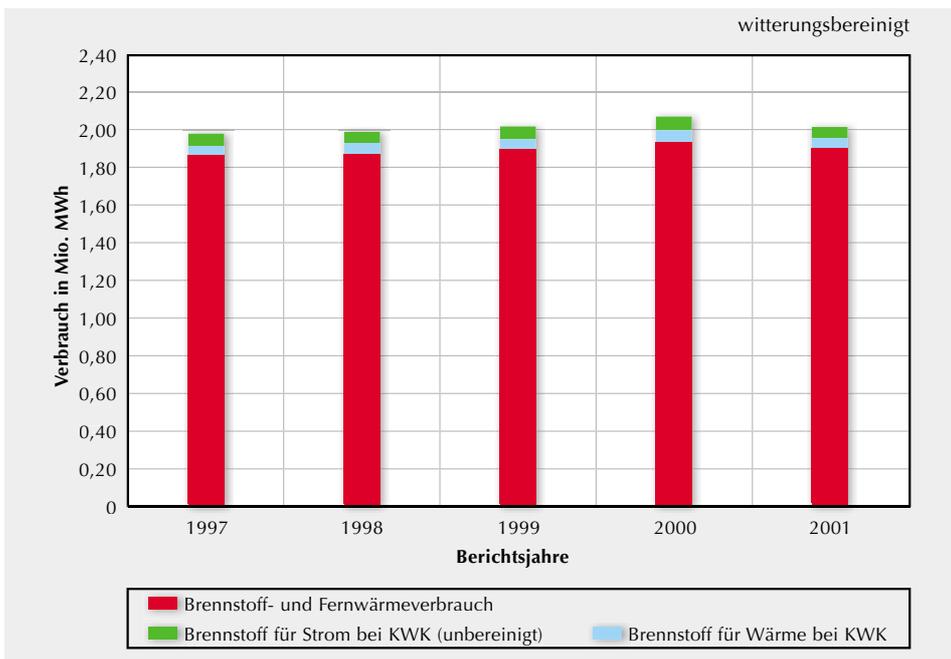
Die Bauverwaltung erhebt regelmäßig die Energieverbrauchsdaten der von ihr betreuten Gebäude. Durch die Chronologie der Datenerhebung (Jahresabrechnungen meist erst Mitte des Folgejahres verfügbar) und -auswertung (Plausibilitätskontrolle) kann jetzt der Energiebericht mit dem aktuellsten Datenstand von 2001 vorgelegt werden.

Der Energiebericht umfasst die Auswertungen dieser Daten, wobei die Universitätsinstitute und -kliniken die bei weitem größte Verbrauchergruppe darstellen. Weitere verbrauchsintensive Gebäude sind z.B. Fachhochschulen, Theater, Museen, Justizvollzugsanstalten, Verwaltungs-, Gerichts- und Polizeigebäude. Insgesamt wurden

so die Daten von rund 6.000 energierelevanten staatlichen Gebäuden erhoben, ausgewertet und häufig auch Maßnahmen zur Energieeinsparung vorgeschlagen. Dieses Controlling wird nun schon seit fast 20 Jahren durch die 1984 gegründete Energieverbrauchskontrollstelle am Staatlichen Hochbauamt München 1 erfolgreich und effektiv geleistet.

Entwicklung des jährlichen Brennstoff- und Fernwärmeverbrauchs

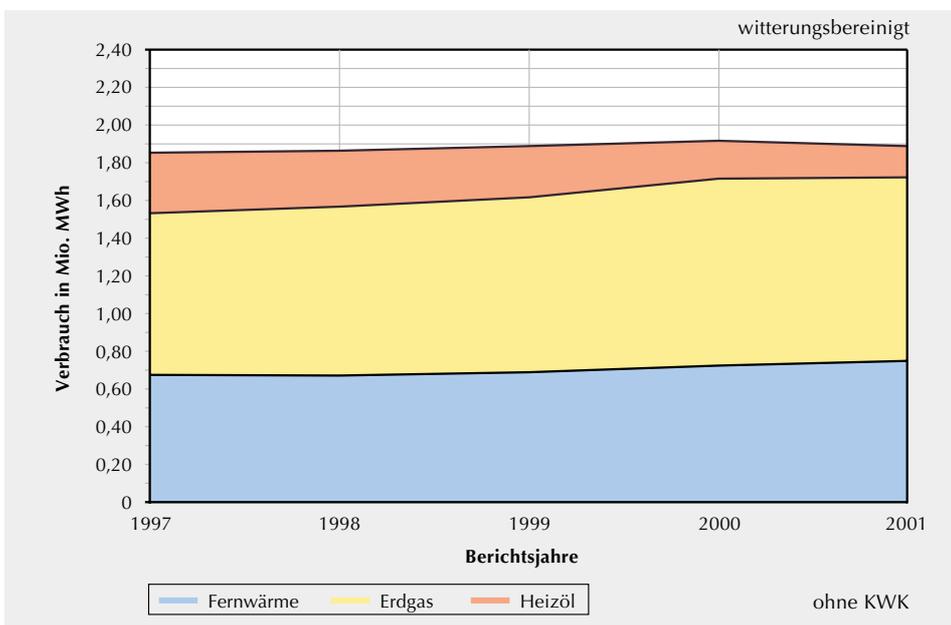
Abb. 1



Nahezu konstanter Verbrauch trotz Anstieg der Kubatur

Entwicklung der Energieträger am Brennstoff- und Fernwärmeverbrauch

Abb. 2



Substitution von Heizöl durch Erdgas

## 1. Entwicklung des Energieverbrauchs

### 1.1 Brennstoff- und Fernwärmeverbrauch

Bei der Entwicklung des witterungsbereinigten [9] Brennstoff- und Fernwärmeverbrauchs (Abb. 1) zeigen sich in den Jahren 1997 bis 2001 kaum Veränderungen, trotz einer in den Berichtsjahren durchschnittlichen Erhöhung der Kubatur von 300.000 m<sup>3</sup> pro Jahr. Die geringen Schwankungen sind begründet durch den Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK) in Form von Gasturbinen bei der TU München-Garching (seit 1996) und dem Luitpoldkrankenhaus in Würzburg (2000/2001). Die Gasturbinenanlagen dienen zur Eigenstromerzeugung, reduzieren den Strombezug und erhöhen damit den Brennstoffverbrauch.

Der Brennstoff- und Fernwärmeverbrauch aller staatlichen Liegenschaften betrug im Jahr 2001 1,9 Mio. MWh.

Der Anteil von Heizöl mit rund 17% (1997) hat sich auf ca. 9% (2001) zugunsten des Brennstoffes Erdgas reduziert, der gleichzeitig von 44% auf 52% anstieg. Der Anteil von fernwärmeversorgten Objekten ist etwa mit 39% gleich geblieben (Abb. 2).

### 1.2 Elektrischer Energieverbrauch

Die Abb. 3 zeigt die Entwicklung des Stromverbrauchs in den Jahren 1997 bis 2001. Die gelben Flächen stellen die Strombezugsmengen dar, deren Anstieg durchschnittlich 2,6% pro Jahr beträgt. Auch hier wirkt sich die Zunahme der Kubatur in Form von besonders hoch installierten Gebäuden aus, die im Rahmen der bayerischen Investitionsprogramme „Offensive Zukunft Bayern“ und „High-Tech-Offensive Bayern“ errichtet wurden.

Vergleicht man diese Steigerung mit der Auswertung in der Broschüre „Energiebilanz Bayern – Daten, Fakten, Tabellen“ [1] des Bayerischen Staatsministeriums für Wirtschaft, Verkehr und Technologie, so ergibt sich dort in den Jahren 1998 bis 2000 eine durchschnittliche Steigerung von 2,7% jährlich. Die grünen Flächen stellen die Stromeigenerzeugung durch Gasturbinen dar.

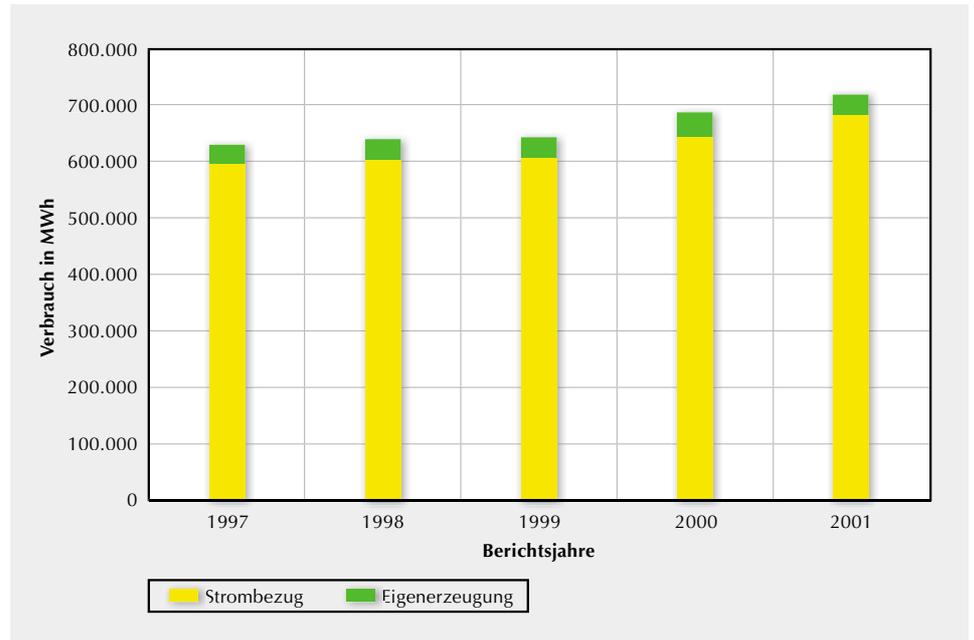
Im Jahr 2001 betrug die Strombezugsmenge aller staatlichen Liegenschaften knapp 0,7 Mio. MWh.

### 1.3 CO<sub>2</sub>-Reduzierung

In den Jahren 1997 bis 2001 wurde eine Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes um 35.000 t erreicht (Abb. 4). Die Gründe hierfür liegen, neben den in diesem Bericht beschriebenen Energieeinsparmaßnahmen, vorwiegend in der Substitution des Brennstoffes Heizöl durch den Brennstoff Erdgas und im Einsatz regenerativer Energien.

Entwicklung des Stromverbrauchs

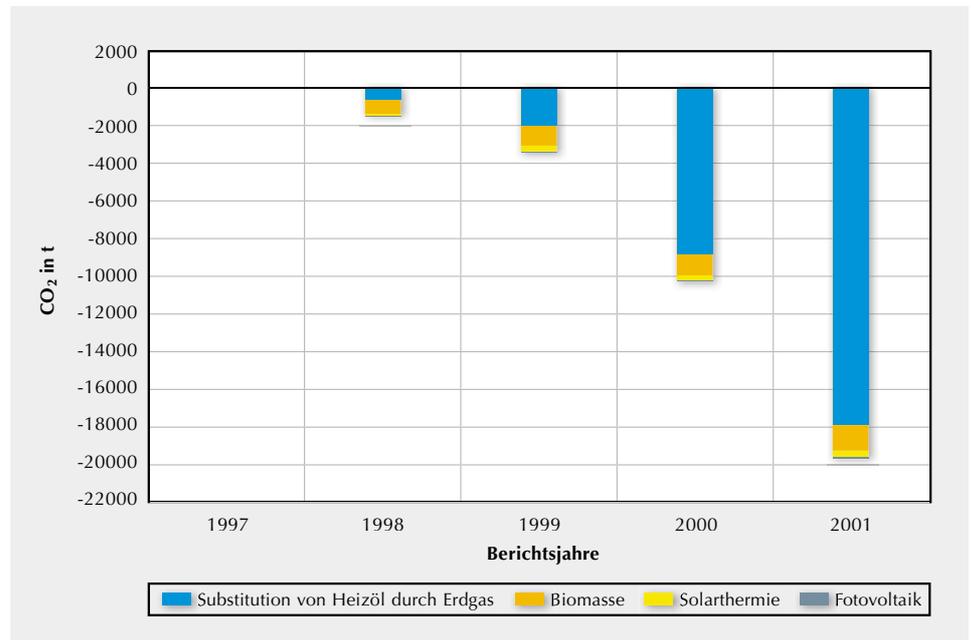
Abb. 3



Steigerung auf Grund der Zunahme elektrischer Verbraucher

Minderung an CO<sub>2</sub>-Emissionen Bezugsjahr 1997

Abb. 4

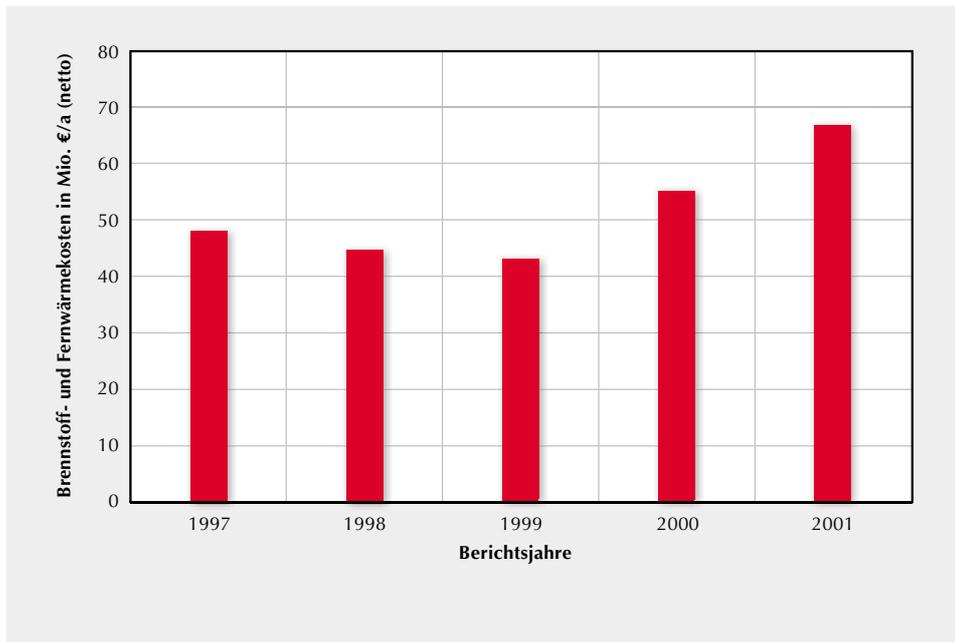


Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Reduktion

## Entwicklung der absoluten Brennstoff- und Fernwärmekosten

Abb. 5

## 1.4 Energiekostenentwicklung



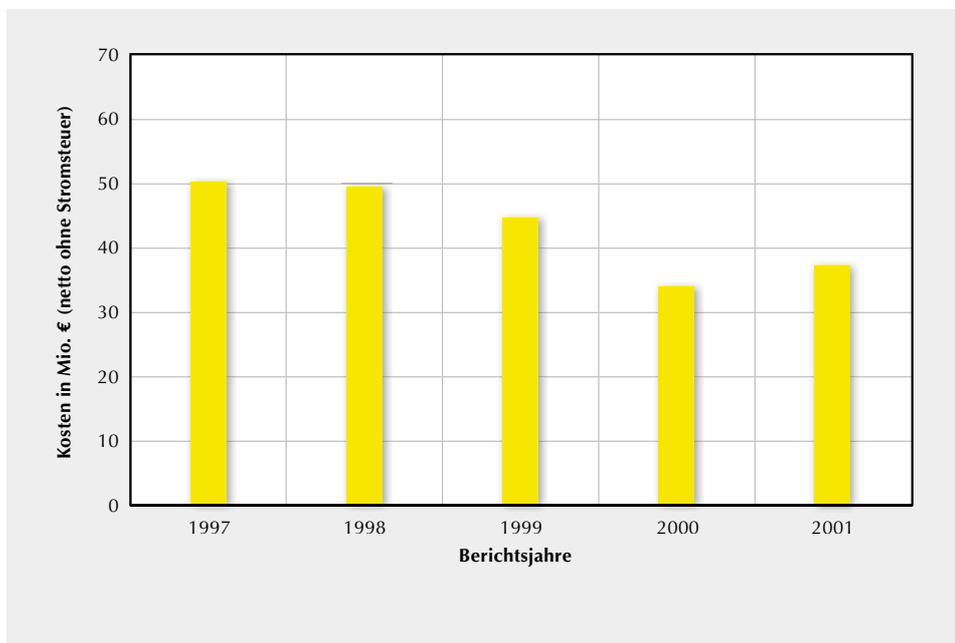
Entwicklung der Kosten entsprechend dem allgemeinen Trend

## Brennstoff- und Fernwärmekosten

Bei den Brennstoff- und Fernwärmekosten ist eine Kostenreduktion von 1997 bis 1999 und ein starker Anstieg 2000 und 2001 festzustellen (Abb. 5). Diese Kostenentwicklung entspricht der allgemeinen Entwicklung gemäß den Angaben des Statistischen Bundesamtes [2].

## Entwicklung der absoluten Stromkosten

Abb. 6



Sinkende Kosten durch Liberalisierung des Strommarktes

## Stromkosten

Im Zuge der im Jahre 1998 erfolgten Liberalisierung des Strommarktes wurden die Strompreise neu verhandelt. Dadurch konnten erhebliche Einsparungen erzielt werden (Abb. 6). Die Ergebnisse dieser Verhandlungen zeigen ihre Wirkung bis zum Berichtsjahr 2000. Ab 2001 ist wieder ein leichter Anstieg der Stromkosten zu bemerken.

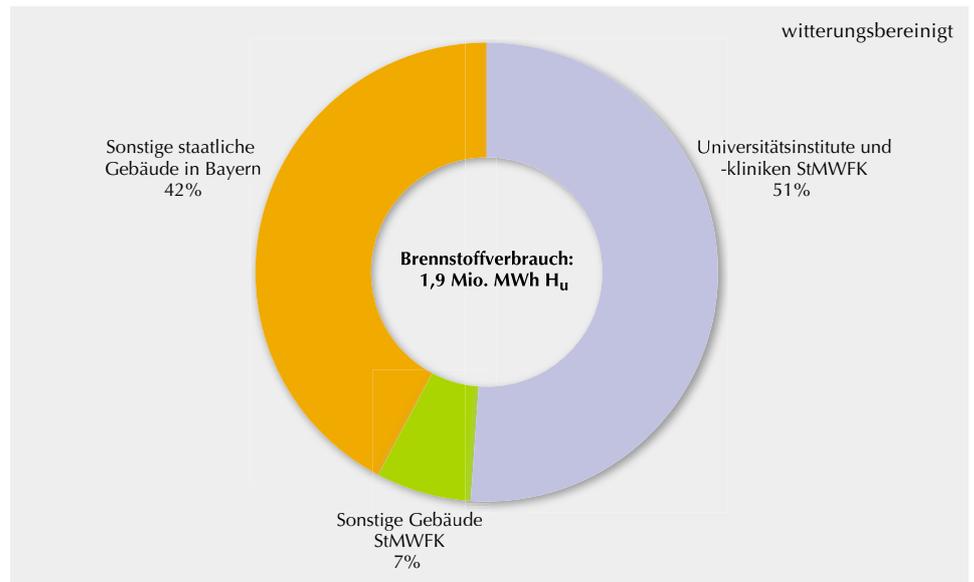
### 1.5 Energieverbrauch der Bayerischen Universitätsinstitute und -kliniken

#### Brennstoff- und Fernwärmeverbrauch

Die Universitätsinstitute und -kliniken verursachen über 50% des gesamten Brennstoff- und Fernwärmeverbrauchs aller staatlichen Liegenschaften. Zusammen mit den weiteren Liegenschaften des Ministeriums für Wissenschaft, Forschung und Kunst (StMWFK), wie z.B. Museen, Theater, Fachhochschulen, werden fast 60% erreicht (Abb. 7).

Brennstoff- und Fernwärmeverbrauch 2001

Abb. 7

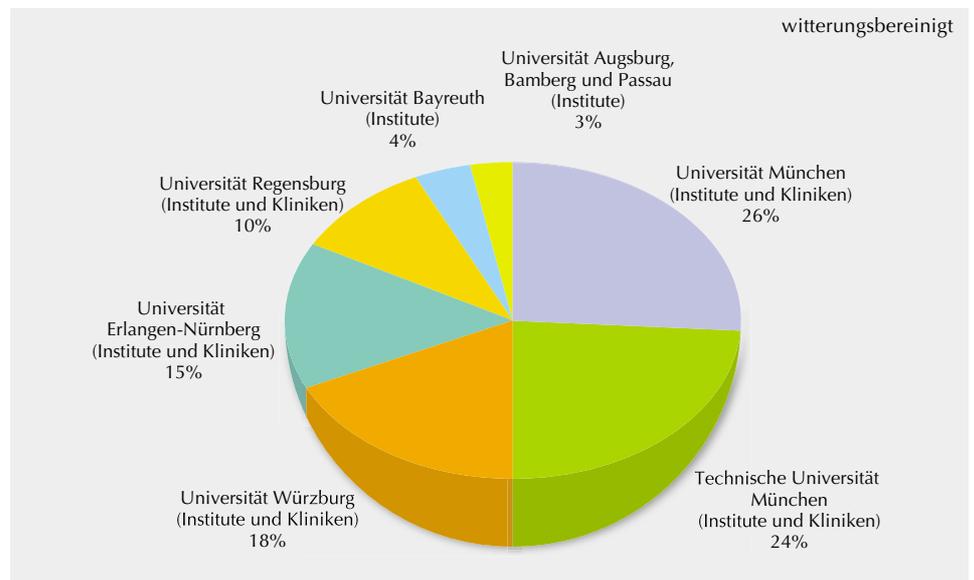


Hauptverbraucher sind Universitätsinstitute und -kliniken

Die Technische Universität München und die Ludwig-Maximilians-Universität München sind mit Abstand die größten Abnahmestellen. Zusammen haben sie einen Anteil von einem Viertel am gesamten Wärmeverbrauch staatlicher Liegenschaften in Bayern (Abb. 8).

Anteiliger Brennstoff- und Fernwärmeverbrauch 2001

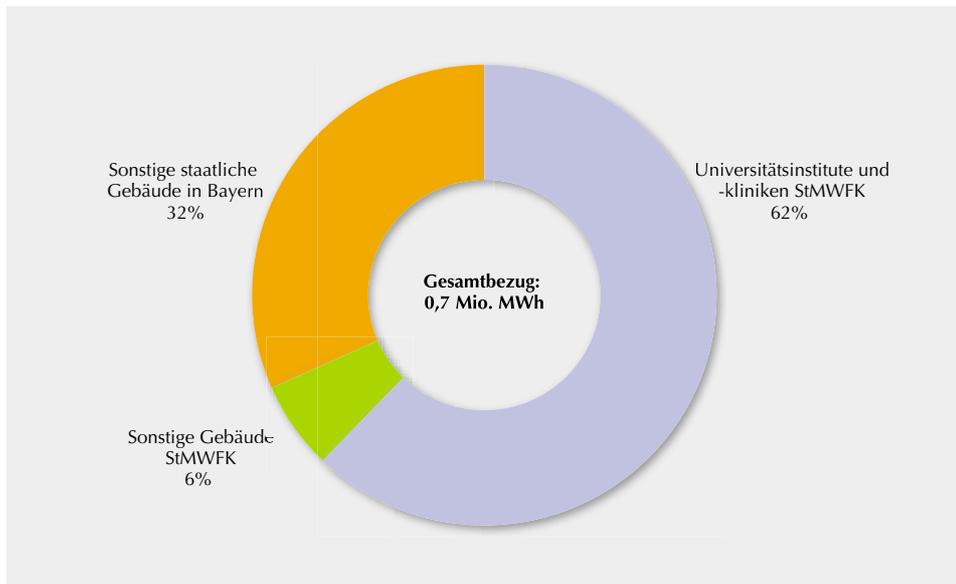
Abb. 8



Universitätsgröße und -ausstattung spiegeln sich im Verbrauch wider

Strombezug 2001

Abb. 9 Strombezug

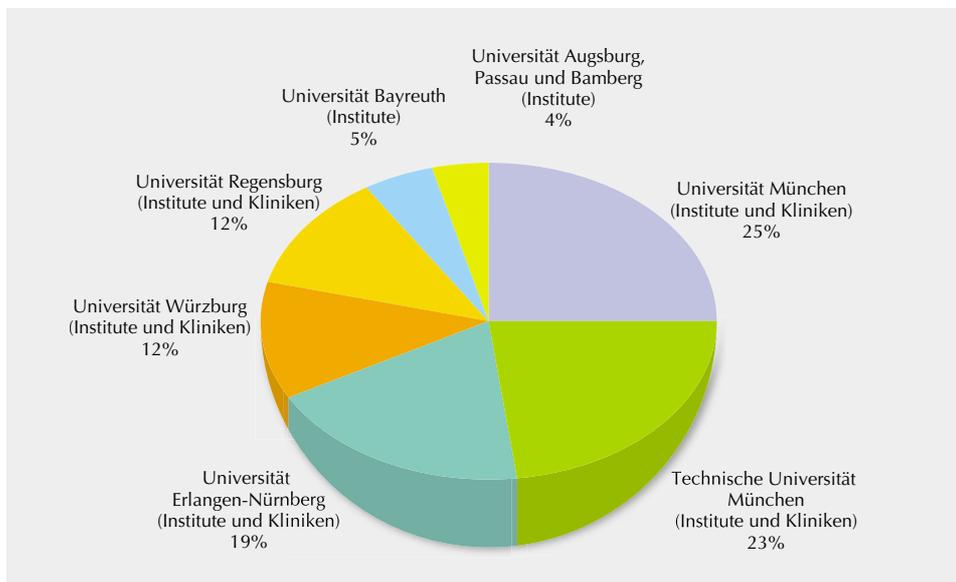


Die Universitäten und Kliniken beziehen über 60% des gesamten elektrischen Stroms im Vergleich mit allen staatlichen Liegenschaften. Zusammen mit den weiteren Liegenschaften des Ministeriums für Wissenschaft, Forschung und Kunst, wie z.B. Museen, Theater, Fachhochschulen, werden fast 70% erreicht (Abb. 9).

Hauptverbraucher sind Universitätsinstitute und -kliniken

Anteiliger Strombezug 2001 unterteilt nach Universitäten

Abb. 10



Die Technische Universität München und die Ludwig-Maximilians-Universität München sind beim elektrischen Strom die mit Abstand größten Abnahmestellen. Zusammen haben sie einen Anteil von knapp einem Drittel am gesamten Strombezug staatlicher Liegenschaften in Bayern (Abb. 10).

Universitätsgröße und -ausstattung spiegeln sich im Verbrauch wider

## 2. Erfolgreiche Maßnahmen zur Energie- und Kosteneinsparung

### 2.1 Sanierungsmaßnahmen

Der Gebäudebestand bietet das bei weitem größte Potenzial für energiesparende Maßnahmen. Durch verschiedene Landtags- und Ministerratsbeschlüsse werden diesbezügliche Vorhaben unterstützt.

Dem Ministerrat wurden 1999 in diesem Zusammenhang in einer Gebäudeliste („Liste B“) 47 aus Sicht der Bauverwaltung dringende bauliche Maßnahmen mitgeteilt, die ein erhebliches Energieeinsparpotenzial bergen. Es handelte sich hierbei sowohl um Energieeinsparmaßnahmen die isoliert durchgeführt werden können als auch um Maßnahmen, die nur in Verbindung mit anderweitigen Sanierungen sinnvoll durchführbar sind. Das seinerzeit gemeldete Gesamtvolumen betrug rund 320 Mio. €. Der Ministerrat stimmte in seiner Sitzung am 16.03.1999 diesem Programm zu und forderte die Ressorts auf, „die Finanzierung von Energiesparmaßnahmen ihrer Bedeutung angemessen durch entsprechende Prioritätensetzung im Haushaltsvollzug zu gewährleisten.“

#### Aktueller Stand

Mittlerweile wurden etwas mehr als 90 Mio. € aus diesem Programm in energetische Sanierungsmaßnahmen investiert. Dies entspricht gut einem Viertel der ursprünglich veranschlagten Mittel.

#### Neue Objekte

Durch die Fortschreibung notwendiger Sanierungsmaßnahmen wird diese Gebäudeliste stetig ergänzt bzw. aktualisiert und enthält derzeit 86 Gebäude.

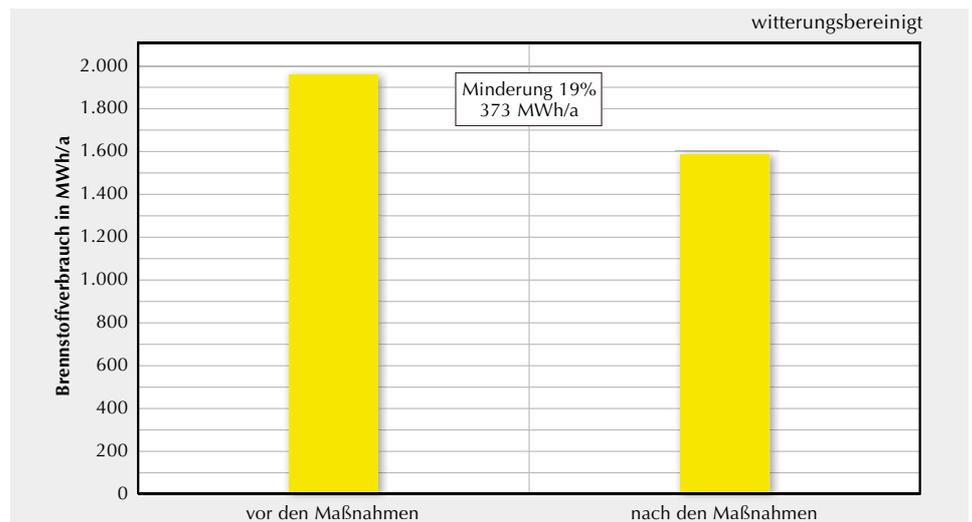
#### Erfolge

Bislang konnten neun Maßnahmen fertig gestellt werden. Wie an den nachfolgenden drei Beispielen ersichtlich, führen diese Sanierungsmaßnahmen zu deutlichen Energieeinsparungen. Für diese Gebäude, bei denen bereits repräsentative Daten vorliegen, konnte eine Reduzierung des Heizenergieverbrauches zwischen 11% und 26% verzeichnet werden. Hierfür wurden ca. 1,0 Mio. € investiert. Bei diesen drei Objekten werden somit jedes Jahr rund 110 t an CO<sub>2</sub> weniger emittiert (Abb. 11 und 12).

#### Minderung des Brennstoffverbrauchs

Mischwert Justizvollzugsanstalt Mühldorf, Ansbach und Finanzamt Fürth

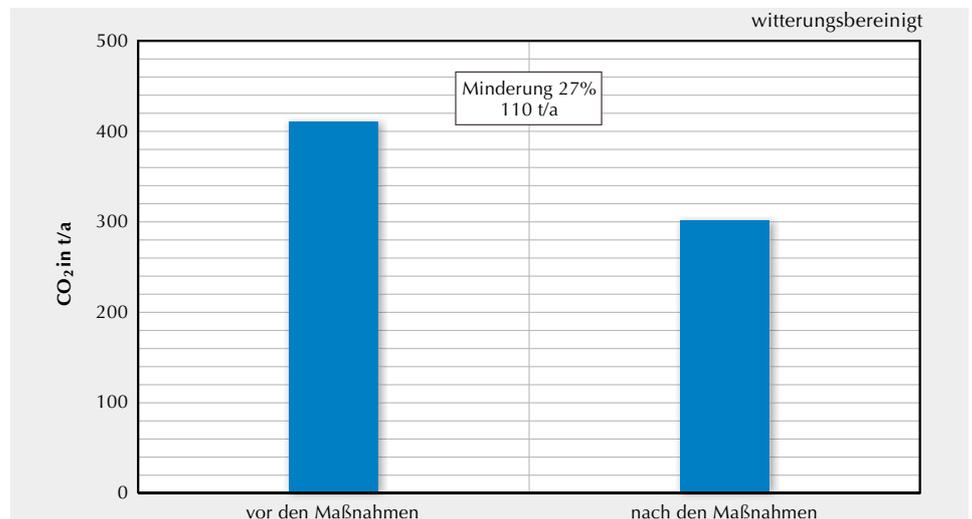
Abb. 11



#### Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen

Mischwert Justizvollzugsanstalt Mühldorf, Ansbach und Finanzamt Fürth

Abb. 12





JVA Mühldorf am Inn

Abb. 13

### Beispiel

#### Justizvollzugsanstalt Mühldorf a. Inn

Die JVA Mühldorf ist eine Haftanstalt mit etwa 100 Haftplätzen (Abb. 13). Die Liegenschaft besteht aus den drei Gebäudeteilen Hauptbau, Zellenbau (beide aus dem Jahr 1965) und Arbeitshalle (aus dem Jahr 1998).

Im Jahr 1995 wurde der Kessel durch einen Niedertemperaturkessel mit 285 kW ersetzt. Danach lag der jährliche Ölverbrauch bei etwa 75.000 l.

1997, als eine Gasversorgung der Liegenschaft möglich wurde, ist der Kessel mit einem Gasbrenner ausgestattet worden. Im Rahmen dieser Maßnahme ist auch die Verteilung erneuert worden.

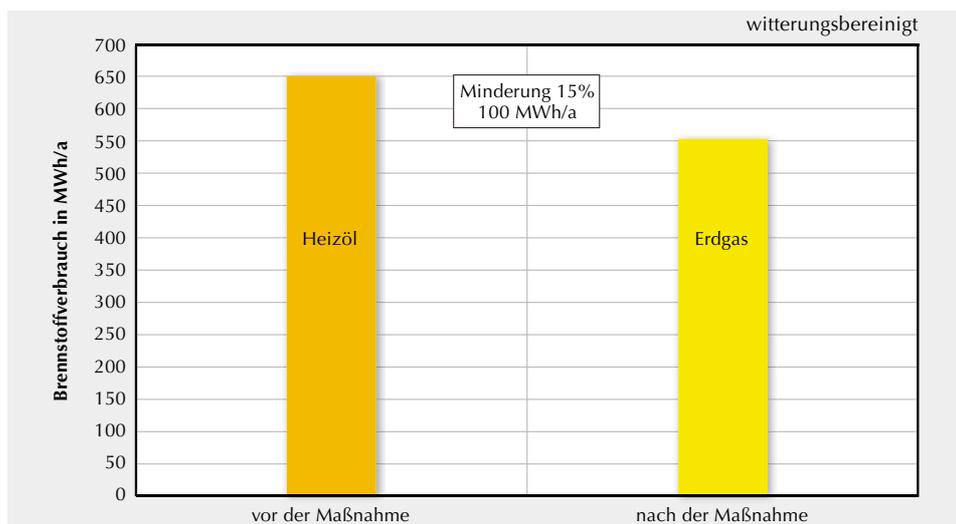
In den Jahren 1999 bis 2001 ist die dampfbetriebene Küche auf elektrische Versorgung umgestellt worden. Im Rahmen dieses Vorhabens wurde in die Lüftungsanlage der Küche eine Wärmerückgewinnung eingebaut. Ferner wurden die Kühlschränke durch Kühlräume ersetzt.

Weitere Maßnahmen sind derzeit geplant. Zum einen der Einbau eines Brennwert-Abgaswärmetauschers, zum anderen der Einsatz eines Blockheizkraftwerks für Grundwärme, Strom- und Notstromerzeugung. Dadurch wird nochmals eine deutliche Energieeinsparung erwartet. Die Maßnahmen sollen jedoch erst im Rahmen einer Erweiterung der Torwache und der Zellenräume durchgeführt werden.

Die Ergebnisse der Sanierung sind in den Abb. 14 und 15 zu sehen. Die in Relation zur Reduzierung des Brennstoffverbrauchs deutlichere Minderung der CO<sub>2</sub>-Emission ist auf die Umstellung des Energieträgers zurückzuführen.

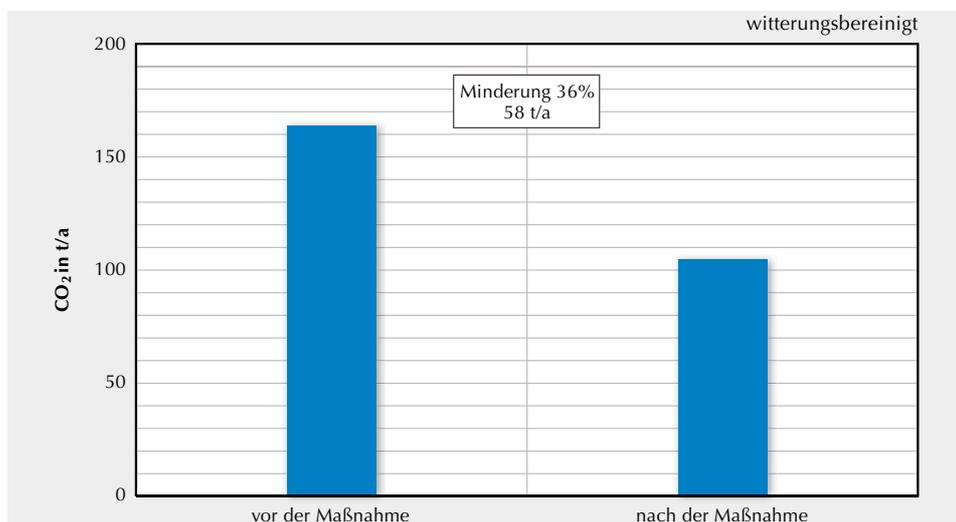
#### Minderung des Brennstoffverbrauchs

Abb. 14



#### Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen

Abb. 15



### Beispiel Justizvollzugsanstalt Ansbach

Bei dem unter Denkmalschutz stehenden Gebäude von 1866 (Architekt Fösch, Schule Friedrich von Gärtner) handelt es sich um ein dreigeschossiges Bauwerk mit Hausteinfassade und gekoppelten Rundbogenfenstern (Abb. 16).

Die Sanierung des vorhandenen Gebäudes begann im Oktober 1999; die Einweihung fand im Mai 2002 statt.

Die durchgeführten Energieeinsparmaßnahmen erstreckten sich auf bauliche und haustechnische Sanierungen:

- Erneuerung der Fenster (Isolierverglasung)
- Dämmung der obersten Geschossdecke
- Wärmedämmung des Fußbodens gegen das Erdreich
- Komplette Erneuerung der Heizungs- und Lüftungsanlagen (Gas-Brennwertkessel und Wärmerückgewinnung)
- DDC-Regelung

Das vorhandene Gebäude wurde um 43 Haftplätze (auf insgesamt 121 Haftplätze), Sanitärräume, Mehrzweckraum und Werkstatt erweitert. Durch die oben beschriebenen Maßnahmen konnten – trotz der Erweiterung der Anstalt – die Wärmeleistung gehalten und der Jahresheizwärmeverbrauch reduziert werden.

Die Abb. 17 und 18 zeigen die Ergebnisse der Sanierung.

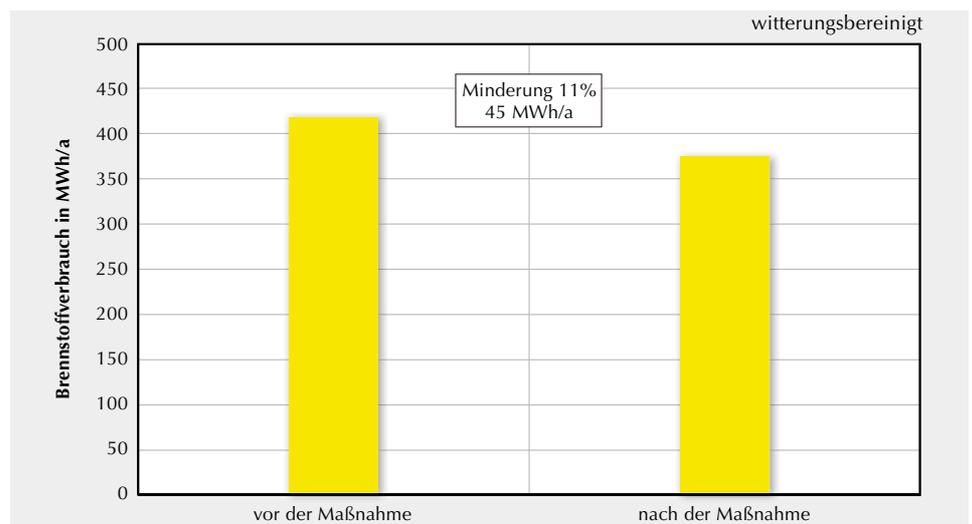


JVA Ansbach

Abb. 16

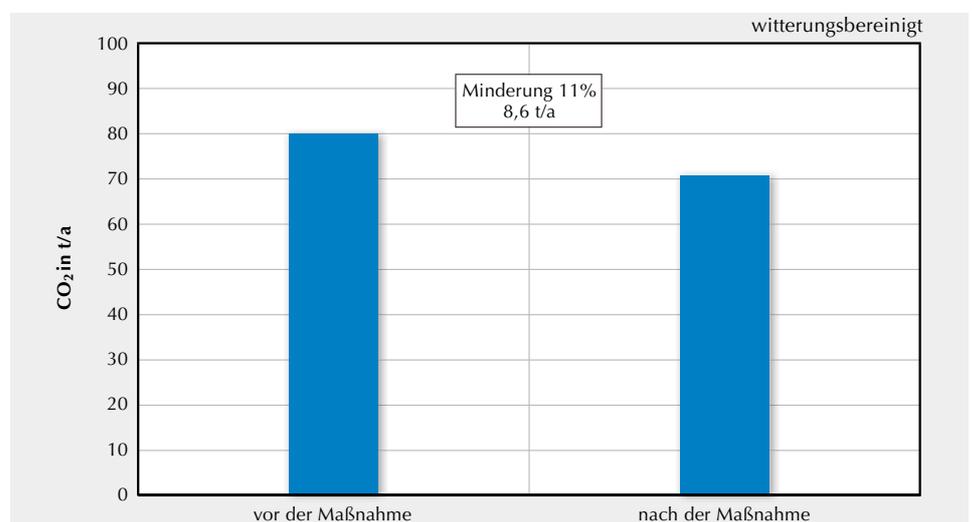
### Minderung des Brennstoffverbrauchs

Abb. 17



### Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen

Abb. 18





Heizzentrale

Abb. 19

**Beispiel  
Finanzamt Fürth**

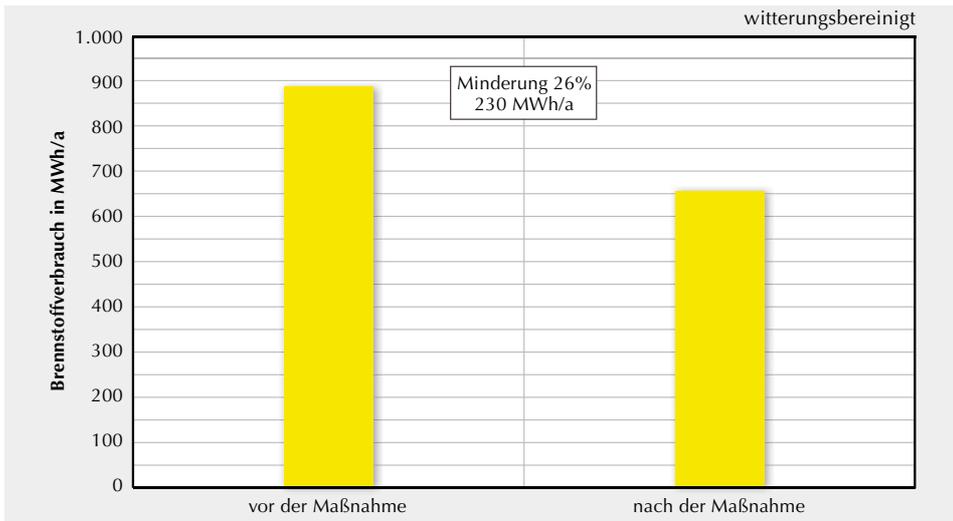
Die Liegenschaft besteht aus einem sechsgeschossigen Gebäude aus dem Jahre 1961 und einem Anbau aus dem Jahr 1980. Im Rahmen der Betriebsüberwachung wurde 1998 die Heizungsanlage analysiert.

Auf Grund der hohen Energieverbrauchs-kennwerte und des allgemeinen Zustands – offene Anlage mit zwei atmosphärischen Gaskesseln mit insgesamt ca. 580 kW, Baujahr 1981, unregelmäßige Heizungs-pumpen und nicht mehr funktionierende Heizkreis-regelungen – wurde eine General-sanierung der Heizungsanlage vorge-schlagen.

Die Maßnahme wurde 1999/2000 durchgeführt. Die wesentlichen Neue-rungen sind:

Minderung des Brennstoffverbrauchs

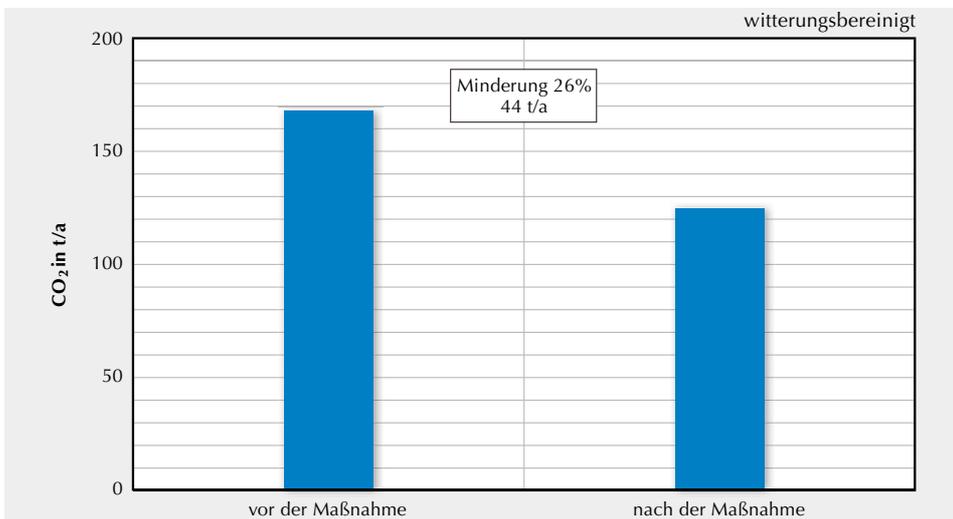
Abb. 20



- Reduzierung der Gesamtkesselleistung auf 370 kW und Einsatz von Brennwert und Niedertemperatur-technik (Abb. 19)
- Einbau von Umwälzpumpen, die ihren Betriebspunkt dem Förderbedarf selbsttätig anpassen
- Erneuerung der Heizungsverteilung und Heizkreisregelung
- Umbau in ein geschlossenes Anlagensystem

Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen

Abb. 21



Der Erfolg dieser Maßnahmen zeigt sich in den Abbildungen 20 und 21 mit der erheblichen Reduzierung des Energieverbrauchs und der klimaschädigenden CO<sub>2</sub>-Emissionen.

## 2.2 Optimierung von Heizanlagen

Die Aufgabe des Projektes ist die Optimierung des Heizungsbetriebs durch Messung vor Ort und die schrittweise Neueinstellung der Anlagen. Ziel ist eine Reduktion des Heizenergieverbrauches allein durch nicht investive Maßnahmen. Dabei ist durchschnittlich eine Energieeinsparung von knapp 10% zu verzeichnen.

Es werden dabei alle Heiz-, Kessel-, Lüftungs- und auch Brauchwassererwärmungskreise gemessen. Dadurch ergeben sich neben Rückschlüssen auf die Einstellung der Heizkurven auch Möglichkeiten der Energieeinsparung durch optimierte Wochenend- und Nachtabsenkungen oder die Verringerung der Vorlauftemperatur.

Somit können bei funktionsfähigen Regelanlagen und Anlagenteilen – wenn notwendig – die Einstellungen sofort verändert und Optimierungen durchgeführt werden. Defekte Anlagenteile werden erkannt und können nach unmittelbarer Information der den Grundbesitz verwaltenden Dienststelle und des zuständigen Bauamtes im Rahmen der Bauunterhaltung repariert bzw. ersetzt werden. In einzelnen Fällen ist ein Nachmessen erforderlich.

Die Ergebnisse der Messreihen mit den Messprotokollen und die veränderten Einstellungen werden schließlich in einem Kurzbericht zusammengefasst.

### Beispiel Amtsgericht Pfaffenhofen

Im Gebäude des Amtsgerichts Pfaffenhofen an der Ilm (Abb. 22) wurden Anfang 2000 eine Woche lang Messungen und Einstellungen in der Heizzentrale (Abb. 23) vorgenommen.

Ende 2000 und 2001 wurden Nachprüfungen der eingestellten Heizungsparameter an der Regelungsanlage durchgeführt.

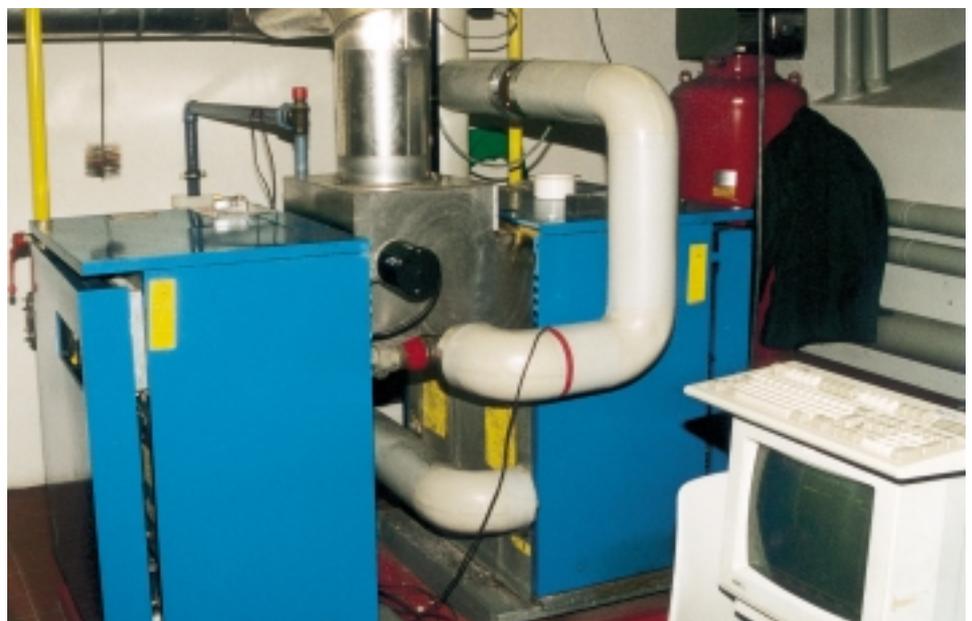
### Ergebnis der Messung

- Ausnutzung der Nachtabsenkung beider Heizkreise
- Änderung von Regelparametern unter Anpassung der Schaltzeiten an die Nutzergewohnheiten
- Überprüfung des Gasdurchsatzes der Brennerstufe 2 von Kessel 1 erforderlich



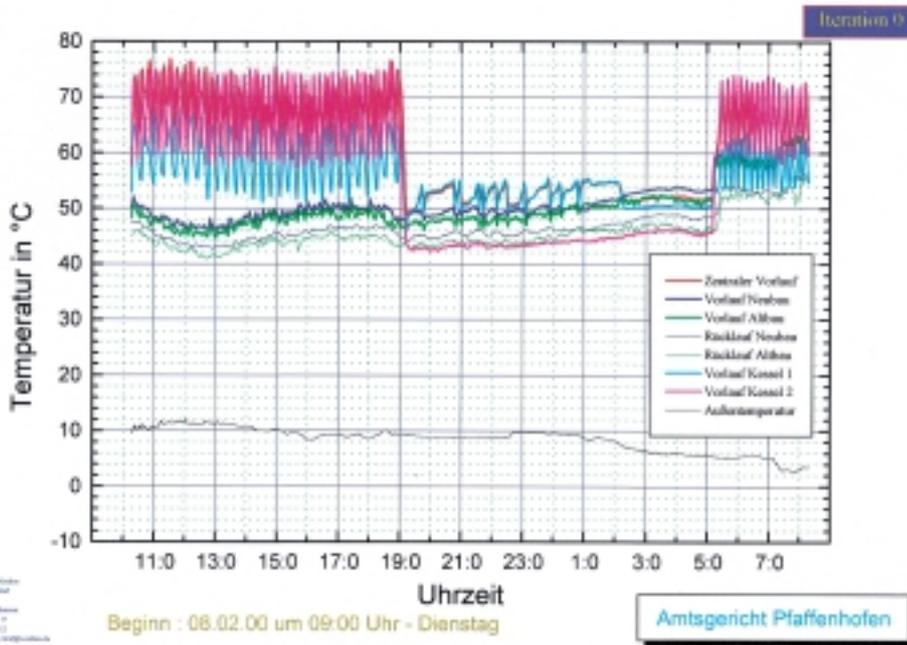
Amtsgericht Pfaffenhofen an der Ilm

Abb. 22



Heizzentrale

Abb. 23

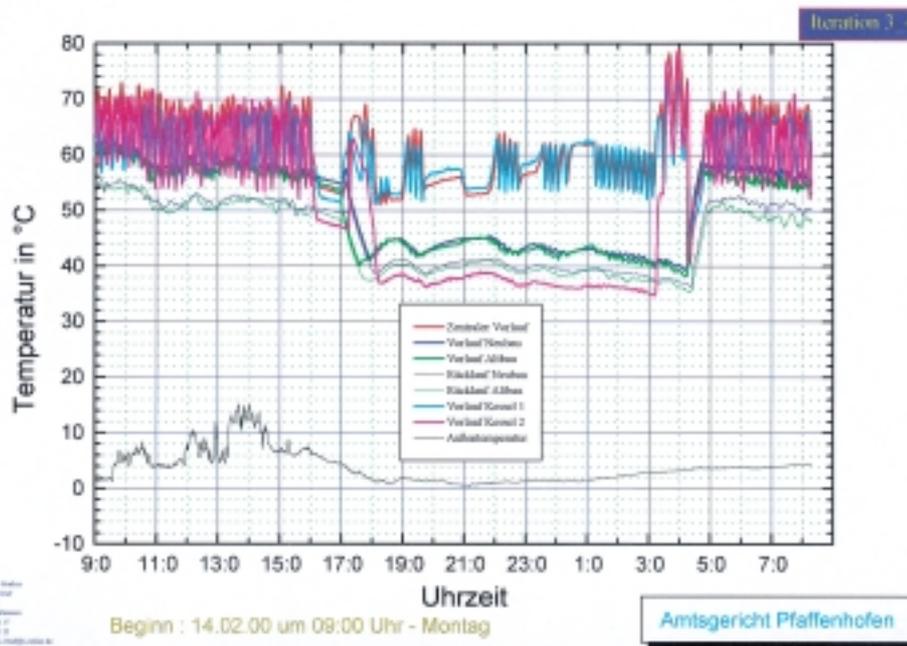


Messprotokoll vor der Optimierung Abb. 24

Messauswertungen

Aufnahme des Istzustandes

Die beiden vorhandenen Heizkreise sind zwar über das Modul auf Nachtabsenkung programmiert, der Nachtabsenkungswert ist aber auf 0 festgelegt. Somit findet keine Nachtabsenkung statt. Dem Diagramm ist weiterhin zu entnehmen, dass die Uhrzeit der Kesselregelung um eine Stunde verschoben war.



Messprotokoll nach der Optimierung Abb. 25

Nach der Neueinreglung

Die Uhrzeiten aller drei Schaltuhren wurden neu eingestellt. Die Schaltstufen der beiden Brenner wurden auf gleiche Werte eingestellt. Die Nachtabsenkung des Kesselkreises funktioniert nun befriedigend, auch eine Witterungsführung ist deutlich zu erkennen. Die Schaltzeiten der beiden Heizkreise werden sehr gut eingehalten. Die Absenkezeiten wurden um eine Stunde vor verlegt. Die Hochfahrzeiten wurden nicht geändert.

Ergebnis der Optimierung

Durchschnittlicher Jahreswärmeverbrauch vor der Optimierung:  
ca. 290.000 kWh/a

Aktueller Minderverbrauch:  
ca. 27.000 kWh/a bzw. 9,5%

CO<sub>2</sub>-Reduktion: ca. 5,2 t/a

### Beispiel Ämtergebäude Donauwörth

Im Ämtergebäude Donauwörth (Abb. 26) wurden Ende 1998 Messungen und Einstellungen in der Heizzentrale (Abb. 27) vorgenommen. Im Mai und November 1999 wurden Nachprüfungen der eingestellten Heizungsparameter durchgeführt.

#### Ergebnis der Messung

Mit geringem Aufwand konnten erhebliche Verbesserungen erzielt werden.

- Ersatz des Thermometers im Vorlauf des Westkreises
- Nachrüstung eines Mischermotors im Brauchwasserkreis zur automatischen Entkoppelung von Kesselkreis und Speicherkreis
- Abschalten der turnusmäßigen Aufheizung des Lüftungskreises für wenig benutzte Räume
- Die Schaltuhr wurde von Winter- auf Sommerzeit umgestellt.

#### 1. Kontrolle

Das Brauchwarmwasser wies eine Temperatur von 75°C auf bei einem eingestellten Sollwert von 60°C. Die Nachrüstung am Brauchwarmwasserkreis steht noch aus.

Aufgrund des niedrigen Warmwasserverbrauches wird vorgeschlagen den Boiler auch elektrisch zu betreiben. Eine Vorrichtung hierfür ist vorhanden.

#### 2. Kontrolle

Die Schaltuhr wurde von Sommer- auf Winterzeit umgestellt.

Zwischenzeitlich wurde ein neuer Brenner installiert. Die Kesselfolgeschaltung musste angepasst werden.



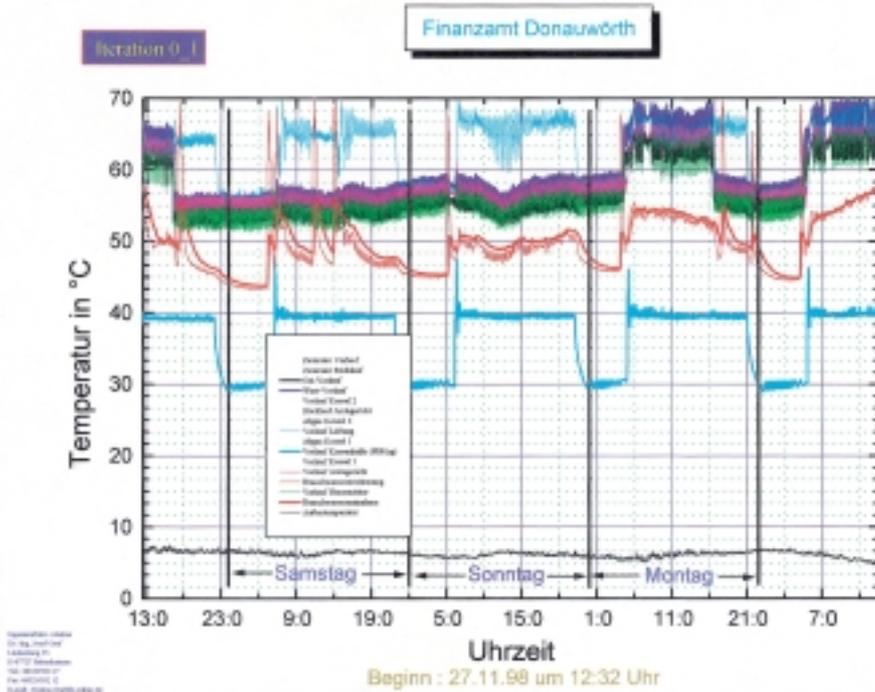
Ämtergebäude Donauwörth

Abb. 26

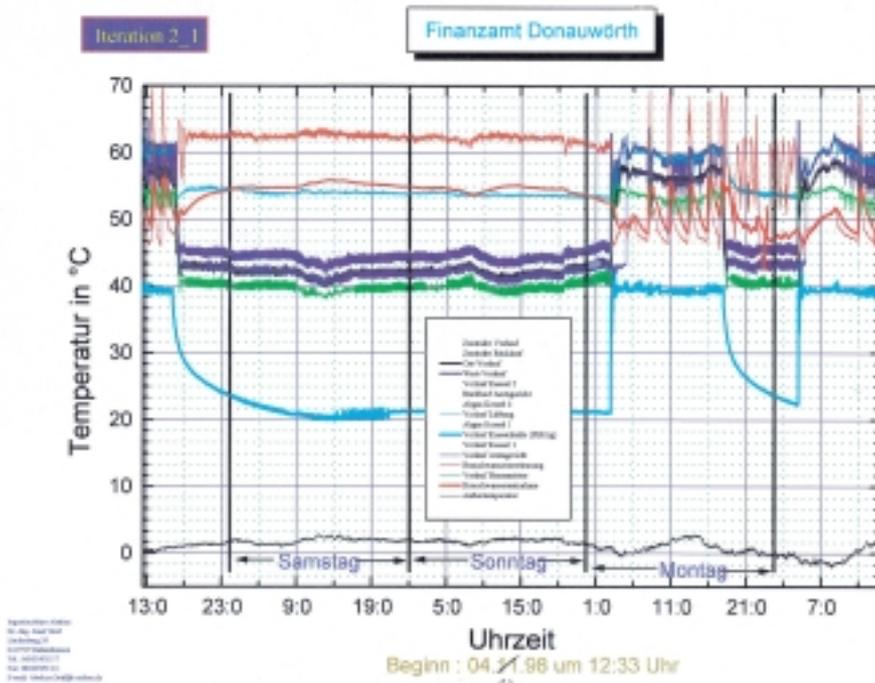


Heizzentrale

Abb. 27



Messprotokoll vor der Optimierung Abb. 28



Messprotokoll nach der Optimierung Abb. 29

Messauswertungen

Aufnahme des Istzustandes

Einzelne Heizkreise (Kassenhalle und Lüftungskreis) waren nicht in die Wochenendabsenkung einbezogen. Die Nachabsenkung war den Gebäudebetriebszeiten anzupassen. Die Zeitschaltuhren liefen noch mit Sommerzeiteinstellung.

Nach der Neueinregelung

Die Zeitschaltuhren wurden hinsichtlich ihrer Uhrzeit und den verschiedenen Schaltzeiten neu programmiert und die Nachtabsenkung ausgedehnt. Diese Maßnahme hat zu einer deutlich spürbaren Verminderung des Gasverbrauchs geführt. Eine Optimierung der Brauchwassererwärmung könnte zu einer weiteren Einsparung beitragen.

Ergebnis der Optimierung

Durchschnittlicher Jahreswärmeverbrauch vor der Optimierung: ca. 780.000 kWh/a

Aktueller Minderverbrauch: ca. 85.000 kWh/a bzw. 11%

CO<sub>2</sub>-Reduktion: ca. 16,2 t/a

## Optimierung von Heizanlagen

### Gesamtergebnis

In den Jahren 1998 bis einschließlich 2000 wurden 33 Objekte messtechnisch untersucht und optimiert. Das Ergebnis von 23 Optimierungsmaßnahmen nach Auswertung der Abrechnungen für Heizöl bzw. Erdgas für das Jahr 2001 zeigen einen Minderverbrauch an Wärme von ca. 1.800 MWh bzw. 9,4% gegenüber dem mittleren Wärmeverbrauch der Jahre vor 2001 (Abb. 30).

Damit kam es bei diesen 23 Objekten zu einer jährlichen Reduktion von ca. 360 t an CO<sub>2</sub>-Emission (Abb. 31).

Die Jahreswärmekosten reduzierten sich netto um ca. 49.500 €. Die Honorarkosten für die Messungen betragen insgesamt netto 34.000 €. Somit ergibt sich im Durchschnitt eine Amortisation des Projektes von bereits unter einem Jahr.

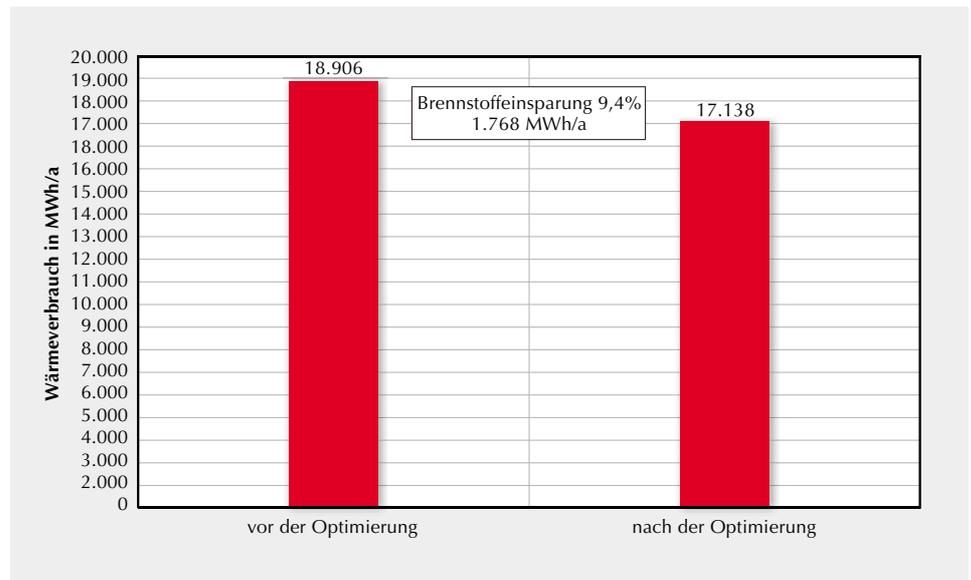
Die Gesamtzusammenstellung ist der Tabelle 1 zu entnehmen.

Bei den übrigen 10 Objekten konnten – auf Grund von Änderungen der Verbrauchsstruktur im Zeitraum der Maßnahmen – keine aussagekräftigen Vergleichszahlen erhoben werden.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass mit ingenieurmäßigen Methoden ohne großen finanziellen Aufwand beachtenswerte Einsparungen erzielt werden können.

### Einsparung des Brennstoffverbrauchs durch Heizungsoptimierung

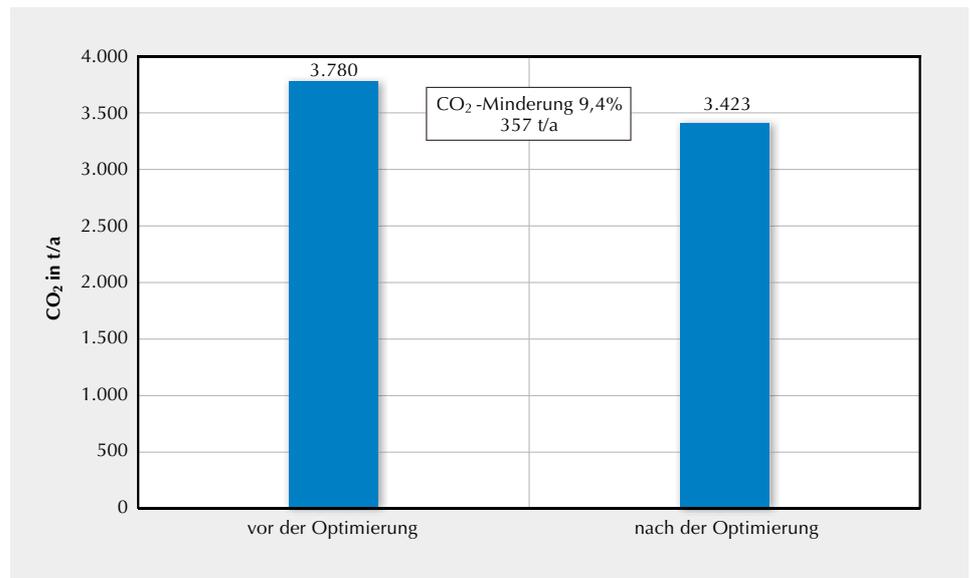
Abb. 30



Durchschnittlicher Wärmeverbrauch

### Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen durch Heizungsoptimierung

Abb. 31

Durchschnittlicher CO<sub>2</sub>-Ausstoß

## Übersicht Optimierungsmaßnahmen 1998 – 2000

Objekt	durchschnittl. Wärmeverbrauch vor der Optimierung	Verbrauchsänderung		Änderung der CO <sub>2</sub> -Emission	Kosten Messung	jährliche Kostensparnis
	kWh/a	kWh/a	%	kg/a	€	€
Polizei Günzburg	393.782	-64.773	<b>-16,4%</b>	-16.193	952 €	<b>2.590 €</b>
Finanzamt Kaufbeuren	755.067	-120.323	<b>-15,9%</b>	-22.868	1.189 €	<b>3.340 €</b>
Ämtergebäude Donauwörth	778.506	-85.082	<b>-10,9%</b>	-16.166	1.285 €	<b>2.467 €</b>
Direktion für Ländliche Entwicklung, Krumbach	198.601	-10.955	<b>-5,5%</b>	-2.739	887 €	<b>269 €</b>
Bundesstraßenmeisterei Neu-Ulm	459.002	-74.112	<b>-16,1%</b>	-18.528	1.163 €	<b>1.902 €</b>
Vermessungsamt Memmingen	251.545	-29.398	<b>-11,7%</b>	-5.586	902 €	<b>857 €</b>
Schülerheim Marktoberdorf	971.301	-101.155	<b>-10,4%</b>	-19.220	1.240 €	<b>2.886 €</b>
Polizeidirektion Straubing	870.716	-135.010	<b>-15,5%</b>	-22.189	1.904 €	<b>4.033 €</b>
Justizvollzugsschule Straubing	1.119.105	-182.933	<b>-16,3%</b>	-34.757	1.904 €	<b>5.488 €</b>
Polizeigebäude München Skagerrakstraße 4	990.954	-137.007	<b>-13,8%</b>	-26.031	1.513 €	<b>4.110 €</b>
Polizeigebäude München Feiligrathstraße 81	420.202	-26.837	<b>-6,4%</b>	-5.099	1.309 €	<b>805 €</b>
Staatliches Ämtergebäude Aschaffenburg	792.773	-81.413	<b>-10,3%</b>	-15.468	1.800 €	<b>1.952 €</b>
Polizeidirektion Regensburg	1.375.875	13.101	<b>1,0%</b>	2.489	1.651 €	<b>-380 €</b>
Justizschule Pegnitz	827.726	-127.640	<b>-15,4%</b>	-31.910	1.741 €	<b>3.445 €</b>
Justizgerichtsgebäude Nürnberg	1.449.665	-41.024	<b>-2,8%</b>	-8.472	1.616 €	<b>1.598 €</b>
Lehrgangsbäude OBB, München	366.136	-35.594	<b>-9,7%</b>	-6.763	1.104 €	<b>1.139 €</b>
Ämtergebäude Bayreuth	2.514.254	-205.994	<b>-8,2%</b>	-46.349	1.810 €	<b>4.729 €</b>
Landgericht Hof	1.303.671	-30.828	<b>-2,4%</b>	-5.857	1.943 €	<b>894 €</b>
Amtsgericht Pfaffenhofen	286.428	-27.210	<b>-9,5%</b>	-5.170	1.360 €	<b>708 €</b>
Finanzamt Eichstätt	386.767	-35.962	<b>-9,3%</b>	-6.833	1.224 €	<b>938 €</b>
Direktion für Ländliche Entwicklung, Ansbach	730.169	-51.106	<b>-7,0%</b>	-9.710	1.697 €	<b>1.225 €</b>
Polizeidirektion Weilheim	625.976	-136.922	<b>-21,9%</b>	-26.015	1.503 €	<b>3.437 €</b>
Amt für Versorgung und Familienförderung, Bayreuth	1.037.423	-39.505	<b>-3,8%</b>	-7.506	2.277 €	<b>1.118 €</b>
	<b>18.905.646</b>	<b>-1.767.684</b>	<b>-9,4%</b>	<b>-356.933</b>	<b>33.974 €</b>	<b>49.521 €</b>

Tab.1 - Optimierung von Heizanlagen durch einfache und kostengünstige Mittel – Amortisation des Ingenieurhonorars unter 1 Jahr

### 2.3 Optimierung von raumluftechnischen Anlagen

Im Rahmen energietechnischer Gesamtuntersuchungen (siehe 2.4) hat sich gezeigt, dass im Bereich der raumluftechnischen Anlagen noch erhebliches und relativ leicht erschließbares Einsparvolumen zu erwarten ist. Zur Nutzung dieser Ressourcen wurde das Projekt „Optimierung von raumluftechnischen Anlagen“ initiiert.

#### Beispiel Universität Bayreuth, Gebäude Rechts- und Wirtschafts- wissenschaften

##### Empfohlene Maßnahmen

Bei der Universität Bayreuth, Gebäude Rechts- und Wirtschaftswissenschaften (Abb. 32) wurde im Rahmen einer dynamischen Gebäudesimulation aus zeitlich variablen Eingangsdaten (Außentemperatur, solare Einstrahlung, innere thermische Lasten, Luftwechsel, Betriebsweise von Anlagen der technischen Gebäudeausrüstung, Regelungstechnik etc.) das thermische Verhalten eines Gebäudes in mehreren Varianten berechnet. Diese Untersuchung ergab folgende Vorschläge zu Maßnahmen, die durchgeführt werden sollten:

- CO<sub>2</sub>-Regelung der RLT-Anlagen der Hörsäle

Die Nachrüstung einer Luftqualitätsregelung ist technisch möglich. Im Zuge einer Sanierung der luftechni-

schen Anlagen sollte eine CO<sub>2</sub>-Regelung eingebaut werden. Es sollten dabei regelbare Motoren, die den Volumenstrom der Anlagen stufenlos verändern, eingesetzt werden.

- Veränderte Betriebsweise der RLT-Anlagen der Bibliothek

Auf Grund der ursprünglich gewählten Betriebsweise wurde der gewünschte Raumlufzustand an fast allen Stunden des Jahres eingehalten. Der Betrieb war jedoch überdimensioniert und mit erheblichen Energieverbräuchen verbunden. Durch geeignete Reduzierung der Betriebsstunden und Volumenströme konnte bei bestehender Technik und ohne weitere Investitionen eine hohe jährliche Energiekosteneinsparung erzielt werden.



Universität Bayreuth, Rechts- und Wirtschaftswissenschaften

Abb. 32

Bis heute wurden folgende Maßnahmen durchgeführt:

Im Zeitraum von November 2001 bis Ende 2002 wurde die komplette analoge Mess-, Steuer- und Regeltechnik erneuert und durch eine digitale Automatisierungstechnik ersetzt. Die Kosten hierfür betragen ca. 128.000 €.

Die RLT-Anlagen von verschiedenen Hörsälen, der Flurgarderobe und von Übungsräumen wurden mit einer 2-stufigen Regelung der Ventilatoren versehen und bedarfsgerecht über die Luftqualität gesteuert. Dabei kann der Außenluftanteil bei Bedarf stetig bis auf 100% erhöht werden.

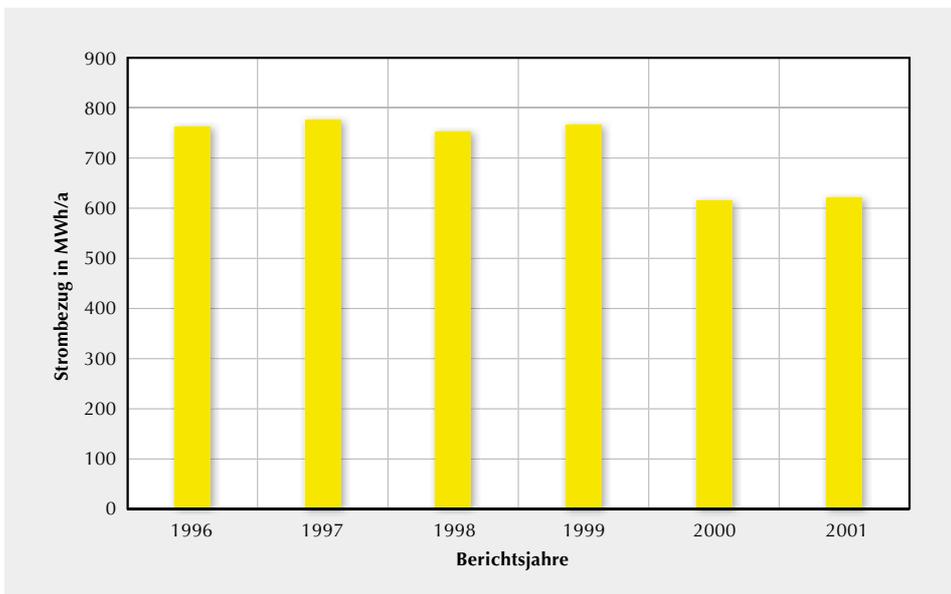
Auch die Regelung der RLT-Anlage Bibliothek erfolgt nun über die Luftqualität. Außerdem werden hier die Ventilatoren mittels Frequenzumformer drehzahl geregelt betrieben. Bei Überschreitung des eingestellten CO<sub>2</sub>-Grenzwertes erfolgt zunächst die energetisch vorteilhaftere Erhöhung

des Außenluftanteils bis auf 100%. Anschließend kann durch Anhebung der Drehzahl der Lüftermotoren der Luftwechsel erhöht und die Luftqualität weiter verbessert werden. Zudem wurde zur besseren Kontrolle der Anlage der Bibliothek eine elektrische Leistungsmessung eingebaut. Zur endgültigen Beurteilung der Maßnahme hinsichtlich tatsächlich erzielter Einsparungen bzw. eventuell vorhandener weiterer Potenziale sind die Verbrauchswerte ab dem Berichtsjahr 2003 abzuwarten.

Eine Überprüfung der Wärmetauscher im Jahr 2000 führte dazu, dass nun der gleiche Volumenstrom mit geringerer Motorleistung der Ventilatoren zur Verfügung gestellt werden konnte. Dadurch wurde der Stromverbrauch um ca. 150.000 kWh/a erheblich reduziert (Abb. 33). Dies entspricht einer Kosteneinsparung von netto ca. 6.000 €/a.

Entwicklung des Strombezugs

Abb. 33



Minderung des Stromverbrauchs durch Optimierung der Anlagentechnik

## 2.4 Energietechnische Gesamtuntersuchungen

Bei folgenden Instituten und Kliniken wurden 1999 auf Grund der Auswertungen zum Energie- und Medienverbrauch umfassende energietechnische Gesamtuntersuchungen durchgeführt:

- Klinikum am Biederstein, München
- Universität Augsburg, Schillstraße 100
- Universität Augsburg, Gebäude F, Eichleitnerstrasse 30
- Universität Bayreuth, Gebäude Rechts- und Wirtschaftswissenschaften

Ziel der Gesamtuntersuchung war es, nach ausführlicher Begehung vor Ort und nach Sichtung der Unterlagen eine umfassende Beschreibung der Gebäude mit den technischen Anlagen zu erstellen. Aus der Zusammenfassung der Ergebnisse wurden die Mängel an den Anlagen ersichtlich und im weiteren die Schwerpunkte für die Vorgehensweise bei Energieeinsparmaßnahmen festgelegt.

In einem zweiten Schritt wurden – aufbauend auf den Ergebnissen der durchgeführten technischen Bestandsaufnahme – konkrete Energiesparmaßnahmen untersucht und diese mit Kostenermittlungen und Wirtschaftlichkeitsanalysen ausgearbeitet.

### Beispiel Klinikum rechts der Isar, Am Biederstein, München

Im Klinikum Am Biederstein (Abb. 34) ergab die Untersuchung folgende Vorschläge für durchzuführende Maßnahmen:

- Erstellung einer gemeinsamen Wärmeerzeugungsanlage für verschiedene Gebäude
- Einbau von Pumpen mit Leistungsregelung
- Umbau der Heizungsanlage zu einem geschlossenen System
- Erneuerung der Steuer- und Regelungstechnik
- Sanierung der Verbindungstrasse zwischen Heizzentrale und versorgten Gebäuden
- Anpassung der Isolierung innerhalb der Heizzentrale und der Verteilerräume an die Energieeinsparverordnung
- Erneuerung verschiedener Lüftungsanlagen

Bis heute wurden folgende Maßnahmen durchgeführt:

Im Jahr 2002 wurde ein Teil der Heizungsanlage auf Fernwärme umgestellt. Der Anteil der Heizleistung, der durch Fernwärme erzielt wird, liegt

bei etwa 40%. In diesem Zusammenhang ergeben sich auch die entsprechenden Umrüstungen in Bezug auf den Einbau leistungsgeregelter Pumpen, Steuer- und Regeltechnik, Anpassung der Isolierung und Zentralisierung der Wärmeerzeugung.

### Beispiel Universität Augsburg, Schillstraße 100

In der Universität Augsburg, Schillstraße, ergab die Untersuchung folgende Vorschläge für durchzuführende Maßnahmen:

- Erneuerung der Wärmeerzeugung
- Einbau von Pumpen mit Leistungsregelung
- Umbau der Heizungsanlage zu einem geschlossenen System
- Erneuerung der Steuer- und Regelungstechnik
- Sanierung der Verbindungstrasse zwischen Heizzentrale und versorgten Gebäuden
- Anpassung der Isolierung innerhalb der Heizzentrale und der Verteilerräume an die Energieeinsparverordnung
- Erneuerung der nicht mehr zeitgemäßen Lüftungsanlage für die Küche der Mensa



Klinikum rechts der Isar, Am Biederstein, München

Abb. 34

### Weitere Schritte

Nach Mittelbereitsstellung sind im Rahmen einer großen Baumaßnahme diese Vorschläge umzusetzen.

#### **Beispiel Universität Augsburg, Gebäude F, Eichleitnerstraße**

In der Universität Augsburg, Gebäude F, Eichleitnerstraße, ergab die Untersuchung folgende Vorschläge für durchzuführende Maßnahmen:

- Erneuerung der Wärmeerzeugung (Zusammenfassen der beiden Heizzentralen)
- Einbau von Pumpen mit Leistungsregelung und Nachrüsten mit Thermostatventilen
- Umbau der Heizungsanlage zu einem geschlossenen System
- Erneuerung der Steuer- und Regelungstechnik
- Anpassung der Isolierung innerhalb der Heizzentrale an die Energieeinsparverordnung

### Weitere Schritte

Nach Mittelbereitsstellung sind im Rahmen einer großen Baumaßnahme diese Vorschläge umzusetzen.

## 2.5 Anschlusswertüberprüfung

Für die Berichtsjahre 1999 und 2000 ergaben sich bei den Auswertungen der Energiedaten von Liegenschaften mit einem Wärmeverbrauch über 500.000 kWh pro Jahr bei einigen Objekten niedrige Vollbenutzungsstunden. Als niedrig wurden Objekte definiert, deren Vollbenutzungsstunden kleiner 1.600 h/a waren. Die Grundbesitz verwaltenden Dienststellen wurden informiert, dass hier erfahrungsgemäß ein zu hoher Anschlusswert, d.h. eine zu hohe stündliche Erdgas- bzw. Fernwärmemenge vertraglich vereinbart sein und regelmäßig zu hohe Kosten abgerechnet werden dürften.

Zur Überprüfung dieses Sachverhaltes wurde eine Methode zur Ermittlung des optimalen Anschlusswertes entwickelt.

Dabei ist die Mithilfe der Nutzer nötig. Neben der Überprüfung der gemeldeten Daten auf Richtigkeit, mussten die Nutzer z.T. den Brennstoffdurchsatz bei erdgasbetriebenen Heizkesseln ermitteln, sowie Ablesungen der stündlichen Fernwärme- bzw. Erdgasmengen vornehmen.

Die Vollbenutzungsstunden sind definiert als Verhältnis des tatsächlichen Wärmeverbrauchs [kWh] in einem Betrachtungszeitraum zum errechneten Normwärmebedarf [kW] der Heizungsanlage. Der Brennstoffverbrauch in einem Berichtsjahr sowie der Anschlusswert werden für eine überschlägige Berechnung herangezogen.

Um den optimalen Anschlusswert zu bestimmen, ist der maximale Brennstoffbedarf zu ermitteln. Bei Erdgasheizanlagen sollte der Anschlusswert dem maximalen Brennstoffbedarf entsprechen.

Der Brennstoffbedarf ist die zu einem bestimmten Zeitpunkt benötigte Brennstoffmenge. Der maximale Brennstoffbedarf ist demnach die Brennstoffmenge, die bei einer minimalen Normaußentemperatur  $t_{amin}$  nach DIN 4701 zur Aufrechterhaltung der mittleren Gebäudetemperatur  $t_{im}$  zuzuführen ist. Die Außentemperatur ist dabei eine der wichtigsten Grundgrößen für den Heizbetrieb.

### Ergebnisse

In der Zeit von Herbst 1999 bis Frühjahr 2001 wurden ca. 30 Objekte auf ihre Anschlusswerte überprüft. Die Leistung konnte in Summe um rund 3.500 kW reduziert werden. Dies entspricht einer Einsparung an jährlichen Leistungskosten von ungefähr 60.500 € (netto). Die Vollbenutzungsstunden konnten durch diese Maßnahme von durchschnittlich 1.300 auf ca. 1.800 Stunden erhöht werden.

Die Anschlusswertüberprüfung wird in jeder Heizperiode durchgeführt.

### 3. Alternative Finanzierungsmöglichkeiten – Performance-Contracting

Auf Grund der knappen Haushaltsmittel ist es nicht immer möglich, Energieeinsparmaßnahmen mit eigenen Mitteln zu finanzieren. Als mögliche Alternative bietet sich das Performance-Contracting (Energieeinspar-Contracting) an, dessen Ziel es ist, ohne gesonderte Bereitstellung von Haushaltsmitteln Maßnahmen zur effizienten Energienutzung allein aus den ersparten Energiekosten zu refinanzieren. Die Ermächtigung zum Abschluss derartiger Verträge ist im Bayerischen Haushaltsgesetz [8] verankert.

In der Praxis führen private Unternehmen eine teilweise Modernisierung der staatlichen betriebstechnischen Anlagen bei gleichzeitiger Betriebsoptimierung durch und garantieren einen bestimmten Einsparerfolg über eine bestimmte Laufzeit. Die Vergütung des Unternehmens erfolgt aus den eingesparten Energiekosten. Nach Ablauf des Vertrages entlasten die restlichen eingesparten Verbrauchskosten den Landeshaushalt.

Im Jahr 1999 wurden mit Hilfe der Bezirksregierungen und Staatlichen Hoch- und Universitätsbauämter umfangreiche Erhebungen von staatlichen Liegenschaften durchgeführt mit dem Ziel, anhand verschiedener Kriterien geeignete Objekte zu ermitteln.

Aus den eingegangenen Vorschlägen wurden in einer Vorauswahl zunächst 50 Objekte untersucht, wobei sich im Weiteren dann 19 Objekte als potenziell geeignet herauskristallisierten.

Für diese Objekte wurden die Verbrauchswerte für Wärme, Strom und Trinkwasser aus dem Datenbestand der Energieverbrauchskontrolle des Berichtsjahres 1998 analysiert.

Für folgende Objekte des Freistaates wurden Contracting-Verträge abgeschlossen:

- Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit Oberschleißheim (LGL)
- Institutsgebäude Leopoldstraße 13 der Ludwig-Maximilians-Universität
- Klinikum der TU München rechts der Isar

#### **Beispiel Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL) Oberschleißheim**

Es handelt sich dabei um das 1. Pilotprojekt im Bereich der Staatshochbauverwaltung. Die Vertragslaufzeit beträgt 7 Jahre bei einer prognostizierten Energiekosteneinsparung von 20% pro Jahr (100.000 €). Die hierfür erforderlichen Investitionen durch den Vertragspartner betragen ca. 450.000 €. 75% der eingesparten Energiekosten fließen an den Contractor. Der Rest, sowie sämtliche Einsparungen nach dem Ende des Vertrages, kommen dem Freistaat Bayern zu Gute.

Im Auftrag der Bauverwaltung wurde der Zustand der Gebäude und der Gebäudetechnik des LGL sowie dessen Energie- und Medienverbrauch aufgenommen, analysiert und bewertet. Die Untersuchung ergab, dass der Energie- und Medienverbrauch überdurchschnittlich hoch ist. Der erhöhte Wärmeenergieverbrauch resultierte im Wesentlichen aus dem hohen Lüftungswärmebedarf sowie den nicht bedarfsabhängig geregelten Heizkreisen und Dampferzeugern. Dadurch traten hohe Verteil- und Bereitschaftsverluste auf, die zu einem großen Wärmeverbrauch, auch im Sommer, führten. Die nicht optimierte Betriebsweise der RLT-Anlagen bot Ansatzpunkte sowohl zur Wärme als auch zur Stromkostensenkung.

Durchgeführte Analysen und Sparmaßnahmen:

1. Heizung:
  - Wegschalten eines Heizkessels
  - Einstellung Kesselregler
  - Reparatur Rückschlagklappe zwischen den Kesseln
  - Einbindung Kesselsteuerung und -folgeschaltung in GLT
  - Einstellung der Heizkurven für die Gebäude
  - Überprüfung Strahlpumpen sowie deren Reglern
  - Nacht- / Wochenendabsenkung der Volumenströme
  - Einbindung Strahlpumpen in die GLT
2. Dampf:
  - Dämmung von Rohrleitungen
  - Nutzungszeiten für Sterilisatoren festlegen
3. Lüftung:
  - Funktionen „Heizen/Kühlen“ an Registern verriegeln
  - Strahlpumpen der Register auf GLT aufschalten
  - Ventilatoroptimierung
  - Erneuerung Filter der RLT-Anlagen
  - Nacht- / Wochenendabsenkung der Volumenströme
4. Elektro:
  - Energieanalyse der Lüftungsanlagen
  - Abschaltung Brauchwasservorwärmung
  - Steuerung Kältemaschinen über GLT
  - Anbringung Schilder „Licht aus“
  - Stromzähler für alle Einzelgebäude (Energiemonitoring in GLT)
5. Wasser:
  - Wasserzähler für alle Einzelgebäude (Energiemonitoring in GLT)

Zur Unterstützung der Betriebsführung wurde eine digitale Gebäudeleittechnik mit zentraler Leitebene und Modem zur Fernüberwachung und Verbrauchszählung installiert.

Ergebnisse

Eine deutliche Reduzierung des Wärme-, Strom- und Wasserverbrauchs (Tab. 2) und eine Kosteneinsparung von ca. 31% gegenüber dem Referenzdurchschnitt von 1997/1998 (Tab. 3) bestätigen den Erfolg der Maßnahmen.

### Zusammenfassende Bewertung

Die durchgeführten Maßnahmen sind als erfolgreich zu bezeichnen. Die angestrebten Einsparpotenziale von 20-30% haben sich in der Praxis bestätigt und werden dem Freistaat Bayern nach Ablauf der 7-jährigen Vertragslaufzeit in vollem Umfang zu Gute kommen. Da hier so genannte Beteiligungsmodelle gewählt wurden, profitiert der Freistaat aber auch bereits davor an Energie- und Betriebskosteneinsparungen.

### Grundsätzliche Anmerkungen

Die Ursachen dafür, dass von den anfangs 50 ausgewählten Objekten nur für wenige ein Vertragsabschluss zu Stande kam, sind hauptsächlich folgende:

#### 1. Haushaltsrecht

Das bayerische Haushaltsgesetz sieht für den Abschluss von Performance-Contracting-Maßnahmen eine maximale Laufzeit von 7 Jahren vor.

Die Investitionskosten vieler Energieeinsparmaßnahmen lassen sich nicht in 7 Jahren aus den eingesparten Energiekosten refinanzieren, obwohl Contracting-Anbieter in der Regel günstigere Einkaufspreise für Material und in Einzelfällen auch für Energie haben als öffentliche Auftraggeber.

#### 2. Liberalisierung Strommarkt

Im Sektor der elektrischen Energie war im Berichtszeitraum ein deutlicher Preisverfall zu verzeichnen, welcher Energieeinsparungen auf der Stromseite weniger effektiv gestaltet hat.

### 3. Gebäudenutzung

Konstante Abnahmeverhältnisse als Voraussetzung eines Performance-Contracting schränken eine flexible Nutzung des Gebäudes ein. Weitergehende staatliche Investitionen für energie-sparende Maßnahmen werden während der Vertragslaufzeit erschwert.

### 4. Vertragspartner

Die Bauverwaltung initiiert und koordiniert Contracting-Modelle. Die dazu notwendigen Verträge können nicht von der Bauverwaltung, sondern nur vom Betreiber des Gebäudes abgeschlossen werden. Die Abgrenzung der Verantwortungsbereiche zwischen Contractor und Nutzer ist von beiden Seiten detailliert zu beschreiben und kann eine Hürde bei der Vertragsgestaltung darstellen.

### Verbrauchswerte LGL

Tab. 2

Bereich	Referenzwert 1997–98	Jahr 2000 Wert	Einsparung 2000 absolut	Einsparung 2000
Wärme [kWh]	8.005.507	6.607.265	1.398.242	17,5%
Srom [kWh]	2.925.895	2.347.410	578.485	20,8%
Wasser [m <sup>3</sup> ]	36.493	22.807	13.686	37,5%

### Energie- und Medienkosten LGL

Tab. 3

Reale Kosten nach Rechnung (€ brutto)				
Bereich	1997	1998	1999	2000
Erdgas	194.906	172.908	144.508	165.311
Heizöl	16.654	8.006	0	0
Strom	280.706	262.511	241.349	159.202
Wasser	120.551	125.523	81.423	75.556
Summe	612.818	568.950	467.281	400.073

## 4. Erneuerbare Energien und Kraft-Wärme-Kopplung

Die Zielsetzung der Bayerischen Staatsregierung, rationelle und umweltverträgliche Erzeugung und Verwendung von Energie zu forcieren, um die Kohlendioxidemissionen weiter zu reduzieren, findet unter anderem darin ihren Ausdruck, dass staatliche Bauvorhaben grundsätzlich auf ihre Eignung für den Einsatz erneuerbarer Energien und Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen untersucht werden. Entsprechende Analysen finden bei Neubauten und Sanierungen gleichermaßen statt.

Durch Landtagsbeschlüsse [3, 4, 5, 6] werden diese Bemühungen unterstützt.

Bei staatlichen Gebäuden sind aktuell in Betrieb:

- 46 solarthermische Anlagen (Tab. 4 und Abb. 35) mit einer Gesamtfläche von gut 4.500 m<sup>2</sup>
- 76 Biomasseheizanlagen (Tab. 5 und Abb. 37) mit einer Gesamtleistung von knapp 5.000 kW
- 49 Fotovoltaik-Anlagen (Tab. 6 und Abb. 39) mit einer Gesamtfläche von 5.000 m<sup>2</sup> und einer Gesamtleistung von 500 kWp
- 16 Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen (Tab. 7 und Abb. 41) mit einer Gesamtleistung von ca. 15.000 kW elektrisch und 35.000 kW thermisch.

Die Substitution fossiler Energieträger durch Sonnenenergie und Biomasse führt zu einer Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emission von rund 3.000 Tonnen pro Jahr.

Weitere rund 150 Anlagen dieser vorgenannten Arten mit einem CO<sub>2</sub>-Einsparungspotenzial von insgesamt ca. 600 Tonnen pro Jahr befinden sich derzeit in Planung.

Solarthermische Anlagen

Tab. 4

	Anzahl	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Arbeit [MWh/a]	CO <sub>2</sub> -Einsparung [t/a]
installiert	46	4.560	2.280	685
geplant	42	3.600	1.800	540

Biomasseheizanlagen

Tab. 5

	Anzahl	Leistung [MW]	Arbeit [MWh/a]	CO <sub>2</sub> -Einsparung [t/a]
installiert	76	5,0	7.225	2.170

Fotovoltaikanlagen

Tab. 6

	Leistung [kWp]	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Arbeit [MWh/a]	CO <sub>2</sub> -Einsparung [t/a]
installiert	500	5.000	400	65
geplant	800	7.000	640	100

KWK-Anlagen

Tab. 7

	Anzahl	Leistung th [MW]	Leistung el [MW]	Gesamtarbeit [MWh/a]
installiert	16	35	15	200.000

#### 4. 1 Solarthermie

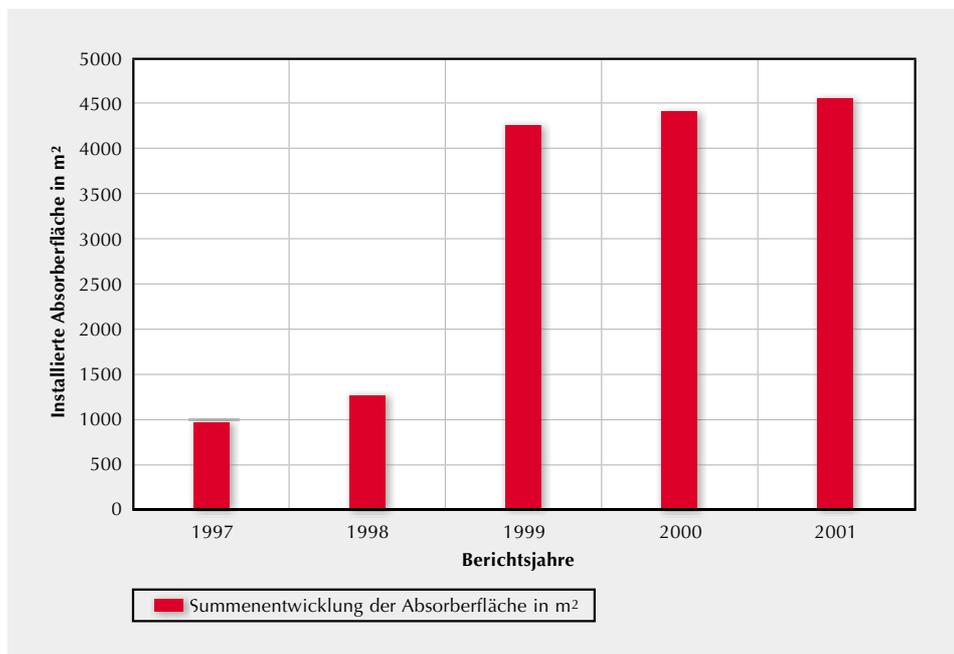
Solarthermische Anlagen werden bei Gebäuden des Freistaates immer dann vorgesehen, wenn die notwendigen Einsatzbedingungen einer sinnvollen Sonnenenergienutzung, d.h. vorhandener Brauchwarmwasserbedarf sowie die Lage und Verschattung

der Montageflächen, sich in Summe günstig darstellen.

Neben den bereits in Betrieb befindlichen 46 Anlagen mit einer Absorberfläche von ca. 4.500 m<sup>2</sup> (Abb. 35) sind im Augenblick noch über 40 Anlagen mit einer Gesamtfläche von ca. 3.600 m<sup>2</sup> in Planung.

Installierte Absorberfläche der solarthermischen Anlagen

Abb. 35



Zuwachs der Absorberfläche



Solarthermische Anlage der Bereitschaftspolizei Nürnberg

Abb. 36

#### Beispiel Bereitschaftspolizei Nürnberg Sportgebäude

Es wurden neben dem Sportgebäude 10 Flachkollektoren mit einer Gesamtfläche von 60 m<sup>2</sup> installiert (Abb. 36). Die Ausrichtung der Anlage erfolgte, entsprechend den örtlichen Gegebenheiten, nach Süd-Südwest. Der jährliche theoretische Ertrag beträgt ca. 30.000 kWh für die Gesamtanlage.

Die solarthermische Anlage besteht aus:

- 2 Schichtenspeichern mit jeweils 2.000 l Inhalt
- 1 Brauchwarmwasserspeicher mit 400 l Inhalt
- 1 Wärmetauscher für den Kollektorkreislauf, Leistung 75 kW
- 1 Wärmetauscher für die Boilerladung, Leistung 155 kW
- sowie den zugehörigen Ladepumpen und der Regelung.

Im Kollektor wird ein Wasser-Glykol-Gemisch erwärmt. Übersteigt die Temperatur am Kollektor einen bestimmten Wert, wird die Kollektorkreispumpe eingeschaltet. Wenn die Kollektorkreistemperatur größer ist als die untere Temperatur im Pufferspeicher, läuft die Speicherladepumpe an. Über einen Wärmetauscher wird die erzeugte Wärmemenge an das Heizungswasser abgegeben und in den Puffern gespeichert. Unterschreitet die Brauchwarmwassertemperatur ihren Sollwert, werden die Warmwasserladepumpe, die Boilerladepumpe und die Laderegelung eingeschaltet und das Brauchwarmwasser wird über einen zweiten Wärmetauscher aufgeheizt. Wird Brauchwarmwasser benötigt und ist die Temperatur in den Pufferspeichern nicht ausreichend, kann über die konventionelle Heizung geladen werden.

## 4.2 Biomasse

Seit 1992 werden bereits öffentliche Gebäude mit umweltfreundlichen Restholzheizungen ausgestattet.

Bei den ausgeführten 76 Biomasseheizanlagen mit einer Gesamtleistung von knapp 5 Megawatt handelt es sich überwiegend um Hackschnitzel-Heizungsanlagen für Forstdienstgebäude, aber auch um große Heizzentralen, z.B. im Bereich des Justizvollzuges (Tab. 8).

Die unbestrittenen Vorteile des Brennstoffes Biomasse liegen in dessen Erneuerbarkeit. Bei sinnvoller und umsichtiger Nutzung kann die verbrauchte Menge von der Natur ständig „nachgeliefert“ und die Abhängigkeit von Energieimporten reduziert werden. Sie sind weitgehend CO<sub>2</sub>-neutral, d.h. sie tragen nicht zum Treibhauseffekt bei, da beim Verbrennungsprozess nur die Menge an CO<sub>2</sub> freigesetzt wird, die vorher während des Wachstums der Pflanzen aus der Luft aufgenommen wurde. Sie speichern Sonnenenergie, die dann zur Verfügung steht, wenn sie benötigt wird. Weiterhin steht Biomasse in fester, flüssiger und gasförmiger Form zur Verfügung und kann daher in unterschiedlichen Bereichen eingesetzt werden (Hackschnitzel, Pellets, Rapsöl, etc.).

Die errichteten Biomasseheizanlagen tragen, im Vergleich zu dem fossilen Energieträger Heizöl, zu einer CO<sub>2</sub>-Einsparung von rund 2.000 Tonnen pro Jahr bei. Ein Potenzial, welches auch in den nächsten Jahren zu einer weiteren Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen genutzt, bzw. ausgebaut werden wird.

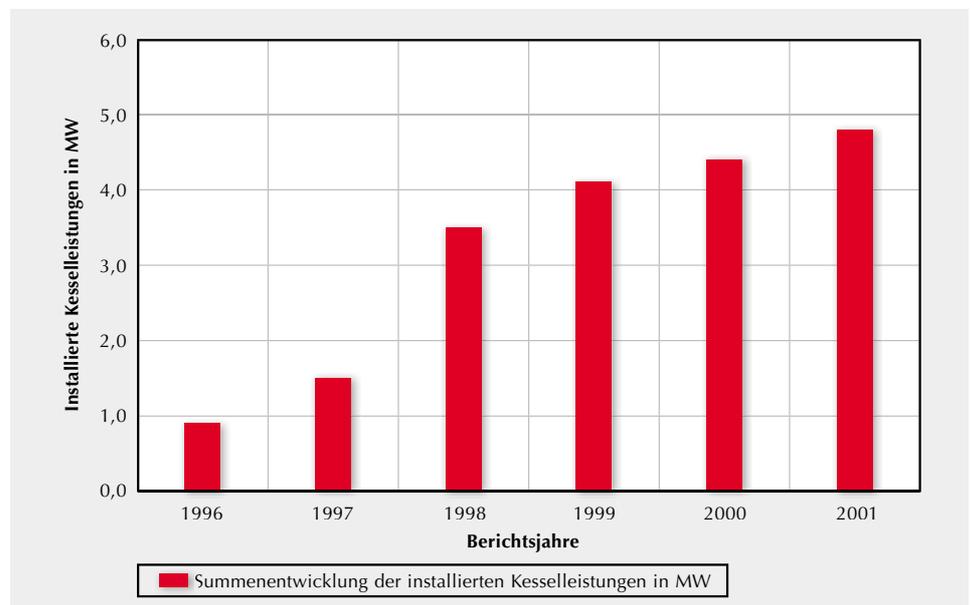
Zur weiteren Unterstützung der energetischen Nutzung von Biomasse hatte die Staatsregierung im Oktober 1997 beschlossen, für den Einbau von Hackschnitzel-Heizungsanlagen in

Forstdienstgebäuden eine bis Dezember 1998 befristete Regelung festzuschreiben, wodurch die meist noch höheren Investitionskosten, gegenüber fossil betriebenen Heizanlagen, durch einen „Ökobonus“ fallweise ausgeglichen werden konnten.

Da auch nach Ablauf dieser Regelung bei jeder staatlichen Baumaßnahme der Einsatz erneuerbarer Energien konsequent geprüft wird, konnten überdies weitere Projekte realisiert bzw. konkrete Planungen begonnen werden.

Installierte Kesselleistung der Biomasseheizanlagen

Abb. 37



Zuwachs der installierten Leistung

Unterschiedliche Größenordnungen installierter Biomasseheizanlagen

Tab. 8

Justizvollzugsanstalt Ebrach	1.500 kW
Akademie für Naturschutz und Landespflege Laufen	500 kW
Chorherrenstift Herrenchiemsee	370 kW
Waldarbeiterschule Buchenbühl	200 kW
Forstschule Lohr	100 kW
Flussmeisterstelle Stockstadt	80 kW
Forstdienstgebäude Erlenfurt, Altenbuch u. Amorbach – zusammen	60 kW
Forstdienstgebäude Schönbrunn	20 kW

### Beispiel Hackschnitzelkessel Verwaltung des Englischen Gartens, München

Die Verwaltung des Englischen Gartens bewirtschaftet ca. 417 ha Grünfläche. Bei der Pflege dieser Anlagen fallen jährlich große Mengen an Biomasse an, die nicht komplett in den Oberboden zur Verrottung eingearbeitet werden kann. Das Brennholz wird deshalb in Meterscheiten gelagert und verkauft, und minderwertiges Ast- und Strauchmaterial wird zu Hackschnitzeln verarbeitet. Dieses Material eignet sich hervorragend zur CO<sub>2</sub>-neutralen Wärmeversorgung der Verwaltung und Ökonomie des Englischen Gartens samt vermieteter Wohnbereiche.

### Planungsgrundlage

Der im Englischen Garten installierte 15 Jahre alte Hackschnitzelkessel konnte auf Grund zu hoher Störanfälligkeit und Immissionswerte den Anforderungen an einen wirtschaftlichen und umweltfreundlichen Betrieb nicht mehr genügen. 1999 begannen deshalb erste Überlegungen über einen Austausch des Kessels und die Erarbeitung eines neuen Konzeptes für die Wärmeversorgung. Dabei wurde großer Wert auf einen vollautomatischen Betrieb der Anlage und die richtige Auslegung der Kesselleistung gelegt. Im Störfall sollte dennoch ein weiterer konventioneller Wärmeerzeuger zur Verfügung stehen, da die Versorgungssicherheit der Mietwohnungen höchste Priorität besitzt. Aus wirtschaftlichen Gründen fiel hier die Wahl auf den Brennstoff Heizöl.

### Versorgungskonzept

Die Wärmeverteilung innerhalb der Liegenschaft erfolgt über zwei Versorgungsschwerpunkte. Die Heizzentrale selbst versorgt zunächst direkt die Werkstätten mit Brauchwarmwasser sowie über getrennte Heizkreise die Lüftungsanlagen und Heizflächen mit Heizwärme. Über erdverlegte Leitungen wird eine abgesetzte Verteilstation wärme- und regelungstechnisch erschlossen. Von dort aus wiederum sind die Bereiche Verwaltung, Kantine, Sozialräume und die vermieteten Wohnbereiche mit Heizwärme und Brauchwarmwasser versorgt.

### Aufbau der Wärmeerzeugung:

- Hackschnitzelkessel 200 kW mit 3-stufiger automatischer Leistungs- und Verbrennungsregelung, Selbstzündung, autom. Entaschung und Rotationsstaubabscheider
- automatische Hackschnitzelzuführung über Federkernraumaustragung und Förderschnecke aus Brennstofflager (Kapazität ca. 10 Tage)
- Reserveölkessel 220 kW 2-stufig mit Öltank 2.000 l



Hackschnitzelkessel in der Verwaltung und Ökonomie des Englischen Gartens München

Abb. 38

### 4.3 Fotovoltaik

Mit der Technologie der Fotovoltaik wird auf direktem Weg – ohne thermische, chemische oder mechanische Zwischenschritte – aus der Sonnenenergie Strom erzeugt. Während dieses Umwandlungsprozesses entstehen weder Schadstoffe noch Lärm. Damit zählt die Fotovoltaik zu den umweltfreundlichsten Arten der Stromerzeugung.

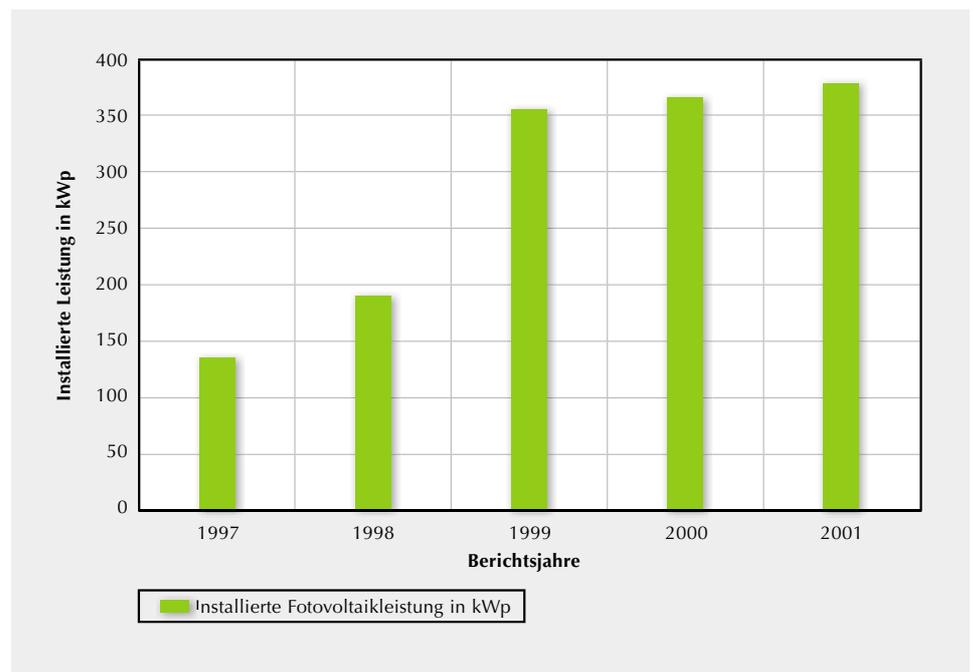
Die Fotovoltaik gehört zu den neuen Entwicklungen in der Energiewirtschaft. Sie befindet sich an der Schwelle zur breiten Markteinführung. Um neue technische Entwicklungen voranzubringen, müssen sie aber auch zur Anwendung kommen und bedürfen hierzu meist staatlicher Unterstützung. Bayern geht seit langem mit gutem Beispiel voran und verwirklicht an seinen landeseigenen Gebäuden fotovoltaische Pilotprojekte. Auf der Grundlage eines Landtagsbeschlusses aus dem Jahre 1995 [3] wird bei jeder Baumaßnahme die mögliche Nutzung von Fotovoltaikanlagen geprüft. Derzeit sind fast 50 Anlagen mit einer Gesamtfläche von 5.000 m<sup>2</sup> und einer Gesamtleistung von rd. 500 kWp in Betrieb; weitere 100 Anlagen (Gesamtleistung 800 kWp) sind in der Planung (Abb. 39 und Tab. 6). Wachsende Bedeutung kommt der Integration von Elementen der Fotovoltaik in die Gebäudehülle zu, was interessante Anwendungs- und Gestaltungsmöglichkeiten bietet.

#### Beispiel Klinisch-Molekularbiologisches Forschungszentrum Erlangen

Hier wird die Integration einer starren Solarmarkise und einer dem Sonnenstand nachgeführten Solarjalousie in außergewöhnlicher Architektur eindrucksvoll demonstriert (Abb. 40). Die Solarmarkise besteht aus 126 Fotovoltaikmodulen mit einer Gesamtfläche von rund 226 m<sup>2</sup> und einer Leistung von 22 kWp; die Solarjalousie besteht aus 140 Fotovoltaikmodulen mit einer Gesamtfläche von rund 115 m<sup>2</sup> und einer Leistung von 7,7 kWp. Der erzeugte Strom wird in das Hausnetz eingespeist.

Installierte Leistung der Fotovoltaikanlagen

Abb. 39



Stetiger Ausbau von Fotovoltaikanlagen



Klinisch-Molekularbiologisches Forschungszentrum Nikolaus Fiebiger, Erlangen

Abb. 40

#### 4.4 Kraft-Wärme-Kopplung

Der Weg, Primärenergie durch Technik mit hohen Gesamtwirkungsgraden möglichst effizient, d.h. mit wenig Verlust auszunutzen, wird durch die Staatsbauverwaltung schon seit Jahren beschritten. So wurden allein im Jahr 2000 mehrere Gasturbinen mit einer thermischen Gesamtleistung von ca. 7 MW und einer elektrischen Gesamtleistung von 3 MW im Luitpoldkrankenhaus der Universität Würzburg (Abb. 42) installiert.

Der Beschluss des Bayerischen Landtages vom 15. Februar 2001 [6] fordert dazu auf, „zur Versorgung von staatseigenen Gebäuden mit Wärme und Strom bei Vorliegen entsprechender Einsatzbedingungen und unter Berücksichtigung des Wirtschaftlichkeitsgrundsatzes verstärkt Anlagen mit Kraft-Wärme-Kopplung einzusetzen.“

Der Grundsatz zur sparsamen und wirtschaftlichen Verwendung von Haushaltsmitteln setzt somit einen Wirtschaftlichkeitsnachweis für eine Investitionsentscheidung zugunsten einer Anlage mit Kraft-Wärme-Kopplung voraus.

In den zurück liegenden Jahren hat die Staatliche Hochbauverwaltung den Einsatz von Anlagen zur Kraft-Wärme-Kopplung bei staatlichen Baumaßnahmen stets in Betracht gezogen und, unter der Voraussetzung des technisch und wirtschaftlich Vertretbaren, auch realisiert.

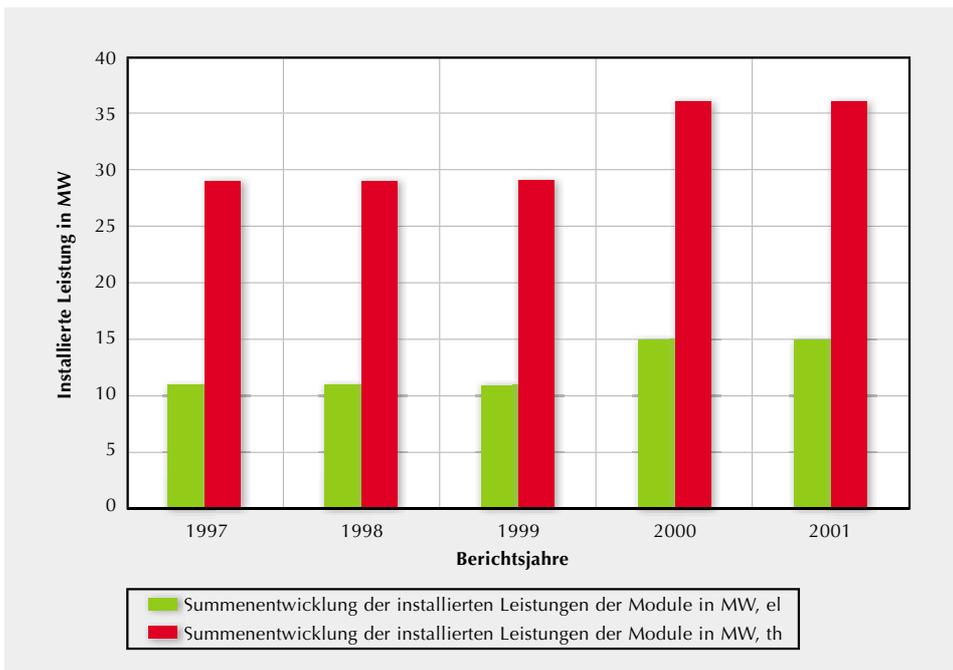
Leider haben sich die Bedingungen, die eine Anwendung der Kraft-Wärme-Kopplung unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten sinnvoll erscheinen lassen, durch die Liberalisierung des Energiewirtschaftsrechts im April 1998 verschlechtert.

Die Reduzierung der Strompreise um ca. 40% (Abb. 6) führte zu einer deutlichen Abnahme der finanziellen Einsparungen durch die Eigenstromerzeugung mittels KWK-Anlagen.

Durch vorstehend genannte Randbedingungen kann bei den heutigen Gegebenheiten eine Wirtschaftlichkeit für Anlagen mit Kraft-Wärme-Kopplung zur Zeit nur in Ausnahmefällen nachgewiesen werden.

Installierte elektrische und thermische Leistung von KWK-Anlagen

Abb. 41



Stufenweiser Ausbau durch große Gasturbinen-Anlagen



Einbau der Gasturbine im Luitpoldkrankenhaus Würzburg

Abb. 42

## 5. Energie im Wettbewerbsverfahren

Die Bauverwaltung des Freistaates Bayern betreut einen umfangreichen öffentlichen Liegenschaftsbestand. Durch Neubaumaßnahmen – vor allem im Bereich der Universitätsinstitute und -kliniken – ergibt sich ein jährlicher Zuwachs von 0,5%. Auch diese neuen Gebäude tragen zu Energieverbrauch und Umweltbelastung bei. Aufgabe der Bauverwaltung ist es daher, bei Neubauten zukunftsfähige und energieeffiziente Gebäude zu planen und zu realisieren, die auch auf lange Sicht sparsam mit den zur Verfügung stehenden Ressourcen umgehen.

Die entscheidende Weichenstellung für das energetische Verhalten eines Gebäudes erfolgt im Entwurfsstadium. Aus diesem Grund wird die Hochbauverwaltung des Freistaates in Zukunft auch Beiträge zu Architektenwettbewerben auf ihre energetischen Qualitäten hin überprüfen. Grundlage hierzu bildet ein Beschluss des Bayerischen Landtags [7].

Eine wichtige Rolle bei der Bewertung eines Entwurfes hinsichtlich der Energieeffizienz spielen die Geometrie des Gebäudes – z.B. die Kompaktheit der Baukörper – und die Gebäudeoberflächen wie verglaste oder geschlossene Fassadenflächen, Dachflächenanteile usw.

In der Auswertung der Wettbewerbsbeiträge werden für die einzelnen Hüllflächen standardisierte – und damit vergleichbare – Werte für den jeweiligen Wärmedurchgang angesetzt. Anhand dieser Angaben kann ein theoretischer Jahresheizwärmebedarf für das einzelne Gebäude ermittelt werden. Analog können ein Jahreskühlenergiebedarf oder auch die Wirkung von Maßnahmen zum sommerlichen Wärmeschutz bewertet werden. Im Vergleich mit den anderen Wettbewerbsbeiträgen ist so eine Beurteilung des einzelnen Entwurfes hinsichtlich seines zu erwartenden energetischen Verhaltens möglich.

Die oben genannten Kriterien, die ein Gebäude in Bezug auf sein energetisches Verhalten bereits grundsätzlich festlegen, sind entscheidende Entwurfsaspekte und damit Architektenaufgabe.

Grundsätzliche Aussagen des Entwurfsverfassers zu energiesparenden Maßnahmen, zum Einsatz regenerativer Energie bzw. zu einem ganzheitlichen Energiekonzept sind darüber hinaus möglich. Die Ausarbeitung eines integralen Konzeptes durch ein Planerteam aus Architekt und Gebäudetechniker ist jedoch grundsätzlich nicht vorgesehen. Sie soll einzelnen geeigneten Projekten und Wettbewerbsverfahren vorbehalten bleiben.

Um eine energietechnische Bewertung der vorgeschlagenen Lösungen durchzuführen, ist die Einschaltung von sachverständigen Beratern vorgesehen. Diese übernehmen die Auswertung der energetischen Daten in der Vorprüfung und beraten das Preisgericht. Das Kriterium der Energieeffizienz fließt – neben anderen entscheidungsrelevanten Kriterien wie Städtebau, Funktionserfüllung, allgemeine Wirtschaftlichkeit – in die Gesamtwertung ein.

Vorerst werden bei einzelnen Pilotmaßnahmen die Wettbewerbsverfahren in der beschriebenen Form durchgeführt. Die Erfahrungen aus diesen Verfahren fließen in die nachfolgenden Architektenwettbewerbe ein. Das Thema Energieeffizienz wird künftig bei Wettbewerben des Freistaates eines der Entscheidungskriterien darstellen.

## 6. Zusammenfassung / Ausblick

Die bayerische Staatshochbauverwaltung wird auch in der Zukunft alle Anstrengungen unternehmen, die Energieeffizienz von Neubauten weiter zu optimieren – auch über die bundesgesetzlichen Vorgaben aus der neuen Energieeinsparverordnung hinaus. Dazu gehören Maßnahmen wie der verstärkte Einsatz von regenerativen Energien oder auch die Auswahl von Wettbewerbsentwürfen unter dem Aspekt der Energieeffizienz.

Der weitaus größte Energieverbrauch und damit das größte Einsparpotenzial liegt jedoch im Bereich des Gebäudebestandes. Zahlreiche Maßnahmen, wie die Optimierung von Heizungsanlagen bzw. Lüftungsanlagen, wurden in den letzten Jahren erfolgreich durchgeführt. Um das Einsparpotenzial konsequenter auszuschöpfen, sind weitere Maßnahmen zur Sanierung sowohl der Technik als auch der Gebäudesubstanz zwingend erforderlich. Wie die erfolgreich durchgeführten Projekte der Justizvollzugsanstalten Mühldorf und Ansbach oder des Finanzamtes Fürth zeigen, sind hier signifikante Energieeinsparungen zu erzielen.

Durch die Summe der im Bericht dargestellten Maßnahmen konnte ein Anstieg des Wärmeverbrauches trotz jährlicher Erweiterung der Bausubstanz vermieden werden. Eine Reduzierung des absoluten Energieverbrauches über alle staatlichen Liegenschaften ist jedoch nur dann möglich, wenn zukünftig über das bisherige Maß hinaus Haushaltsmittel zur Verfügung gestellt werden.

## 7. Literatur/Quellen

[1] Broschüre „Energiebilanz Bayern – Daten, Fakten, Tabellen“ des Bayerischen Staatsministeriums für Wirtschaft, Verkehr und Technologie

[2] Baulinks.de-Service: Energiepreise driften auseinander – Preisentwicklung 1995/2000 nach Angaben des Statistischen Bundesamtes:  
[www.baulinks.de/links/index.htm](http://www.baulinks.de/links/index.htm)

[3] Beschluss des Bayerischen Landtags „Umsetzung der energietechnischen Ziele“ vom 11. 10. 1995 (Drs. 13/2835)

[4] Beschluss des Bayerischen Landtags „Entlastung der Staatsregierung auf Grund der Haushaltsrechnung des Freistaates Bayern für das Haushaltsjahr 1995“ vom 24.04.1998 (Drs. 13/10947)

[5] Beschluss des Bayerischen Landtags „Förderung von Biomasseheizwerken“ vom 09.11.2000 (Drs. 14/4869)

[6] Beschluss des Bayerischen Landtags „In staatseigenen Gebäuden Kraft-Wärme-Kopplung verstärkt einsetzen“ vom 15.02.2001 (Drs. 14/5815)

[7] Beschluss des Bayerischen Landtags „Entlastung der Staatsregierung aufgrund der Haushaltsrechnung des Freistaates Bayern für das Haushaltsjahr 1999“ vom 19.03.2002 (Drs. 14/9009)

[8] Gesetz über die Feststellung des Haushaltsplans des Freistaates Bayern für die Haushaltsjahre 2003 und 2004 vom 24.12.2002, GVBl., Seite 937

[9] Heiztechnische Kenngrößen der Wetterstationen in Bayern, Daten des Deutschen Wetterdienstes – Geschäftsfeld „Klima- und Umweltberatung“, Wallneyerstraße 10, 45133 Essen

### Impressum

Herausgeber  
Oberste Baubehörde im  
Bayerischen Staatsministerium des Innern  
Franz-Josef-Strauß-Ring 4  
80539 München



Stand September 2003

Redaktion für Text und Grafik  
Sebastian Eiblwiesser, Rudolf Erber, Dieter Finke,  
Alfons Fischer, Josef Fortner, Gerhard Förster, Walter Füssl,  
Michael Kremer, Peter Küpper, Anton Lukas, Günter Nusch,  
Peter Scherer, Harry Sternberg, Barbara Thiel-Lintner,  
Irene M. Tuma, Sandra Wammetsberger, Roman Wörle

Grafik-Design  
Rudolf Schwarzbeck, Gauting  
Schaubilder  
Marion Schwarzbeck, Gauting

Fotos  
Titel, Harry Sternberg, Utting  
Seite 11, Abb. 13 – Staatliches Hochbauamt Rosenheim  
Seite 12, Abb. 16 – Staatliches Hochbauamt Ansbach  
Seite 13, Abb. 19 – Staatliches Hochbauamt Nürnberg II  
Seite 14, Abb. 22/23 – Ingenieurbüro Abakus, Babenhausen  
Seite 16, Abb. 26 – Staatliches Hochbauamt Augsburg  
Seite 16, Abb. 27 – Ingenieurbüro Abakus, Babenhausen  
Seite 20, Abb. 32 – Staatliches Hochbauamt Bayreuth  
Seite 22, Abb. 34 – Bauamt Technische Universität München  
Seite 27, Abb. 36 – Staatliches Hochbauamt Nürnberg I  
Seite 29, Abb. 38 – Staatliches Hochbauamt München I  
Seite 30, Abb. 40 – Solon AG, Berlin  
Seite 31, Abb. 42 – Universitätsbauamt Würzburg

Druck  
Peschke-Druck, München

Gedruckt auf Recyclingpapier

### Hinweis

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Staatsregierung herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern im Zeitraum von 5 Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags-, Kommunal- und Europawahlen. Missbräuchlich ist während dieser Zeit insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien, sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung.

Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Druckschrift nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Staatsregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

Den Parteien ist es gestattet, die Druckschrift zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden.

