



## 4 | Energiebericht

der bayerischen staatlichen  
Hochbauverwaltung



## Vorwort

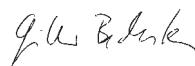
Die Energiefrage ist eine der zentralen ökologischen und ökonomischen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts. Knapper werdende Ressourcen, steigende Energiepreise und offensichtliche Veränderungen von Klima und Umwelt erfordern eine weiterhin verstärkte Reduzierung des Energieverbrauchs. Energieeinsparungen im Gebäudebereich spielen dabei eine wichtige Rolle, da rund ein Drittel unseres heutigen Energieverbrauchs in diesem Bereich entsteht. Neben dem Schwerpunkt der Effizienzsteigerung bei den technischen Anlagen weist vor allem auch die Verringerung des Energiebedarfs beim Gebäudebestand das größte Energieeinsparpotential auf.

Die bayerische staatliche Hochbauverwaltung hat ihre – bereits in den vergangenen Jahren erfolgreich geleisteten – Anstrengungen zum Einsatz regenerativer Energien und effizienter Energietechnik zur Optimierung des Energiestandards weiterverfolgt. Trotz einer Zunahme des Gebäudebestands aufgrund von Neubaumaßnahmen konnte der Energieverbrauch stabilisiert werden. Die Umstellung auf andere Energieträger sowie eine Optimierung der Heizungsanlagen brachte eine Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen.

Der vorliegende vierte Energiebericht unserer Hochbauverwaltung dokumentiert die zahlreichen Maßnahmen zur Energieeinsparung in Bayern und gibt einen aktuellen Überblick über die verschiedenen Tätigkeitsfelder, in denen wir uns mit dem Ziel der Reduzierung des Energieverbrauches einsetzen. Er bezieht sich auf Arbeiten und Ergebnisse im Zuständigkeitsbereich der bayerischen staatlichen Hochbauverwaltung aus den Jahren 1997 bis 2005.

Mit der Fortführung der begonnenen Aktivitäten und nachhaltigen Effizienzsteigerung unserer gebauten Umwelt leistet die staatliche Hochbauverwaltung weiterhin einen wichtigen Beitrag zur Reduzierung des Energieverbrauchs und wird damit auch der Vorbildfunktion öffentlicher Gebäude gerecht.

München, Dezember 2005



Dr. Günther Beckstein  
Staatsminister des Innern



Georg Schmid  
Staatssekretär

## Inhalt

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| <b>1.</b> | <b>Energieoffensive der staatlichen Bauverwaltung</b>                            | <b>5</b>  |
| <b>2.</b> | <b>Entwicklung des Energieverbrauchs bei staatlichen Gebäuden</b>                | <b>6</b>  |
| 2.1       | Wärmeverbrauch   | 7         |
| 2.2       | Reduzierung der CO <sub>2</sub> -Emissionen                                      | 8         |
| 2.3       | Elektrischer Energieverbrauch  | 8         |
| 2.4       | Energiekostenentwicklung   | 9         |
| 2.5       | Entwicklung des Energieverbrauchs bei den bayerischen Universitäten und Kliniken | 11        |
| <b>3.</b> | <b>Pilotprojekte</b>   | <b>12</b> |
| 3.1       | Alternative Finanzierungsmöglichkeiten – Energiespar-Contracting                 | 12        |
| 3.2       | Energiemanagement bei staatlichen Gebäuden                                       | 14        |
| 3.3       | Energetische Sanierung – Technisches Ämtergebäude Bayreuth                       | 16        |
| 3.4       | Erfahrungen – Bayerisches Landesamt für Umwelt                                   | 17        |
| <b>4.</b> | <b>Energie- und Kosteneinsparung – übergreifende Maßnahmen</b>                   | <b>19</b> |
| 4.1       | Zentrale Ausschreibung von Stromlieferverträgen                                  | 19        |
| 4.2       | Überprüfung von Gas- und Fernwärmelieferverträgen                                | 20        |
| 4.3       | Messung und Optimierung von Heizungsanlagen                                      | 21        |
| <b>5.</b> | <b>Energie- und Kosteneinsparung – Beispiele</b>                                 | <b>22</b> |
| 5.1       | Bayerische Staatsoper in München   | 22        |
| 5.2       | Hauptgebäude der Regierung von Niederbayern                                      | 24        |
| 5.3       | Museumsneubau Sammlung Brandhorst in München                                     | 25        |
| <b>6.</b> | <b>Erneuerbare Energien und Kraft-Wärme-Kopplung</b>                             | <b>26</b> |
| 6.1       | Solarthermie   | 27        |
| 6.2       | Biomasse   | 28        |
| 6.3       | Fotovoltaik  | 29        |
| 6.4       | Kraft-Wärme-Kopplung   | 30        |
| <b>7.</b> | <b>Energie im Wettbewerbsverfahren</b>   | <b>32</b> |
|           | Impressum  | 34        |

## 1. Energieoffensive der staatlichen Bauverwaltung

Die staatliche Bauverwaltung mit der Obersten Baubehörde an der Spitze bündelt alle Aktivitäten des öffentlichen bzw. öffentlich geförderten Bauens. Schon immer steht dabei im Mittelpunkt, aktuelle Themen im Baugeschehen aufzugreifen und möglichst vorbildhaft umzusetzen. Eines der vordringlichsten Probleme der Gegenwart ergibt sich – im Hinblick auf Klimaschutz, Ressourcenschonung und nicht zuletzt wirtschaftliche Interessen – ohne Zweifel im Bereich der Energieeinsparung. Die heute bestehenden Gebäude verursachen mehr als ein Drittel unseres Energieverbrauches, ein großer Teil des Energie-Einsparpotentials liegt somit – neben den Maßnahmen bei der Realisierung neuer Gebäude – in der energetischen Instandsetzung des Gebäudebestandes. Hier sieht sich die Bauverwaltung in der Pflicht und ist auf verschiedenen Ebenen initiativ.

### Aufgaben der Bauverwaltung

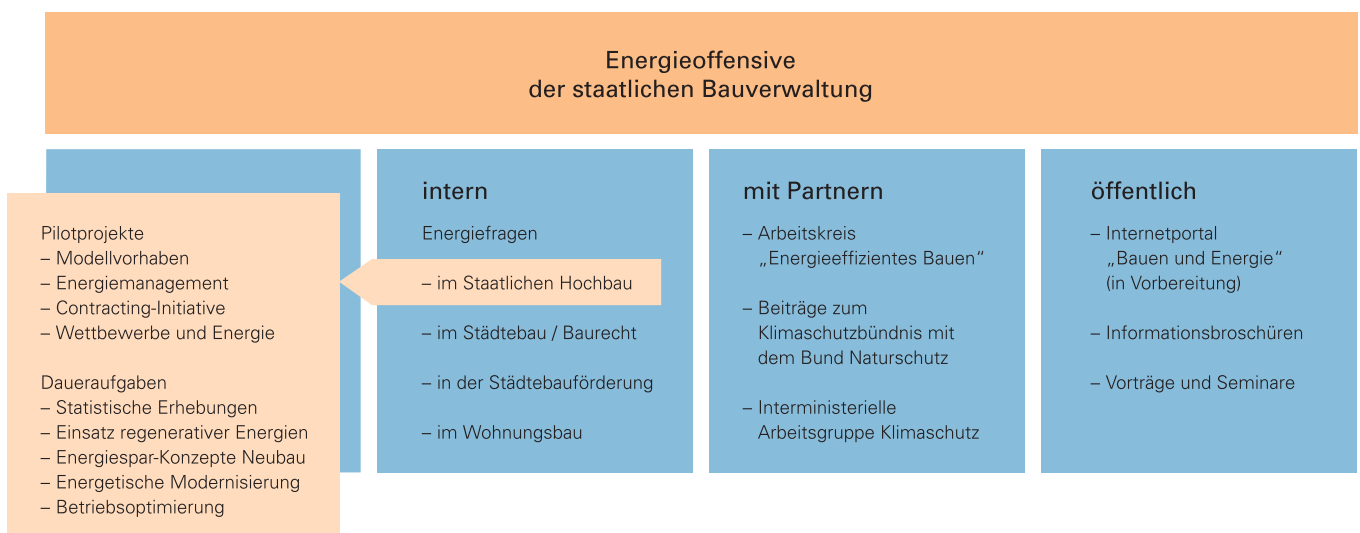
Die bayerische staatliche Bauverwaltung ist – neben dem Straßenbau – u. a. zuständig für die Bereiche Staatlicher Hochbau, geförderter Wohnungsbau, Städtebau und Städtebauförderung sowie Baurecht. Fragen der Energieeffizienz bilden in all diesen Bereichen einen wichtigen Schwerpunkt der Tätigkeiten. Insbesondere im Hochbau hat die Bauverwaltung hierbei eine Vorbildfunktion zu erfüllen, denn der verantwortungsvolle Umgang mit den eigenen staatlichen Gebäuden dient als Beispiel für das Vorgehen im kommunalen und privaten Bauen. Die aktuellen Maßnahmen der Hochbauverwaltung werden in diesem Bericht vorgestellt.

### Arbeitskreis „Energieeffizientes Bauen“

Im Herbst 2004 hat die Oberste Baubehörde den Arbeitskreis „Energieeffizientes Bauen“ ins Leben gerufen, der zum Ziel hat, die zahlreichen bestehenden Aktivitäten und das umfangreiche Informationsangebot auf dem Feld des umweltschonenden und energiesparenden Bauens zusammenzuführen und zu bündeln. Die Oberste Baubehörde arbeitet dabei eng zusammen mit weiteren Partnern wie dem Wirtschaftsministerium, dem Umweltministerium, kommunalen Spitzenverbänden, Wohnungswirtschaft, Architekten- und Ingenieurekammer, bayerischen Energieagenturen und anderen. Ebenso eingebunden sind Vertreter der Regierungen, die auf regionaler Ebene das Thema aufgreifen. In Zusammenarbeit mit Partnern vor Ort entsteht so ein bayernweites Netzwerk zum Thema „Energieeffizientes Bauen“.

### Klimaschutz-Bündnis – Staatsregierung und Bund Naturschutz

Ebenfalls im Herbst 2004 hat die Staatsregierung die Bayerische Klima-Allianz ins Leben gerufen, in deren Rahmen u. a. das Klimaschutz-Bündnis mit dem Bund Naturschutz vereinbart wurde. Im Zuge dieses Klimaschutz-Bündnisses wurde – gemeinsam mit den Ministerien für Wirtschaft, Umwelt sowie Landwirtschaft und Forsten – eine Reihe von konkreten Maßnahmen beschlossen. Im Bereich der staatlichen Liegenschaften sollen beispielsweise zusätzliche Pilot-Maßnahmen zur Energieeinsparung durchgeführt werden – wie etwa ein zeitnahes und umfassendes Energiemanagement für staatliche Gebäude (s. Punkt 3.2).



## 2. Entwicklung des Energieverbrauchs bei staatlichen Gebäuden

Energiemanagement – unter diesem Oberbegriff werden alle Maßnahmen zusammengefasst, die zu einem effizienten Umgang mit Energie und folglich zu einer Reduzierung der Emissionen und möglichst auch der Energiekosten führen. Dazu zählen gleichermaßen

- die Optimierung des gebäudespezifischen sowie nutzungsspezifischen Energieverbrauchs,
- die Verbesserung der Energiebezugsbedingungen,
- die fortlaufende Überwachung der Energieströme als essentielle Grundlage.

Dieses Controlling erfolgt mit Hilfe des neuen Energie- und Medien-Informationssystems EMIS, welches die staatliche Hochbauverwaltung derzeit einführt. EMIS wird über das Bayerische Behördenetz betrieben. Ziel ist die unmittelbare Auswertbarkeit der zentral gespeicherten Verbrauchs- und Kostendaten durch grundbesitzverwaltende Dienststellen, Bauämter, Mittelbehörden oder durch die Ressorts jeweils entsprechend ihrer Zuständigkeit. Die Dienststellen müssen für die Eingabe der Werte sorgen, soweit diese nicht unmittelbar von den Energieversorgungsunternehmen bereitgestellt werden.

Die zentrale Erfassung von Erhebungsbögen war personal- und zeitaufwändig. Anders als bei der bisherigen Abfrage über Erhebungsbögen wird ein so genannter Medienbruch vermieden. Durch die direkte Eingabe über das Behördenetz liegen die Verbrauchs- und Kostendaten unmittelbar nach der Abrechnung der Versorgungsunternehmen vor. In der Regel wird dies im März oder April jedes Jahres der Fall sein. Die schnelle Verfügbarkeit der Daten ermöglicht auch deren frühzeitigere Plausibilitätskontrolle. Die Erfahrung zeigt, dass die Prüfung und Korrektur der Daten zwingend notwendig und nicht vermeidbar sind. Insgesamt wird der korrekte Datenbestand durch den Einsatz von EMIS um ein halbes Jahr früher zur Verfügung stehen als das bisher der Fall war. Die erfassten (absoluten) Verbrauchsdaten der staatlichen Bauten werden in Bezug gesetzt zum Volumen, dem so genannten Brutto-Rauminhalt (BRI), des jeweiligen Gebäudes. So erhält man spezifische Werte (Einheit z. B. kWh/m<sup>3</sup>a), die untereinander vergleichbar sind. Mit der Umsetzung der neuen EU-Richtlinie „Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden“ in deutsches Recht wird voraussichtlich die „Beheizte Fläche“ als Bezugsbasis eingeführt werden.

### Beschlüsse des Bayerischen Landtags zur Energieeinsparung in staatlichen Gebäuden

**Konsequenter Einsatz erneuerbarer Energien**  
Oktober 1995 (Drs.13/2835)

**Maßnahmen zur Energieeinsparung**  
April 1998 (Drs.13/10947)

**Vorbildfunktion öffentlicher Gebäude**  
Juni 1998 (Drs.13/11519)

**Förderung von Biomasseheizwerken**  
November 2000 (Drs. 14/4869)

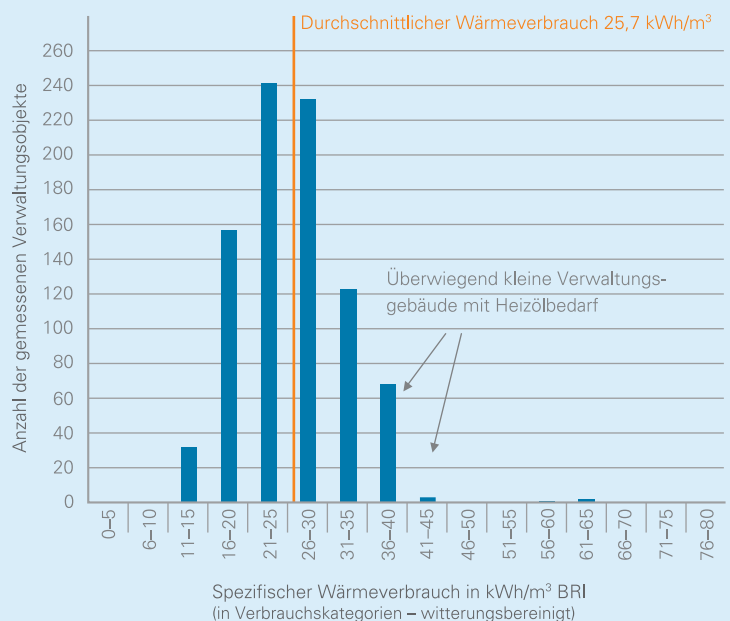
**Verstärkter Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplung**  
Februar 2001 (Drs. 14/5815)

**Energieeinsparung bei Architektenwettbewerben**  
März 2002 (Drs. 14/9009)

**Private Fotovoltaikanlagen auf staatlichen Gebäuden**  
Juni 2004 (Drs.15/1222)

**Verstärkter Einsatz von Biomasse**  
April 2005 (Drs.15/3097)

### Wärmeverbrauch von Verwaltungsgebäuden in Bayern



Die Auswertungen der aktuellen Energieverbrauchs-Daten werden für verschiedene Gebäude-Gruppen – wie z. B. „Verwaltungsbauten“ – grafisch aufbereitet. Dies ermöglicht die schnelle Einstufung eines einzelnen Gebäudes innerhalb der jeweiligen Gruppe und zeigt ggf. erforderlichen Handlungsbedarf auf.

## 2.1 Wärmeverbrauch

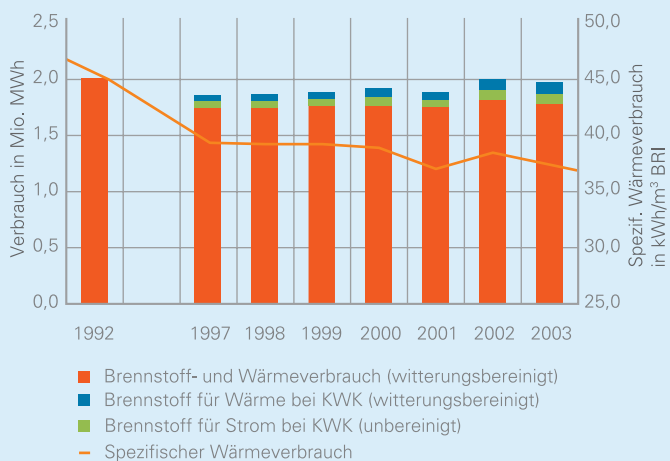
### Brennstoff- und Fernwärmeverbrauch

Trotz der Zunahme an Gebäudevolumen durch Neubau- und Erweiterungsmaßnahmen kommt es insgesamt zu einer Reduzierung des witterungsbereinigten spezifischen Brennstoff- und Fernwärmeverbrauchs pro m<sup>3</sup> Bruttorauminhalt. Die zusätzliche Gebäudekubatur führte in den Jahren 2002 und 2003 zu leichten Steigerungen des absoluten Verbrauchs.

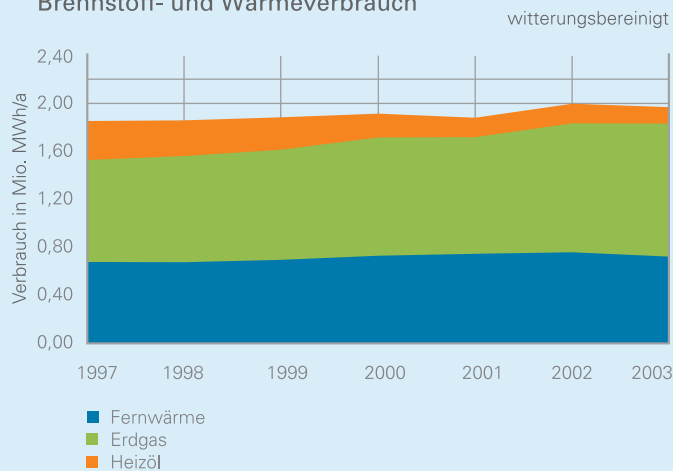
### Aufteilung der Energieträger

Der Brennstoff- und Fernwärmeverbrauch aller staatlichen Liegenschaften betrug im Jahr 2003 knapp 2,0 Mio. MWh. Der Anteil von Heizöl hat sich weiter auf ca. 7 % (2003) zu Gunsten des Brennstoffes Erdgas reduziert, der gleichzeitig auf ca. 55 % anstieg. Der Anteil der Fernwärme verringerte sich leicht auf 38 %.

Entwicklung des jährlichen Brennstoff- und Wärmeverbrauchs bei staatlichen Liegenschaften



Entwicklung der Energieträger am Brennstoff- und Wärmeverbrauch



### 2.2 Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen

Durch weitere Umstellungen auf Erdgas und die Erhöhung des Einsatzes CO<sub>2</sub>-neutraler Energieträger wie z. B. Biomasse, konnten die CO<sub>2</sub>-Emissionen erneut reduziert werden.

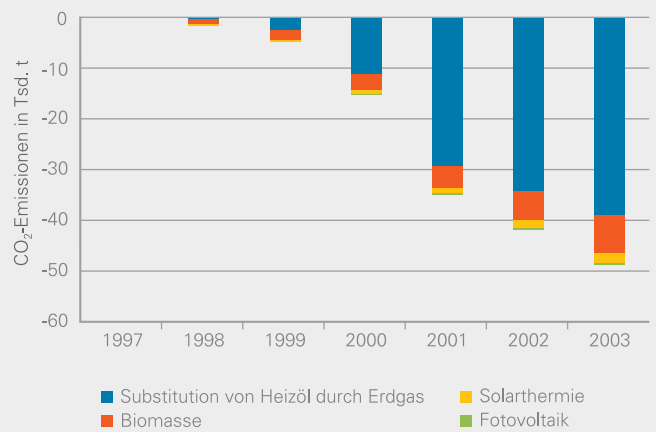
### 2.3 Elektrischer Energieverbrauch

Der elektrische Energieverbrauch weist unverändert eine leicht steigende Tendenz auf. Hier wirkt sich die Zunahme der Kubatur bei Gebäuden mit hohem technischen Installationsgrad (z. B. Universitäten) und die ständig steigende Anzahl elektrischer Verbraucher aus. Die gelben Flächen stellen die Strombezugsmengen und die grünen Flächen die Strom-eigenerzeugung durch Kraft-Wärme-Kopplung dar.

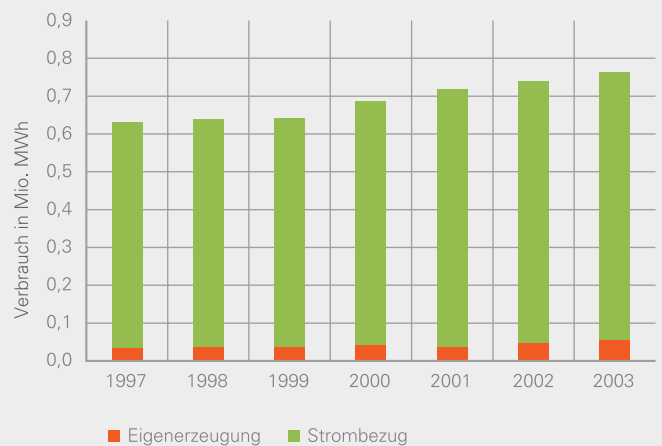
Im Jahr 2003 betrug die Strombezugsmenge ca. 0,71 Mio. MWh und die Stromeigenerzeugung ca. 0,05 Mio. MWh.

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

Bezugsjahr 1997



#### Entwicklung des Stromverbrauchs





## 2.4 Energiekostenentwicklung

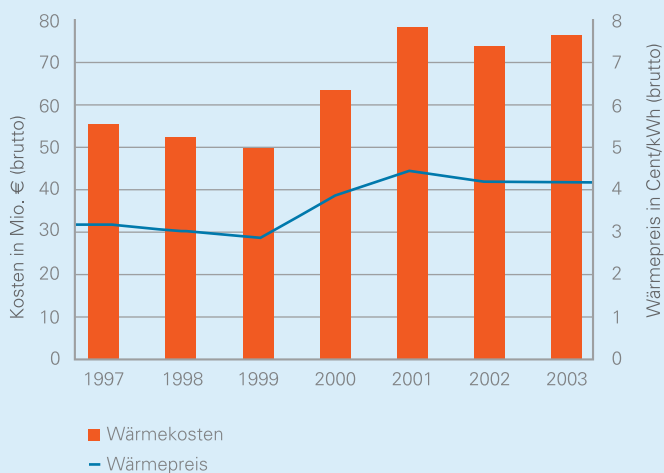
### Brennstoff- und Wärmekosten

Die Brennstoff- und Fernwärmepreise waren nach dem starken Anstieg von 1999 auf 2001 im Jahr 2002 und 2003 auf gleichem Preisniveau leicht rückläufig. Durch die kalte Witterung im Jahr 2003 sind der gemeldete Verbrauch und damit die Kosten höher als 2002. Bei einer Witterungsbereinigung der Verbrauchsdaten zeigt sich, dass der Verbrauch 2003 jedoch rechnerisch leicht zurückgegangen ist.

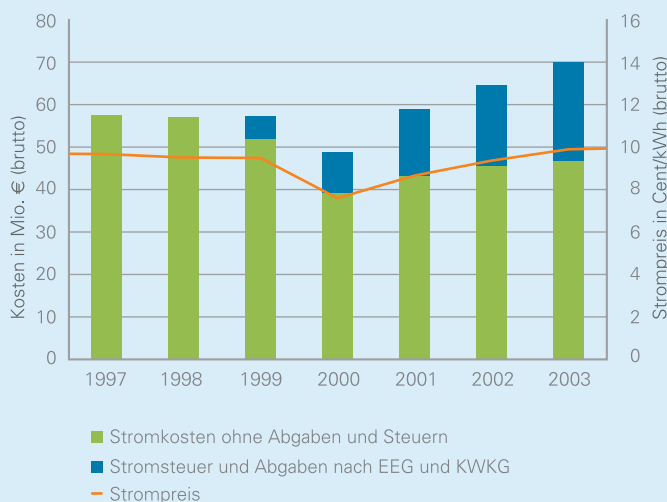
### Stromkosten

Durch die zwischen 1998 und 2003 mit den Stromanbietern geführten Preisverhandlungen (Punkt 4.1) konnten die Stromkosten jährlich um mehrere Millionen Euro reduziert werden. So betrug die Einsparung im Jahr 2000 im Vergleich zu 1997 ca. 8,7 Mio. Euro. Ab 2001 ist ein leichter Anstieg der Stromkosten festzustellen, der auf gestiegene Preise bei den Stromversorgern und auf zusätzliche Abgaben nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) und Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG) sowie Konzessionsabgabe und Stromsteuer zurückzuführen ist. Der durchschnittliche Strompreis liegt 2003 wieder etwa auf dem Niveau von 1997.

Entwicklung der absoluten Kosten und Preise für Wärme



Entwicklung der absoluten Kosten und Preise für Strom





## 2.5 Entwicklung des Energieverbrauchs bei den bayerischen Universitäten und Kliniken

Die spezielle, sehr intensive Nutzung der Universitäten und Kliniken, mit hochinstallierten Technikbereichen, führt zu einem verhältnismäßig hohen Anteil dieser Gebäudegruppe am Gesamtenergieverbrauch.

### Brennstoff- und Fernwärmeverbrauch

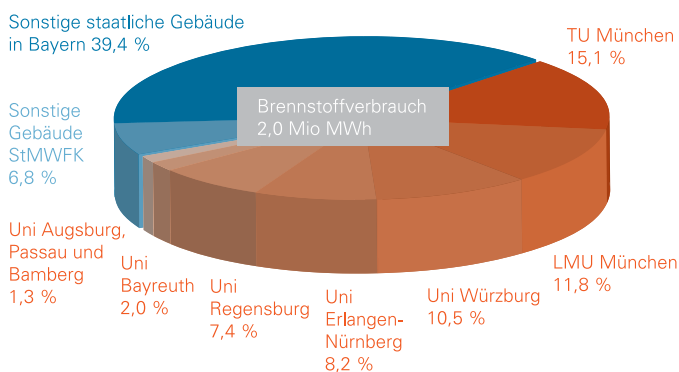
Die Universitätsinstitute und -kliniken verursachen über 50 % des gesamten Brennstoff- und Fernwärmeverbrauchs aller staatlichen Liegenschaften. Zusammen mit den weiteren Liegenschaften des Ministeriums für Wissenschaft, Forschung und Kunst (StMWFK) wie z. B. Museen, Theater, Fachhochschulen, werden über 60 % des Gesamtverbrauchs erreicht. Die Technische Universität München und die Ludwig-Maximilians-Universität München sind mit Abstand die größten Abnahmestellen. Beide haben einen Anteil von über einem Viertel am gesamten Wärmeverbrauch staatlicher Liegenschaften in Bayern.

### Strombezug

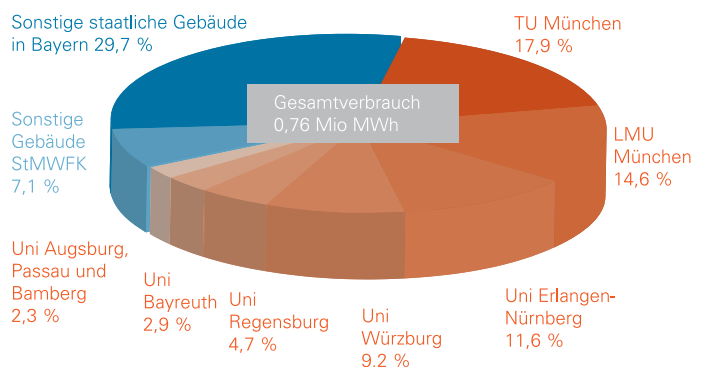
Die Universitäten und Kliniken beziehen über 60 % des gesamten elektrischen Stroms im Vergleich mit allen staatlichen Liegenschaften. Zusammen mit den weiteren Liegenschaften des Ministeriums für Wissenschaft, Forschung und Kunst (StMWFK) wie z. B. Museen, Theater, Fachhochschulen, werden fast 70 % erreicht. Die Technische Universität München und die Ludwig-Maximilians-Universität München sind auch beim elektrischen Strom mit Abstand die größten Abnahmestellen. Zusammen haben sie einen Anteil von über 30 % am gesamten Strombezug staatlicher Liegenschaften in Bayern.

Anteiliger Brennstoff- und Wärmeverbrauch 2003

witterungsbereinigt



Anteiliger Stromverbrauch 2003



### 3. Pilotprojekte

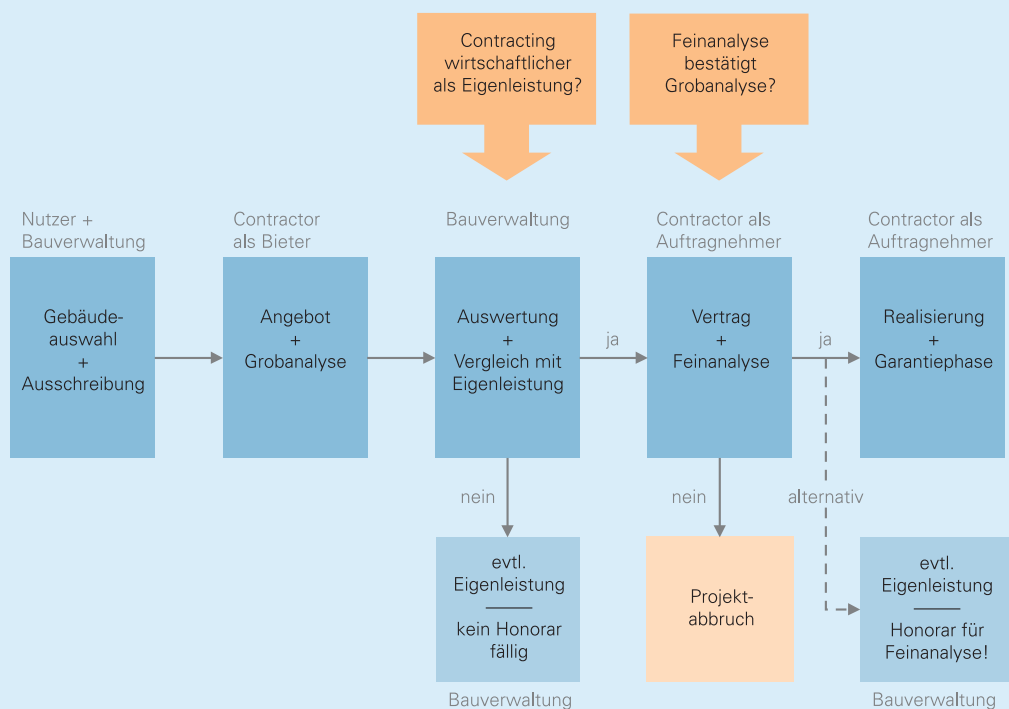
#### 3.1 Alternative Finanzierungsmöglichkeiten – Energiespar-Contracting

Zur Umsetzung von Energiesparmaßnahmen soll auch verstärkt Kapital privater Unternehmen genutzt werden. Eine hierfür geeignete Methode stellt das Energiespar-Contracting dar. Ende 2004 wurde eine solche europaweite Ausschreibung mit einem Umfang von mehr als 100 Gebäuden initiiert.

##### Auswahl der Liegenschaften

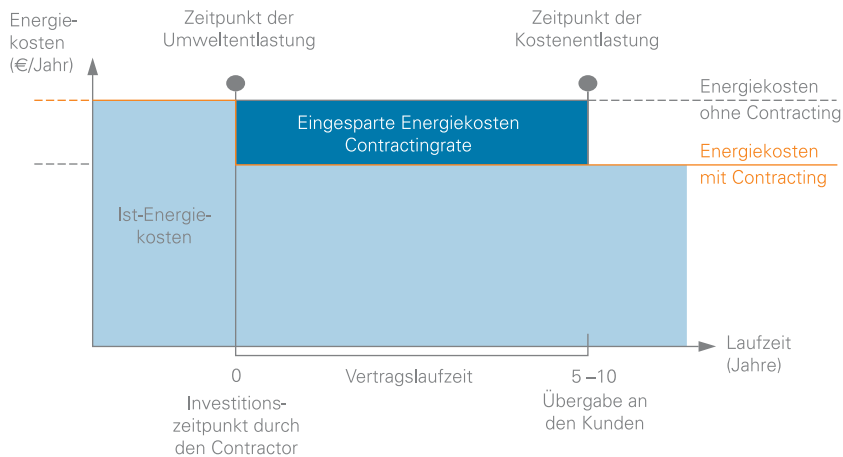
Anhand vorliegender Energieverbrauchsdaten wurden Ende 2004 verschiedene staatliche Liegenschaften, die einen erhöhten Energieverbrauch aufweisen, hinsichtlich der Eignung für das Energiespar-Contracting untersucht. Ausgewählt wurden nachfolgende Liegenschaften mit Gesamtenergiekosten in Höhe von ca. 2,4 Mio. Euro/a.

- Los 1: Universität Erlangen-Nürnberg:  
Gebäude für Informatik und WiSo
- Los 2: Justizvollzugsanstalt Laufen-Lebenau
- Los 3: Justizvollzugsanstalt Niederschönenfeld
- Los 4: Justizvollzugsanstalt Nürnberg,  
Amtsgericht Nürnberg
- Los 5: Fachhochschule Würzburg: Gebäude Informatik und Technik, Verwaltungsgericht Würzburg, Landesamt für Wein- und Gartenbau in Veitshöchheim



Ablaufschema Energiespar-Contracting

### Kostenverlauf Energiespar-Contracting



#### Ausschreibung und Wertung

Anfang 2005 wurden der Teilnahmewettbewerb für das nicht-offene Verfahren durchgeführt und die endgültigen Ausschreibungsunterlagen erstellt. Aus der Vielzahl an Bewerbungen wurden fünf Firmen zur Teilnahme am Ausschreibungsverfahren ausgewählt. Diese erhielten im März 2005 die Unterlagen und wurden aufgefordert, bis Ende Juli die Grobanalyse (Angabe der vorgeschlagenen Maßnahmen mit dem anvisierten Einsparpotential) durchzuführen. Drei der fünf Firmen gaben Angebote ab – mitunter für alle Lose, zum Teil nur für vereinzelte Lose. Es wurden dabei Einsparpotentiale zwischen 8 und 62 % sowie Investitionsvolumina zwischen 360.000 Euro und 3,2 Mio. Euro angegeben. Die Angebote wurden hinsichtlich Kapitalwert und Nutzwert (mit zusätzlicher Berücksichtigung nicht monetärer Aspekte) untersucht.

#### Weitere Verfahrensschritte

Nach der Wertung der Angebote wurden Gespräche mit den Bestanbietern geführt und die Ergebnisse ausgewertet. Letztendlich ergab sich pro Los ein Contractor, mit dem ein so genannter Erfolgsgarantievertrag für die jeweiligen Liegenschaften abgeschlossen werden soll. Nach Vertragsabschluss führt der jeweilige Contractor eine Feinanalyse zur Überprüfung der Ergebnisse der Grobanalyse durch. Bestätigen sich diese, so wird der Contractor in der Regel beauftragt, die geplanten Maßnahmen im Frühjahr/Sommer 2006 zu realisieren. Danach beginnt die Hauptleistungsphase mit einer Vertragslaufzeit von 10 Jahren.

### 3.2 Energiemanagement bei staatlichen Gebäuden

Im Rahmen des aktuellen Klimaschutzbündnisses der Staatsregierung mit dem Bund Naturschutz wurde – neben anderen Maßnahmen – ein Pilotprojekt für ein auf breiter Basis angelegtes Energiemanagement bei staatlichen Gebäuden beschlossen.

#### Energieeinsparung durch Optimierung

Die Bauverwaltung realisiert bereits seit vielen Jahren ein Programm zur Untersuchung und Optimierung von „Ausreißern“ im Rahmen der statistischen Erhebungen zum Energieverbrauch staatlicher Liegenschaften (siehe Punkt 4.3). Die hierbei durchgeführten Arbeiten beschränken sich auf den nicht- bzw. geringinvestiven Bereich, wie Anpassung oder Neueinstellung der Anlagen- und Regelungstechnik, organisatorische Maßnahmen und Ähnliches. Bereits diese geringinvestiven Maßnahmen an Gebäuden und technischen Anlagen bringen eine deutliche Energieeinsparung mit sich. Durchschnittliche Einsparserfolge bis zu 10 % des jeweiligen Energieverbrauches eines Gebäudes im Rahmen der beschriebenen Maßnahmen werden durch unabhängige Untersuchungen bestätigt. Die anfallenden Kosten amortisieren sich in der Regel in den ersten Betriebsjahren und führen so in der Folgezeit zu nicht unerheblichen Einsparungen für den Nutzer.

#### Energiemanagement bei Kommunen

Diese Erfahrungen machen sich zunehmend auch Städte und Gemeinden zunutze, indem sie kommunale Gebäude untersuchen, messen und optimieren lassen. Neben erheblichen Entlastungen für die Umwelt ist mittlerweile gerade der Geldmangel in vielen Gemeinden ein Motiv für die Durchführung eines so genannten Kommunalen Energiemanagements.

#### Pilotprojekt bei staatlichen Gebäuden

Ziel des Pilotprojektes bei staatlichen Gebäuden ist es, entsprechende Einsparpotentiale für alle in Frage kommenden Objekte möglichst umfassend und zeitnah zu erschließen. Zu diesem Zweck werden derzeit in einer Pilotphase rund zwanzig Gebäude im Zuständigkeitsbereich des Innenministeriums auf Einsparmöglichkeiten untersucht. Durchgeführt wird diese Maßnahme von der „Arbeitsgemeinschaft der Energieagenturen in Bayern“ unter Federführung der Energieagentur Oberfranken (EAO).



Ämtergebäude Aschaffenburg



Bayerisches Staatsministerium für Umwelt,  
Gesundheit und Verbraucherschutz

Im Einzelnen erfolgt im Rahmen des Projektes eine umfassende Erhebung der technischen Anlagen, der Gebäude-  
nutzung, des Verbrauches und der Kosten für Wärme, Was-  
ser und Strom. Der nächste Schritt ist eine Schwachstellen-  
analyse, ein Optimierungskonzept mit Wirtschaftlichkeits-  
untersuchung sowie die Durchführung der Maßnahme mit  
regelmäßigem Controlling und jährlicher Dokumentation.  
Ergänzend werden die Nutzer und das technische Personal  
entsprechend informiert und geschult. Ein wichtiger Aspekt  
bei der Umsetzung des Projektes ist die möglichst ganzheit-  
liche Betrachtung aller Einflüsse auf den Energieverbrauch –  
also des Gebäudes, der Technik und der Nutzung. Maßnah-  
men mit dem Ziel der Energieeinsparung können vernünftig  
nur in Kooperation mit dem Nutzer gelingen, dessen berech-  
tigte Bedürfnisse berücksichtigt werden müssen.

#### Finanzierung

Im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung werden  
Maßnahmen im nicht- und geringinvestiven Bereich zur  
Realisierung ausgewählt. Aufgrund der Erfahrungen bei be-

reits durchgeführten Projekten kann von einer voraussichtli-  
chen Amortisationszeit von weniger als einem Jahr ausge-  
gangen werden.

Die Finanzierung der Honorarkosten für die Untersuchung er-  
folgt im Rahmen des jeweiligen Ressorthaushaltes. Über ent-  
sprechende haushaltstechnische Regelungen zum Rückfluss  
der eingesparten Betriebskosten finanziert sich die Maßnah-  
me demzufolge selbst. Nach Ablauf von drei Jahren kommen  
die Einsparungen in voller Höhe dem Ressorthaushalt zugute.

#### Projektziel

Die Pilotmaßnahme ist auf einen Zeitraum von drei Jahren  
angelegt. Nach dem ersten Betriebsjahr werden die Daten  
im Hinblick auf die dann erzielten Einsparerfolge ausgewertet  
mit der Option, das Verfahren auf geeignete staatliche Ge-  
bäude in ganz Bayern auszudehnen. Das Ziel der Bauverwal-  
tung ist es – auch in Zeiten knapper Kassen – entsprechendes  
Potential zur Energieeinsparung bei staatlichen Gebäuden  
möglichst kurzfristig und umfassend zu erschließen.



### 3.3 Energetische Sanierung – Technisches Ämtergebäude Bayreuth

Modellvorhaben „Energetische Optimierung beim Gebäudebestand“

Beim Technischen Ämtergebäude Bayreuth handelt es sich hinsichtlich Konzeption und Konstruktion um einen „typischen“ Verwaltungsbau der siebziger Jahre. Das Gebäude wird in zwei Bauabschnitten einer Gesamtinstandsetzung unterzogen. Ziel der Maßnahme ist in Zusammenarbeit von Energieberater, Architekt und Fachingenieuren ein Ergebnis zu erreichen, das in energetischer, wirtschaftlicher und gestalterischer Hinsicht überzeugt. Im Rahmen der Sanierung soll eine deutliche Reduzierung des Energieverbrauches und der CO<sub>2</sub>-Emissionen erreicht werden.

Ein ganzheitliches Energiekonzept soll einen optimierten Energiestandard des Gebäudes mit effizienter Energietechnik verbinden. Der Einsatz regenerativer Energien wird angestrebt. Zu diesem Zweck wird derzeit eine energietechnische Untersuchung durchgeführt. Hinsichtlich des zu erreichenden Energiestandards werden verschiedene Szenarien zur Deckung des Heizenergiebedarfs geprüft.

Die ersten Schritte – die Erfassung der Bestandsdaten und die Entwicklung eines Sanierungskonzeptes – werden derzeit erarbeitet. Eine parallel zur Planung und später zur Bauausführung geführte, detaillierte Dokumentation soll einen Vergleich der prognostizierten Zahlen mit dem tatsächlichen Ergebnis ermöglichen.

Ziel ist eine realistische und ergebnisorientierte Analyse und Bewertung der Maßnahmen im Rahmen des Modellvorhabens.



Ämtergebäude Bayreuth



Fassadendetail Ämtergebäude Bayreuth



### 3.4 Erfahrungen – Bayerisches Landesamt für Umwelt

Umweltschutz ist das zentrale Thema des Bayerischen Landesamtes für Umwelt. Beim Neubau des Dienstgebäudes in Augsburg (Fertigstellung 1999) stand daher die Idee im Mittelpunkt, im Rahmen eines Pilotprojektes den Einsatz innovativer, umweltschonender Energieversorgung und Gebäudetechnik zu realisieren. Über neuartige Wege der Energieversorgung sollten experimentell Erfahrungen und Möglichkeiten der Weiterentwicklung dokumentiert werden.

#### Das Konzept

- 2.000 m<sup>2</sup> Solarkollektoren (für Heizung, Warmwasser)
- Langzeitspeicher (Aquifer) zur Speicherung der solar gewonnenen Energie
- Restwärmeversorgung mit Rapsöl
- Adsorptionskälteanlage zur Umwandlung solarer Energie in Kälte für die Labore
- 800 m<sup>2</sup> Fotovoltaikflächen (zur Stromgewinnung)
- 200 m Erdkanal zur Vortemperierung der Zuluft für die Laborbereiche
- Kontrollierte Luftheizung der Büroräume
- Kontakte, die bei geöffnetem Fenster die Heizung ausschalten
- Wärmetauscher zur Rückgewinnung der Energie aus der Abluft
- Gebäudeanordnung und Fassadengestaltung unterstützen konsequent die passive Nutzung der Sonnenenergie
- Gute Tageslichtnutzung senkt den Stromverbrauch der Beleuchtung
- Harmonisch mit dem Gebäudekonzept verknüpfte Außenanlagen nach ökologischen Gesichtspunkten
- Versickerung des Regenwassers über gestaltete Wasserrückhalteflächen



Bayerisches Landesamt für Umwelt in Augsburg

#### Erfahrungen nach sechs Jahren Betrieb

Der Pilotcharakter und die Erprobung innovativer Energieversorgungssysteme wurden beim Neubau des Landesamtes für Umwelt bewusst in den Vordergrund gerückt.

Der Zusammenhang neuartiger Technologien mit einem aufgrund seiner anspruchsvollen Nutzung hoch installierten Gebäude machte die Durchführung der Maßnahme zu einer komplexen Aufgabe.

Die zum damaligen Zeitpunkt in dieser Art einmalige Kombination innovativer Bausteine erforderte für die Inbetriebnahme des Gebäudes und die Einregulierung der Gebäudeleittechnik eine intensive Experimentierphase.

In enger Zusammenarbeit zwischen Ingenieurbüro, Bauverwaltung und dem engagierten Personal des Landesamtes für Umwelt wurden die einzelnen Komponenten in ihrem Zusammenwirken aufeinander abgestimmt und das System optimiert. Die während dieser Phase gewonnenen Erfahrungen wurden in das ursprüngliche Gesamtkonzept integriert.

So bereitete die vorgesehene Rapsölheizung technische Schwierigkeiten. Bedingt durch den aufgrund der nur anteiligen Restwärmeversorgung nicht kontinuierlichen, sondern unregelmäßigen Intervallbetrieb und die zum damaligen Zeitpunkt noch starken Qualitätsschwankungen des Rapsöls kam es zu wiederholten Problemen. Zugunsten höherer Versorgungssicherheit und einer wartungsarmen Technik musste deshalb das Heizsystem auf – ebenfalls umweltfreundliche – Fernwärme umgestellt werden.

Die thermischen Solaranlagen wurden einreguliert und laufen seither ohne Probleme. Die solar gewonnene Wärmeenergie wird entweder dem Aquiferspeicher oder direkt den Heizungsanlagen bzw. der Kälteerzeugung zugeführt. Die Stromerzeugung durch die Fotovoltaikanlagen funktioniert reibungslos.

Wenn sich auch die Prognosen hinsichtlich des Energieverbrauchs zu Planungsbeginn noch optimistischer darstellten, als sie sich in der Praxis letztlich erwiesen, so wurde mit dem Landesamt bereits in den neunziger Jahren ein Gebäude realisiert, das heutigen Energiestandards entspricht.





## 4. Energie- und Kosteneinsparung – übergreifende Maßnahmen

### 4.1 Zentrale Ausschreibung von Stromlieferverträgen

Im Jahr 1998 wurde der europäische Strommarkt liberalisiert und damit auch die bisherigen Strukturen in der deutschen Stromwirtschaft aufgebrochen. Zwischen den weitgehend monopolistisch agierenden Stromversorgungsunternehmen sollte nun ein Wettbewerb um die Versorgung der Stromabnehmer herrschen. Durch die Liberalisierung sind die allgemeinen Strompreise in den folgenden Jahren zunächst stark gefallen, besonders für größere Stromverbraucher. Unter anderem aufgrund steigender Rohstoffpreise und Abgaben steigen die Preise seit 2001 allerdings wieder an.

Die Bauverwaltung hat auf die veränderten Rahmenbedingungen reagiert und stellvertretend für die Liegenschaften des Freistaates Bayern von 1998 bis 2003 Preisverhandlungen mit den Stromanbietern geführt. Dadurch konnten die Stromkosten für den Freistaat Bayern deutlich gesenkt werden. Verglichen mit den Gesamtkosten für Strom im Jahr 1997 in Höhe von ca. 57,5 Mio. Euro betrug die Einsparung im Jahr 2000 ca. 8,7 Mio. Euro.

Das freie Verhandeln von Stromlieferungen war aus vergaberrechtlichen Gründen nur übergangsweise möglich. Die Strombeschaffung muss grundsätzlich einem offenen Ausschreibungsverfahren unterstellt werden.

Um die einzelnen staatlichen Liegenschaften von der Ausschreibungsverpflichtung zu entlasten und um einen mög-

lichst guten Strompreis für den Freistaat Bayern insgesamt zu erzielen, hat die Bauverwaltung den Ressorts im Jahr 2003 angeboten, die Stromlieferungen für die Jahre 2004 und 2005 gemeinsam auszuschreiben. Es ist gelungen, ein Ausschreibungspaket zu schnüren, das die 700 größten Stromabnehmer in staatlichen Dienststellen und Hochschulen mit einer Gesamtstromabnahmemenge von 673 Mio. kWh/a (Stromverbrauch von 190.000 Einfamilienhäusern) umfasste. Damit wurden 95 % des Gesamtverbrauches des Freistaates dem Wettbewerb unterstellt.

Das Ergebnis der Ausschreibung war für den Freistaat Bayern trotz einer Kostensteigerung von rund 5 % gegenüber 2003 insgesamt erfreulich. Die allgemeinen Strompreise in Deutschland waren im vergleichbaren Zeitraum deutlich stärker gestiegen.

Da die auf Basis dieser Ausschreibung geschlossenen Stromlieferverträge Ende 2005 auslaufen, hat die Bauverwaltung in diesem Jahr neue Ausschreibungen durchgeführt, dieses Mal für den Strombezug 2006 und 2007. Leider ist die Marktentwicklung derzeit von deutlich steigenden Preisen gekennzeichnet. Davon blieben auch die aktuellen Ausschreibungen nicht verschont. Die Stromkosten für den Freistaat Bayern werden um ca. 16 % steigen. Diese Entwicklung ist aber immer noch günstiger als im Marktdurchschnitt.



## 4.2 Überprüfung von Gas- und Fernwärmelieferverträgen

Die staatliche Hochbauverwaltung führt bereits seit 1998 in Eigeninitiative regelmäßig in jeder Heizperiode Anschlusswertprüfungen zusammen mit den grundbesitzverwaltenden Dienststellen durch. Nach Prioritäten und im Sinne eines effektiven Personaleinsatzes wurden zunächst Liegenschaften mit mehr als 1 Mio. kWh Jahresverbrauch untersucht. Dadurch konnten bei 70 Objekten jährliche Kosteneinsparungen in Höhe von 442.500 Euro erzielt werden. Die Wärmeeanschlusswerte wurden dabei um 30.600 kW reduziert.

### Aktuelle Anschlusswertprüfung

Derzeit werden nun auch kleinere erdgas- und fernwärmeversorgte Liegenschaften von 50 kW bis ca. 300 kW – entsprechend einem Wärmeverbrauch von 50.000 bis 500.000 kWh – untersucht. Als Zielwerte werden Vollbenutzungsstunden (vh) zwischen 1.600 bis 1.800 Stunden angesetzt. Vollbenutzungsstunden sind dabei definiert als das Verhältnis des tatsächlichen Wärmeverbrauchs (kWh) eines Verbrauchsjahres zum errechneten Normwärmebedarf (kW) der Heizungsanlage und stellen ein Maß für die angemessene Dimensionierung der Anschlussleistung dar.

### Stand der aktuellen Abfrage

Die durchgeführten Anschlusswertreduzierungen bei 61 Objekten belaufen sich auf 4.200 kW bei jährlichen Energiekosteneinsparungen von 53.500 Euro.

Mit den vorher genannten Einsparungen von 442.500 Euro ergibt dies eine Gesamtsumme von 496.000 Euro/a.

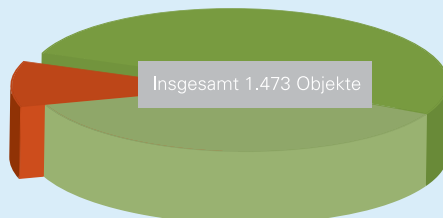
### Weiteres Potential

Abfragen von weiteren 149 Objekten müssen noch durchgeführt bzw. umgesetzt werden. Das erwartete Einsparpotential liegt bei ca. 9.600 kW bzw. 187.500 Euro/a.

## Aufteilung und Bearbeitungsstand der Prüfung von Erdgas- und Fernwärmeeanschlusswerten staatlicher Liegenschaften

765 Objekte mit überprüften, geänderten bzw. richtigen Anschlusswerten; tatsächliche Kosteneinsparung: 496.000 €/a  
AW-Reduktion: 34.800 kW

149 Objekte sind aktuell noch zu bearbeiten; realistisches Potential  
Kosteneinsparung: 187.500 €/a  
AW-Reduktion: 9.600 kW



559 Objekte sind ohne Anschlusswerte bzw. Leistungskosten

### 4.3 Messung und Optimierung von Heizungsanlagen

Das Projekt „Optimierung von Heizungsanlagen“ als Daueraufgabe wurde bereits in früheren Energieberichten vorgestellt. Es handelt sich dabei um die messtechnische Überprüfung und schrittweise Neueinstellung der heiztechnischen Anlagen – also rein nichtinvestive Maßnahmen.

In den Jahren 1998 bis einschließlich 2002 wurden insgesamt 47 Anlagen messtechnisch untersucht und optimiert. Das Ergebnis der Maßnahmen zeigt im Jahr 2003 einen Minderverbrauch an Wärme von knapp 5.000 MWh bzw. 8,5 % gegenüber dem mittleren Wärmeverbrauch der Jahre 1998 bis 2002. Die jährliche Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen beträgt rund 1.000 t.

Die Honorarkosten für die Messungen betragen insgesamt rund 50.000 Euro, die Jahreswärmekosten reduzierten sich jedoch um ca. 160.000 Euro netto. Die Amortisationszeiten im Rahmen dieses Projektes liegen demnach weit unter einem Jahr. Dies unterstreicht den besonderen Nutzen der Maßnahme.

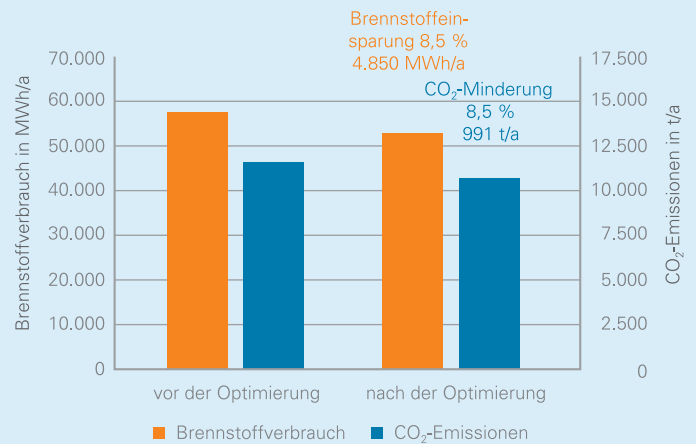
#### Intracting

Die Maßnahmen zur Optimierung der technischen Anlagen wurden bislang aus dem Haushalt der Bauverwaltung finanziert. Durch die verfügbaren Mittel waren sie in ihrer Anzahl begrenzt. Ab dem aktuellen Haushaltsjahr 2005 wird die Finanzierung im Rahmen des so genannten „Intractings“ auf eine breitere Basis gestellt. Es handelt sich beim Intracting – wie auch beim Contracting (siehe 3.1) – um die Finanzierung von Energiesparmaßnahmen durch entsprechende Kosteneinsparungen.

Im Unterschied zum Contracting werden die Maßnahmen jedoch nicht von einem externen Dritten vorfinanziert, sondern durch die staatliche Bauverwaltung.

Die Honorarkosten für die Untersuchungen werden zunächst aus den Mitteln der Bauverwaltung getragen. Nach Realisierung der prognostizierten Einsparungen fließen jedoch die entsprechenden Mittel aus dem jeweiligen Haushalt der nutzenden Verwaltung wieder in den „Optimierungs-Topf“ zurück, um so längerfristig die verfügbaren Mittel für energie-wirtschaftliche Untersuchungen bei staatseigenen Gebäuden zu erhöhen. Hierdurch können entsprechend mehr Untersuchungen durchgeführt werden.

#### Einsparung des Brennstoffverbrauches und der CO<sub>2</sub>-Emissionen durch Heizungsoptimierung



#### Haushalt

Der Haushaltsvermerk zur entsprechenden Titelgruppe – im Haushaltsgesetz für den Doppelhaushalt 2005/2006 – lautet: „Mittel, die nachweisbar durch energetische Optimierungsmaßnahmen bei einer grundstückbewirtschaftenden Dienststelle eingespart werden, können im gegenseitigen Einvernehmen umgesetzt werden (beschränkt auf zwei Haushaltsjahre) und verstärken die Ansätze dieser Titelgruppe.“ Hierzu bedarf es einer gemeinsamen Vereinbarung der zuständigen Dienststelle mit der Energieverbrauchskontrolle der staatlichen Bauverwaltung.

Nach Durchführung einer Optimierungsmaßnahme ist mindestens ein vollständiges Betriebsjahr erforderlich, um die erwartete Einsparung im Verbrauch nachweisen zu können. Hierbei profitiert die nutzende Verwaltung bereits. Erst danach können – anhand aktueller Preise – die eingesparten Kosten ermittelt werden. Anschließend werden – über einen Zeitraum von zwei Jahren – die der Einsparung entsprechenden Mittel der Energieverbrauchskontrolle zugewiesen. In den darauf folgenden Jahren stehen die eingesparten Betriebskosten voll der Dienststelle zur Verfügung und können für andere Zwecke verwendet werden. Für den Fall, dass sich – entgegen der Erwartung – Einsparungen nicht einstellen, fließen auch keine Mittel zurück. Die grundbesitzverwaltende Dienststelle trägt insofern keinerlei finanzielles Risiko.

In der Gesamtbetrachtung profitieren demnach beide Vertragspartner finanziell von der Vereinbarung – ungeachtet des Profits für den Klimaschutz durch die Einsparung an CO<sub>2</sub>-Emissionen.



Bayerische Staatsoper

## 5. Energie- und Kosteneinsparung – Beispiele

### 5.1 Bayerische Staatsoper in München

In der Bayerischen Staatsoper, einem der führenden Opernhäuser der Welt, wurden die heizungs- und lüftungstechnischen Anlagen sowie die analogen Mess-, Steuer- und Regelungseinrichtungen seit dem Wiederaufbau im Jahr 1963 ohne wesentliche technische Veränderungen betrieben.

Da mit zunehmendem Alter der Anlagen die ständige Verfügbarkeit, die für den täglichen Spielbetrieb erforderlich ist, rapide abnahm, wurden die Lüftungs- und Klimazentralen sowie die Mess-, Steuer- und Regeltechnik im Rahmen der „Instandsetzung technischer Anlagen“ erneuert. Dies war umso mehr erforderlich, als für die analogen Regelbaugruppen mittlerweile keine Ersatzteile mehr erhältlich waren.

Eines der vorrangigen Projektziele war, die neue Gebäudeleittechnik zur Energieverbrauchsanalyse zu nutzen, um die Heizungs- und Lüftungsanlagen energetisch zu optimieren. Zur Erfassung der Verbrauchswerte wurde ein Messkonzept entwickelt. Die Messdaten werden seit Anfang 2005 kontinu-

ierlich ausgewertet und bezüglich des Energieeinsparpotentials technisch und wirtschaftlich bewertet.

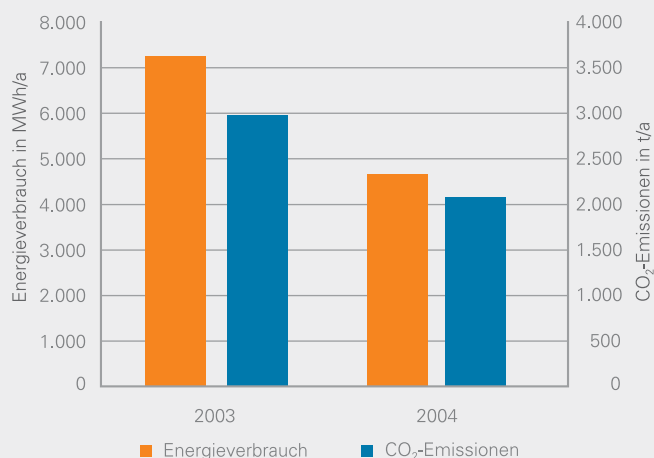
In der 1. Projektstufe wurden Energiesparmaßnahmen durchgeführt, für die keine (no-cost-Maßnahmen) bzw. nur geringe Investitionen bei kurzer Amortisationszeit (low-cost-Maßnahmen) erforderlich waren. Die Betriebskosten für Fernwärme, Strom und Wasser konnten dadurch im Jahr 2005 um mehr als 200.000 Euro (entsprechend einem Drittel) gesenkt werden. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen reduzierten sich um ca. 1.000 t. Inwieweit in einer 2. Projektstufe weitere, dann aber kostenintensivere Maßnahmen ergriffen werden, bedarf einer jeweiligen Einzeluntersuchung.

Aus der Erfahrung der noch laufenden Optimierungsphase ist festzustellen, dass mit Einbau einer Gebäudeleittechnik die Basis für Energie- und Betriebskosteneinsparungen geschaffen ist. Erst durch die differenzierte Aufzeichnung und die Analyse des Energieverbrauchs können die Heizungs-, Lüftungs- und Elektroanlagen energetisch optimiert werden.



Bayerische Staatsoper – Blick in den Zuschauerraum

### Reduzierung des Energieverbrauchs und der CO<sub>2</sub>-Emissionen



#### Beispiele für no-cost-Maßnahmen

Optimierung der Heizkurve, Inbetriebnahme einer Nachtabsenkung, Außerbetriebnahme von Heizkörpern in innen liegenden Räumen, Reinigung von Anlagen zur Reduzierung des Stromverbrauchs, Anpassung und Einregulierung von Luftmengen sowie bedarfsgerechtes Ein- und Ausschalten, Abschalten der Druckerhöhungsanlage für Trinkwasser.

#### Beispiele für low-cost-Maßnahmen

Erneuerung der Wärmedämmung an Heizungsverteilungen, Austausch von Umwälzpumpen, Einbau von programmierbaren Thermostatventilen im Foyer, hydraulischer Abgleich der statischen Heizkörper, Erneuerung von Regelklappen, Reduzierung des Volumenstroms durch CO<sub>2</sub>-Regelung, wassersparende Perlatoren und Duschköpfe, Austausch wassergekühlter Kleinkältemaschinen.





Heizungszentrale mit Gas-Brennwertkessel

## 5.2 Hauptgebäude der Regierung von Niederbayern

### Heizungssanierung und Betriebsoptimierung

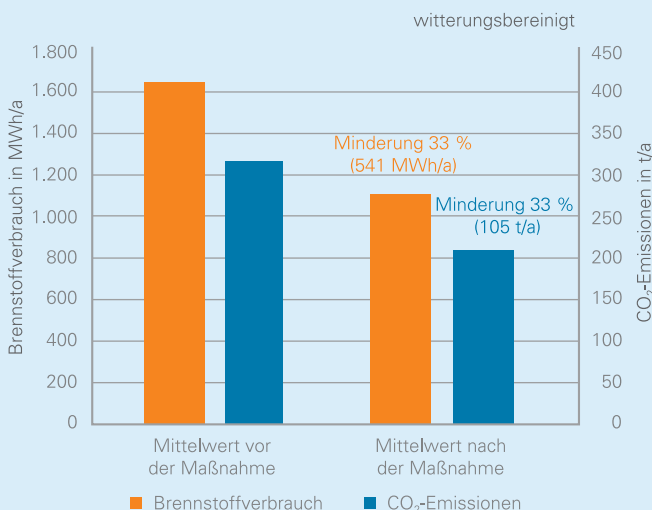
Das Hauptgebäude besteht aus vier denkmalgeschützten Gebäudeteilen mit einem Gesamtbruttorauminhalt von 60.000 m<sup>3</sup> und entstand in den Jahren 1699 bis 1885.

Seit 1985 wurden folgende verbrauchssenkende Maßnahmen durchgeführt:

- 1985 Ersatz von 3 Heizkesseln, Bj. 1958 (1.500 kW) durch 3 Niedertemperaturkessel mit insgesamt 1.300 kW
- 1990 Abtrennen der Hausmeisterwohnung von der Heizungszentrale
- 1992 Verwendung der Abwärme eines Klimagerätes für Heizung und Warmwasser
- 1994 Zusätzliche Wärmedämmung der obersten Geschoßdecke in zwei Gebäuden; Ursulinenflügel: neue Pumpen, Regelung über Energiezentrale
- 1997 Abdichtung alter Kastenfenster
- 2002 Einbau von 4 Gas-Brennwertkesseln mit insgesamt 640 kW; Einbau drehzahl geregelter Pumpen mit variabler Kennlinie

### Einsparung des Brennstoffverbrauches und der CO<sub>2</sub>-Emissionen – Maßnahme 2002

Regierung von Niederbayern – Hauptgebäude



Die Anlagensanierung im Jahr 2002, die insgesamt Kosten von 105.000 Euro verursacht hat, führte zu folgenden Einsparungen:

- Reduzierung des Brennstoffverbrauchs um 541 MWh/a oder 33 %
- Reduzierung des Stromverbrauchs für die Heizungsanlage um 80 %
- Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes um 105 t/a oder 33 %
- Reduzierung der Betriebskosten um ca. 25.000 Euro/a

Ein wesentlicher Teil dieser Einsparungen ist auf die Betriebsoptimierung der Anlage zurückzuführen. Dieser Beitrag wird auf mindestens 50 % der erzielten Einsparungen geschätzt. Durch die oben aufgeführten Maßnahmen konnte der Heizenergieverbrauch von 1985 bis 2004 von ursprünglich über 2.400 MWh/a auf nun 1.050 MWh/a reduziert werden.



### 5.3 Museumsneubau Sammlung Brandhorst in München

Bei der Planung des Museumsneubaus Sammlung Brandhorst galt es, die Technik so zu konzipieren, dass höchste konservatorische Anforderungen bei möglichst geringen Betriebskosten erfüllt werden können. Das beauftragte Ingenieurbüro Ottitsch hat hierzu ein innovatives und ökologisch sinnvolles Konzept zur Energieversorgung und Klimatisierung entwickelt.

Anstelle des klassischen Konzepts einer Vollklimatisierung ausschließlich über RLT-Anlagen kommt hier zusätzlich eine Bauteilaktivierung zur Abdeckung der thermischen Lasten zum Einsatz, was zur Folge hat, dass der Luftwechsel annähernd halbiert werden kann. Entsprechend dem Stand der Technik sind die RLT-Anlagen zusätzlich mit einer Hochleistungswärmerückgewinnung und einer Regelung ausgestattet, die eine energetische Optimierung der Außenluftströme ermöglicht.

Ein bei der benachbarten Pinakothek der Moderne vorhandenes System aus Förder- und Schluckbrunnen führte zu der Entscheidung, die für die Klimatisierung des Gebäudes erforderlichen Kältemaschinen auch als Grundwasserwärmepumpen zu betreiben.

Folglich können die relativ hohen Grundwassertemperaturen im Münchner Innenstadtbereich sinnvoll zur Energieerzeugung genutzt werden. Für die Bauteilaktivierung kann das Grundwasser unter Umgehung der Kältemaschine/Wärmepumpe unmittelbar genutzt werden.

Im Kühlbetrieb wird die Abwärme der Kältemaschinen nicht nur über einen Kühlturm als „Abfallwärme“ abgegeben, sondern auch auf sinnvolle Weise zur Nacherwärmung der Luft im Entfeuchtungsbetrieb verwendet.

Somit wurde ein wirtschaftliches und ökologisches Gesamtkonzept erstellt, das die hohen konservatorischen Anforderungen im Museumsbau erfüllt.

Die Betriebskosteneinsparungen gegenüber einer konventionellen Technik werden mit einer Größenordnung von 10 bis 20 % prognostiziert. Die damit verbundene CO<sub>2</sub>-Reduzierung kann mit rund 300 Tonnen pro Jahr (Vergleichsbasis Erdgas) angegeben werden.

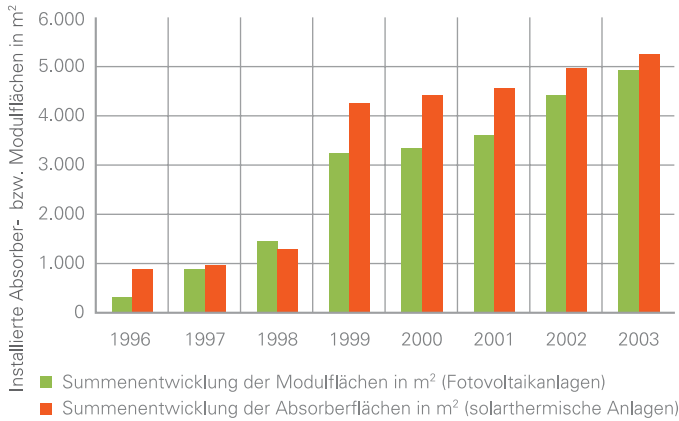


Museum Sammlung Brandhorst – Simulation

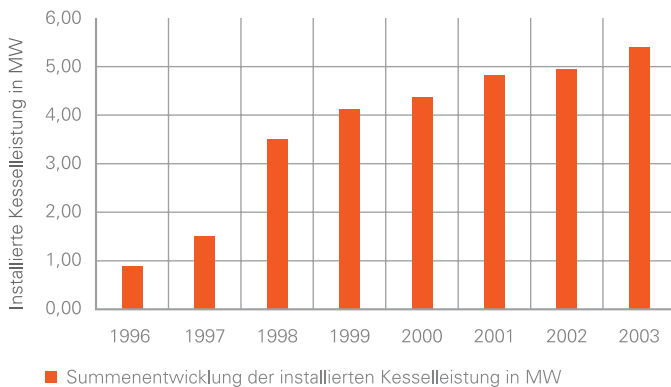


Innenraum Museum Sammlung Brandhorst – Simulation

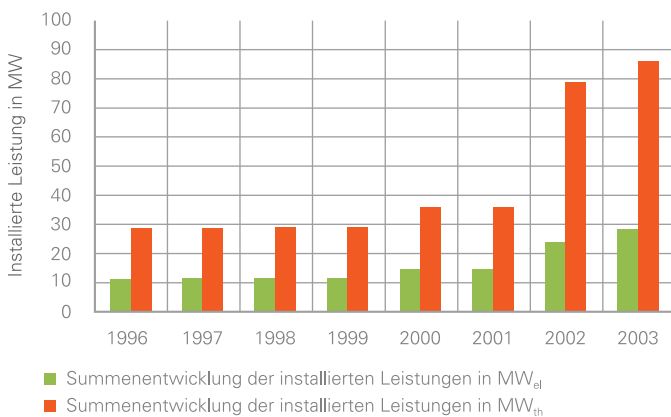
Installierte Absorberflächen der solarthermischen Anlagen bzw. Modulflächen der Fotovoltaikanlagen



Installierte Kesselleistung der Biomasseheizanlagen



Installierte elektrische und thermische Leistung von KWK-Anlagen



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

Erneuerbare Energien tragen in erheblichem Maße dazu bei, den Ausstoß von CO<sub>2</sub> zu minimieren. Sie spielen bei dem Bemühen, die Klimaschutzziele der Bayerischen Staatsregierung zu erreichen, eine entscheidende Rolle.

Der Bayerische Landtag unterstreicht diese Bedeutung, indem er in einem aktuellen Beschluss vom April 2005 bekräftigt, dass die Wärmeversorgung von staatlichen Gebäuden verstärkt auf den heimischen Energieträger Biomasse, insbesondere Holz, auszurichten ist. Das bedeutet eine

- grundsätzliche Prüfung, ob bei staatlichen Bauvorhaben der Einsatz von Wärmeversorgungen auf Basis Biomasse möglich ist, und die
- Nutzung der Wärmelieferung auf Biomassebasis von Contractoren.

Bei der Justizvollzugsanstalt Kaisheim wurde nun erstmals ein Abkommen einer staatlichen Liegenschaft mit einem Privatunternehmen geschlossen, welches Wärme und Strom ausschließlich auf der Basis von Biogas erzeugt. Der Wärmeliefervertrag wurde vom Staatlichen Hochbauamt Augsburg vorbereitet und von der Regierung von Schwaben begleitend geprüft.

Die Justizvollzugsanstalt wird ab Februar 2006 mit einer Wärme-Dauerleistung von 600 kW aus einem Biogas-Blockheizkraftwerk versorgt. Die dadurch eingesparte Menge an Erdgas führt zu einer Verminderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen von ca. 600 Tonnen pro Jahr.

## 6.1 Solarthermie

Im Zuge einer Sanierung der Wärmeversorgung der Justizvollzugsanstalt Bernau hat das Staatliche Hochbauamt Rosenheim im Jahr 2002 für die Erwärmung von Weichwasser in der Wäscherei eine thermische Solaranlage mit Flachkollektoren realisiert.

Die solar erzeugte Wärme wird über einen externen Plattenwärmetauscher in fünf seriell geschaltete Warmwasserspeicher mit einem Volumen von insgesamt 10 m<sup>3</sup> geladen. Die Speicher werden mit Weichwasser beschickt und versorgen die Waschmaschinen direkt. Die Kollektoren wurden auf dem bestehenden Flachdach des Wäschereigebäudes aufgeständert und optimal nach Süden ausgerichtet. Das gesamte Speichersystem befindet sich direkt unterhalb des Kollektorfeldes, sodass der Installationsaufwand und damit auch die systembedingten Energieverluste reduziert werden konnten.

|   |                         |
|---|-------------------------|
| Flachkollektorenfläche:                 | 90 m <sup>2</sup>       |
| Ertrag des Kollektorkreises:            | 492 kWh/m <sup>2</sup>  |
| Jährlicher Weichwasserverbrauch (warm): | 1.400 m <sup>3</sup> /a |
| Reduzierung des Erdgasverbrauches:      | 4.000 m <sup>3</sup> /a |
| Reduzierung des Kohlendioxidausstoßes:  | 8 t/a                   |



JVA Bernau

## 6.2 Biomasse

Das Hans-Eisenmann-Haus in Neuschönau ist das Informationszentrum des Nationalparks Bayerischer Wald. Hier erfolgte die bauliche Erweiterung durch zusätzliche Seminar- und Lagerräume. Die gesamte Nutzfläche wurde um ca. 600 m<sup>2</sup> auf 1.813 m<sup>2</sup> erhöht.

Die ursprüngliche Wärmeversorgung erfolgte lagebedingt durch zwei elektrisch beheizte Kessel mit je 214 kW. Zusätzlich war ein Pufferspeicher mit 30 m<sup>3</sup> Fassungsvermögen eingebaut. Die alte Anlage war sanierungsbedürftig und verursachte hohe Betriebskosten.

Im Rahmen der Erweiterungsmaßnahme wurden folgende energetisch wirksame Maßnahmen durchgeführt:

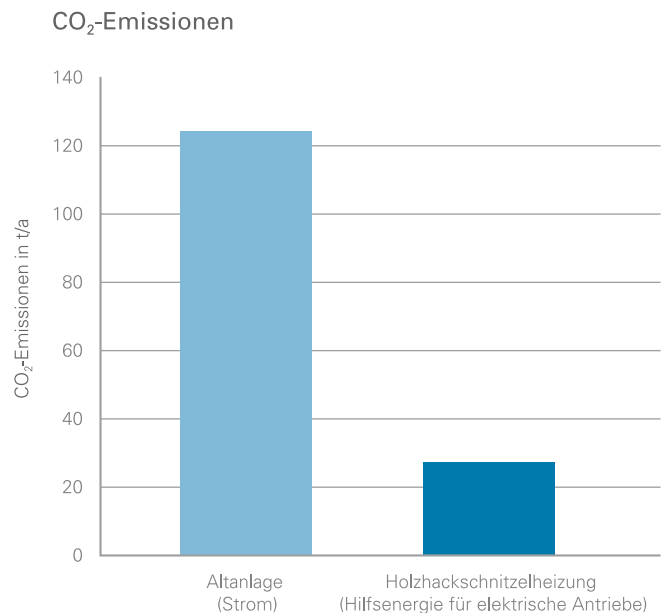
- Einbau eines Hackschnitzelkessels mit 200 kW
- Einbindung des vorhandenen Pufferspeichers
- Luftdichter Anschluss der Außenwände an die Dachkonstruktion
- Zusätzliche Wärmedämmung im Bestand

Die Holzhackschnitzelheizung ist Teil des Konzeptes des Informationszentrums, das den verstärkten Einsatz des heimischen Rohstoffes Holz fördern soll.

Zur Deckung des Heizenergiebedarfs werden jährlich ca. 700–800 m<sup>3</sup> Holzhackschnitzel benötigt.

Der Einsatz des Energieträgers Holz ist mit folgenden Vorteilen verbunden:

- Senkung des jährlichen CO<sub>2</sub>-Ausstoßes um 72 % entsprechend ca. 96 t/a.
- Senkung der jährlichen Heizkosten um ca. 30 %, trotz Erhöhung der Nutzfläche um 53 %.
- Vorzeigobjekt zur Nutzung des Energieträgers Holz mitten im Nationalpark – eine der größten zusammenhängenden Waldflächen Mitteleuropas.



Hans-Eisenmann-Haus in Neuschönau



Holzhackschnitzel



### 6.3 Fotovoltaik

Am Dienstgebäude des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz sind drei Fotovoltaikanlagen installiert, mit denen modellhaft unterschiedliche Solartechnologien präsentiert werden. Neben einer Anlage älteren Datums wurden zwei neue im Zuge der Fassaden- und Dachsanierung im Jahre 2002/2003 installiert.

Bei der Anlage auf dem Dach kommen 224 polykristalline Module mit einer Gesamtfläche von 544 m<sup>2</sup> und einer Leistung von 63 kWp zum Einsatz. Die schräg gestellten Elemente sind entlang der Attika auf Gitterrosten angeordnet. Die Südfassade wurde mit zwei unterschiedlichen Solarzellenarten bestückt. Im linken Fassadenbereich befindet sich eine Anlage aus Dünnschichtzellen mit 205 Kupfer-Indium-Diselenid-Modulen (CIS), die bei einer Fläche von 88 m<sup>2</sup> etwa 8 kWp liefert.

Die 118 m<sup>2</sup> große Anlage auf der rechten Seite der Südfassade, die bereits 1993 errichtet wurde, besteht aus 54 amorphen Modulen mit einer Leistung von 5 kWp.

Insgesamt haben die drei Anlagen eine Leistung von 76 kWp. Der jährliche Stromertrag beträgt ca. 54.200 kWh. Dies entspricht dem Stromverbrauch von ca. 15 Einfamilienhäusern. Die erzeugte Energie wird über Wechselrichter in das Netz des Hauses eingespeist und führt so zu einer erheblichen Reduzierung des Strombezugs aus dem öffentlichen Netz. Eine Visualisierung in der Eingangshalle informiert den Besucher über den aktuellen Energiegewinn.

Mit dieser Maßnahme wird der Beschluss des Bayerischen Landtags vom Oktober 1995 zur „Umsetzung der energiepolitischen Ziele“ in beispielhafter Weise realisiert.



Bayerisches Staatsministerium für Umwelt,  
Gesundheit und Verbraucherschutz



Technische Zentrale der Universität Regensburg

## 6.4 Kraft-Wärme-Kopplung

Für die Universität, das Klinikum und die Fachhochschule Regensburg wurde zur effizienteren Energienutzung eine Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung mit Gasturbine und Absorptionskältemaschine realisiert.

### Ausgangslage

Die Wärmeversorgung der Universität Regensburg mit 250.000 m<sup>2</sup> beheizter Fläche erfolgt seit 1965 aus dem Kesselhaus der Technischen Zentrale. Der Heizenergieverbrauch von 85.000 MWh/a wurde bisher durch vier Hochdruckdampfkessel gedeckt. Über das interne Fernwärmenetz werden das Stammgelände, das Klinikum und die Fachhochschule mit Hochdruckheißwasser versorgt.

Die über 25 Jahre alten Wärmeerzeuger und Kältemaschinen waren Anlass für die Durchführung einer Energiestudie. Da ein ganzjähriger und gleichzeitiger Grundbedarf an Wärme und elektrischer Energie besteht, wurden sieben Versorgungsvarianten mit Kraft-Wärme-Kopplung unter technischen, wirtschaftlichen und ökologischen Gesichtspunkten betrachtet.

### Konzept

Als beste Lösung stellte sich ein Blockheizkraftwerk (BHKW) auf Basis einer stationären Gasturbine mit 4 MW elektrischer und 7 MW thermischer Leistung mit nachgeschaltetem Abhitzekegel heraus. Eine Kombination mit einer zentralen Absorptionskältemaschine (3 MW Kälteleistung) erlaubt auch im Sommer die Abwärme der Gasturbine gewinnbringend zur

Deckung des Kältebedarfs zu nutzen. Als Ersatz für die beiden ältesten vorhandenen Kessel (Baujahr 1969) wurde ein neuer Hochdruckdampfkessel mit einer Wärmeleistung von 14 MW vorgesehen. Die beiden jüngeren Hochdruckdampfkessel erhalten Brenner, die zu geringerer Stickoxidemission führen.

### Umsetzung

Mit insgesamt 19,3 Mio. Euro wurde die Maßnahme im Zeitraum von Dezember 1999 bis Juli 2003 realisiert. Der gesamte Umbau musste bei laufendem Betrieb stattfinden. Im Jahr 2004 wurden mit 16.400 MWh/a ca. 30 % des Gesamtstromverbrauchs durch die Kraft-Wärme-Kopplung erzeugt und in das universitätseigene Stromnetz eingespeist.

### Bilanz und Ausblick

Der CO<sub>2</sub>-Ausstoß reduzierte sich nach Abschluss aller Umbaumaßnahmen um 16.000 Tonnen pro Jahr. Durch die zentrale 3-MW-Absorptionskältemaschine wurden vier Turbo-kältemaschinen mit 4,9 MW Kälteleistung und dem gemäß FCKW-Halon-Verbots-Verordnung nicht mehr zulässigen Kältemittel R11 ersetzt. Der Primärenergieeinsatz wird durch die Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung um bis zu 40.000 MWh/a im Vergleich zur getrennten Erzeugung von Strom und Wärme im Kraftwerk reduziert. Im Jahr 2006 werden weitere Absorptionskältemaschinen dafür sorgen, dass im Sommer die Auslastung der Turbine nochmals steigt.



Abgasanlage





Hochschule für Fernsehen und Film

### 7. Energie im Wettbewerbsverfahren

Der Einfluss auf ein gewünschtes Planungsergebnis ist umso größer, je früher im Planungsablauf entsprechende Überlegungen und Maßnahmen stattfinden. Dieser Grundsatz gilt auch für Maßnahmen im Bereich der Energieeinsparung. Sowohl aus wirtschaftlichen wie auch ökologischen Aspekten ist eine Betrachtung des absehbaren Energiebedarfes eines Gebäudes bereits in einem frühen Planungsstadium ein wichtiges Bewertungskriterium.

Für größere staatliche Bauaufgaben führt der Freistaat Bayern regelmäßig Architektenwettbewerbe durch. In der Regel handelt es sich bei diesen Bauaufgaben um Neubaumaßnahmen oder umfangreiche Sanierungs- und Erweiterungsprojekte. Gerade diese Aufgaben bieten im Rahmen von Wettbewerben Raum für umfassende und auch innovative Gesamtkonzepte zur Energieeffizienz.

#### Pilotphase

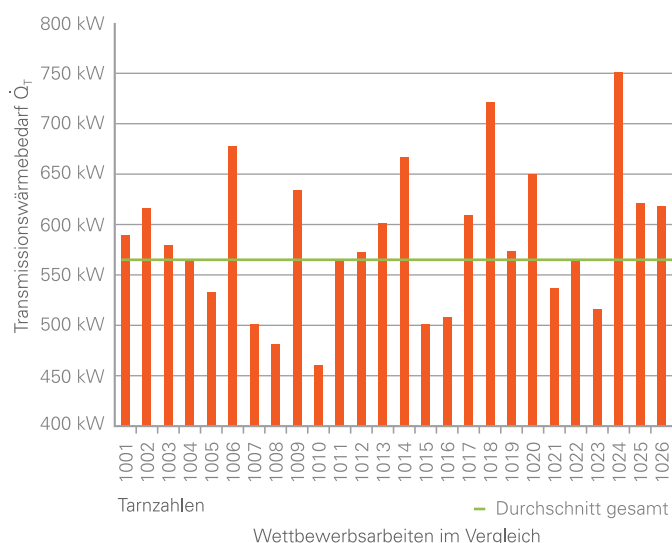
Die Bauverwaltung hat daher in einer Pilotphase – mittlerweile mehrere – Wettbewerbsverfahren unter Berücksichtigung energetischer Gesichtspunkte durchgeführt und bewertet (z. B. Justizvollzugsanstalt Augsburg, Hochschule für Fernsehen und Film München, Fachhochschule Neu-Ulm, Fachhochschule Würzburg). Untersucht wurden in erster Linie gebäudebezogene Aspekte, wie die Geometrie eines Gebäudes, die grundsätzliche Festlegung von geschlossenen und offenen Oberflächen oder Sonderbauteile, da diese Parameter einen großen Einfluss auf den künftigen Energiebedarf haben. Die Vorprüfung der eingereichten Arbeiten erfasste daher insbesondere folgende Punkte:

- Die Kompaktheit, dargestellt durch das so genannte A/V-Verhältnis, d. h. das Verhältnis der Hüllfläche (A) zum beheizten Gebäudevolumen (V)
- Den theoretischen Wärmebedarf aufgrund der Transmissionswärmeverluste, die anhand standardisierter U-Werte für den Wärmedurchgang der Gebäudehülle errechnet wurden

- Die ausreichende Berücksichtigung des sommerlichen Wärmeschutzes, unter Betrachtung der verglasten Flächenanteile und ihrer Orientierung

Ziel des Verfahrens ist die Prämierung eines Entwurfes, der energetisch gute Voraussetzungen mitbringt, für ein Gebäude, das in der Weiterplanung – im Zusammenwirken mit der Versorgungstechnik – sinnvoll optimiert werden kann. Die verantwortlichen Planer für Gebäude und Technik sollen in Kooperation ein Gebäude realisieren, das auch mit low-tech eine komfortable und energiesparende Nutzung ermöglicht.

Vergleich Transmissionswärmebedarf  $\dot{Q}_T$







Lageplan Hochschule für Fernsehen und Film

### Erfahrungen

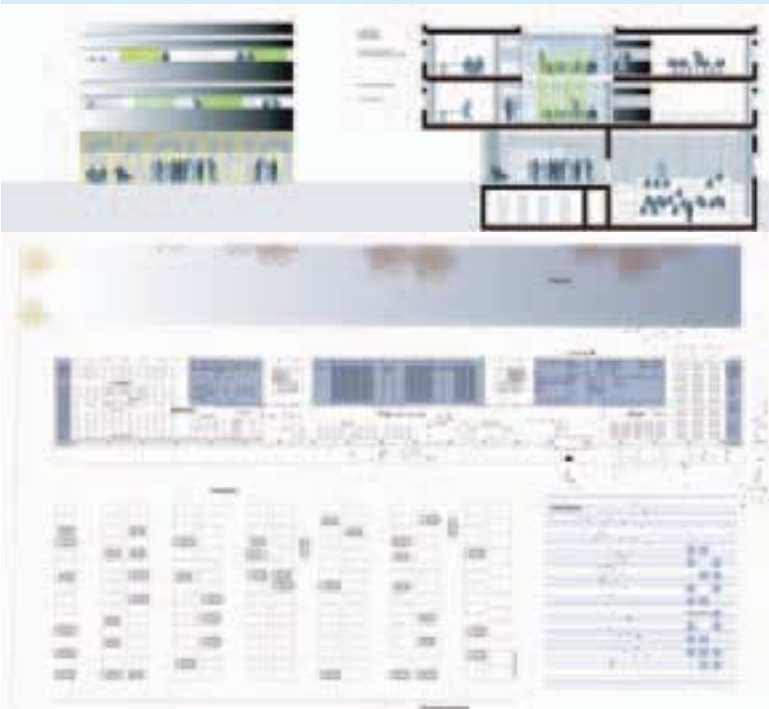
Die Erfahrungen aus den Pilotprojekten zeigen, dass ein großer Teil der Entwurfsverfasser dem Thema Energieeffizienz sehr positiv gegenüber steht und entsprechende Überlegungen planerisch umsetzt. Von großer Bedeutung ist deren Bewertung durch das Preisgericht, das entsprechende Planungsüberlegungen im Sinne der Auslobung gleichberechtigt neben anderen Bewertungskriterien würdigt.

Grundlage für eine erfolgreiche Zusammenarbeit zwischen Preisrichtern und sachverständigen Beratern ist eine Auswertung der energetischen Kriterien, die sich auf wesentliche Eigenschaften des Entwurfes konzentriert. Grafische Darstellungen, die die Wettbewerbsbeiträge in Vergleich zueinander stellen, Einstufung in Kategorien (+/o/-) und nicht zuletzt eine zusammenfassende Erläuterung des Gesamtbildes sind hier hilfreicher als zahlenlastige Tabellen oder isolierte Kennwerte.

Die prämierten Arbeiten der mittlerweile abgeschlossenen Wettbewerbe lagen hinsichtlich ihrer energetischen Werte meist im mittleren Bereich, Arbeiten mit eindeutig ungünstiger Bewertung der energetischen Qualität waren nicht unter den Preisträgern. Hinweise auf energietechnische Optimierungsmöglichkeiten prämierter Arbeiten durch das Preisgericht erweisen sich in der Praxis als hilfreich, um eben diese Punkte in der Weiterplanung gezielt untersuchen und ggf. bereinigen zu können.

### Resümee

Die Realisierung zukunftsfähiger und im Energieverbrauch nachhaltig sparsamer Gebäude muss allen am Bau Beteiligten ein Anliegen sein. Die Prämierung einer Wettbewerbsarbeit liefert dabei den „Grundstein“ zur Erstellung eines energiesparenden Bauwerkes. In allen weiteren Phasen der Planung und Umsetzung ist jedoch durchgängig die entsprechend konsequente Weiterverfolgung dieses Anliegens notwendig, um letztlich theoretische Planungsansätze zu gebauter Realität werden zu lassen.

Wettbewerb Neubau Fachhochschule Neu-Ulm  
Grundriss und Ansicht/Schnitt

## Impressum

### Herausgeber

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

[www.innenministerium.bayern.de/bauen/hochbau/veroeffentlichungen/](http://www.innenministerium.bayern.de/bauen/hochbau/veroeffentlichungen/)  
Stand: Dezember 2005

### Redaktion für Text und Grafik

Annette Bubmann, Sebastian Eiblwieser, Dieter Finke, Clemens Hartung,  
Ingo Heinemann, Peter Kalmer, Helmut Köstlmeier, Jürgen Krajak, Peter Küpper,  
Michael Lenz, Peter Scherer, Harry Sternberg, Barbara Thiel-Lintner, Ernst Weindorfer

### Grafik-Design

Löhr & Partner GmbH, München

### Druck

Holzmann Druck GmbH & Co KG, Bad Wörishofen  
Gedruckt auf Recyclingpapier

### Witterungsbereinigung

Daten des Deutschen Wetterdienstes  
Regionales Gutachtenbüro Essen  
Wallneyer Straße 10, 45133 Essen

Emissionsfaktoren für den Strom beziehen sich auf den Bundesdurchschnitt



Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz

## Fotos

|           |  |
|-----------|--|
| Titelfoto | Architekturfotografie Rainer Viertlböck        |
| Seite 10  | Luigi Cavazzini, Ulm                           |
| Seite 14  | Staatliches Hochbauamt Aschaffenburg           |
| Seite 15  | Architekturbüro Bornschlegel + Kurth           |
| Seite 16  | Regierung von Oberfranken                      |
| Seite 17  | Bayerisches Landesamt für Umwelt               |
| Seite 18  | Architekturfotografie Rainer Viertlböck        |
| Seite 19  | Mauritius Images                               |
| Seite 22  | Staatliches Hochbauamt München I               |
| Seite 23  | Profifotograf Michael Heinrich                 |
| Seite 24  | Regierung von Niederbayern                     |
| Seite 25  | Oben: Archimation, Berlin                      |
| Seite 25  | Unten: Architekten Sauerbruch – Hutton, Berlin |
| Seite 27  | Staatliches Hochbauamt Rosenheim               |
| Seite 28  | Regierung von Niederbayern                     |
| Seite 29  | Architekturbüro Bornschlegel + Kurth           |
| Seite 30  | Universitätsbauamt Regensburg                  |
| Seite 31  | Universitätsbauamt Regensburg                  |
| Seite 32  | Böhm Architekten, Köln                         |
| Seite 33  | Oben: Böhm Architekten, Köln                   |
| Seite 33  | Unten: Architekten Harris + Kurrle, Stuttgart  |
| Seite 34  | Architekturfotografie Rainer Viertlböck        |

## 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 fünf 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.



Oberste Baubehörde im  
Bayerischen Staatsministerium  
des Innern