



## 5 | Energiebericht

der Bayerischen Staatlichen  
Hochbauverwaltung







Joachim Herrmann  
Staatsminister des Innern



Jürgen Heike  
Staatssekretär

## Vorwort

Extreme Wetterereignisse häufen sich und die aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnisse legen nahe, dass das Erdklima sich in noch rasanterer Geschwindigkeit zu verändern scheint, als bisher vermutet. Vor dem Hintergrund des weltweiten Klimawandels und der Verknappung der Ressourcen bei steigenden Weltmarktpreisen ist die nachhaltige Lösung unserer Energieversorgung sowie der damit zusammenhängenden sozialen und ökonomischen Probleme zu einer wichtigen Aufgabe der Gesellschaft geworden.

Die Modellrechnungen des Weltklimarates IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) zeigen, dass die Zeit drängt. Die Politik hat entsprechend reagiert: Zuletzt wurde auf der Klimakonferenz in Bali ein umfangreiches Klimaschutzprogramm als Folgeabkommen zum Kyoto-Protokoll beschlossen.

Wenngleich der Anteil Bayerns an den weltweiten Treibhausgasemissionen gering scheint, sieht der Freistaat sich hier dennoch in einer Vorbildrolle. Dies kommt in diversen Landtagsbeschlüssen bezüglich Energieeinsparung und Klimawandel zum Ausdruck. Im Jahr 2007 wurde das „Klimaprogramm Bayern 2020“ ins Leben gerufen. Darin initiierte die Bayerische Staatsregierung verschiedenste Maßnahmen, u. a. in den Bereichen Gebäude, Verkehr, erneuerbare Energien und Umweltbildung, um dem Klimawandel sowie seinen Folgen wirksam entgegenzusteuern und den Energieverbrauch in Bayern zu senken.

Über ein Drittel des heutigen Energieverbrauchs in Bayern entfällt auf den Gebäudebereich. Hier gilt es daher in besonderem Maße, Energiesparpotenziale zu erkennen und zu nutzen.

Obwohl der Anteil der staatlichen Gebäude im Verhältnis zur Gesamtzahl der Gebäude in Bayern gering ist – der Anteil der staatlichen Gebäude am Endenergieverbrauch in Bayern liegt bei weniger als 1 % – muss der Freistaat als öffentlicher Gebäudeeigentümer hier seiner Vorbildfunktion gerecht werden.

Seitens der Bayerischen Hochbauverwaltung werden seit vielen Jahren zahlreiche Aktivitäten im Bereich des energieeffizienten Planens und Bauens unternommen. Dazu gehören insbesondere die Erfassung und Reduzierung des Energieverbrauchs der staatlichen Liegenschaften, verschiedene Modellvorhaben und Pilotprojekte, der verstärkte Einsatz erneuerbarer Energien sowie das Energiespar-Contracting.

Zur Verstärkung dieser Aktivitäten hat der Freistaat als eines der ersten Länder ein staatliches Investitionsprogramm zur energetischen Sanierung seiner Gebäude und zum verstärkten Einsatz regenerativer Energien eingerichtet. Das Investitionsvolumen beträgt über eine Laufzeit von vier Jahren 150 Mio. Euro. Die erzielten Einsparungen an Energie und Treibhausgasen werden evaluiert und dokumentiert.

Zur Darstellung von Maßnahmen und Erfolgen dient auch regelmäßig der Energiebericht der Bayerischen Staatlichen Hochbauverwaltung. Der jetzt vorliegende 5. Energiebericht umfasst Ergebnisse und wichtige Projekte der letzten Jahre aus dem Bereich des staatlichen Bauens.

Gemeinsam mit unseren Partnern beim Bauen werden wir die anstehenden Herausforderungen bewältigen. Die Bayerische Bauverwaltung leistet damit einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz und zur Energieeinsparung.

München, April 2008

## Inhalt

<b>1.</b>	<b>Energieeffizientes Bauen im staatlichen Bereich .....</b>	<b>5</b>
1.1	Einführung und aktuelle Entwicklungen .....	5
1.2	Sonderprogramm „Energetische Sanierung staatlicher Gebäude“ im Rahmen des Klimaprogramms Bayern 2020 .....	6
<b>2.</b>	<b>Entwicklung des Energieverbrauchs bei staatlichen Gebäuden .....</b>	<b>8</b>
2.1	Wärmeverbrauch und -kosten .....	8
2.2	Aufteilung der Energieträger .....	9
2.3	Stromverbrauch und -kosten .....	9
2.4	Einsatz regenerativer Energien .....	10
2.5	Reduzierung der CO <sub>2</sub> -Emissionen .....	11
<b>3.</b>	<b>Pilotprojekte .....</b>	<b>12</b>
3.1	Energiemanagement bei staatlichen Gebäuden .....	12
3.2	Nachhaltige Heizungssanierung in Schulen – „Erfolgs-Contracting“ .....	13
3.3	Technisches Ämtergebäude in Bayreuth – Sanierung auf Passivhaus-Niveau .....	14
<b>4.</b>	<b>Energie- und Kosteneinsparung – übergreifende Maßnahmen .....</b>	<b>16</b>
4.1.	Contracting .....	16
4.1.1	Energiespar-Contracting am Beispiel der Justizvollzugsanstalt Nürnberg .....	16
4.1.2	Energieliefer-Contracting unter Einbeziehung von Biomasse am Beispiel der Justizvollzugsanstalt Straubing .....	18
4.2	Intracting – Messung und Optimierung von Heizungsanlagen .....	19
4.3	Energetische Sanierung im Gebäudebestand .....	20
<b>5.</b>	<b>Energieeffizientes Bauen und Einsatz regenerativer Energien – aktuelle Beispiele .....</b>	<b>23</b>
5.1	Bayerische Zoologische Staatssammlung in München .....	23
5.2	Musikhochschule Würzburg .....	24
5.3	Amtsgericht Neu-Ulm .....	26
5.4	Landesamt für Finanzen in Landshut .....	27
5.5	Fachhochschule Neu-Ulm .....	28
5.6	Straßenmeisterei Ansbach .....	31
5.7	Technische Universität München in Garching, Exzellenzzentrum .....	32
5.8	Staatliches Bauamt in Freising .....	33
5.9	Sportzentrum für die Bereitschaftspolizei Würzburg .....	34
5.10	Fotovoltaikanlagen	
5.10.1	Chirurgische Klinik der LMU München .....	37
5.10.2	Uni Regensburg, Entsorgungszentrum .....	38
5.10.3	Polizeiinspektion Augsburg Mitte, Neubau .....	38
5.10.4	Fachhochschule Rosenheim, Neubau Hörsaal- und Laborgebäude .....	39
5.10.5	Finanzamt Schweinfurt .....	39
<b>6.</b>	<b>Energie im Architektenwettbewerb .....</b>	<b>40</b>
	Aktuelle Bilanz	
	Impressum .....	42

## 1. Energieeffizientes Bauen im staatlichen Bereich

### 1.1 Einführung und aktuelle Entwicklungen

Der mittlerweile 5. Energiebericht der Obersten Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern dokumentiert das langjährige Engagement der Staatlichen Hochbauverwaltung in Bayern für nachhaltiges Wirtschaften und die Vermeidung klimaschädlicher Emissionen im Bereich des Bauens. Im Gebäudebereich liegt ein großes Energie-Einsparpotenzial. Dies betrifft zum einen die Senkung des Heizwärmebedarfs durch Verbesserung der Gebäudehüllen und die Versorgung durch effiziente und regenerative Heiztechniken. Zum anderen muss es darum gehen, den in der Regel nutzungsbedingt steigenden Bedarf an Strom zu reduzieren. Dies gilt insbesondere auch für den Bereich der Nichtwohngebäude mit einer von Wohnbauten abweichenden Verbrauchsstruktur.

Den Energieverbrauch in Nichtwohngebäuden greift auch die aktuelle Novellierung der EnEV 2007 auf, mit einem völlig neuen, umfassenderen Rechenverfahren und – in bestimmten Fällen – der Verpflichtung, in öffentlichen Gebäuden einen Energieausweis auszuhängen.

Über den Aspekt rechtlicher Vorgaben hinaus betrachtet die Oberste Baubehörde die Frage des sparsamen und effizienten Umgangs mit Energie grundsätzlich als eine der Kernaufgaben des öffentlichen Bauens, dazu zählen der staatliche und der geförderte Hochbau, der geförderte Wohnungsbau, der Städtebau, die Städtebauförderung, der Straßenbau und das Baurecht.

Der im Jahr 2004 an der Obersten Baubehörde gegründete „Arbeitskreis Energieeffizientes Bauen“ bündelt die Aktivitäten und Arbeitsergebnisse dieser verschiedenen Bereiche.

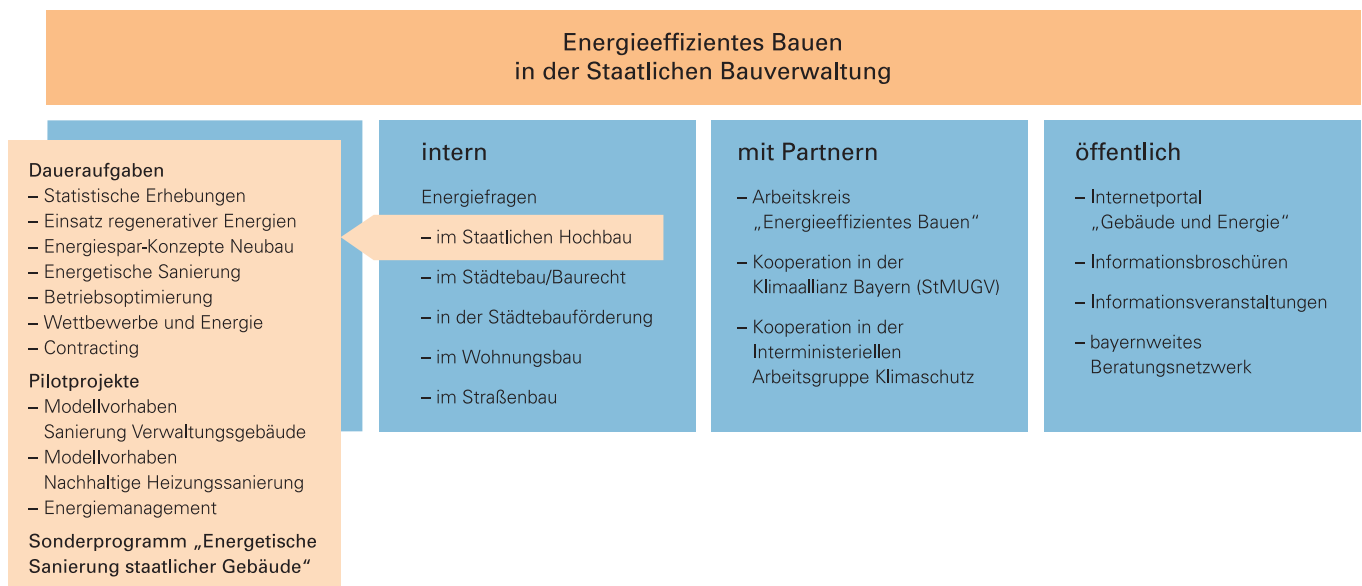
Im Austausch mit weiteren Partnern wie dem Umweltministerium, Wirtschafts- und Landwirtschaftsministerium, den kommunalen Spitzenverbänden, der Architekten- und Ingenieurkammer, Energieagenturen u. a. werden die Themen vertieft. Eine intensive Öffentlichkeitsarbeit mit regionalen Informationsveranstaltungen, Broschüren, der Internetseite „www.gebaeude-und-energie.bayern.de“ und auch ein flächendeckendes Beraternetz sollen die Ergebnisse auch dem Bürger zugänglich machen.

Mit dem „Klimaprogramm Bayern 2020“ will die Bayerische Staatsregierung neue Impulse im Klimaschutz setzen. Die Staatliche Bauverwaltung ist verantwortlich für die Umsetzung zweier Schwerpunkte dieses Programms:

- den bayerischen Part des „Investitionspaktes Bund-Länder-Kommunen zur energetischen Sanierung sozialer Infrastruktur“, der mit Fördermitteln kommunale Vorhaben unterstützt
- das Sonderprogramm „Energetische Sanierung staatlicher Gebäude“.

Das neue Sonderprogramm „Energetische Sanierung staatlicher Gebäude“ soll die Ressorts in ihren Bemühungen um die energetische Aufwertung des staatlichen Gebäudebestandes unterstützen und einen entscheidenden Schritt nach vorne bringen. Die Hochbauverwaltung setzt dieses Sonderprogramm in den Jahren 2008 bis 2011 um.

Auf den nächsten Seiten wird die Arbeit der Staatlichen Hochbauverwaltung in Bayern anhand von Beispielen und Projekten dargestellt. Der vorliegende Bericht soll so auch kommunalen und privaten Bauherren als Anregung dienen.



## 1.2 Sonderprogramm „Energetische Sanierung staatlicher Gebäude“ im Rahmen des Klimaprogramms Bayern 2020

Die Bayerische Staatsregierung hat den Klimaschutz zu einem der zentralen politischen Themen der kommenden Jahre erklärt. Vordringlichstes Ziel im Klimaschutz ist die Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes. Am 24. April 2007 hat der Ministerrat beschlossen, das Bayerische Klimaschutzprogramm aus dem Jahr 2000 zu einem „Klimaprogramm Bayern 2020“ fortzuschreiben. Er beauftragte hierfür einen Kabinettsausschuss unter der Federführung des Umweltministeriums und Beteiligung der Ministerien für Wirtschaft, des Innern sowie für Landwirtschaft, Wissenschaft und Finanzen. Der Ausschuss wurde bei der Erarbeitung des Programms durch den Bayerischen Klimarat unterstützt, der seit April 2007 die Staatsregierung in ihrer Klimapolitik berät.

Die Beheizung von Gebäuden verursacht rund ein Drittel des Bedarfs an fossiler Energie. In diesem Bereich liegt daher ein erhebliches Einsparpotenzial. Hier kann ein wesentlicher Beitrag zur Reduktion der Treibhausgase geleistet werden. Zunächst haben die so genannten „Ölkrisen“ der 70er Jahre dazu geführt, dass der Energieverbrauch der Gebäude verstärkt in das Bewusstsein kam. Im staatlichen Liegenschaftsbestand befinden sich jedoch vorwiegend Gebäude, die noch vor dieser Trendwende errichtet wurden. Da noch nicht alle Objekte seitdem grundlegend saniert werden konnten, sind in Hinblick auf den heute üblichen energetischen Standard bei vielen dieser Gebäude energetische Optimierungsmaßnahmen sinnvoll.

Diesem energetischen Sanierungsbedarf soll Rechnung getragen werden. So stellt das Sonderprogramm „Energetische Sanierung staatlicher Gebäude“ einen der zentralen Bausteine des „Klimaprogramms Bayern 2020“ dar. Für die energetische Sanierung von Gebäuden werden im Rahmen dieses Programms insgesamt 150 Mio. Euro zur Verfügung gestellt, die Programmlaufzeit umfasst die Jahre 2008 mit 2011. Mit diesem Sonderprogramm wird die energetische Verbesserung des staatlichen Gebäudebestandes in Bayern einen wichtigen Schritt vorankommen.

### Technische Umsetzung und Sanierungsziel

Ziel des Sonderprogramms ist grundsätzlich, mit den zur Verfügung stehenden Haushaltsmitteln eine größtmögliche CO<sub>2</sub>-Einsparung zu erzielen. Dies geschieht im Wesentlichen durch Verbesserungen der Gebäudehüllen und der Anlagentechnik sowie durch den verstärkten Einsatz regenerativer Energien. Der dabei sinnvolle Sanierungsumfang und der zu erreichende Standard muss in jedem Einzelfall festgelegt

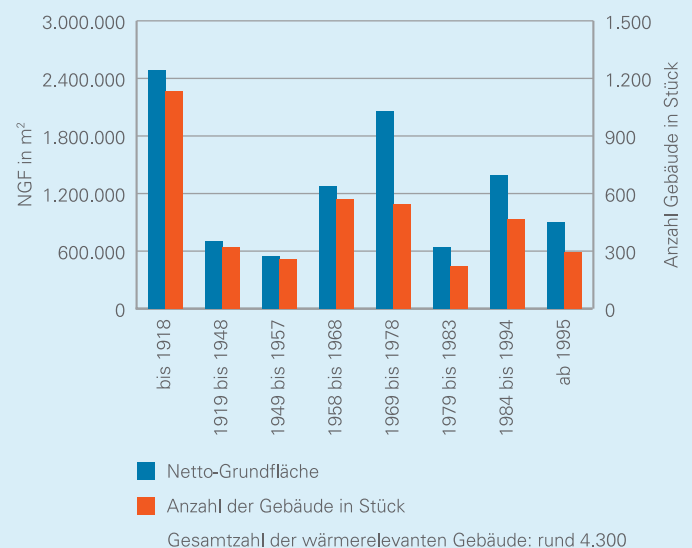
werden. Flankierend werden auch die Felder Energie-Einsparcontracting und Energiemanagement ausgeweitet. Aufgrund der Vorbildfunktion des Staates wird im Rahmen dieses Sonderprogramms ein Anforderungsniveau angestrebt, welches deutlich über dem Standard der Energieeinsparverordnung (EnEV) 2007 liegt.

### Auswahl der staatlichen Liegenschaften und Gebäude für das Sonderprogramm

Gegenstand des Sonderprogramms sind insbesondere diejenigen staatlichen Gebäude, die ohne das Sonderprogramm mittelfristig keine energetische Verbesserung erfahren würden, da durch die nutzenden Ressorts keine entsprechenden Umbau- oder Modernisierungsplanungen bestehen. Die Auswahl der Maßnahmen erfolgt schrittweise. Zunächst wurde auf Grundlage von Vorschlägen der Bauämter für Sanierungsmaßnahmen eine Vorauswahl getroffen. Ein wichtiger Punkt war dabei die Umsetzbarkeit im Programmzeitraum.

Für diese Maßnahmen wird die überschlägig zu erwartende CO<sub>2</sub>-Einsparung mit dem damit verbundenen Kostenaufwand ins Verhältnis gesetzt. Die sich ergebende Effizienz ist bei der weiteren Entscheidung das Hauptkriterium. Daneben spielen auch die ausgewogene Berücksichtigung der Ressorts und eine angemessene regionale Verteilung des Sanierungsvolumens eine Rolle.

**Anzahl und Netto-Grundfläche staatlicher Gebäude/ wärmerrelevant und staatlich genutzt**  
(unterteilt nach Baualtersklassen, Stand 01/06)





### Abwicklung des Programms

Die Mittel für das Sonderprogramm werden durch die Bauverwaltung bewirtschaftet. Im Programmjahr 2008 stehen bereits 30 Mio. Euro zur Verfügung. Unter Berücksichtigung eines termingerechten Programmstarts zeichnet sich im ersten Jahr ein Schwerpunkt im Bereich der Universitäten, Fachhochschulen, staatlichen Heimschulen und der Kulturbauten ab.

Durch eine intensive Abstimmung mit den Ressorts konnten diese dafür gewonnen werden, bei einzelnen Maßnahmen eine Mitfinanzierung durch ihren eigenen Haushalt vorzunehmen. Mit diesen zusätzlichen – über das Programm hinausgehenden – Mitteln können flankierende Kostenanteile abgedeckt werden. Außerdem wurden die Ressorts über die Wirtschaftlichkeit so genannter „low-cost“-Maßnahmen (vgl. auch 4.2 und 4.3) informiert und gebeten, diese im Rahmen des laufenden Bauunterhalts vorzusehen.

Die „Effizienz“ der Maßnahmen – d. h. eine größtmögliche CO<sub>2</sub>-Einsparung im Verhältnis zum finanziellen Aufwand – stellt auch für den weiteren Planungsprozess und bei der Dokumentation das zentrale Kriterium dar. Neben dieser rechnerisch zu ermittelnden Senkung des Energiebedarfs ist auch die Reduzierung des Verbrauchs und des dabei tatsächlich entstehenden CO<sub>2</sub>-Ausstoßes ein erklärtes Ziel des Sonderprogramms.

Beschlüsse des Bayerischen Landtags zur Energieeinsparung und zum Einsatz regenerativer Energien in staatlichen Gebäuden (Auszug)

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)

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)

Optimierung der energetischen Qualität von Klimageräten  
November 2007 (Drs.15/9223)

Erleichterungen bei der Nutzung von Fotovoltaik auf Dächern der staatlichen Liegenschaften  
November 2007 (Drs.15/9405)

## 2. Entwicklung des Energieverbrauchs bei staatlichen Gebäuden

Die Bauverwaltung erhebt regelmäßig die Energieverbrauchsdaten der von ihr betreuten Gebäude. Dieses Controlling erfolgt mit Hilfe des so genannten Energie- und Medien-Informationssystems EMIS. Die Entwicklung des Energieverbrauchs der staatlichen Liegenschaften – von denen die Universitäten die größten Verbraucher darstellen – wird im Folgenden für die Jahre 2004 bis 2006 fortgeschrieben. Die genaue Kenntnis des Energieverbrauchs ist Grundlage für die energetische Optimierung von Gebäuden und dient auch als Datenbasis für die Erstellung von Energieverbrauchsausweisen.

### 2.1 Wärmeverbrauch und -kosten

#### Brennstoff- und Fernwärmeverbrauch

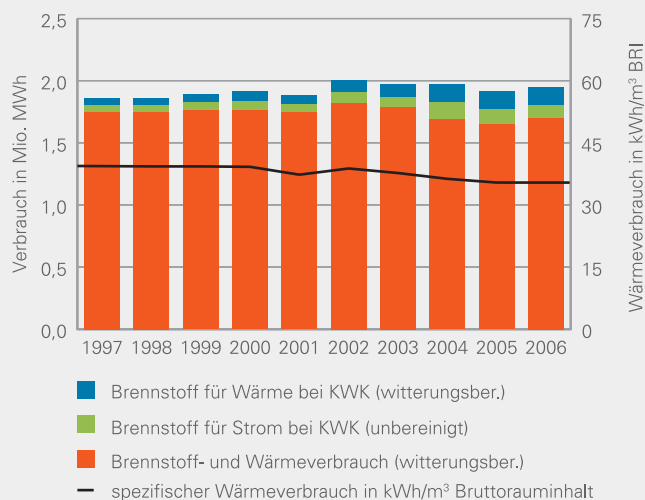
Trotz Erhöhung des Bruttorauminhaltes um 1,5 % durch Neubauten ist im Vergleich zwischen den Jahren 2003 und 2006 eine weitere Reduzierung des witterungsbereinigten spezifischen Brennstoff- bzw. Fernwärmeverbrauchs festzustellen.

#### Brennstoff- und Wärmekosten

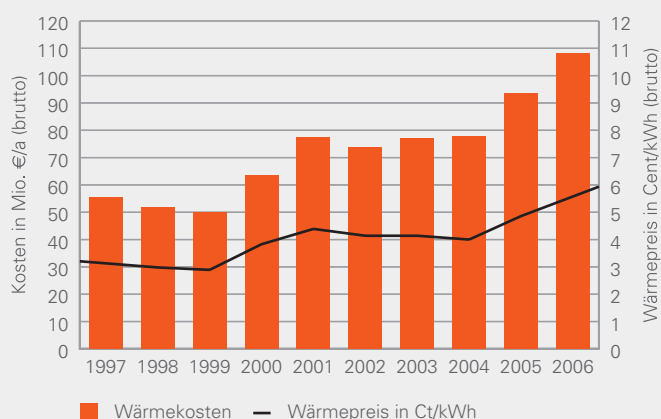
Die Brennstoff- und Fernwärmepreise waren nach dem starken Anstieg von 1999 auf 2001 in den Folgejahren bis 2004 auf fast gleichem Preisniveau. In den Jahren 2004 und 2005 kam es zu starken Preissteigerungen von insgesamt ca. 50 Prozent.

In den Jahren 2004 bis 2006 werden die absoluten Wärmekosten durch die großen Preiserhöhungen der Energieversorger bestimmt.

Entwicklung des jährlichen Brennstoff- und Wärmeverbrauchs bei staatlichen Liegenschaften



Entwicklung der absoluten Kosten und Preise für Wärme

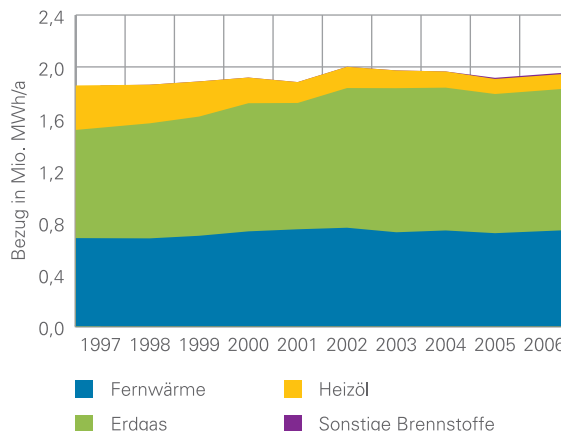




## 2.2 Aufteilung der Energieträger

Der Brennstoff- und Wärmebezug aller staatlichen Liegenschaften betrug im Jahr 2006 knapp 1,95 Mio. MWh. Der Anteil von Heizöl hat sich mittlerweile auf ca. 6 % (2006) verringert, während bei Erdgas ein Anstieg auf ca. 56 % zu verzeichnen ist. Der Anteil der Fernwärme blieb bei 38 %.

Brennstoff- und Wärmebezug – Anteil der Energieträger



## 2.3 Stromverbrauch und -kosten

### Stromverbrauch

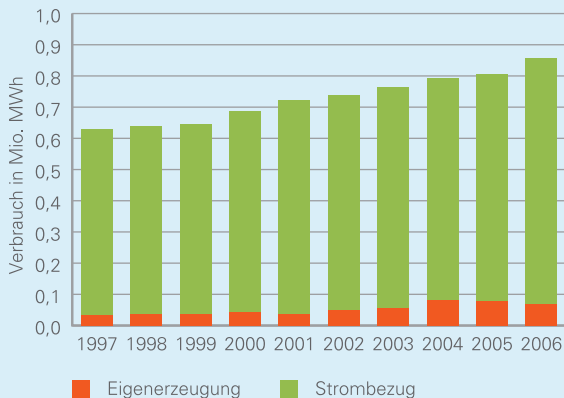
Der elektrische Energieverbrauch weist unverändert eine leicht steigende Tendenz auf. Die grünen Flächen stellen die Strombezugsmengen, die roten Flächen die Stromeigenerzeugung durch Kraft-Wärme-Kopplung dar. Im Jahr 2006 betrug die Strombezugsmenge ca. 0,79 Mio. MWh und die Stromeigenerzeugung ca. 0,07 Mio. MWh.

Der Einsatz modernster Bürotechnik ist für eine leistungsfähige Verwaltung unerlässlich. Leider führt diese begrüßenswerte Technik gleichzeitig zu einem höheren Stromverbrauch. Es ist hier ein Anstieg von 12 % gegenüber dem Jahr 2003 zu erkennen.

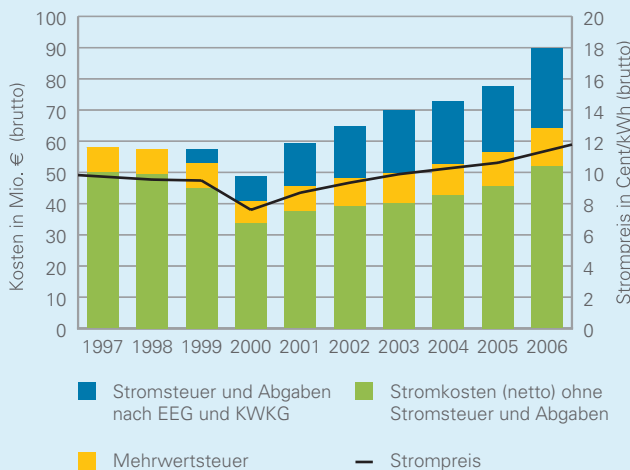
### Stromkosten

Durch die zwischen 1998 und 2003 mit den Stromanbietern geführten Preisverhandlungen 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 erhöhte 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 lag 2003 wieder etwa auf dem Niveau von 1997. In den Jahren 2004 bis einschließlich 2006 ergaben sich Preissteigerungen von insgesamt 15 %.

Entwicklung des Stromverbrauchs



Entwicklung der absoluten Stromkosten



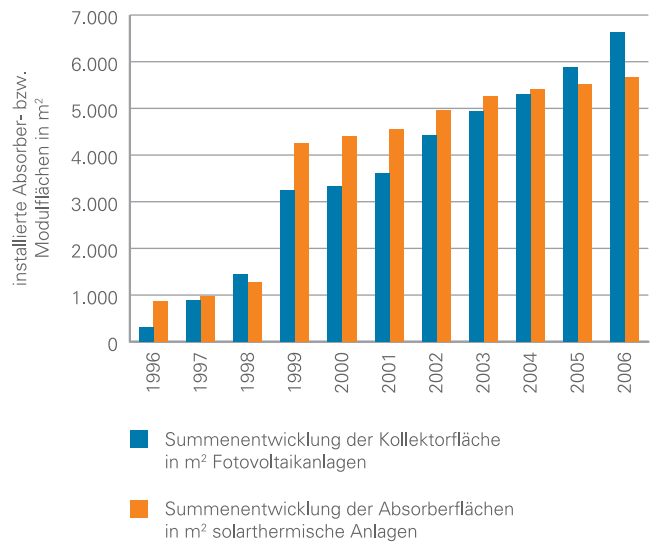
## 2.4 Einsatz regenerativer Energien

Die Klimaschutzziele der Bayerischen Staatsregierung wurden in den vergangenen Jahren weiter umgesetzt. Die Absorberflächen der solarthermischen Anlagen wurden kontinuierlich weiter ausgebaut. Noch deutlicher haben sich die Kollektorflächen der Fotovoltaikanlagen entwickelt.

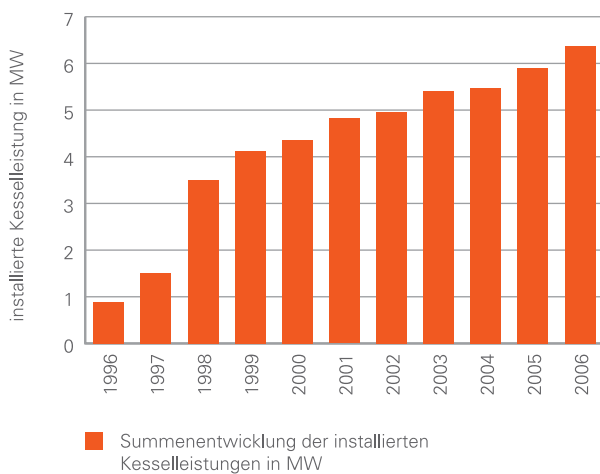
Desgleichen ist ein weiteres Anwachsen der Kesselleistungen bei den Biomasseheizanlagen zu verzeichnen. Die in den Jahren 2000 bis 2003 neu installierten Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen im Luitpoldkrankenhaus in Würzburg, bei der Technischen Universität München in Garching sowie im Stammgelände in München und bei der Universität Regensburg befinden sich in der Betriebsphase und erzeugen neben dem benötigten elektrischen Strom auch Wärme für das jeweilige interne Heizungsnetz.

Die Effektivität wird durch Absorptionskältemaschinen, also durch die Erzeugung von benötigter Kälteleistung aus Heizenergie, noch verbessert.

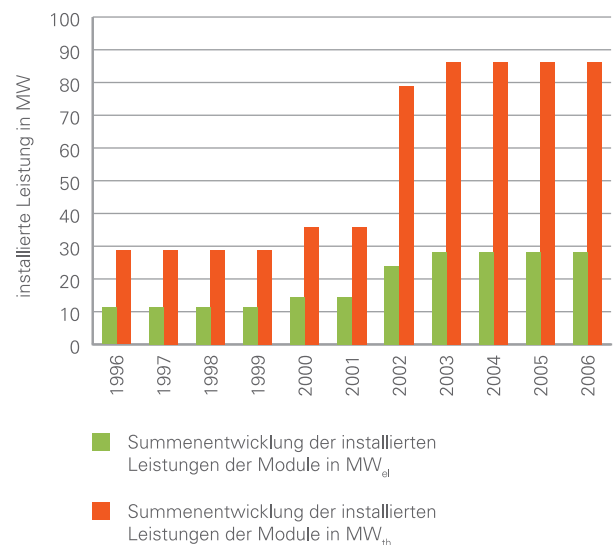
Installierte Absorberflächen der solarthermischen Anlagen bzw. Kollektorflächen der Fotovoltaikanlagen



Installierte Kesselleistung der Biomasseheizanlagen



Installierte elektrische und thermische Leistung von KWK-Anlagen



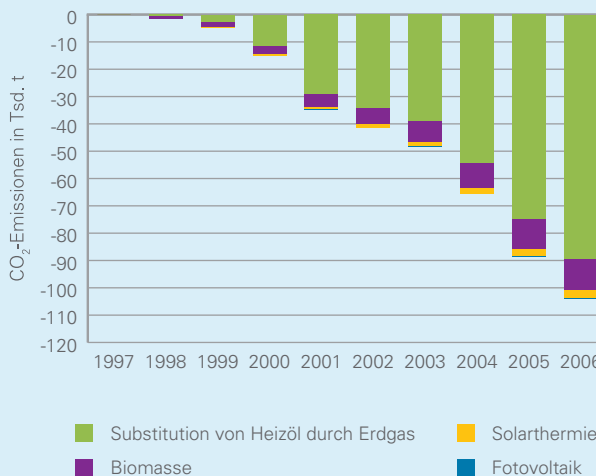
### 2.5 Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen

#### Reduzierung von CO<sub>2</sub> durch Umstellung von Energieträgern

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 von 2003 bis 2006 um ca. 55.000 t reduziert werden.

#### Minderung an CO<sub>2</sub>-Emissionen (Umstellung Energieträger)

Bezugsjahr 1997

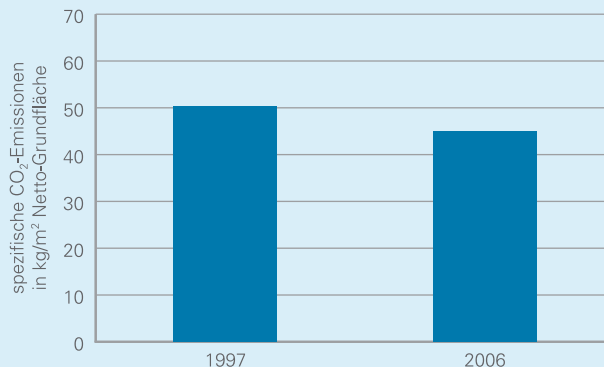


#### Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen durch Energieeinsparungen

Durch Energieeinsparungen verringerten sich in Bezug auf das Jahr 1997 die flächenspezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen um ca. 10,5%.

#### Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen (Energieeinsparungen)

Bezugsjahr 1997 (witterungs- und flächenbereinigt)



### 3. Pilotprojekte

#### 3.1 Energiemanagement bei staatlichen Gebäuden

Weltweit steigen die Energiepreise deutlich an. Die Auswirkungen spürt nicht nur der private Gebäudenutzer. Auch öffentliche Stellen wie Kommunen und Staat sind gefordert, zunehmende Belastungen für die öffentlichen Kassen zu begrenzen.

Stehen im Gebäudebestand Sanierungsmaßnahmen bei Gebäudehülle oder Technik an, bieten diese mit überschaubarem Aufwand die Chance, auch über den gesetzlichen Mindeststandard hinaus, nachhaltige Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs durchzuführen. Außerhalb dieser Sanierungszyklen ist das so genannte „Energiemanagement“ ein Instrument zur Begrenzung des Verbrauchs. Für eine gezielte Einflussnahme und Reduzierung des Energieverbrauchs bedarf es u. a. einer umfassenden Untersuchung des Betriebs der technischen Anlagen. Fehleranalyse und Betriebsoptimierung sind mit erheblichem zeitlichem und personellem Aufwand verbunden.

Darüber hinaus beziehen Schulungen die Nutzer in den Prozess des Energiesparens ein. Anschauliche Beispiele erläutern, wie groß der Einfluss des Nutzers auf den Energieverbrauch im Einzelfall sein kann: So kann die Kippstellung eines einzigen Fensters an einem kalten Wintertag einen Mehrverbrauch von 2 Litern Heizöl zur Folge haben.

Zum Energiemanagement hat die Bauverwaltung 2005 im Rahmen der Bayerischen Klimaallianz ein Pilotprojekt zum Energiemanagement bei staatlichen Gebäuden ins Leben gerufen. Dies wird seit dem 1. April 2006 für 20 staatliche Gebäude im Bereich des Innenministeriums durchgeführt.

Das Pilotprojekt läuft über drei Jahre.

Die Laufzeit gliedert sich in folgende Phasen:

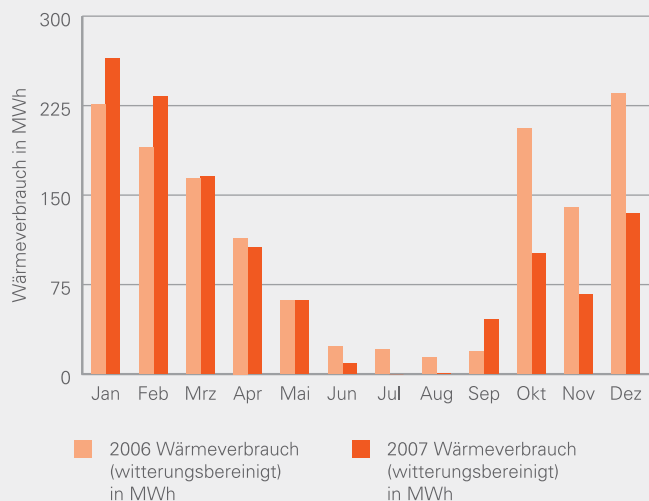
1. Jahr: Daten- und Bestandserfassung mit Analyse
2. Jahr: Optimierungsmaßnahmen
3. Jahr: Controlling, Nachoptimierung.

Derzeit erfolgt für die staatlichen Gebäude mit der Heizperiode im 2. Jahr die Phase der eigentlichen Optimierung. Maßnahmen sind z. B. Anpassung der Betriebszeiten, Temperaturbegrenzung und hydraulischer Abgleich der Leitungssysteme. Bei einzelnen Gebäuden zeichnen sich bereits zum jetzigen Zeitpunkt deutliche Reduzierungen des Energieverbrauchs von bis zu 20 % ab.

Ämtergebäude Kempten  
Wärmeverbrauch (witterungsbereinigt)



Ämtergebäude Kempten  
Wärmeverbrauch (witterungsbereinigt)



### 3.2 Nachhaltige Heizungssanierung in Schulen – Erfolgs-Contracting

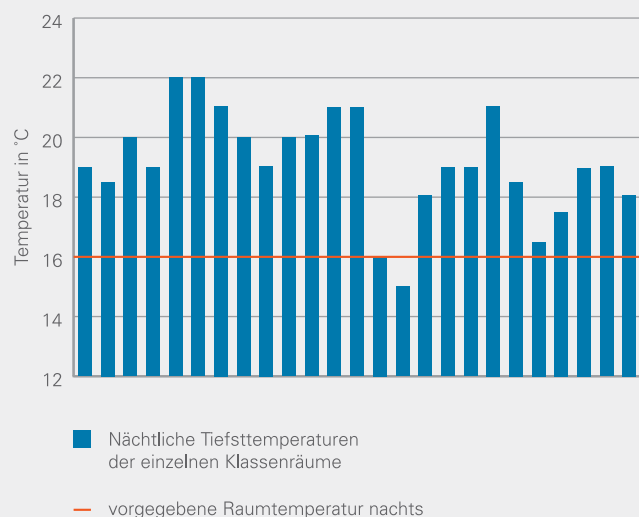
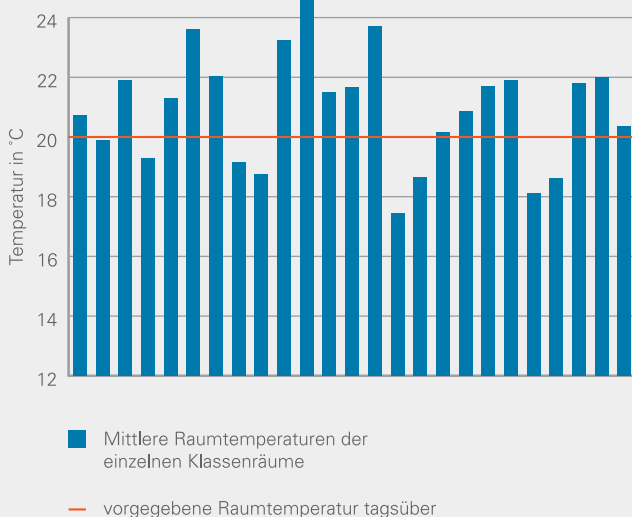
Der Freistaat Bayern ist mit dem staatlichen Gymnasium Marktoberdorf Partner des Bundesforschungsprojekts „Nachhaltige Heizungssanierung durch Erfolgs-Contracting“. Dieses vom Bundesdeutschen Arbeitskreis für Umweltbewusstes Management e. V. (B.A.U.M.) im Verbund mit der Fachhochschule Nürnberg und der Hochschule Ulm getragene Forschungsprojekt hat eine Verbesserung der Ausschreibungs- und Vergabepaxis für Grundsanierungen von Schulheizungsanlagen zum Ziel.

Nach Ansicht des Forschungsprojekträgers sind grundsätzliche strukturelle Defizite die Ursache dafür, dass – auch nach Sanierung der Heizungsanlagen – in Schulen der Energieverbrauch regelmäßig erheblich höher ist, als von der eingebauten Technik zu erwarten wäre. Das zeigt das Ergebnis einer Feldstudie an 70 Schulen, an der sich auch der Freistaat Bayern mit zwölf Schulen unter staatlicher Trägerschaft beteiligt hat.

Die nachstehenden Abbildungen zeigen entsprechende Messergebnisse einer typischen Schule. Die Querlinie bildet die Soll-Temperatur ab. Die senkrechten Balken zeigen die deutlichen Abweichungen der gemessenen Temperaturen der einzelnen Klassenräume.

Zur Lösung des aufgezeigten Qualitätsproblems wird in dem Forschungsprojekt eine neue Contractingvariante erprobt. Das vorgesehene so genannte „Erfolgs-Contracting“ unterscheidet sich vom klassischen „Energiespar-Contracting“ in erster Linie dadurch, dass das Einsparziel nicht vom Contractor kalkuliert und vorgeschlagen wird. Vielmehr ermittelt der Auftraggeber im Vorfeld das vorhandene Einsparpotenzial und gibt dies als Sanierungsziel vor. Im Fokus steht dabei nicht die kurzfristige Reduzierung von Energiekosten, sondern die tatsächliche, kontrollierbare und nachhaltige Reduzierung von End- und Primärenergie – natürlich unter konkret zu vereinbarenden Komfortkriterien.

Diese Idee eines Erfolgs-Contractings soll im Rahmen des Forschungsprojekts zu einem praxistauglichen Konzept einer nachhaltigen Ausschreibungs- und Vergabepaxis entwickelt werden. Dabei wird anhand der Heizungssanierung des Gymnasiums Marktoberdorf ein Konzept entwickelt und erprobt. Parallel dazu werden mit einer wissenschaftlich-technischen und wissenschaftlich-inhaltlichen Begleitforschung sowie der Erforschung nötiger Kommunikationsstrategien die Rahmenbedingungen untersucht, unter denen Erfolgs-Contracting das Qualitätsproblem zu lösen vermag. (nähere Informationen unter [www.energieteam-bvsg.de](http://www.energieteam-bvsg.de))



### 3.3 Technisches Ämtergebäude Bayreuth – Sanierung auf Passivhaus-Niveau

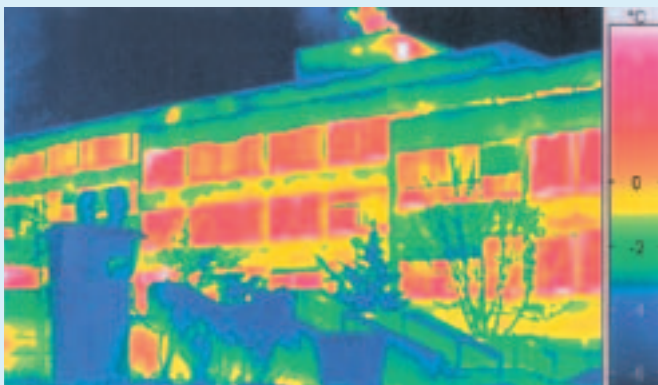
Bereits im 4. Energiebericht wurde das Technische Ämtergebäude Bayreuth vorgestellt, das im Rahmen eines Modellvorhabens energetisch saniert werden soll. Mittlerweile wurde diese Planung in einem integralen Verfahren erarbeitet und die Realisierung ist in Vorbereitung.

Am Beginn des Planungsprozesses stand die Notwendigkeit einer Fenstersanierung aufgrund von PCB-Belastungen. Anhand verschiedener Gutachten hinsichtlich des Sanierungsbedarfs der Fassade wie auch der Innenausstattung (aufgrund Sekundärbelastung durch das PCB) entschied sich die Oberste Baubehörde als Bauherr, eine Generalsanierung durchführen zu lassen. Diese Generalsanierung bot die Möglichkeit, eine energetische Optimierung mit Modellcharakter umzusetzen.

Im Rahmen des Planungsprozesses wurden zahlreiche Alternativen zur Ausführung der Gebäudehülle und der Gebäudetechnik untersucht. Für den Vergleich der verschiedenen Ansätze – angefangen bei einer „Minimallösung“ entsprechend dem Neubau-Standard der geltenden EnEV bis hin zum klassischen Passivhaus-Standard – wurden ergänzend Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen durchgeführt.

Die ausgewählte Variante behält das Erscheinungsbild eines typischen 70er-Jahre-Verwaltungsgebäudes mit durchgehenden Fensterbändern und geschlossenen Brüstungen bei. Die Optimierungsmaßnahmen erstrecken sich hier lediglich auf eine erheblich verbesserte Wärmedämmung hinter der Fassadenverkleidung und hochwertige Fenster mit (in die Verkleidung integriertem) außen liegendem Sonnenschutz. Der Glasanteil wurde dabei von 40 % auf 30 % reduziert, um den sommerlichen Wärmeeintrag zu begrenzen.

Der stark reduzierte Wärmebedarf des künftig sanierten Gebäudes ermöglicht eine regenerativ erzeugte Wärmeversorgung auf Niedertemperatur-Niveau. Erdwärme aus 30 Erdsonden à ca. 100 m Bohrtiefe wird zeitweise direkt zur Wärme- und auch Kälteversorgung des Gebäudes genutzt oder das erforderliche Temperaturniveau wird durch den Einsatz von Wärmepumpen erzeugt. Über großflächige Deckensegel wird die Wärme bzw. Kälte in die Räume gebracht. Auch aufgrund der Lage des Gebäudes an einer stark befahrenen Straße entschied man sich für die Installation einer mechanischen Lüftungsanlage, die mit einer hocheffizienten Wärmerückgewinnung die Lüftungswärmeverluste minimiert.



Thermographieaufnahme



Ansicht des Technischen Ämtergebäudes nach der Generalsanierung





Ansicht des Technischen Ämtergebäudes nach der Generalsanierung

Die Sanierung verfolgt kein klassisches „Passivhaus“-Konzept mit entsprechenden – kostenintensiven – Bauteilen wie etwa Passivhaus-Fenstern mit Dreifachverglasung. Aufgrund der insgesamt guten wärmetechnischen Qualität der sanierten Gebäudehülle bei einem – wegen der großen Gebäudetiefen – günstigen  $A/V$ -Verhältnis (Hüllfläche/Volumen) konnte ein rechnerischer Heizenergiebedarf von lediglich  $15 \text{ kWh/m}^2$  Nutzfläche und Jahr erzielt werden. Der Wärmebedarf kann gegenüber dem Bestand um rund 90 % reduziert werden. Das Ämtergebäude erreicht damit Passivhaus-Niveau.

Die Mehrkosten für diese Lösung betragen im Vergleich zu einem EnEV-Neubau-Standard rund 10 % der Baukosten. Die Wirtschaftlichkeitsberechnungen ergeben für diese Mehrkosten aufgrund reduzierter Betriebskosten eine Amortisation in einem Zeitraum von rund 30 Jahren. Die  $\text{CO}_2$ -Reduzierung für dieses Gebäude umfasst mehr als  $400 \text{ t CO}_2$  jährlich. Der Baubeginn für die Generalsanierung erfolgt im Frühsommer 2008.

## 4. Energie- und Kosteneinsparung – übergreifende Maßnahmen

### 4.1 Contracting

#### 4.1.1 Energiespar-Contracting am Beispiel der Justizvollzugsanstalt Nürnberg

##### Prinzip

Das Energiespar-Contracting stellt eine Form der öffentlich-privaten Partnerschaften (Public Private Partnership, PPP) dar, bei der das Innovationspotenzial, die Fachkunde und das Kapital privater Unternehmen in Bezug auf Energiesparmaßnahmen genutzt werden. Beim Energiespar-Contracting führt ein Contractor nach sorgfältiger Analyse Energiesparmaßnahmen im Gebäudebestand durch, d. h. er plant und finanziert diese Maßnahmen, setzt sie um und ist während der meist 10-jährigen Vertragslaufzeit auch für Instandhaltung, Betriebsführung und Betriebsoptimierung verantwortlich. Die Vergütung des Contractors erfolgt aus den Energiekosteneinsparungen, die sich aus den Maßnahmen ergeben. Für den Betreiber entstehen dabei keine Kosten. Darüber hinaus wird seine Anlagentechnik aufgewertet. Mit dem Abschluss eines so genannten Erfolgsgarantievertrages garantiert der Contractor sowohl die Höhe der jährlichen Energiekosteneinsparung als auch die Höhe der Investitionen in die technischen Anlagen. Das wirtschaftliche Risiko trägt dabei in vollem Umfang der Contractor.

##### 1. Tranche

Nach einigen erfolgreichen Pilotprojekten Ende der 1990er Jahre wurde im Jahr 2005 die erste größere Ausschreibungstranche für Energiespar-Contracting in staatlichen Gebäuden Bayerns durchgeführt. Ausgewählt wurden rund 100 Gebäude mit hohem Energieverbrauch, einer stetigen und stabilen Nutzungsstruktur und großem Technikanteil. Nach einem aufwendigen Ausschreibungs- und Wertungsverfahren konnten schließlich für 65 Gebäude Erfolgsgarantieverträge abgeschlossen werden. Gemäß den geschlossenen Verträgen wird bei ursprünglichen Kosten für Wärme, Strom, Wasser und Abwasser von insgesamt 2,6 Mio. Euro pro Jahr eine jährliche Kosteneinsparung von 1 Mio. Euro garantiert. Dies entspricht einer Einsparung von 40 %. In die Anlagentechnik haben die Contractoren insgesamt mehr als 7 Mio. Euro investiert.



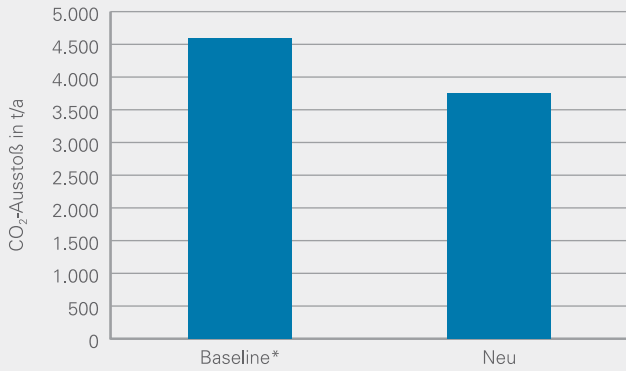
Eingangssituation JVA Nürnberg

##### Beispiel Justizvollzugsanstalt Nürnberg

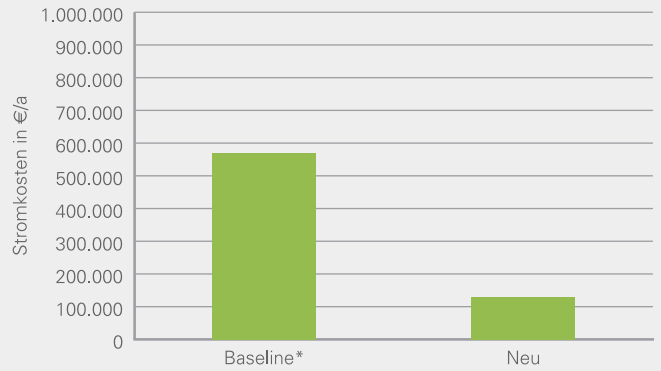
Ein erfolgreiches Beispiel für Energiespar-Contracting ist die Justizvollzugsanstalt Nürnberg, die mit 12 Einzelgebäuden an der ersten Ausschreibungstranche beteiligt war. Zur Erschließung der Einsparpotenziale wurden vom Contractor folgende Investitionen getätigt:

- Installation eines Gas-Blockheizkraftwerks zur effizienten Erzeugung von Wärme und Strom
- Austausch von drei Dampfkesseln gegen moderne Anlagen
- Optimierung des Heizungsnetzes mit hydraulischem Abgleich
- Erneuerung der Regelungstechnik
- Optimierung raumluftechnischer Anlagen
- Wärmedämmung von Armaturen und Rohrleitungen
- Installation von rund 1.100 selbstschließenden Wasserarmaturen und ca. 250 wassersparenden Duschköpfen
- Erneuerung der Wäschereimaschinenausstattung zur zusätzlichen Wassereinsparung
- Installation von ca. 2.300 Energiesparleuchten

CO<sub>2</sub>-Ausstoß



Stromkosten



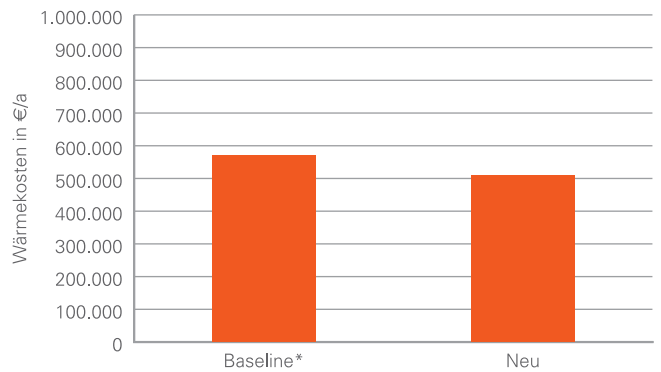
Insgesamt hat der Contractor eine Summe von annähernd 4,5 Mio. Euro in eine neue, energiesparende Anlagentechnik der Justizvollzugsanstalt Nürnberg investiert. Daraus ergibt sich eine vertraglich garantierte, jährliche Kosteneinsparung bei Wärme, Strom, Wasser und Abwasser in Höhe von rund 730.000 Euro. Dies entspricht einer Kostenminderung von 43%. Allein durch dieses Projekt kann der CO<sub>2</sub>-Ausstoß jährlich um knapp 800 t reduziert werden.

**Weitere Ausschreibungstranchen**

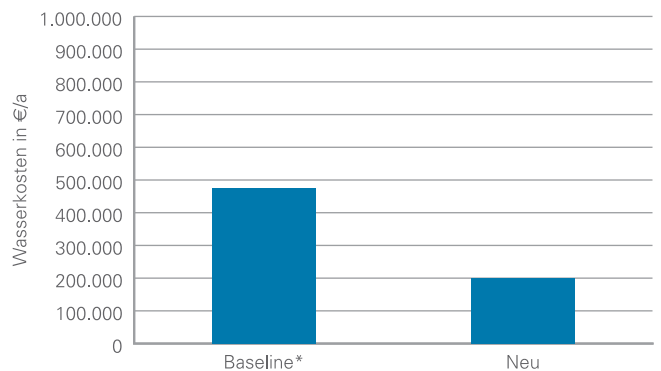
Aufgrund der bisher erzielten Erfolge hat die Bauverwaltung zwischenzeitlich eine zweite Ausschreibungstranche gestartet. An der Ausschreibung nehmen 45 staatliche Gebäude mit jährlichen Gesamtenergiekosten in Höhe von 3,4 Mio. Euro teil. Zurzeit findet die Angebotswertung statt. Im Anschluss daran werden die Erfolgsgarantieverträge geschlossen.

Für eine dritte Ausschreibungstranche werden augenblicklich in Abstimmung mit den zuständigen Ressortministerien geeignete, nutzungsstabile Gebäude mit einem hohen Energieverbrauch ausgewählt.

Wärmekosten



Wasserkosten



\* Baseline bedeutet Mittelwert der letzten 3 Jahre.

#### 4.1.2 Energieliefer-Contracting unter Einbeziehung von Biomasse am Beispiel der Justizvollzugsanstalt Straubing

##### Ausgangssituation

In der Heizzentrale der Justizvollzugsanstalt Straubing sind noch gas- bzw. ölbefeuerte Dampfkessel aus dem Jahr 1970 in Betrieb. Die Verteilung der Wärme auf dem JVA-Gelände erfolgt über ein dampfbetriebenes Nahwärmenetz. Bei der nun anstehenden Sanierung wird das Nahwärmenetz durch das Staatliche Bauamt Landshut auf Pumpenwarmwasser umgestellt. Die Wärmeerzeugung wird erstmalig in Bayern als Pilotprojekt in Form eines Wärmeliefer-Contractings europaweit nach der Verdingungsordnung für Leistungen (VOL) im offenen Verfahren ausgeschrieben.

##### Ausschreibung

Wesentlicher Bestandteil der Verdingungsunterlagen ist der Wärmelieferungsvertrag. Darin sind insbesondere zu folgenden Punkten Regelungen getroffen:

- Wärmetechnische Auslegungsgrößen
- Vertragslaufzeit, Endschaftsregelungen
- Kündigung, Insolvenz
- Versorgungssicherheit, Vertragsstrafen
- Erbbaurecht
- Preisgestaltung, Preisgleitung
- Vorbehalt der Wirtschaftlichkeit im Vergleich zur Eigenbesorgung

Den Bietern wird die Möglichkeit eröffnet, ein Grundstück des Freistaates Bayern außerhalb der Gefängnismauer durch einen Erbbaurechtsvertrag zu übernehmen und darauf ein Heizwerk zu errichten. Alternativ wäre der Netzanschluss an ein Fernwärmeversorgungsunternehmen möglich. Die Laufzeit beträgt 20 Jahre. Danach ist das Erbbaugrundstück wieder in den Anfangszustand zu versetzen. Dadurch wird zum einen sichergestellt, dass eventuelle Kontaminationen zu Lasten des Wärmelieferanten gehen, zum anderen ist diese Regelung für die Bieter kalkulatorisch eindeutig.

Der Schwerpunkt des Vertragswerkes liegt in einer sicheren Wärmelieferung. Die Wärmeleistung mit 4,8 MW, die voraussichtliche Jahreswärmemenge von 9.200 MWh sowie die Forderung, mindestens 50 % der gelieferten Wärmemenge aus erneuerbaren Energieträgern zu erzeugen, werden u. a. im Vertrag benannt.



Luftbild JVA Straubing

Die exakte Definition von zulässigen Ausfallzeiten beinhaltet bei deren Überschreitung auch eine von der Ausfallzeit abhängige Vertragsstrafe. Bei vorzeitigem Vertragsende sind im Sinne einer sicheren Wärmeversorgung Regelungen vorgesehen, die einen unmittelbaren Weiterbetrieb des Heizwerkes durch Personal des Freistaates Bayern ermöglichen.

Das Entgelt für die Wärmelieferung gliedert sich in Jahresgrundpreis und Arbeitspreis. Für beide Preise sind Rechenformeln zur Preisanpassung in Abhängigkeit amtlicher Indizes vereinbart. Obere bzw. untere Grenzwerte für die prozentualen Anteile einzelner Indizes sollen eventuellen Spekulationen bei den Angebotspreisen vorbeugen.

##### Angebotswertung, Wirtschaftlichkeit

Mit den angebotenen Jahresgrund- und Arbeitspreisen sowie den Preisgleitformeln des Wärmeliefervertrages unter Berücksichtigung der bieterspezifischen Besonderheiten wird für jedes der vorgesehenen 20 Vertragsjahre der jeweilige Jahreswärmebezugspreis ermittelt. Die einzelnen Jahresbeiträge werden zu einer voraussichtlichen haushaltswirksamen Gesamtausgabesumme aufaddiert und mittels der Barwertmethode auf den heutigen Barwert kapitalisiert. Dem gegenübergestellt werden nach den gleichen Berechnungsmethoden die Kosten der Eigenbesorgung basierend auf einer Ermittlung nach VDI 2067. Der Auftraggeber behält sich vor, bei nicht gegebener Wirtschaftlichkeit auf das Contracting zu verzichten und die Wärmeversorgung in Eigenregie durchzuführen.

##### Klimaschutz

Durch den in der Ausschreibung vorgegebenen Anteil an erneuerbaren Energien kann der CO<sub>2</sub>-Ausstoß im Vergleich zu einer konventionellen Wärmeerzeugung auf Erdgasbasis jährlich um rund 900 t reduziert werden.

## 4.2 Intracting – Messung und Optimierung von Heizungsanlagen

Wie bereits in früheren Energieberichten dargestellt, wird als Daueraufgabe seitens der Bauverwaltung eine laufende messtechnische Überprüfung und schrittweise Neueinstellung von bestehenden heizungstechnischen Anlagen durchgeführt. Es handelt sich dabei in der Regel um nicht-investive Maßnahmen; zu finanzieren bleibt lediglich das Honorar für das beauftragte Ingenieurbüro, das sich aber meist in kürzester Zeit amortisiert.

Dieses Honorar wurde bisher aus dem Haushalt der Bauverwaltung finanziert. Entsprechend einer neuen Regelung in den Gesetzen für die Doppelhaushalte 2005/2006 und 2007/2008 wurden nun mit den Grundbesitz nutzenden Dienststellen im Rahmen eines so genannten „Intractings“ Verträge über einen Mittelrückfluss abgeschlossen. Gemäß diesen Verträgen wird die Kosteneinsparung durch einen Vergleich der durchschnittlichen Verbrauchskosten von zwei Betriebsjahren nach der Optimierung mit den durchschnittlichen Kosten vor der Optimierung ermittelt. Erst bei nachgewiesenem Erfolg fließen die im Betrieb gesparten Gelder in den folgenden 2 Haushaltsjahren in das Budget der Bauverwaltung zurück und stehen dann für weitere messtechnische Optimierungen zur Verfügung.

Während so die Bauverwaltung den Erfolg ihrer Maßnahmen dokumentiert, profitieren die Grundbesitz nutzenden Dienststellen bereits unmittelbar nach der Optimierung von finanziellen Vorteilen; nach Ablauf der zwei Haushaltsjahre steht ihnen dann die volle Kosteneinsparung zur Verfügung.

Seit 2005 wurden weitere 26 Gebäude mit einem mittleren Heizwärmebedarf von 11,2 Mio. kWh messtechnisch überprüft. Dabei wurden mögliche jährliche Einsparungen beim Heizwärmebedarf von ca. 1,1 Mio. kWh prognostiziert, entsprechend einer CO<sub>2</sub>-Reduzierung um 58,3 t und einer Energiekostenminderung in Höhe von 53.300 Euro. Da sich die Kosten für die Durchführung der Heizungsoptimierungen auf 86.200 Euro summieren, ist von einer Amortisationsdauer von ca. 1,6 Jahren auszugehen.

Die Maßnahmen bei 7 Objekten konnten bereits abgeschlossen werden. Bei der Auswertung ergab sich sogar nur eine durchschnittliche Amortisationsdauer von knapp 1,2 Jahren. Dies zeigt deutlich, wie wichtig gerade auf diesem Gebiet das weitere Engagement der Bauverwaltung ist.

### 4.3 Energetische Sanierung im Gebäudebestand

Der Freistaat Bayern verfügt mit Wohngebäuden, Verwaltungsgebäuden, Universitätsbauten, Kliniken und Museen über ein sehr breites Gebäudespektrum. Entsprechend vielfältig sind die Energieverbrauchsstrukturen und ebenso die Möglichkeiten, Energie und CO<sub>2</sub> einzusparen. Energiesparmaßnahmen im Bestand betreffen dabei jeweils die Gebäudehülle und die Gebäudetechnik.

Grundsätzlich lassen sich im Bestand auch durch nichtinvestive Maßnahmen – etwa Optimierung im Betrieb der Anlagen oder Schulung der Nutzer hinsichtlich energiesparenden Verhaltens (vgl. Kap. 3.1) – häufig deutliche Einsparungen erzielen. In der Regel erfordern jedoch Maßnahmen zur Energieeinsparung entsprechende Investitionen.

Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen zeigen, dass sich bei Maßnahmen im Bereich der Technik die Investitionskosten häufig schneller refinanzieren als im Bereich der Gebäudehülle. Maßnahmen zur Senkung des Energieverbrauchs an der Gebäudehülle sind in der Regel mit höherem Aufwand und Kosten durch flankierende Arbeiten verbunden. Angesichts der längeren Lebensdauer der Gebäudehülle im Vergleich zur technischen Infrastruktur bedarf es jedoch gerade hier nachhaltiger Anstrengungen zur Senkung des Energieverbrauchs, nicht zuletzt als Voraussetzung für eine dann geringer zu dimensionierende technische Versorgung.

#### Maßnahmen an der Gebäudehülle

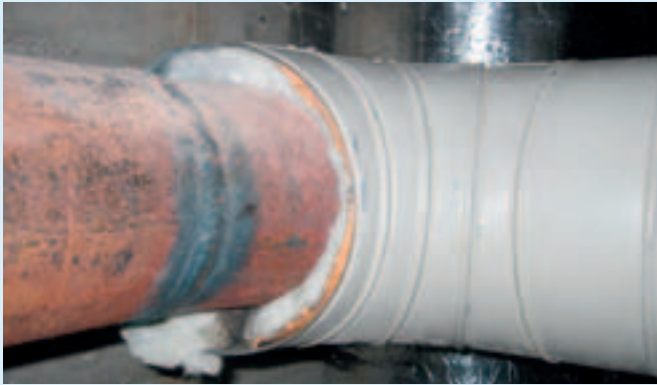
Auch bei baulichen Maßnahmen im Bestand gibt es energetische Sanierungsmaßnahmen, die sich in überschaubaren Zeiträumen durch Einsparungen betriebswirtschaftlich darstellen lassen.

Folgerichtig enthält die Energieeinsparverordnung (EnEV) bereits seit einigen Jahren in bestimmten Fällen die Verpflichtung des Eigentümers zur Durchführung von Modernisierungsmaßnahmen im Gebäudebestand, bei denen davon auszugehen ist, dass sie sich bei den heutigen Energiepreisen betriebswirtschaftlich rechnen. Die hierzu gesetzten Fristen und Übergangsregelungen sind größtenteils bereits ausgelaufen.

Eine ganze Reihe von aufwendigeren baulichen Maßnahmen wie Austausch von Fenstern, Außenwanddämmung, nachträgliche Dämmung von ausgebauten Dachgeschossen etc. sind betriebswirtschaftlich nur sinnvoll, wenn diese Außenbauteile ohnehin einer Sanierung bedürfen. Die EnEV formuliert hier entsprechend so genannte „bedingte Anforderungen“.

Angesichts der langen Lebensdauer dieser Bauteile ist zu bedenken, dass übliche Erneuerungszyklen bauteilabhängig erst wieder nach Jahrzehnten einen Sanierungsanlass bieten. Daher sollten die Energiesparmaßnahmen bereits heute – bei meist geringen Mehrkosten – deutlich über den Mindestbauteilanforderungen der aktuell gültigen EnEV liegen, die im Jahr 2009 ohnehin nochmals deutlich verschärft werden.





Dämmung an Rohren: Zustand vor (links) und nach (rechts) der Sanierung

Bei denkmalgeschützten Gebäuden sind die Möglichkeiten von energetischen baulichen Maßnahmen – insbesondere bei der Außenwanddämmung – häufig eingeschränkt. Doch auch hier kann der Energieverbrauch entscheidend verbessert werden.

Neben der Dämmung der obersten Geschossdecke und der Kellerdecke wird mittlerweile auch eine Innenwanddämmung mit diffusionsoffenen Kalziumsilikatplatten eingesetzt. Bei den Fenstern bietet sich der Glasaustausch der inneren Scheibe von noch intakten Kasten- oder Verbundfenstern durch eine wärmeschutzbeschichtete Einscheibenverglasung an. Dadurch kann der Transmissionswärmeverlust der Fensterelemente deutlich reduziert werden, ohne durch luftdichtere neue Fensterkonstruktionen an Wärmebrücken kritische Punkte zu erzeugen.

Für denkmalgeschützte Gebäude gilt erst recht der Grundsatz, dass jede Sanierung individuell zu untersuchen und zu planen ist. Die konsequente Beachtung bauphysikalischer Anforderungen ist auch hier unverzichtbar.

#### Maßnahmen an der Gebäudetechnik

Angesichts rapide steigender Energiepreise gewinnt auch die energetische Optimierung der Gebäudetechnik zunehmend an Bedeutung. Ohnehin anstehende Sanierungsvorhaben sind zur Minimierung der Betriebskosten unbedingt für entsprechend energetische Maßnahmen zu nutzen. Die Gebäudetechnik mit in der Regel kürzerer Lebensdauer, d. h. entsprechend kürzeren Sanierungszyklen, bietet zahlreiche Energiesparmöglichkeiten. Bei hoch installierten Gebäuden haben jedoch einzelne Eingriffe in die Technik häufig große Auswirkungen auf andere Installationen und das ganze Gebäude. Eine grundlegende und umfassende Planung ist hier unbedingte Voraussetzung.

Grundsätzlich sollten moderne Heizkessel, z. B. mit Gas-Brennwerttechnik, ältere Anlagen ersetzen. Eine Verbesserung des Jahresnutzungsgrades bis zu 20 % ist möglich. Stellt man auf erneuerbare Energieträger wie Hackschnitzel um, kann die CO<sub>2</sub>-Bilanz zusätzlich drastisch gesenkt werden. Eine neue Generation von Hocheffizienzpumpen mit automatischer Leistungsregelung bringt eine Stromeinsparung von bis zu 80 % gegenüber älteren Standardpumpen. Auch an die Erneuerung der Dämmung von Heizungsrohren sollte gedacht werden.

Die Laufzeit von Lüftungsgeräten kann mit einer Luftqualitätsregelung ohne hohe Investitionskosten erheblich reduziert werden. Ein Sensor misst den CO<sub>2</sub>-Gehalt der Luft und aktiviert die Anlage erst, wenn ein bestimmter Grenzwert überschritten wird. Diese Art der Regelung bietet sich vor allem bei Anlagen mit unterschiedlicher Nutzungsintensität an, die ansonsten nur mit großem Aufwand mit einem regenerativen oder rekuperativen Wärmerückgewinnungssystem ausgestattet werden könnten.

Die Erneuerung von veralteten Kälteanlagen birgt ein Energieeinsparpotenzial von 20–30%. Grundwasser für Kühlzwecke ist nach Möglichkeit einzusetzen. Abwärme kann hier z. B. für die Trinkwarmwassererwärmung genutzt werden.

Die Reduzierung des Wasserverbrauchs kann z. B. durch wassersparende Armaturen oder den Verzicht auf Wasserzapfstellen und Warmwasser erreicht werden. Bei entsprechendem Einsatzprofil sind solarthermische Anlagen zu installieren.



## 5. Energieeffizientes Bauen und Einsatz regenerativer Energien – aktuelle Beispiele

### 5.1 Bayerische Zoologische Staatssammlung in München

Bei der Bayerischen Zoologischen Staatssammlung in München-Obermenzing standen im Jahr 2006 die zentralen Einrichtungen für Wärme und Kälte zur Erneuerung an. Das Ingenieurbüro entwickelte folgende innovative Anlagentechnik:

#### Wärmeerzeugung

Für die Erzeugung der Wärmegrundlast wurde ein erdgasbetriebenes Blockheizkraftwerk mit einer thermischen Leistung von 115 kW installiert, mit dem 50 % des Jahresheizwärmebedarfs abgedeckt werden. Weitere 150 kW Heizleistung erbringt ein Kompressionskälteaggregat im Wärmepumpenbetrieb. Für die Spitzenlast ist ein zusätzlicher Gas-Brennwertkessel installiert. Zur Erzielung langer Anlagenlaufzeiten wurden zwei Pufferspeicher und ein Paraffin-Latentspeicher eingebaut.

#### Stromerzeugung

Das Blockheizkraftwerk besitzt eine elektrische Leistung von ca. 80 kW. Der erzeugte Strom wird weitgehend direkt im Gebäude und von den technischen Anlagen verbraucht. Überschüsse werden in das örtliche Stromnetz eingespeist.

#### Kälteerzeugung

Die Kälteversorgung erfolgt über ein Absorptionskälteaggregat mit 80 kW und über die erwähnte umschaltbare Kompressionskältemaschine mit 120 kW Kälteleistung. Beide Kälteaggregate werden über Grundwasser rückgekühlt.

#### Solarenergie

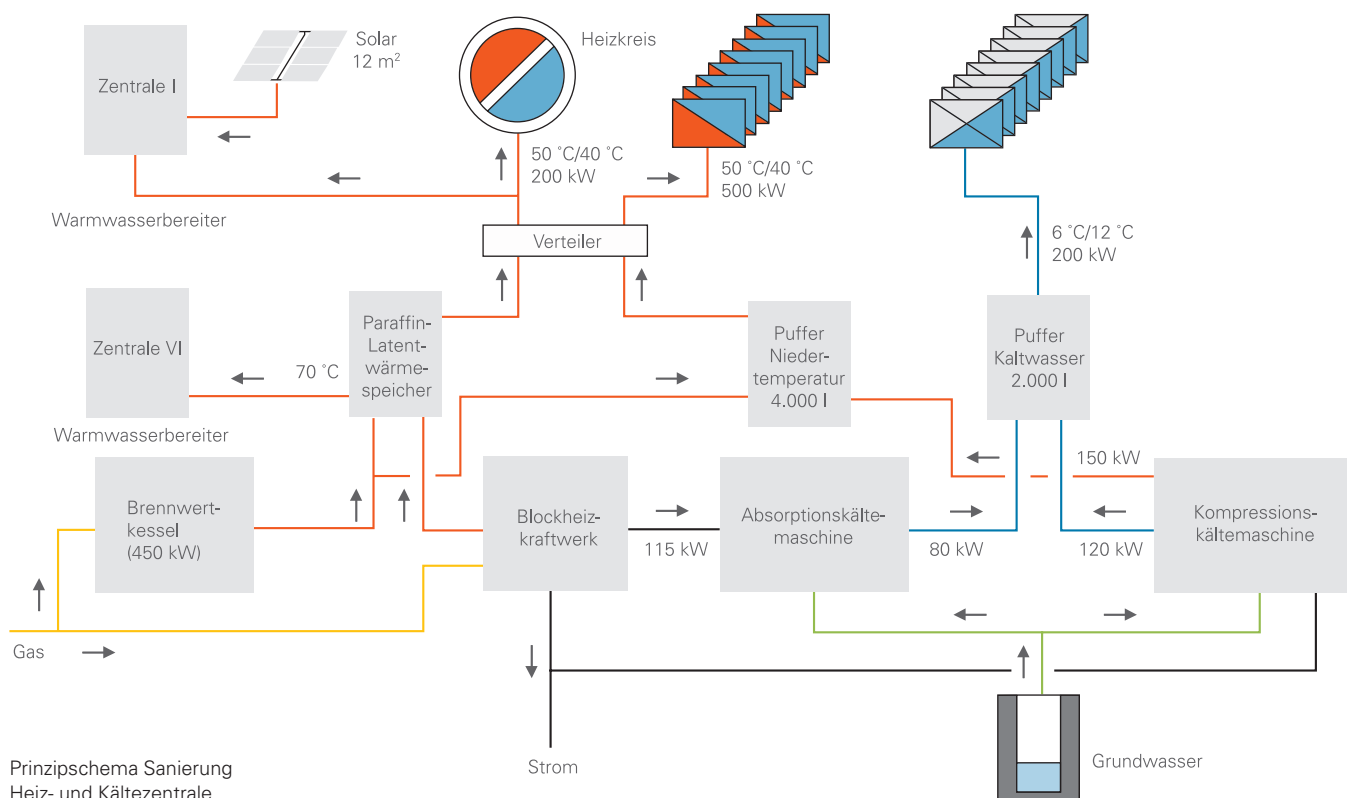
Zur Unterstützung der zentralen Warmwasserbereitung wurde eine thermische Solaranlage mit 12 m<sup>2</sup> Kollektorfläche aufgestellt.

#### MSR-Technik

In den sanierten Teilbereichen erfolgte die Erneuerung der gesamten Mess-, Steuer- und Regeltechnik. Ein zentraler Leitrechner dient zur Überwachung der Anlage und zur Energieoptimierung. Sämtliche Betriebs- und Störmeldungen werden über diesen Leitrechner protokolliert und visualisiert.

#### Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparung

Obwohl bereits bei Erstellung des Gebäudes im Jahr 1983 eine energiesparende Anlagentechnik eingebaut worden war, kann gemäß Prognose von einer weiteren Energieeinsparung in Höhe von ca. 100.000 kWh/a und einer CO<sub>2</sub>-Reduzierung von 27 t/a ausgegangen werden.





## 5.2 Musikhochschule Würzburg

Anlass der Generalsanierung war die erforderliche sicherheits- und brandschutztechnische Anpassung an heutige Anforderungen. Nach 40-jähriger Nutzung waren außerdem die Betriebstechnik und die technische Infrastruktur des Gebäudes verbraucht. Die Sanierung sollte mit einer deutlichen Energieeinsparung verbunden sein. Wichtiges Ziel der Sanierung insgesamt war, den gestalterischen Gesamteindruck der Gebäude sowie die formale und akustische Qualität des Konzertsaaes weitgehend zu erhalten.

### Gebäudehülle

Grundsätzlich sollten daher die vorhandenen Fassadenelemente aus Naturstein erhalten bleiben. Am Konzertsaalbau wurden die Gliederungselemente aus Naturstein übernommen bzw. neu hergestellt. Für die erforderliche Fassadendämmung kam ein hinterlüftetes System mit folgendem Aufbau zum Einsatz:

- Wärmedämmung Steinwolleplatten (WLG 040) 140 mm
- Hinterlüftung 25 mm
- Trägerplatte aus armiertem recyceltem Altglas, 12 mm
- mineralisch durchgefärbter Reibeputz

Auch in den Bereichen der Natursteinplatten wurde eine Dämmebene aus Steinwolleplatten mit Hinterlüftung eingebaut. Entsprechend erfolgte die Fassadensanierung des Unterrichtsbauwerkes. Um die bestehenden Fenstereinfassungen aus Naturstein zu erhalten, mussten zusätzliche Fensterumrahmungen in der Ebene des neuen Außenputzes aufgebracht werden. Die alten Natursteineinfassungen wurden belassen und mit entsprechender Distanz neue, 4 cm starke Natursteinplatten eingebaut.

Durch die gewonnene Distanz war es möglich, den außen liegenden Sonnenschutz hinter der Natursteineinfassung verdeckt zu montieren.

Beim Unterrichts- und beim Konzertsaalgebäude wurde eine neue Dachisolierung mit zusätzlicher Wärmedämmung eingebaut. Unter Berücksichtigung der Randbedingungen – wie Schallschutz und Statik – blieben die Konstruktionen erhalten, wurden jedoch zu Warmdächern umfunktioniert.

### Technische Anlagen

Die technische Ausführung hat das Bauamt mit einem Ingenieurbüro für Bauphysik abgestimmt. Nach der Wärmebedarfsberechnung ergibt sich folgende Gegenüberstellung:

- Heizwärmebedarf vor Sanierung  
ca. 850.000 kWh/a
- Heizwärmebedarf nach Sanierung  
ca. 450.000 kWh/a

Die Bestellleistung für Fernwärme bei den Stadtwerken Würzburg konnte von ursprünglich 550 kW auf 435 kW reduziert werden. Diese Leistung ist ausreichend für die Gebäudeheizung und den Betrieb der raumluftechnischen Anlagen. Letztere versorgen im Konzertsaalgebäude den großen Saal, den kleinen Saal sowie das Foyer und sind entsprechend dem Stand der Technik mit Wärmerückgewinnungsanlagen ausgestattet.

Die Zuluftkanäle im Installationsgeschoss wurden zum Fußboden des darüber liegenden Geschosses mit einer 8 cm dicken MF-Wärmedämmung (WLG 040) gedämmt, um Wärmebrücken zu vermeiden.



Fassade nach der Sanierung



Konzertsaal

#### Beleuchtung

Im großen Saal des Konzertsaalgebäudes war als Kunst am Bau eine filigrane Deckenkonstruktion des Künstlers Bernhard Hauser eingebaut und das alte Beleuchtungssystem in die Elemente integriert worden. Wegen seiner sehr guten Akustik und der ansprechenden Innenraumgestaltung war es ein Anliegen von Bauamt und Nutzer, dies bei der Sanierung nicht zu verändern.

Die Glühlampen der alten Deckenbeleuchtung wurden durch LED-Leuchten ersetzt. Allgemeine Vorteile dieser Leuchten gegenüber Glühlampen sind u. a. niedrigerer Stromverbrauch, sehr lange Lebensdauer, minimaler Wartungsaufwand, Reduktion der Wärmeabgabe und somit der Kühllast sowie niedrigere Betriebskosten. Dadurch wird eine CO<sub>2</sub>-Einsparung von rund 6 t/a bei einer Jahresleuchtdauer von 1.000 h erzielt. Weiterhin sind gewünschte Effekte wie Veränderung der Lichtfarbe, Dimmen der Beleuchtung und das Erzeugen verschiedener Lichtstimmungen möglich.

Die Glühlampen in Fluren und Nebenräumen wurden durch Kompaktleuchtstofflampen ersetzt. Der Stromverbrauch für diese Räume reduziert sich dadurch um ca. 50 %. Zusätzlich wurden zur Minderung des Stromverbrauchs Präsenzmelder in den WC-Anlagen installiert.

#### Fotovoltaikanlage

Am zurückversetzten Dachaufbau über dem großen Konzertsaal sind auf der Wandverkleidung aus Titanzink Fotovoltaik-elemente angebracht. Die installierte Spitzenleistung beträgt 5,2 kWp und der Jahresertrag ca. 5.000 kWh. Damit wird eine CO<sub>2</sub>-Einsparung von ca. 2,5 t/a erzielt.



Dachaufbauten mit Fotovoltaik



Bestand

### 5.3 Amtsgericht Neu-Ulm

Der Komplex zur Unterbringung des Amtsgerichts Neu-Ulm wird aus drei Gebäudeteilen bestehen. Zwei Bestandsgebäude werden für eine Büronutzung komplett saniert, während in einem dazwischen liegenden neuen Verbindungsbau die Gerichtssäle entstehen.

Für die Heizenergieversorgung des Amtsgerichts mit einer Hauptnutzfläche von ca. 1.850 m<sup>2</sup> sollte ein ökologisch sinnvolles Konzept entwickelt werden. Da auf dem Baugrundstück Grundwasser in entsprechender Qualität und Menge zur Verfügung stand, traf man die Entscheidung, die gesamte Heizlast durch den Einsatz zweier elektrisch betriebener Wärmepumpen abzudecken.

Die Nutzung von Grundwasser durch Entnahme aus einem Saugbrunnen und Wiedereinleitung über einen Schluckbrunnen ist aus energetischer Sicht besonders günstig. Die über das gesamte Jahr nahezu konstante Temperatur des Grundwassers von ca. 10–12 °C ermöglicht hohe Leistungszahlen der Wärmepumpen, die zwischen 3,8 und 4,5 liegen.

Der Betrieb der zwei Wärmepumpen erfolgt monovalent, d. h. ohne Einsatz zusätzlicher Wärmeerzeuger. Beide Wärmepumpen haben jeweils eine Wärmeleistung von 110 kW, wobei eine Wärmepumpe die Grundlast abdeckt, während die zweite nur in den Spitzenlastzeiten zugeschaltet wird. Dem Wärmepumpenbetrieb entsprechend wird das Heizsystem der Liegenschaft auf ein Niedrigtemperaturniveau von 55 °C/45 °C ausgelegt.

Eine weitere Optimierung des Energiebedarfs erfolgt durch direkte Nutzung des Grundwassers bei der Kühlung von Sitzungssälen und EDV-Räumen sowie durch hochwertige Plattenwärmetauscher in den Lüftungsanlagen und durch eine automatische Regelung.

Die Betriebskosteneinsparungen gegenüber einer konventionellen Gas-Brennwert-Technik werden mit einer Größenordnung von rd. 40 % prognostiziert. Die dadurch eingesparte Menge an Erdgas bedeutet eine CO<sub>2</sub>-Reduzierung von ca. 100 t pro Jahr.



Planung



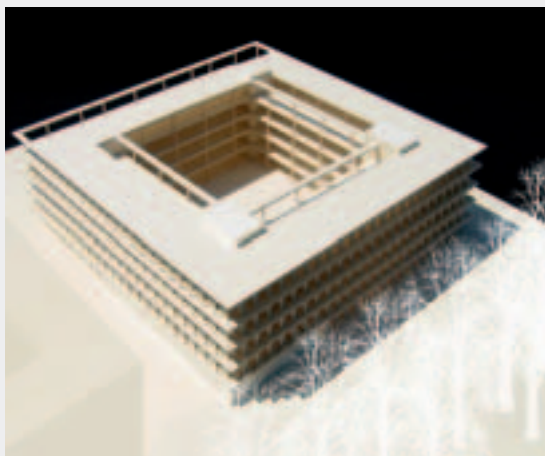


Foto des Modells

#### 5.4 Landesamt für Finanzen in Landshut

Vorgabe für die Planung des Neubaus für das Landesamt für Finanzen in Landshut (vgl. Kapitel 6) war der Einsatz einer wirtschaftlichen, energie- und ressourcensparenden Anlagentechnik in Verbindung mit der Nutzung von regenerativen Energien.

Durch das Ingenieurbüro wurde hierzu unter Berücksichtigung der Objektsituation ein innovatives Konzept für die Wärmeversorgung und Bürokühlung erarbeitet.

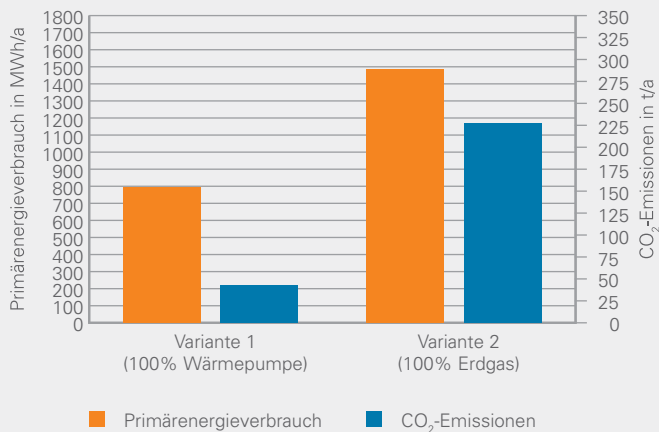
Im Gegensatz zur konventionellen Gebäudebeheizung mit statischen Heizflächen ist in den jeweiligen Büroräumen eine Grundlastabdeckung über eine Bauteilaktivierung in Verbindung mit individuell regelbaren Wandheizungselementen vorgesehen. Die Wärmeerzeugung erfolgt über eine Wasser-/Wasser-Wärmepumpenanlage, welche die Energie des anstehenden Grundwassers über Förder- und Schluckbrunnen nutzt.

Die zu versorgenden Verbraucher (Bauteilaktivierung, Wandheizung, raumlufttechnische Anlagen (RLT-Anlagen) und Tiefgaragen-Rampenheizung) wurden entsprechend dieser Anlagentechnik für den Niedertemperaturbereich ausgelegt.

Außerhalb der Heizperiode kann die Bauteilaktivierung durch direkte Nutzung des Grundwassers über Wärmetauscher zur Kühlung der Büroräume verwendet werden. Ein energieintensiver Einsatz von RLT-Anlagen für Luftkühlzwecke ist nicht erforderlich. Außerdem ist Grundwasser für die Vorkonditionierung der Außenluft bei den RLT-Anlagen und zur Direktkühlung der Serverräume (ohne teure Kompressionskälte) vorgesehen.

Durch dieses ökologische Gesamtkonzept werden unter Berücksichtigung der Eingangsvoraussetzungen mit der Orientierung an konkreten Zielen Energiekosteneinsparungen in einer Größenordnung von 30 bis 40 % prognostiziert. Die CO<sub>2</sub>-Einsparung gegenüber einer konventionellen Wärme- und Serverkälteerzeugung kann mit rund 184 Tonnen pro Jahr angegeben werden, die Primärenergieeinsparung beträgt jährlich rund 690 MWh.

Gegenüberstellung des jährlichen Primärenergieverbrauchs und der CO<sub>2</sub>-Emissionen für die Wärme- und Serverkälteerzeugung



## 5.5 Fachhochschule Neu-Ulm

Der Neubau der Fachhochschule Neu-Ulm ist das Ergebnis eines Architektenwettbewerbs, den der Freistaat Bayern im Jahr 2004 durchgeführt hat. Die Bewertung der Wettbewerbsbeiträge und die Prämierung der ausgewählten Arbeiten erfolgte schon unter dem Gesichtspunkt der Energieeffizienz (vgl. Kapitel 6). Im Rahmen des Wettbewerbs hatte das Preisgericht eine Arbeit zur Realisierung ausgewählt, die schon im Entwurfsansatz gute Voraussetzungen für einen niedrigen Energieverbrauch mitbrachte.

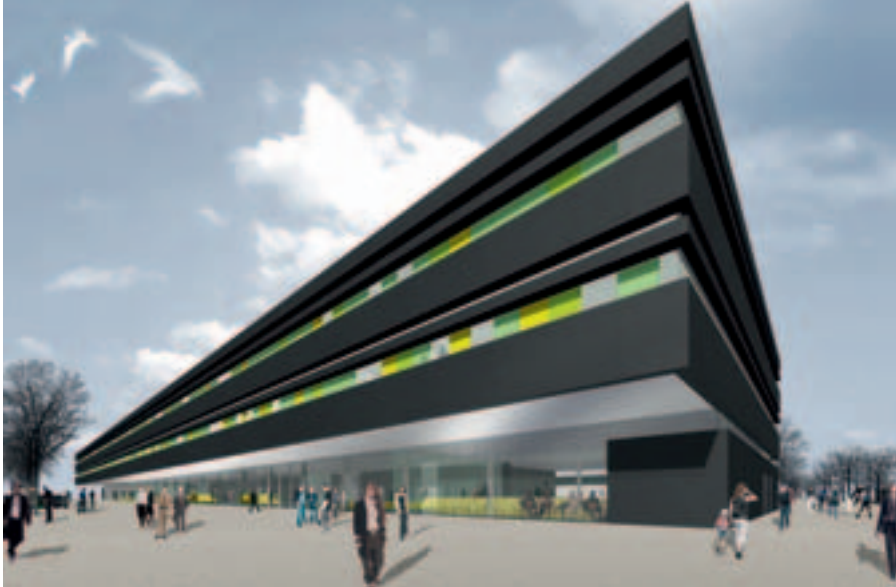
Der elegante, klare Baukörper weist die gewünschte energetische Kompaktheit auf, also ein günstiges Verhältnis von Hüllfläche zu beheiztem Gebäudevolumen. Auf den sommerlichen Wärmeschutz wirken sich die Nord-Süd-Orientierung der Fassaden und der moderate Fensteranteil in den Obergeschossen positiv aus. Die raumhohen Verglasungen im Erdgeschoss werden durch einen tiefen Rücksprung auf der Südseite im Sommer natürlich verschattet und lassen im Winter solare Gewinne zu.

Im Zuge der weiteren Planung wurde das Konzept mit Hilfe einer dynamischen Gebäudesimulation zu einem echten Low-Tech-Gebäude entwickelt. Aus ökologischen, aber auch finanziellen Gründen sollte die angemessene Beheizung und Kühlung der Räume mit einem möglichst geringen Energiebedarf realisiert werden. Technischer Aufwand wurde nur dort vorgesehen, wo er unbedingt erforderlich ist; darüber hinaus werden niedrige Energiekosten und ein angenehmes Raumklima durch „passive“, bauliche Maßnahmen erreicht.

Zunächst wurde die Gebäudehülle durch eine Wärmedämmung deutlich über dem Standard der EnEV durch Verglasungen mit niedrigem Wärmedurchgangskoeffizienten und hochwertige Verschattungen optimiert. Die bauliche Optimierung des Gebäudes bietet die Voraussetzung für eine „sanfte“ technische Wärme- und Kälteversorgung auf relativ niedrigem Temperaturniveau.



Foto der Baustelle



Wettbewerbsentwurf

In die freiliegenden Sichtbetondecken der Obergeschosse ist als Bauteilaktivierung ein System von wasserführenden Kunststoffrohren eingelegt, das in den Wintermonaten die Grundlast der Raumheizung abdeckt. Dadurch konnten die Heizkörper zur Spitzenlastdeckung deutlich kleiner ausgelegt werden. Zur Heizenergieversorgung können vorhandene Fernwärmekapazitäten aus dem nahegelegenen Fernheizwerk der Stadtwerke Ulm/Neu-Ulm genutzt werden. Die Wärmebereitstellung erfolgt hier zu 79 % aus energieeffizienter Kraft-Wärme-Kopplung und erreicht damit einen äußerst niedrigen Primärenergiefaktor.

Die Bauteilaktivierung kann in den Sommermonaten auch zur Kühlung des Gebäudes herangezogen werden; so entstehen außerdem angenehme Temperaturen in den Innenräumen. Kühlleistungen werden – ohne Zwischenschaltung einer Kältemaschine – kostengünstig durch die Nutzung des oberflächennahen Neu-Ulmer Grundwassers gedeckt. Dafür wird das Grundwasser aus einem Brunnen von ca. 5 m Tiefe gefördert, über einen Plattenwärmetauscher geführt und in einer zweiten Brunnenanlage wieder versickert. Das Erdgeschoss ist mit einer Fußbodenheizung ausgestattet, die ebenfalls im Sommer die Möglichkeit zur energiearmen Kühlung bietet.

Mechanisch belüftet werden nur die Bereiche, in denen es von der Nutzung her absolut notwendig ist, also die Mensa, die großen Hörsäle und die Bibliothek. Alle Lüftungsanlagen sind mit hochwertigen Wärmerückgewinnungsanlagen ausgestattet. Die Außenluftansaugung über einen Erdkanal erlaubt die Vorkonditionierung der Luft – eine leichte Kühlung im Sommer und eine leichte Erwärmung im Winter.

Auf dem Flachdach des neuen Gebäudes ist eine Fotovoltaikanlage mit einer Modulfläche von 200 m<sup>2</sup> Größe vorgesehen. Der erzeugte Strom mit einer Spitzenleistung von 20 kWp wird ins öffentliche Netz eingespeist.

Das gesamte Regenwasser auf dem Grundstück fließt nicht in die Kanalisation, sondern wird über ein Rinnensystem gesammelt, gereinigt und in den künstlich geschaffenen Wiley-See geleitet. Um Trinkwasserressourcen zu schonen, wird das Seewasser zur Bewässerung der Pflanzflächen und zur WC-Spülung verwendet. Der Neubau der Fachhochschule befindet sich derzeit in der Realisierung. Die Baufertigstellung ist für Sommer 2008 vorgesehen. Anschließend wird das in einem integralen Planungsprozess entwickelte Gebäude seine Praxistauglichkeit unter Beweis stellen.



Straßenmeisterei Ansbach



## 5.6 Straßenmeisterei Ansbach

Der innovative Lösungsansatz zum Bau der Straßenmeisterei Ansbach umfasst die Integration der unterschiedlichen funktionalen Bereiche in einem kompakten, quaderförmigen Baukörper. Wichtigste Entwurfsgedanken waren die angestrebte Minimierung der Konstruktion, eine funktionale Bündelung, eine klare Gebäudegeometrie und ein umweltgerechtes Energiekonzept. Die Straßenmeisterei Ansbach mit ihrem zentralen Gerätehof unterscheidet sich somit von den bisherigen Straßenmeistergehöften.

### Wärmeerzeugung

Da bei jeder Straßenmeisterei große Mengen Holz anfallen, wird dieses „Abfallprodukt“ für die Beheizung eingesetzt. Die Wärmeerzeugung erfolgt mit einer Hackschnitzelheizung (120 kW) mit nachgeschaltetem Pufferspeicher von 3.000 l.

### Warmwasserbereitung

Das zum Duschen benötigte Warmwasser wird größtenteils von einer Solar-Flachkollektorenanlage mit 15 m<sup>2</sup> Fläche erzeugt. Über einen Schichten-Puffer-Speicher mit 1.000 l wird die Energie gepuffert. Die Hackschnitzelanlage kann dadurch im Sommer außer Betrieb gesetzt werden, um einen Schwachlastbetrieb verbunden mit hohen Emissionswerten zu vermeiden.

### Wärmeverteilung

Die Werkstatt und die Verwaltung erhalten jeweils einen separaten Regelkreis mit Mischer. Die Beheizung der Verwaltung erfolgt über Heizkörper, die der Werkstatt mit Deckenstrahlplatten. Der hohe Strahlungsanteil dieser Flächenheizung ermöglicht geringere Raumlufttemperaturen und Energieverluste sowie eine höhere Behaglichkeit. Die Fahrzeug- und Lagerhalle wird in Absprache mit der nutzenden Verwaltung nicht beheizt.

### Lüftungsanlage

Für innenliegende Räume ist eine Zu-/Abluftanlage mit hochwertiger Wärmerückgewinnung vorgesehen.

### Regenwassernutzung

Das anfallende Dachwasser wird in einer Zisterne mit ca. 44 m<sup>3</sup> Fassungsvermögen aufgefangen. Es wird für die Versorgung des Solebereiters und für Kfz-Waschplätze genutzt.

### Fotovoltaik/Tageslichtkonzept durch Sonnenlichtlenkung

Auf dem Dach sind Fotovoltaikmodule vorgesehen. Der erzeugte Solarstrom wird in das öffentliche Netz eingespeist. Auch die verstärkte Nutzung von Tageslicht durch Sonnenlichtlenkung war ein wichtiges Planungsziel. Die Steuerung erfolgt über Bewegungsmelder, tageslichtabhängig oder über Zeitschaltuhr. Dadurch wurde die künstliche Beleuchtung auf ein Minimum reduziert.



Hauptgebäude



Biomasse

### 5.7. Technische Universität München in Garching, Exzellenzzentrum

Im Rahmen der Exzellenzinitiative des Bundes und der Länder wird für die TU München die Errichtung eines Exzellenz- und Kommunikationszentrums geplant, das die Graduate Schools für die Promotions- und Masterausbildungen beherbergt. Als Aushängeschild wird dieser Neubau auch in energetischer Hinsicht vorbildhaft ausgeführt. Aus einem schlüssigen Gesamtkonzept für Baukörper und Anlagentechnik resultiert ein Gebäude nahe am Passivhaus-Niveau.

Hierfür ist eine hochgedämmte Gebäudehülle mit einem U-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient) von 0,11 bis 0,12 W/(K\*m<sup>2</sup>) für opake Bauteile vorgesehen; alle verglasten Bauteile weisen einen U-Wert von 0,8 W/(K\*m<sup>2</sup>) oder besser auf. Der Transmissionswärmeverlust durch die Außenbauteile kann damit auf 19 W/m<sup>2</sup> beheizter Fläche reduziert werden.

Um die sommerlichen Kühllasten zu minimieren, ist ein baulicher Sonnenschutz in Form von Balkonen geplant, die gleichzeitig als zweiter Fluchtweg genutzt werden. Zusätzlich sind außenliegende, im vorderen Bereich der Balkone angebrachte Stoffrollos vorgesehen.

Zur Minimierung des Lüftungswärmeverlustes wurde für das Exzellenzzentrum eine kontrollierte Be- und Entlüftung in allen Räumen konzipiert. Durch einen regenerativen Wärmetauscher werden ca. 90 % der Wärme und 70 % der Feuchte zurückgewonnen. Der flächenbezogene Lüftungswärmeverlust kann von 40 W/m<sup>2</sup> auf 8,5 W/m<sup>2</sup> gesenkt werden.

Eine weitere Reduzierung des Energieverbrauchs erfolgt durch drehzahlregelte Ventilatoren und Pumpen sowie eine digitale, BACnet-fähige Mess-, Steuer- und Regeltechnik. Die jährliche Energieeinsparung für die Lüftung beträgt über 65.000 kWh, woraus sich eine CO<sub>2</sub>-Einsparung von 16,5 t/Jahr (Bezugsbasis Fernwärme) errechnet.

Die Heizenergieversorgung des Gebäudes erfolgt über einen vorhandenen Verteiler im Nachbargebäude aus dem internen Wärmenetz der TU München mit zentraler Strom- und Wärmeerzeugung über eine hocheffiziente Kraft-Wärme-Kopplungsanlage mit Cheng-Cycle-Prozess. Dies bedeutet, dass durch Restwärmenutzung aus dem Abgasstrom Dampf erzeugt wird, der – eingespritzt in die Gasturbinenbrennkammer – durch den höheren Massenstrom hohe Wirkungsgrade ermöglicht.



Ansicht

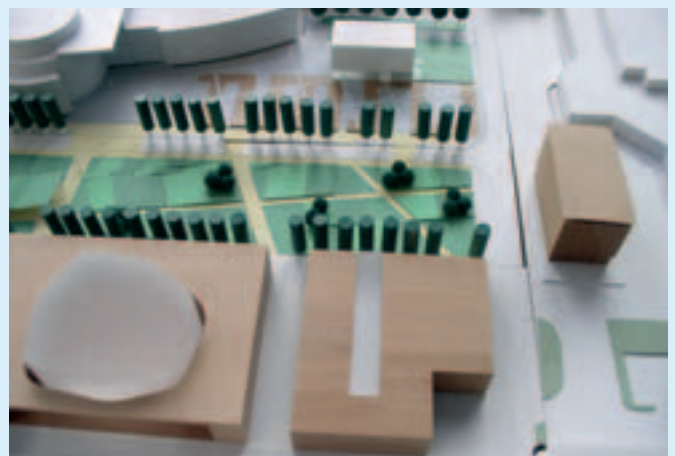


Foto des Modells

### 5.8 Staatliches Bauamt in Freising

Für die Mitarbeiter des Staatlichen Bauamts Freising war es beim Neubau des eigenen Dienstgebäudes selbstverständlich, ein Bauwerk zu errichten, das sowohl gestalterischen Ansprüchen genügt als auch der Forderung nach einem sparsamen Energieeinsatz gerecht wird. Mit einfachen Maßnahmen konnte ohne wesentliche Mehrkosten ein Gebäude mit optimiertem Energiestandard realisiert werden.

Grundlage hierfür ist eine kompakte Bauweise mit guter Wärmedämmung der Hüllflächen und passiver Solarenergie-nutzung durch Glasflächen. Durch die Überdachung des Innenhofs mit Einfachverglasung entsteht ein Klimapuffer, der einerseits den Transmissionswärmeverlust an der Innenhoffassade mindert und andererseits als Windfang den Einfall von kalter Außenluft minimiert. Der sommerliche Wärmeschutz des Gebäudes wird durch automatischen Sonnenschutz, Nachtluftkühlung und Verschattungsbalkone gewährleistet.

Das Bauamt ist an die Fernwärme des Heizkraftwerks Zolling (Kraft-Wärme-Kopplung) angeschlossen. Im Gebäude wird die Wärme über Konvektionsheizkörper vor den Glasflächen und Röhrenradiatoren in den Nebenräumen eingebracht.

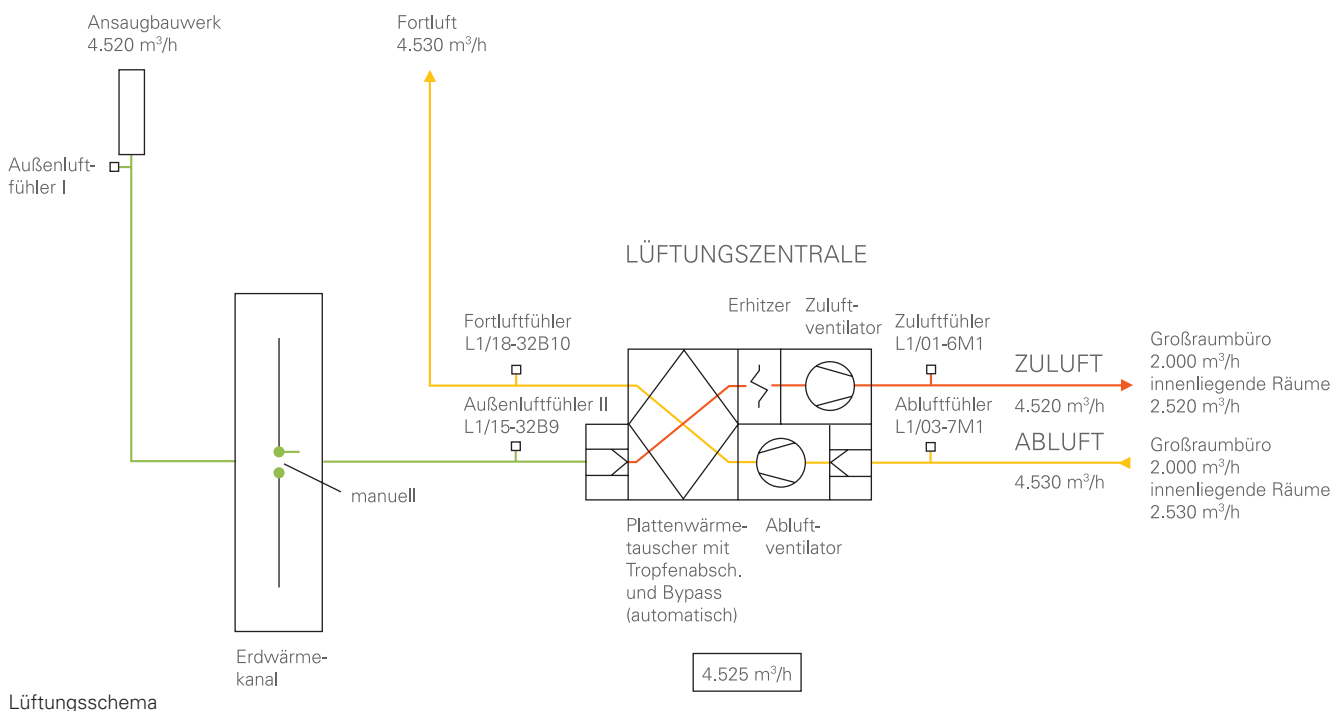
Bei innenliegenden Bereichen und im Großraumbüro wird ein gutes Raumklima über eine Lüftungsanlage gewährleistet. Dabei wird die Luft durch einen Ansaugturm in einen Erdwärmetauscher geleitet, der im Winter die Außenluft vorwärmt und im Sommer abkühlt.



Fassade

Die Wärmerückgewinnung geschieht über einen Kreuzstrom-Plattenwärmetauscher. Der Lüftungswärmeverlust kann so um rund 80 % gesenkt werden.

Zur Reduzierung des Stromverbrauchs wurde eine tageslichtabhängige Beleuchtungssteuerung installiert, die je nach Tageslicht und Sonnenschutzstellung die Deckenbeleuchtung der Büroräume anpasst und abends vergessene Leuchten abschaltet. Hierdurch wird der Stromverbrauch für die Beleuchtung um fast 50 % reduziert. Eine 56 m<sup>2</sup> große Fotovoltaikanlage wird die Nutzung regenerativer Energien auch nach außen sichtbar darstellen und einen Teil des Stromverbrauchs abdecken.







Ansicht Sporthalle



Sporthalle

## 5.9 Sportzentrum für die Bereitschaftspolizei Würzburg

Auf dem Gelände der unter Denkmalschutz stehenden ehemaligen königlich-bayerischen Feldartilleriekaserne sollte neben Verwaltungs-, Unterkunfts- und Lehrsaalgebäuden für die Ausbildung junger Polizisten auch ein Sportzentrum mit Dreifachturnhalle und Schwimmhalle untergebracht werden.

### Innovatives Gesamtkonzept – „integrale Planung“

Bereits in der Entwurfsphase arbeiteten Architekten und Ingenieurbüros eng zusammen. Vorrangiges Ziel der Hochbauplanung, die in Eigenleistung des Bauamtes durchgeführt wurde, war

- die Reduzierung der Investitionskosten bei angemessener Dimensionierung der haustechnischen Anlagen
- die Minimierung der späteren Betriebskosten als vorrangiges Interesse des Nutzers, und
- Einsparungen beim CO<sub>2</sub>-Ausstoß.

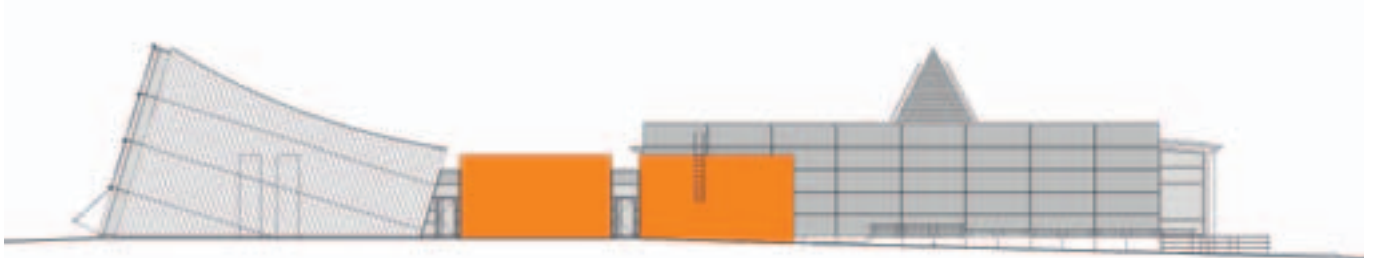
In dem Zusammenhang war es erklärtes Ziel der Planer, den aktuell verfügbaren Stand des technischen Wissens zur Energieoptimierung und -minimierung auszuschöpfen.

Um die Möglichkeiten des energetisch und investiv Machbaren umfassend auszuloten, wurden zu Beginn der Planung mit den Ingenieurbüros eintägige Workshops veranstaltet, bei denen die Vertreter verschiedener Ingenieursparten und die Mitarbeiter des Bauamtes an einem runden Tisch interdisziplinär zusammenarbeiteten.

### Ausführungsplanung

Als Ergebnis dieser Beratungen wurden die Bereiche Sporthalle/Kraftraum und Schwimmhalle separat voneinander betrachtet. Die Dimensionierung der technischen Anlagen der Schwimmhalle wurde anhand von computergestützten Simulationsmodellen berechnet. Die Lüftungsanlage konnte gegenüber Standard-DIN-Vorgaben auf die Hälfte reduziert werden. Diesbezügliche Bedenken der ausführenden Firma konnten durch die Simulationsrechnungen entkräftet werden. Mit speziellen, EDV-visualisierten Strömungsmodellen wurden Festlegungen von Baukörperformen im konstruktiven Bereich bei Dach und Fassade getroffen.

Parallel zu den Überlegungen der Haustechniker wurden von den Architekten – ebenfalls anhand von EDV-gestützten Modellen – Varianten zur städtebaulichen Anordnung, zur Ausrichtung des Gebäudes und zur Gestaltung der Fassaden durchgespielt und mit der Priorität solarer Gewinne optimiert. Auf dieser Grundlage erfolgte anschließend die Konstruktion der Tragwerke und der Gebäudehülle, die Integration von Solarthermie, Fotovoltaik, Erdkolektor und Wärmepumpe sowie die Verwirklichung verschiedener Möglichkeiten der Wärmerückgewinnung. Eine moderne Gebäudeleittechnik regelt, überwacht und optimiert das Zusammenspiel von Sonnenschutz, Lüftungs- und Heizungstechnik.



Ansicht



Schwimmhalle





Fotovoltaikanlage, Nikolaus-Fiebiger-Zentrum, Universität Erlangen-Nürnberg

## 5.10 Fotovoltaikanlagen

### 5.10.1 Chirurgische Klinik der LMU München

Zur Behebung der Brandschutz- und Hygienemängel wurde die Chirurgische Klinik am Klinikum Innenstadt der Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) München saniert und erweitert.

Entsprechend den Beschlüssen des Bayerischen Landtags zur Umsetzung der energiepolitischen Ziele wurde an der Fassade des Dachaufbaus eine Fotovoltaikanlage mit polykristallinen Modulen errichtet. Sie wurde im Juli 2007 in Betrieb genommen.

#### Daten der Anlage

Fläche der Solarmodule	32 m <sup>2</sup>
Spitzenleistung	5,6 kWp
Investitionskosten	40.400 Euro
Ertrag ca.	5.600 kWh/a
CO <sub>2</sub> -Minderung ca.	2,8 t/a





### 5.10.2 Universität Regensburg, Entsorgungszentrum

An der Universität Regensburg fallen Sonderabfälle und Wertstoffe in erheblichen Mengen (über 56 t/a) an. Um das betrieblich-organisatorische Entsorgungskonzept der Universität umzusetzen, wurde ein Neubau von 61 m Länge und 9 m Breite errichtet. Auf dessen Flachdach wurde eine erweiterbare Fotovoltaikanlage installiert.

Im Rahmen der Bauausführung wurde zuerst eine Anlage mit einer Fläche von 10 m<sup>2</sup> und einer Leistung von 1 kWp errichtet. Mit zusätzlichen Mitteln der Universität wurde die Anlage im Jahr 2007 erweitert.

Die polykristallinen Module sind nach Süden ausgerichtet und mit einem Neigungswinkel von 30 Grad aufgeständert. Die Einspeisung erfolgt ins eigene Netz der Universität mit Vor-Ort-Messung.

#### Daten der Anlage

Fläche der Solarmodule	150 m <sup>2</sup>
Spitzenleistung	20 kWp
Investitionskosten	140.000 Euro
Ertrag ca.	20.000 kWh/a
CO <sub>2</sub> -Minderung ca.	10 t/a

### 5.10.3 Polizeiinspektion Augsburg Mitte, Neubau

Das vorhandene, unter Denkmalschutz stehende Augsburger Polizeidienstgebäude in der Frölichstraße wurde von 2004 bis Anfang 2007 durch einen Neubau mit Verbindungsbau erweitert.

Auf dem Flachdach des Neubaus wurde eine Fotovoltaikanlage installiert. Die Solarmodule sind aus jeweils 72 polykristallinen Zellen aufgebaut, 25 Grad gegen die Horizontale geneigt und nach Südost ausgerichtet. Um die Dachlasten zu minimieren, ist die aus Aluminiumprofilen bestehende quer verbundene Tragkonstruktion anstelle von Betonplatten mit Drainageplatten und einer zusätzlichen Kiesschüttung beschwert. Da die Konstruktion dem Dachprofil folgt, erscheinen die aufgeständerten Module in einer sanften Wellenform verlegt.

Zur Darstellung der aktuellen Erträge wurde ein Informationsdisplay im Eingangsbereich der Wache des Altbaus vorgesehen. Die erzeugte elektrische Energie wird gemessen und in das öffentliche Stromnetz eingespeist.

#### Daten der Anlage

Fläche der Solarmodule	129 m <sup>2</sup>
Spitzenleistung	15,81 kWp
Investitionskosten	94.500 Euro
Ertrag ca.	15.000 kWh/a
CO <sub>2</sub> -Minderung ca.	7,5 t/a



#### 5.10.4 Fachhochschule Rosenheim, Neubau Hörsaal- und Laborgebäude

Als Meilenstein in der Entwicklung der Fachhochschule Rosenheim wurde die Errichtung des Hörsaal- und Laborgebäudes bezeichnet. Es soll die Fachbereiche Holztechnik und Betriebswirtschaft aufnehmen.

Mit der Fertigstellung dieses Bauabschnitts findet die 1992 mit einem Architektenwettbewerb begonnene Erweiterung des Campus der Fachhochschule städtebaulich ihren Abschluss.

Auf dem Dach des Neubaus wurde eine Fotovoltaikanlage errichtet, die aus gestalterischen Gründen in das Vordach der zentralen Halle integriert wurde. Im Jahr 2008 wird diese Anlage aus polykristallinen Modulen in Betrieb genommen.

##### Daten der Anlage

Fläche der Solarmodule	134 m <sup>2</sup>
Spitzenleistung	18,72 kWp
Investitionskosten	116.000 Euro
Ertrag ca.	18.000 kWh/a
CO <sub>2</sub> -Minderung ca.	9 t/a

#### 5.10.5 Finanzamt Schweinfurt

Durch den Neubau des Finanzamtes wurde ein innenstadt-nahes Behördenzentrum auf dem ehemaligen Industriege-lände vervollständigt. Das optimierte Grundrisskonzept mit knapp gehaltenen Verkehrsflächenanteilen reduzierte den Investitionsaufwand.

So konnte im Rahmen der bereitgestellten Mittel eine Foto-voltaikanlage realisiert werden. Diese wurde im November 2007 in Betrieb genommen und besteht aus 90 polykristal-linen Modulen.

##### Daten der Anlage

Fläche der Solarmodule	120 m <sup>2</sup>
Spitzenleistung	15,7 kWp
Investitionskosten	115.100 Euro
Ertrag ca.	15.000 kWh/a
CO <sub>2</sub> -Minderung ca.	7,5 t/a







Wettbewerb Landesamt für Finanzen – Perspektive

## 6. Energie im Architektenwettbewerb

Entwürfe für große Neubaumaßnahmen werden in der Bauverwaltung in der Regel anhand von Architektenwettbewerben ausgewählt. In dieser frühen Phase des Planungsprozesses werden die Weichen gestellt – nicht zuletzt für die energetische Qualität eines Gebäudes. Bei staatlichen Bauvorhaben wurde dieser Aspekt – als wichtiger Beitrag zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit – als Standard-Bewertungskriterium eingeführt. Der vorliegende Energiebericht stellt mit aktuellen Beispielen im Kapitel 5 auch Projekte vor, deren Planung und Ausführung das Ergebnis entsprechender Wettbewerbsverfahren wiedergibt.

### Wettbewerb Fachhochschule Neu-Ulm

Der Neubau der Fachhochschule Neu-Ulm befindet sich derzeit in der Fertigstellungsphase. Der Wettbewerb für dieses Projekt wurde im Jahr 2004 durchgeführt. Bereits der mit dem 1. Preis versehene Wettbewerbsentwurf der Architekten Harris und Kurrle, Stuttgart, entwickelte ein energiesparendes Gebäudekonzept, das auch in der Ausführungsphase Bestand hat (siehe Kap. 5.5). Neben zentralen Entwurfsaspekten wie Kompaktheit oder thermisch sinnvoller Zonierung des Gebäudes präsentierte der Wettbewerbsbeitrag überzeugende Lösungen – z. B. für den sommerlichen Wärmeschutz oder die natürliche Belichtung und Belüftung innen liegender Raumzonen.

### Wettbewerb Landesamt für Finanzen, Landshut

Ebenfalls das prämierte Ergebnis eines Architektenwettbewerbes ist der Entwurf für den Neubau des Landesamtes für Finanzen in Landshut (siehe Kapitel 5.4), geplant vom Stuttgarter Architekturbüro Tobias Wulf. Bereits im Entwurfsansatz wurden hier grundlegende Elemente entwickelt, die wesentlichen Einfluss auf den Energiestandard des Gebäudes haben.

Solche Elemente sind beispielsweise

- ein kompakter Baukörper mit klarer Raumstruktur
- geringe Raumtiefen mit guter natürlicher Belichtung
- hoher Wärmedämmstandard
- geschlossene Fassadenelemente zur Reduzierung des solaren Wärmeeintrages in Verbindung mit außen liegendem Sonnenschutz
- Möglichkeit der natürlichen Lüftung über Fenster einschließlich nächtlicher Auskühlung.



Wettbewerb Finanzamt Garmisch-Partenkirchen – Ansicht

In der Entwurfsplanung wurde auch das technische Grundkonzept entwickelt, welches Grundlage für die anschließende Ausführungsplanung ist. Das technische Gebäudekonzept umfasst u. a.

- eine Bauteilaktivierung der Betondecken und Gebäudekerne zur Verteilung der Wärme und Kälte im Bauwerk
- Nutzung des oberflächennahen Grundwassers und von Erdwärme zur regenerativen Wärme-/Kälteversorgung, teils über Wärmepumpenbetrieb.

Der Architekt wollte mit diesem Entwurf ein „wirtschaftliches und zukunftsweisendes“ Gesamtkonzept vorschlagen, „das bei minimalem Energieverbrauch ein Optimum an visuellem und thermischem Komfort bietet“.

Die Maßnahmen zur Freimachung des Baugrundstückes werden im Sommer 2008 beginnen. Die Fertigstellung der Baumaßnahme ist bis Ende 2010 vorgesehen.

#### Wettbewerb Finanzamt Garmisch-Partenkirchen

In einem weiteren Architektenwettbewerb wurde Ende November 2007 der Entwurf des Münchener Architekten Reinhard Bauer für das Finanzamt Garmisch-Partenkirchen mit dem 1. Preis ausgezeichnet. Der Neubau, der die derzeit auf mehrere Standorte verteilten Bereiche des Finanzamtes zusammenfasst, soll 2010 fertig gestellt werden.

Bereits in der Wettbewerbsauslobung wurden hohe Anforderungen an eine wirtschaftliche Gebäudegeometrie, sparsame Lüftungstechnik, effizienten sommerlichen Wärmeschutz und den Einsatz regenerativer Energien gestellt.

Das Gebäude, dessen Höhe sich an der umliegenden Bebauung orientiert, lässt sich aufgrund seiner Zweigeschossigkeit sehr kostengünstig in Holzständerbauweise errichten. Die Konstruktion ermöglicht zudem einen optimierten Energiestandard – 30% unter den Anforderungen der EnEV 2007. Erneuerbare Ressourcen kommen – mit einer Hackschnitzelheizung – auch bei der Wärmeversorgung zum Einsatz.

Die vorgestellten Ergebnisse zeigen, dass sich eine Vielzahl qualifizierter Architekten engagiert und konstruktiv mit dem Thema „Energie“ auseinandersetzt und dabei nachhaltige Lösungen entwickelt haben, die energieeffizientes Planen und Bauen mit Funktionalität und guter Gestaltung verbinden. Den Aspekt der Energieeffizienz wird die Bauverwaltung so auch bei künftigen Wettbewerben entsprechend berücksichtigen.

## 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 April 2008

### Redaktion für Text und Grafik

Horst Böhm, Dieter Finke, Jürgen Krajak, Johannes Liewehr,  
Christine Mantel, Johannes Nolte, Johann Oel, Theresia Rosenbusch,  
Elfriede Schob, Barbara Thiel-Lintner

### Mitgewirkt haben

Jürgen Blachowski, Cornelia Bodenstab, Thorsten Böckel, Ralph Bogendörfer,  
Cornelia Breitzke, Margit Fluch, Joachim Fuchs, Gerhard Haslbeck, Ulrich  
Huber, Henry Ilse, Gottfried Kämpf, Peter Kalmer, Karl Keupp, Helmut Köstl-  
meier, Michael Kremer, Stefan Lohner, Andreas Miersch, Heidelinde Möschl,  
Doris Ostertag, Theodosios Papageorgiou, Norbert Schlund, Eberhard  
Schmid, Harry Sternberg, Manfred Ulbert, Franz Weeger, Günther Wenninger

### Grafik-Design

Löhr & Partner GmbH, München

### Druck

ESTA-Druck GmbH, Polling  
Gedruckt auf Recyclingpapier mit mindestens 80 % Altpapieranteil

Soweit nicht anders angegeben, beziehen sich Emissions-  
faktoren für den Strom auf den Bundesdurchschnitt.



Gesamtkomplex Straßenmeisterei Ansbach

## Fotos

Titelfoto	Christoph Rehbach, Studio für Photographie
Seite 12	eza! energie- & umweltzentrum allgäu
Seite 13	energieteam-bvsg
Seite 14/15	Thermographie: Basic GmbH, Bayreuth/ Fassaden: Architekturbüro Dömges, Regensburg
Seite 16/17	Staatliches Bauamt Erlangen-Nürnberg
Seite 18	Herr Ruff, JVA Straubing
Seite 21	Staatliches Bauamt München 1
Seite 22/23	Staatliches Bauamt München 1/ Schema: Ing.-Büro Ottitsch, München
Seite 24/25	Staatliches Bauamt Würzburg
Seite 26	Roland Furthmair, Neu-Ulm/ Ansicht: Staatliches Bauamt Krumbach
Seite 27	Foto: Architekturbüro Tobias Wulf, Stuttgart/ Graphik: Rögelein & Partner, München
Seite 28	Staatliches Bauamt Krumbach
Seite 29	Architekturbüro Harris und Kurrle, Stuttgart
Seite 30/31	Staatliches Bauamt Ansbach
Seite 32	Staatliches Bauamt München 2
Seite 33	Staatliches Bauamt Freising
Seite 34/35	Foto: Christoph Schwarz, Würzburg/ Ansicht: Staatliches Bauamt Würzburg
Seite 36	Firma Solon AG
Seite 37	Architekten Hermann Kauffmann ZT GmbH, Aichner-Kazzer Architekten
Seite 38	Staatliches Bauamt Regensburg/Staatliches Bauamt Augsburg
Seite 39	Staatliches Bauamt Rosenheim/Staatliches Bauamt Schweinfurt
Seite 40	Architekturbüro Tobias Wulf, Stuttgart
Seite 41	Architekturbüro Reinhard Bauer, München
Seite 42	Staatliches Bauamt Ansbach

## Hinweis

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Staatsregierung herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbenden 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.



Oberste Baubehörde im  
Bayerischen Staatsministerium  
des Innern