

## **Förderprogramm Energieeinsparung der LH München - Erfolgsstatistik 2006**

### **Auszug aus dem Beschluss des Umweltausschusses vom 18.09.2007 (VB)**

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>Seite</b>
1 Vorbemerkungen	1
2 Erfolgsstatistik 2006	2
2.1 Bilanzierungsrahmen	2
2.2 Förderanträge nach Art der Maßnahmen – Zahlen und Tendenzen	2
2.3 Fördermittel, Investitionen und Arbeitsplätze	6
2.4 Energie- und Emissionseinsparung	9
2.5 Primärenergetische Bewertung	10
2.6 Primärenergie- und CO <sub>2</sub> - Rücklaufzeiten	10
2.7 CO <sub>2</sub> - Vermeidungskosten	12
2.8 Anteil der Maßnahmenarten an der erzielten CO <sub>2</sub> - Emissionsminderung	14
2.9 Spezifische Investitionskosten für die Maßnahmen	16
2.10 Amortisationszeit ausgewählter Maßnahmen	17
2.11 Die kumulative Wirkung des FES	20
Anhang Primärenergetische Bewertung	21

## **1 Vorbemerkungen**

Mit dem **Förderprogramm Energieeinsparung** (FES) unterstützt die Landeshauptstadt München seit 1989 die Bemühungen der Bürgerinnen und Bürger um Energiesparmaßnahmen und den Umstieg auf erneuerbare Energieträger. Neben der Umweltentlastung sind die Beschäftigungswirkung und die Wirtschaftsbelebung wichtige Kriterien zur Bewertung der Effizienz des Förderprogramms.

Das FES der Landeshauptstadt München (LHM) stellt nach Ansicht des Referats für Gesundheit und Umwelt ein wichtiges Instrument der städtischen Klimaschutzpolitik dar. Die statistische Auswertung zeigt Wirkung und Erfolge der Förderung und bietet dem Stadtrat wichtige Erkenntnisse und Erfahrungen aus der Förderung im Jahr 2006.

Über die im Jahr 2006 aus dem FES geförderten Maßnahmen wurde eine fortwirkende **Primärenergieeinsparung** von **jährlich rd. 33.700 MWh** erreicht. Die parallele **Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emission** beträgt **jährlich rd. 8.500 t**.

## **2 Erfolgsstatistik 2006**

### **2.1 Bilanzierungsrahmen**

In der Statistik für das Antragsjahr 2006 wird der seit 2002 verwendete ganzheitliche Bilanzierungsansatz fortgeführt. Dieser berücksichtigt für die Bewertung der energieverbrauchs- und emissionsmindernden Wirkung des FES auch vor- und nachgelagerte Effekte. Diese Betrachtungsweise ermöglicht es auch Aussagen darüber zu treffen, wie lange es dauert, bis die energetischen Aufwendungen und die begleitend entstehenden CO<sub>2</sub>-Emissionen, z.B. zur Herstellung und Anbringung einer Fassadendämmung, durch die Energie- und Emissionseinsparungen, die diese Maßnahme bewirkt, wieder ausgeglichen sind.

Die beschriebene erweiterte Betrachtungsweise basiert auf den im Rahmen der Studie „Möglichkeiten kommunaler CO<sub>2</sub>-Minderungsmaßnahmen“ erarbeiteten Rechenroutinen und Ergebnissen. Die Studie wurde im Auftrag des RGU am Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik der TU- München erstellt.

### **2.2 Förderanträge nach Art der Maßnahmen – Zahlen und Tendenzen**

Im Jahr 2006 gingen 1.212 Anträge zum FES ein, mit denen die Förderung von insgesamt 1.503 Einzelmaßnahmen beantragt wurde.

126 Anträge auf Einzelmaßnahmen wurden abgelehnt oder zurückgezogen. In 68% der Ablehnungsfälle waren die technischen Anforderungen der Richtlinie nicht erfüllt oder es handelte sich um Anträge auf nicht näher beschriebene oder nicht förderfähige Maßnahmen wie z.B. den Fall eines Antrags auf „Förderung für den Austausch eines verkalkten Warmwasserspeichers“, aber auch nach Inkrafttreten der letzten Richtlinienänderung gestellte Anträge auf Förderung von Dachdämmungen. 21% der Ablehnungen erfolgten aus formalen Gründen, wie Maßnahmen an Gebäuden, die nicht auf dem Münchner Stadtgebiet liegen oder bereits vor Antragstellung begonnen wurden. Bei den restlichen Fällen handelt es sich um zurückgezogene Anträge.

Somit erfüllten 1.377 der eingegangenen Anträge auf Einzelmaßnahmen die Fördervoraussetzungen. Gegenüber 838 förderfähigen Maßnahmen im Jahr 2005 bedeutet das einen Zuwachs von 64%.

Dieser enorme, gegenüber dem Zuwachs 2004 auf 2005 von 46% noch einmal um 18 Prozentpunkte höhere Anstieg der Maßnahmenzahl spiegelt wieder, welche Wirkung die Informations- und Beratungsangebote des Bauzentrums und die Förderanreize des Förderprogramm Energieeinsparung inzwischen zeigen. Das Energiethema bei Bau- und

Sanierungstätigkeiten findet nicht zuletzt durch diese Anreize im München inzwischen hochgradig Beachtung.

<b>Maßnahme</b> (förderfähig bei Altbauten (A), Neubauten (N))	<b>Anzahl</b>	<b>Anteil</b>
Wärmedämmung Dächer (A)	348	25%
Wärmeschutz Außenwand/ Fenster (A)	279	20%
Passivhäuser (A, N)	2	0,1%
Neuanschluss an die Fernwärme (A, N)	31	2%
Kraft-Wärme-Kopplung (A, N)	7	0,5%
Thermische Solaranlagen (A, N)	662	48%
Sondermaßnahmen (A, N)	6	0,4%
Sonderförderung Biomasse (A, N)	42	3%
<b>Summe</b>	<b>1.377</b>	<b>100%</b>

Tab. 1: Anzahl der förderfähigen Maßnahmen 2006

Bei insgesamt gestiegener Anzahl ist die Verteilung der zur Förderung beantragten Maßnahmen auf die einzelnen Fördertatbestände ähnlich wie in den Vorjahren. Schwerpunkt waren mit 48% der Anträge wieder die thermischen Solaranlagen, gefolgt von der Wärmedämmung an Dächern mit einem Anteil von 25% aller förderfähigen Maßnahmen und den Wärmeschutzmaßnahmen an Außenwänden und Fenstern mit 20% aller förderfähigen Maßnahmen.

Bei der mit dem Beschluss der VV des Stadtrats vom 27.07.05 neu hinzugekommenen **Sonderförderung Biomasse** war mit der 2006 (42 Anträge) um 950% gegenüber dem Vorjahr (4 Anträge) gestiegenen Antragszahl der stärkste relative Zuwachs aller Förderschwerpunkte gegenüber den Antragszahlen des Vorjahres zu verzeichnen. Dabei ist allerdings zu beachten, dass dieser Fördertatbestand im Vergleichsjahr 2005 erst ab August antragsfähig war. Insofern ist das Plus in der Antragszahl eines ganzen Jahres (2006) nicht mit dem Plus in den Antragszahlen von Fördertatbeständen vergleichbar, die sowohl im Jahr 2005 als auch 2006 ganzjährig Bestandteil des Förderkatalogs waren.

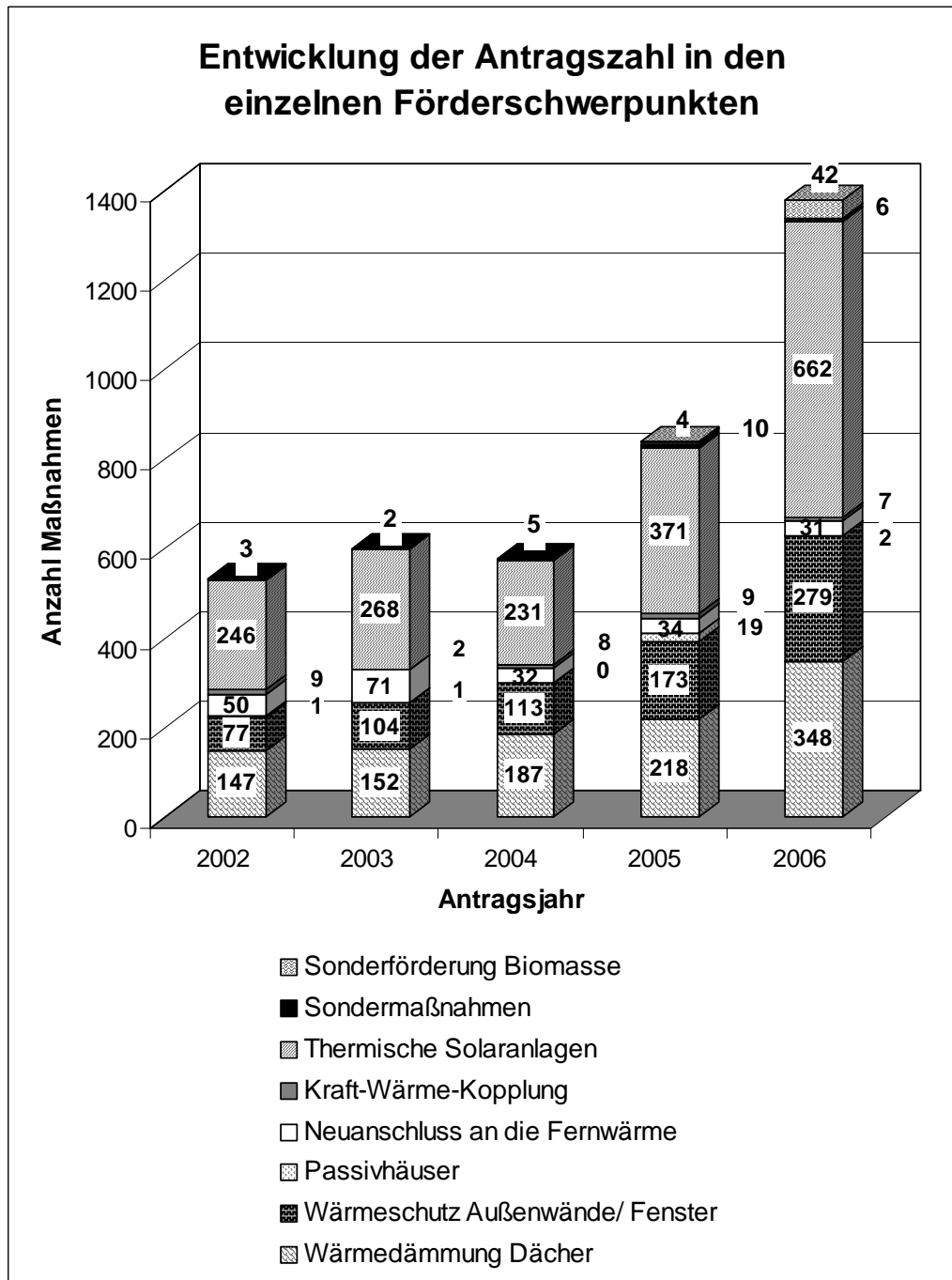


Abb. 1: Entwicklung der Antragszahl in den einzelnen Förderschwerpunkten

**Thermische Solaranlagen** zeigten 2006 mit um rd. 78% gegenüber dem Vorjahr gestiegenen Antragszahlen den stärksten Zuwachs aller auch im Vorjahr schon ganzjährig bestehenden Förderschwerpunkte. **Die mit diesen Anträgen allein im Jahr 2006 geförderte Solarfläche von rd. 7.070 m<sup>2</sup> Absorberfläche (= wirksame Kollektorfläche) stellt fast ein Viertel der gesamten seit 1989 aus dem FES geförderten Solarfläche dar.** Das spiegelt deutlich das nicht zuletzt auch wegen der steigenden Energiepreise weiter stark steigende Interesse der Münchner Bürgerinnen und Bürger wieder, ein Stück mehr Unabhängigkeit von den fossilen Energieträgern zu erlangen.

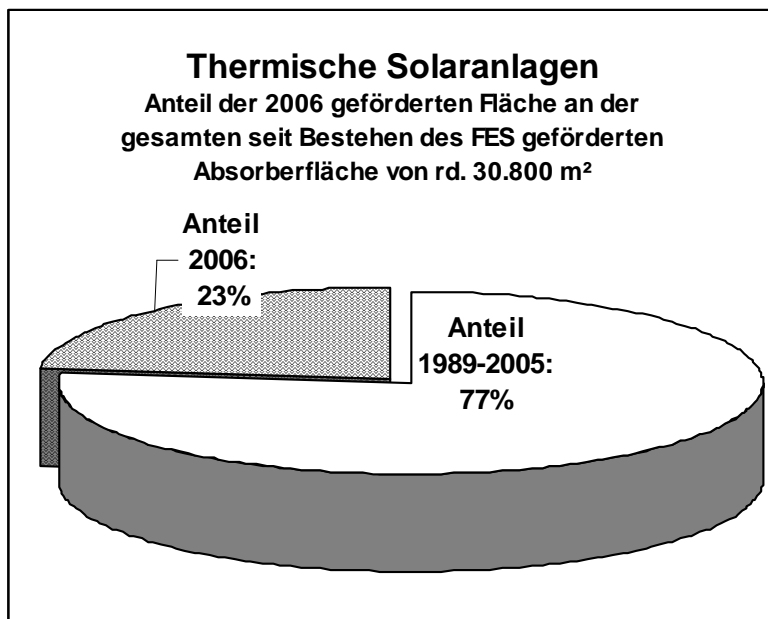


Abb. 2: Verhältnis geförderte Absorberfläche 2006 und 1989-2005

Wie die Grafik (Abb. 1) zeigt, ist erfreulicherweise auch eine stetige Zunahme der Antragszahlen in den Förderschwerpunkten **Wärmeschutz an Außenwänden und Fenstern** und **Wärmedämmung Dächer** zu verzeichnen. Der Zuwachs in den Antragszahlen des Vorjahres betrug in beiden Förderschwerpunkten je rd. 60%. Für die mit Unterstützung aus dem FES neu wärmegeädämmten Dachflächen bedeutet das einen Zuwachs von 34% gegenüber den Vorjahreszahlen. Für die Wärmeschutzmaßnahmen an Außenwänden und Fenstern war ein Zuwachs von 59% gegenüber der im Vorjahr geförderten Fläche zu verzeichnen. Während für den Wärmeschutz an Außenwänden und Fenstern die je Antrag wärmegeädämmte Bauteilfläche mit durchschnittlich rd. 470 m<sup>2</sup> gegenüber dem entsprechenden Wert des Vorjahres in etwa gleich blieb, sank sie für die Wärmedämmung Dächer gegenüber dem Vorjahr um rd. 16% auf rd. 200 m<sup>2</sup> je Antrag.

Im Jahr 2006 wurde mit 2 Förderanträgen für 13 Gebäude **Passivhausförderung** beantragt. Bei einem Gebäude handelt es sich um ein Mehrfamilienhaus, die restlichen 12 Gebäude verteilen sich auf 11 Reihenhäuser und ein Zweifamilienhaus. Die in Passivhausbauweise mit FES-Förderung des Jahres 2006 neu errichtete Wohn-/Nutzfläche entspricht in etwa der im Vorjahr geförderten Fläche.

Die Anzahl der zur Förderung beantragten Neuanschlüsse an die **Fernwärme** sank gegenüber dem Vorjahr um 3 auf 31. Die von diesen Fernwärmeanschlüssen neu mit Fernwärme versorgte Wohn- bzw. Gewerbefläche ist jedoch um 40% größer als der entsprechende Vorjahreswert.

Im Förderschwerpunkt **Kraft-Wärme-Kopplung** sank die Zahl der (regulären) Förderanträge um 2, die mit Unterstützung aus dem FES installierte elektrische Nennleistung liegt mit 49 kW jedoch um rd. 36% unter dem Vorjahresniveau.

Zwei weitere KWK-Anlagen mit einer elektrischen Nennleistung von zusammen 20 kW wurden als Pflanzenölanlage im Rahmen der Sonderaktion „KWK mit innovativer Technik“ mit erhöhtem Fördersatz als **Sondermaßnahmen** gefördert. Die restlichen 4 Sondermaßnahmen betreffen drei Sonderlösungen bei Wärmeschutzmaßnahmen an Außenwänden und Fenstern und eine Erweiterung einer bestehenden Solaranlage.

### 2.3 Fördermittel, Investitionen und Arbeitsplätze

Maßnahme (förderfähig bei Altbauten (A), Neubauten (N))	Förderbetrag [€]	Investition [€]	Arbeits- plätze
Wärmedämmung Dächer (A)	447.970 €	<sup>1)</sup> 4.951.266 €	<sup>1)</sup> 41
Wärmeschutz Außenwand/ Fenster (A)	1.348.682 €	18.115.888 €	148
Passivhäuser (A, N)	58.200 €	419.959 €	3
Neuanschluss an die Fernwärme (A, N)	60.000 €	1.451.224 €	12
Kraft-Wärme-Kopplung (A, N)	31.745 €	214.992 €	2
Thermische Solaranlagen (A, N)	1.569.280 €	7.295.072 €	60
Sondermaßnahmen (A, N)	40.840 €	254.874 €	2
Sonderförderung Biomasse (A, N)	71.020 €	811.914 €	7
<b>Summe</b>	<b>3.627.737 €</b>	<b>33.515.189 €</b>	<sup>1)</sup> <b>275</b>

Tab. 2: Fördermittel, Investitionen und Arbeitsplätze

<sup>1)</sup> siehe Anmerkung auf der folgenden Seite

Die gesamte Fördersumme von rd. 3,6 Mio. € hat Investitionen von rd. 33,5 Mio. € ausgelöst, woraus sich ein Investitionsmultiplikator von rd. 9,2 errechnet.

Legt man wie bei den Statistiken der Vorjahre bei der Dachdämmung die durchschnittlichen Vollkosten der Dachdämmungen zu Grunde, so erhöhen sich die Investitionskosten um rd. 7,4 Mio. € auf 40,9 Mio. €, was ähnlich der Vorjahre einem Investitionsmultiplikator von rd. 11,4 entspricht. Die Zahl der mit Aufträgen aus FES - geförderten Maßnahmen verbundenen Arbeitsplätze erhöht sich damit um rd. 60 auf 335.

<sup>1)</sup> Anmerkung: Die für 2006 ermittelte Investitionssumme für die Dachdämmung beinhaltet nur die Kosten für Material und Einbau der Dämmschicht, sowie ggf. erforderlicher Dichtungsbahnen und Schalungen (Mehrkosten). Diese Bilanzierung weicht von der aus den Statistiken der vorangegangenen Jahre ab. Diese wurden auf Basis der gesamten in den Rechnungen aufscheinenden Kosten (Vollkosten) ermittelt, wie sie uns von den SWM, die bis Ende 2005 per Vertrag mit der technischen Sachbearbeitung im FES beauftragt waren, übermittelt wurden.

Da Dachdämmungen häufig im Zuge eines Dachausbaus oder umfangreicherer Dachsanierungen mit Neueindeckung vorgenommen werden, betragen die pro m<sup>2</sup> Dachfläche bei der bisher üblichen Bilanzierung als Investitionskosten aufscheinenden Beträge das rd. 2,5-fache der nach der für 2006 verwendeten Systematik ermittelten Investition.

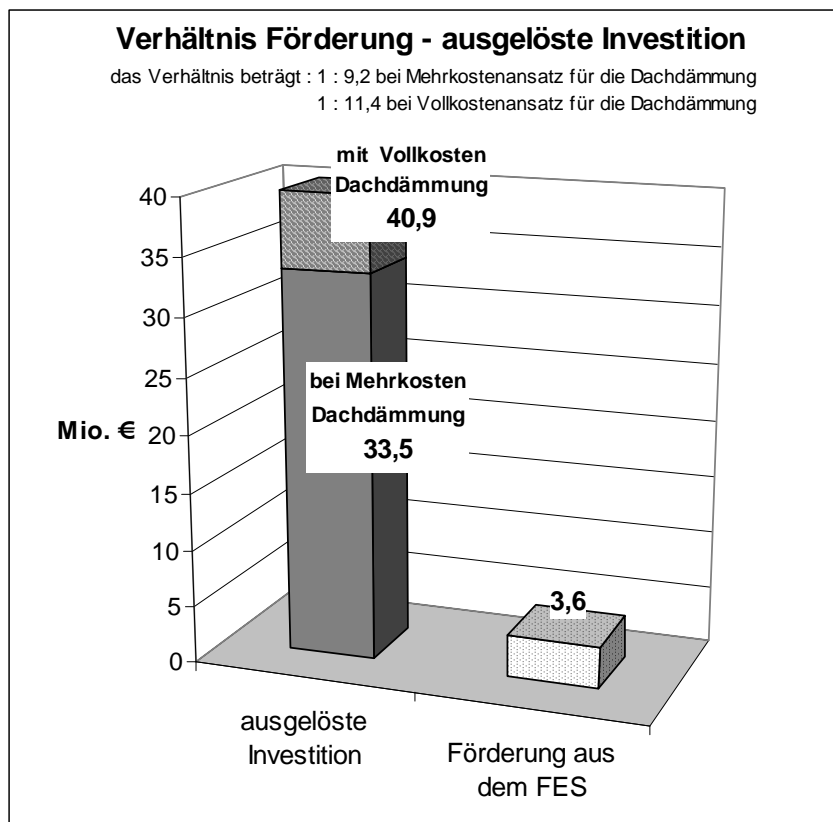


Abb. 3: Verhältnis Förderung zu ausgelöster Investition

Eine regionale Zuordnung der Investitionssumme ist mit vertretbarem Aufwand nicht realisierbar. Trotzdem kann nach Marktbeobachtungen davon ausgegangen werden, dass die Aufträge für die arbeitsintensiven Leistungen (Montage, Wartung) zu einem erheblichen Teil nach München bzw. in die Region gehen. Nach Recherchen des RGU muss inzwischen im Bauinstallations- und Baugewerbe, nicht zuletzt wegen des steigenden Vorfertigungsgrades der eingesetzten Produkte, mit einem Bruttoumsatz je Arbeitsplatz (rd. 122.000 €/Arbeitsplatz) gerechnet werden. Unterstellt man diese Zahl über alle Maßnahmen hinweg, so sind durch die Fördermaßnahmen 2006 ca. 275 (bzw. 335, siehe Anm. <sup>1)</sup> auf der vorhergehenden Seite) Arbeitsplätze geschaffen bzw. erhalten worden. Zum Vergleich mit den Vorjahren muss die dort ebenfalls mit Vollkostenbetrachtung bei der Dachdämmung ermittelte Zahl von 335 Arbeitsplätzen herangezogen werden. Diese liegt um rd. 30% höher als die des Vorjahres. Das zeigt, dass das FES zu einer verlässlichen Sicherung von Arbeitsplätzen in den einschlägigen Branchen beiträgt, indem es eine stetige bis wachsende Nachfrage nach innovativen Techniken bewirkt.

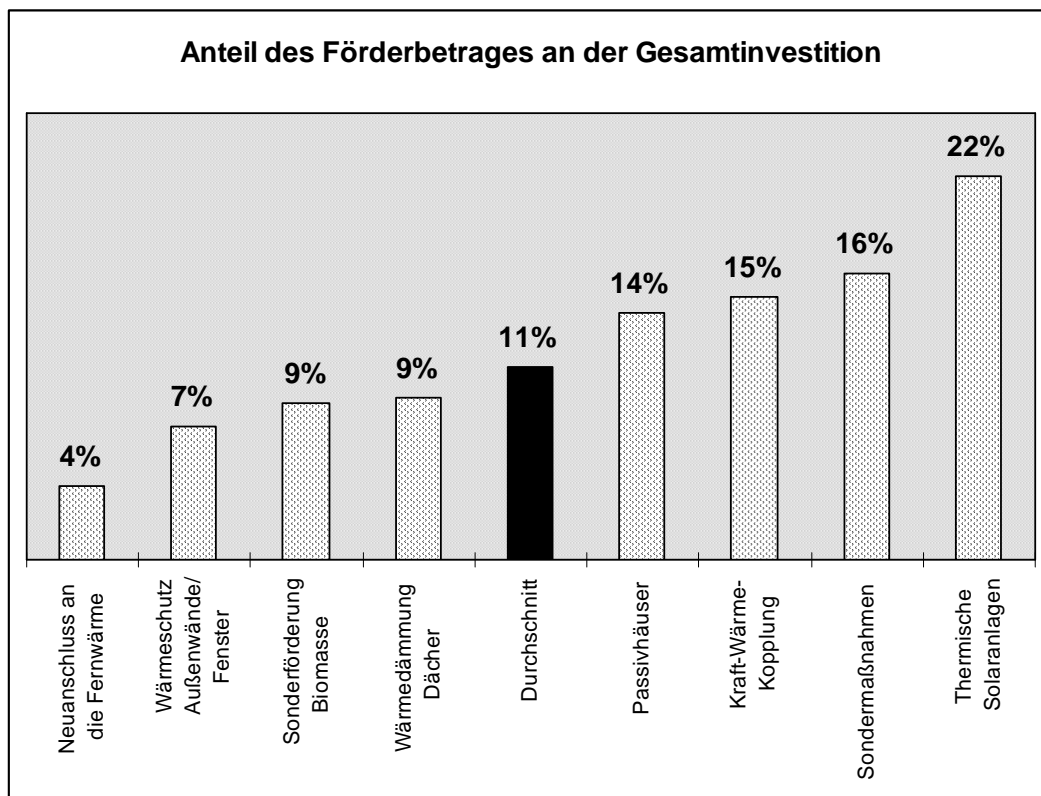


Abb. 4: Anteil des Förderbetrages an der Gesamtinvestition

Die Fördermittel von rd. 3,6 Mio. € stellen (bei dem für die Statistik 2006 verwendeten Mehrkostenansatz bei der Maßnahme „Dachdämmung“) einen Anteil von rd. 11% an den insgesamt getätigten Investitionen von rd. 33,5 Mio. € dar. Die Spannweite reicht dabei von einem Anteil von 4% bis 22%.

Die Investitionskosten im Förderschwerpunkt Wärmedämmung Außenwand/ Fenster ist aus den Summen errechnet, die in den eingereichten Rechnungen zu den Maßnahmen aufscheinen. Diese Summen weisen die Kosten der gesamten Sanierungsmaßnahme aus. Setzt man nur die Mehrkosten an, die durch die Verbesserung des Wärmeschutzes im Zuge einer meist ohnehin fälligen Fassadensanierung entstehen, so ergibt sich auch für diesen Förderschwerpunkt ein Fördersatz um 15%.

## 2.4 Energie- und Emissionseinsparung

In der Statistik für das Antragsjahr 2006 wird wie bereits für die Antragsjahre 2002 bis 2005 die mit den aus dem FES geförderten Maßnahmen erzielte **Primärenergieeinsparung** ausgewiesen. Während die Endenergieeinsparung nur angibt, welche Menge an Endenergie (z.B. Heizöl, Erdgas, Fernwärme, Strom) durch die jeweilige Maßnahme am Anwendungsort eingespart wird, schließt die primärenergiebezogene Bilanzierung auch den Energieverbrauch der Energieträgergewinnung, des Energieträgertransportes sowie der Herstellung, Verarbeitung und Entsorgung der für die Maßnahme benötigten Materialien und Geräte mit ein.

<b>Maßnahme</b> (förderfähig bei Altbauten (A), Neubauten (N))	Endenergie- einsparung [MWh/a]	Primärenergie- einsparung [MWh/a]	Emmissions- einsparung CO <sub>2</sub> [t/a]
Wärmedämmung Dächer (A)	7.337	8.416	1.839
Wärmeschutz Außenwand/ Fenster (A)	14.618	15.124	3.355
Passivhäuser (A, N)	372	237	70
Neuanschluss an die Fernwärme (A, N)	488	5.716	1.505
Kraft-Wärme-Kopplung (A, N)	<sup>2)</sup> - 4	413	89
Thermische Solaranlagen (A, N)	3.379	3.556	694
Sondermaßnahmen (A, N)	154	218	70
Sonderförderung Biomasse (A, N)	0	0	834
<b>Summe</b>	<b>26.344</b>	<b>33.679</b>	<b>8.454</b>

Tab. 3: Energie- und Emissionseinsparung <sup>2)</sup> Erklärung s. Anhang zur Statistik „Kraft-Wärme-Kopplung“

Die im Jahr 2006 geförderten Maßnahmen tragen zu einer jährlichen Primärenergieeinsparung von rd. 33.700 MWh bei.

Dieser Wert und die entsprechenden Teilwerte je Maßnahmenart stellen die Energieeinsparung gegenüber den Referenzfällen 'Verzicht auf die Maßnahme' (thermische Solaranlagen, Wärmedämmung) bzw. 'konventionelle Lösung' (z.B. Niedertemperatur (NT) - Kessel statt Fernwärmeanschluss bzw. Holzpelletkessel, NT-Kessel und Strombezug aus dem öffentlichen Netz bei Kraft-Wärme-Kopplung, Neubau nach Energieeinsparverordnung (EnEV) bei Passivhäusern) dar. Im Einzelfall stehen dahinter Einsparungen bei Strom, Heizöl, Erdgas, aber auch bei Fernwärme (Maßnahmen zur Wärmedämmung an mit Fernwärme versorgten Gebäuden) bzw. Einsparungen an Holzpellets bei Kombination der Holzpelletfeuerung mit einer Solaranlage.

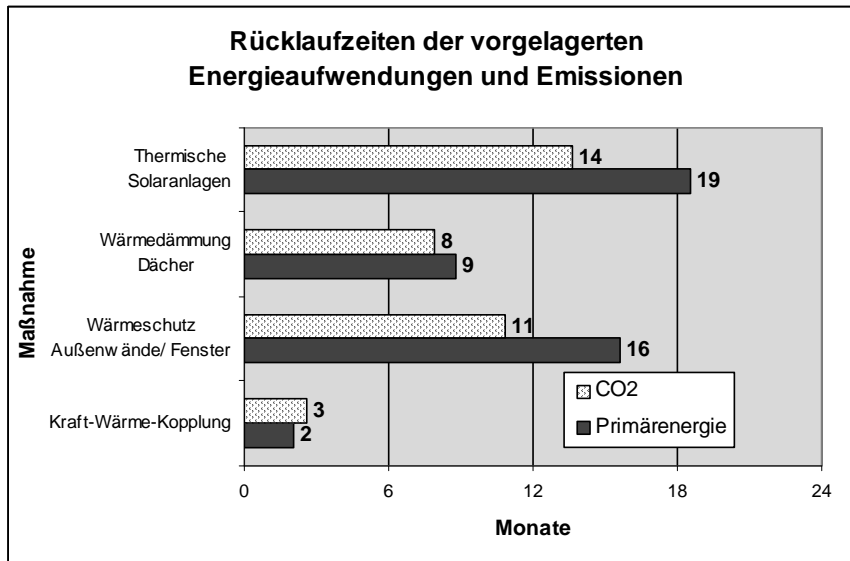
Die mit den durchgeführten Maßnahmen jährlich erzielbare Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen einschließlich vor- und nachgelagerter Prozesse summiert sich über alle Maßnahmen auf rd. 8.500 t/a.

## **2.5 Primärenergetische Bewertung**

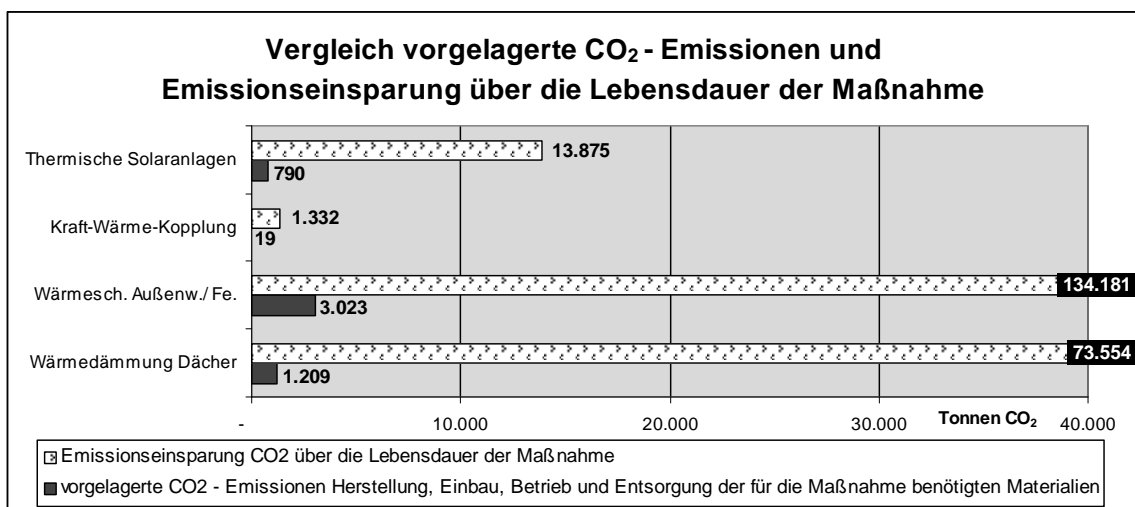
Nähere Erläuterungen zum Verhältnis zwischen der mit den im Jahr 2006 zur Förderung beantragten Maßnahmen erzielten Endenergie- und Primärenergieeinsparung können der Anlage 1 zur Erfolgsstatistik 2006 entnommen werden.

## **2.6 Primärenergie- und CO<sub>2</sub>- Rücklaufzeiten**

Insbesondere in der Diskussion über die mit Wärmeschutzmaßnahmen erzielbaren Energiespar- und Klimaschutzenerfolge wird gelegentlich immer noch die Frage aufgeworfen, ob der Energieaufwand zur Herstellung und Verarbeitung des Dämmstoffes nicht am Ende größer sei, als die durch die Dämmmaßnahme einsparbare Energiemenge. Mit den Angaben und Rechenverfahren aus der auf Seite 2 erwähnten Studie ist es möglich zu ermitteln, wie lange es dauert, bis die energetischen Aufwendungen die zur Herstellung, zum Einbau und zur Entsorgung der Materialien und Geräte, die in den Maßnahmen eingesetzt werden und die dabei entstehenden CO<sub>2</sub>- Emissionen wieder durch die von der Maßnahme bewirkten Einsparungen ausgeglichen sind.

Abb. 5: Primärenergie- und CO<sub>2</sub> - Rücklaufzeiten

Die Abbildung 5 zeigt, dass die Energieaufwendungen und CO<sub>2</sub>-Emissionen, die im Vorfeld durch die Materialherstellung, Transport und Bau der Maßnahme verursacht werden durch die Wirkung der jeweiligen Maßnahme in einem Zeitraum von 2 bis 19 Monaten wieder ausgeglichen sind (Rücklaufzeit). Diese Zeitspannen sind deutlich kürzer als die Lebensdauer von ca. 40 Jahren für Wärmeschutzmaßnahmen und 15 bis 20 Jahren für Heizkessel, BHKW und Solaranlagen. Wie die Abbildung 6 verdeutlicht, übersteigen die während der Lebensdauer der Maßnahmen erzielten CO<sub>2</sub>-Einsparungen die CO<sub>2</sub>-Emissionen durch die Herstellung, Verarbeitung und Entsorgung der für die jeweiligen Maßnahmen verwendeten Materialien um ein Vielfaches.

Abb. 6: vorgelagerte Emissionen und CO<sub>2</sub>-Einsparung während der Lebensdauer der Maßnahme

## 2.7 CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten

Maßnahme (förderfähig bei Altbauten (A), Neubauten (N))	Förderbetrag  [€]	Emissions- einsparung CO <sub>2</sub>		CO <sub>2</sub> – Vermeidungs- kosten  über die Lebens- dauer der Maß- nahme  [€/t]
		jährlich  [t/a]	über die Lebens- dauer der Maßnahme  [t]	
Wärmedämmung Dächer (A)	447.970 €	1.839	73.554	6
Wärmeschutz Außenwand/ Fenster (A)	1.348.682 €	3.355	134.181	10
Passivhäuser (A, N)	58.200 €	70	2.790	21
Neuanschluss an die Fernwärme (A, N)	60.000 €	1.505	30.092	2
Kraft-Wärme-Kopplung (A, N)	31.745 €	89	1.332	24
Thermische Solaranlagen (A, N)	1.569.280 €	694	13.875	113
Sondermaßnahmen (A, N)	40.840 €	70	1.750	23
Sonderförderung Biomasse (A, N)	71.020 €	834	16.680	4
<b>Summe</b>	<b>3.627.737 €</b>	<b>8.454</b>	<b>274.254</b>	<b>13</b>

Tab. 4: CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten bezogen auf den Fördermitteleinsatz

Eine Betrachtung der auf die Förderbeträge bezogenen Vermeidungskosten je t CO<sub>2</sub> ergibt ein sehr heterogenes Bild: das Intervall reicht von 2 € (Neuanschluss an die Fernwärme) bis zu 113 € (Thermische Solaranlagen). Die durchschnittlichen förderbetrags-bezogenen CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten des FES lagen bei 13 €/t.

Dieser Wert liegt auch im Bereich der gehandelten Emissionsrechte. Damit stellt das FES eine kostengünstige Maßnahme zur CO<sub>2</sub>-Minderung dar, die darüber hinaus auch die regionale Wirtschaft stärkt.

In den folgenden Betrachtungen werden die für die Energiesparmaßnahmen getätigten Investitionen den Energie- und Emissionseinsparungen gegenübergestellt. Dabei ist zu beachten, dass beim Förderschwerpunkt Wärmeschutz Außenwände / Fenster die Gesamtkosten der Fassadensanierung aufscheinen. Für die Wärmedämmung Dächer wurden hier, abweichend von der Darstellung in den Vorjahren, nur die Kosten für Material und Einbau der Dämmschicht, sowie ggf. erforderlicher Dichtungsbahnen und Schalungen (Mehrkostenansatz) als Investitionskosten erfasst. Bei Mehrkostenbetrachtung ergibt sich für die Wärmeschutzmaßnahmen „Außenwände / Fenster“ in etwa der gleiche Wert wie für die Dachdämmung dargestellt.

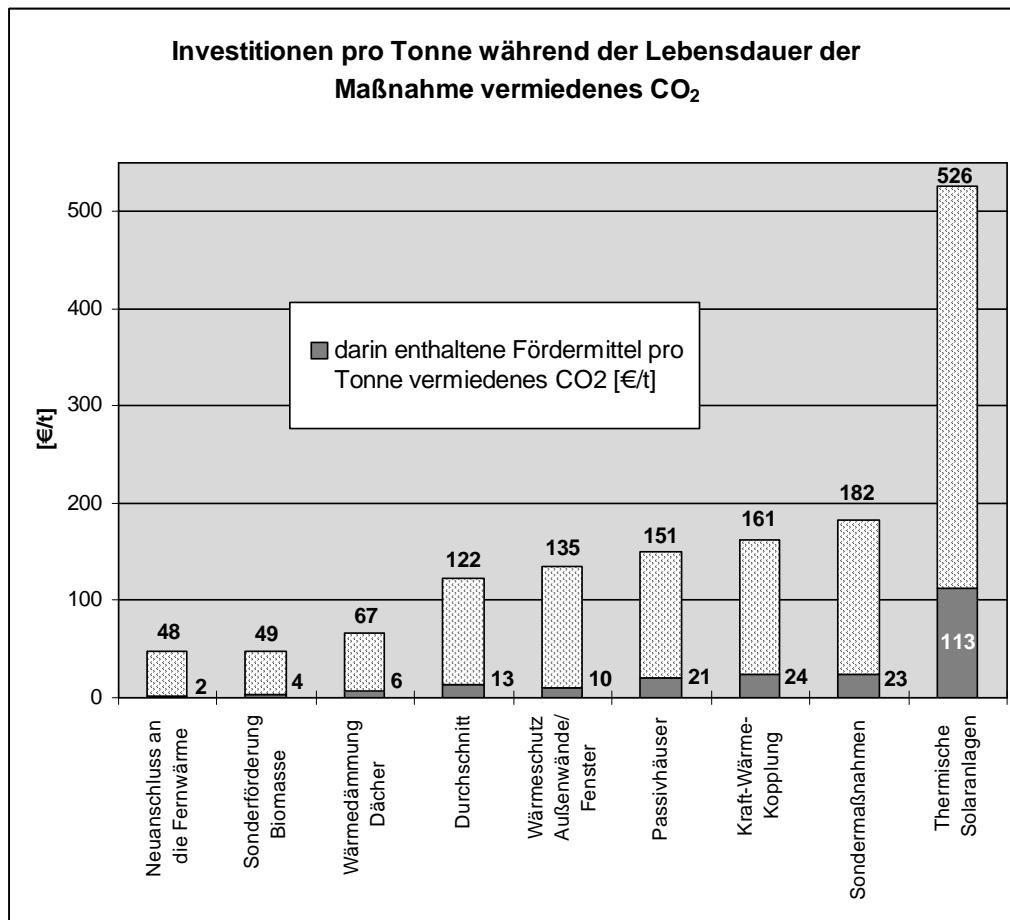


Abb. 7: CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten bezogen auf die Investitionssummen

Die Grafik zeigt die Kosten, die dem Träger einer Energiesparmaßnahme pro Tonne während der Lebensdauer der Maßnahme vermiedenes CO<sub>2</sub> entstehen. Anders als entsprechende in der Fachliteratur kursierende Zahlen, die häufig in „billigeren“ Regionen der Bundesrepublik ermittelt wurden, geben diese, aus den im FES zur Förderung beantragten Maßnahmen ermittelten, Werte die konkrete Kostensituation in München wieder. Die Bandbreite erstreckt sich dabei von unter 50 €/t<sub>CO2</sub> bei den im Jahr 2006 geförderten Neuanschlüssen an die Fernwärme und Holzpelletfeuerungen bis 526 €/t<sub>CO2</sub> bei Solaranlagen. Der graue Teil der Balken gibt dabei den Anteil der Investitionskosten an, der bei der jeweiligen Maßnahme durch die Förderung aus dem FES von der LHM übernommen wurde. Die durchschnittlichen investitionsbezogenen CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten der im Jahr 2006 im FES zur Förderung beantragten Maßnahmen lagen bei 122 €/t.

Die für Wärmeschutzmaßnahmen an Außenwänden und Fenstern dargestellten Werte sind aus den Summen errechnet, die in den eingereichten Rechnungen zu den Maßnahmen aufscheinen. Diese Summen weisen die Kosten der gesamten Sanierungsmaßnahme aus. Setzt man nur die Mehrkosten an, die durch die Verbesserung des Wärmeschutzes im Zuge einer meist ohnehin fälligen Fassadensanierung entstehen, so

ist mit einem Wert von ca. 70 €/t<sub>CO2</sub> zu rechnen. Dieser Wert entspricht in etwa dem für die Dachdämmungen ermittelten Wert von 67 €/t<sub>CO2</sub>, bei denen für das Antragsjahr 2006 nur die Kosten für Material und Einbau der Dämmschicht, sowie ggf. erforderlicher Dichtungsbahnen und Schalungen (Mehrkostenansatz) als Investitionskosten erfasst wurden.

Die berechneten CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten beziehen sich in der Regel auf die in der Studie „Möglichkeiten kommunaler CO<sub>2</sub>-Minderungsmaßnahmen“ angegebenen Lebensdauer der jeweiligen Maßnahmen. Für Wärmedämmungsmaßnahmen betragen diese durchschnittlich 40 Jahre. Für Fernwärmeübergabestationen wurden 20 Jahre angegeben, für KWK-Anlagen 15 Jahre. Für thermische Solaranlagen wurden 20 Jahre angesetzt.

## 2.8 Anteil der Maßnahmenarten an der erzielten CO<sub>2</sub>-Emissionsminderung

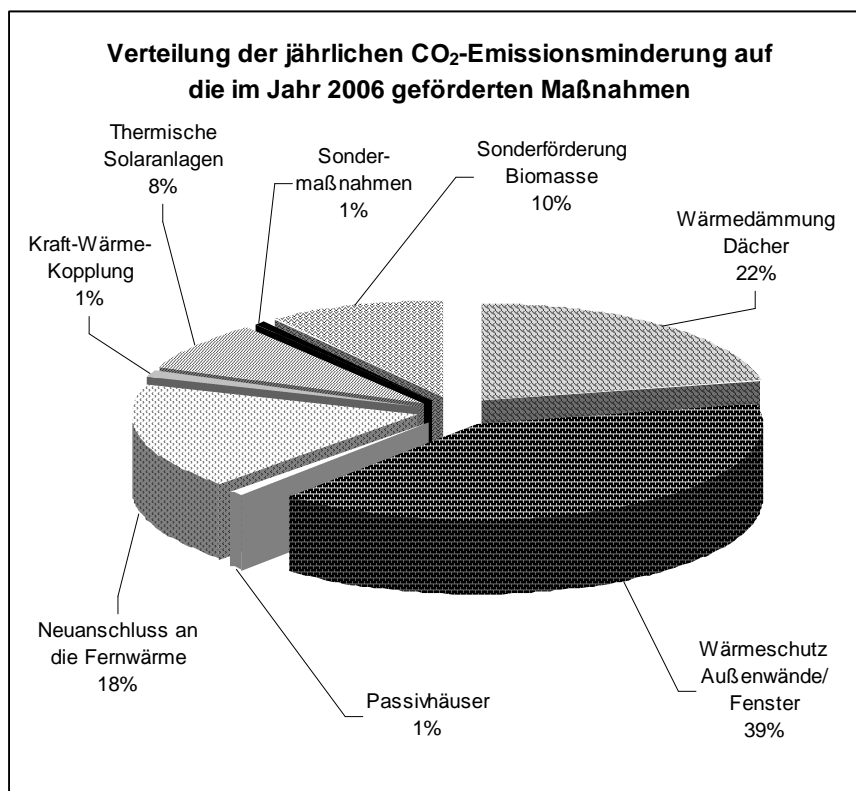


Abb. 8: Verteilung der Emissionsminderung auf die Maßnahmen

Mehr als 60% der mit den 2006 FES - geförderten Maßnahmen **jährlich** erzielten CO<sub>2</sub>-Einsparungen entfällt auf Wärmeschutzmaßnahmen, einschließlich der Passivhäuser. Der Rest verteilt sich wieder hälftig auf Maßnahmen zur effizienten Energiebereitstellung wie Fernwärmeanschluss und KWK, sowie auf solche zur regenerativen Energiegewinnung, wie Thermische Solaranlagen und Energiegewinnung aus Biomasse.

Wärmeschutzmaßnahmen haben mit üblicherweise 40 Jahren eine höhere Lebensdauer als versorgungstechnische Maßnahmen (15 Jahre für BHKW-Anlagen, 20 Jahre für Heizungstechnik und Solaranlagen). Wegen der höheren Lebensdauer erzielen die Wärmeschutzmaßnahmen in der **kumulierten**, d.h. auf die gesamte Lebensdauer der jeweiligen Maßnahmen bezogenen Betrachtung der Emissionsminderung mit rd. 77% einen noch größeren Anteil als in der obigen, auf ein Jahr bezogenen Darstellung.

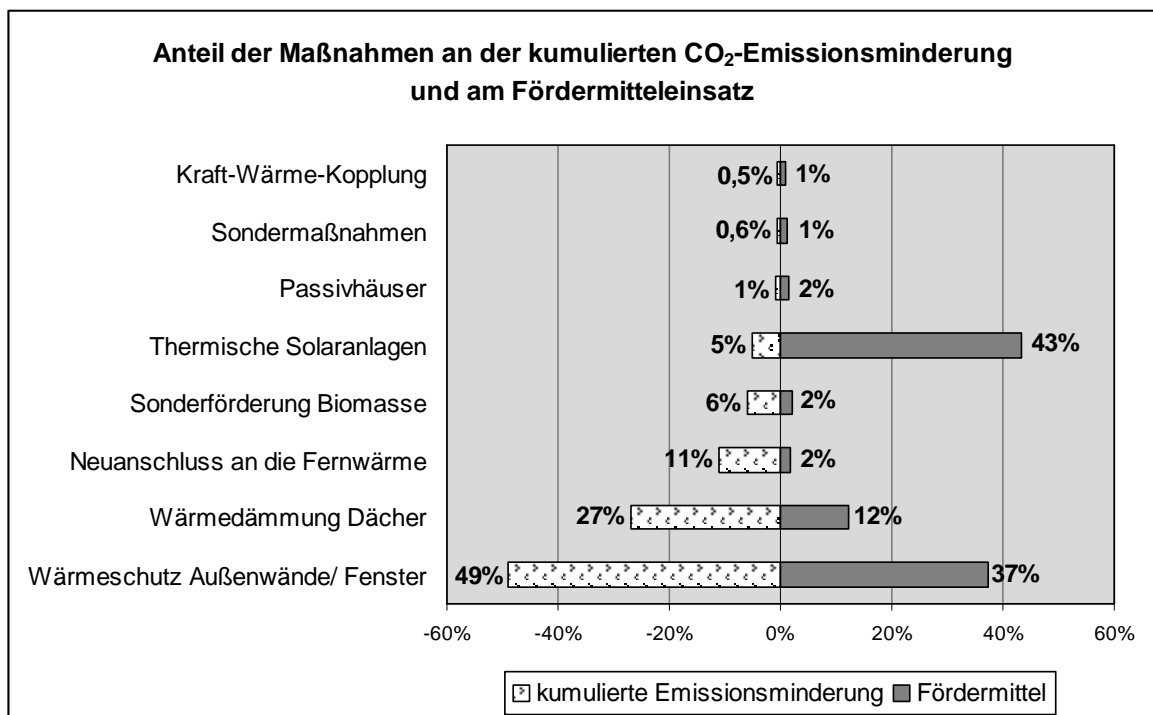


Abb. 9: kumulierte CO<sub>2</sub>-Reduktion und Fördermittel

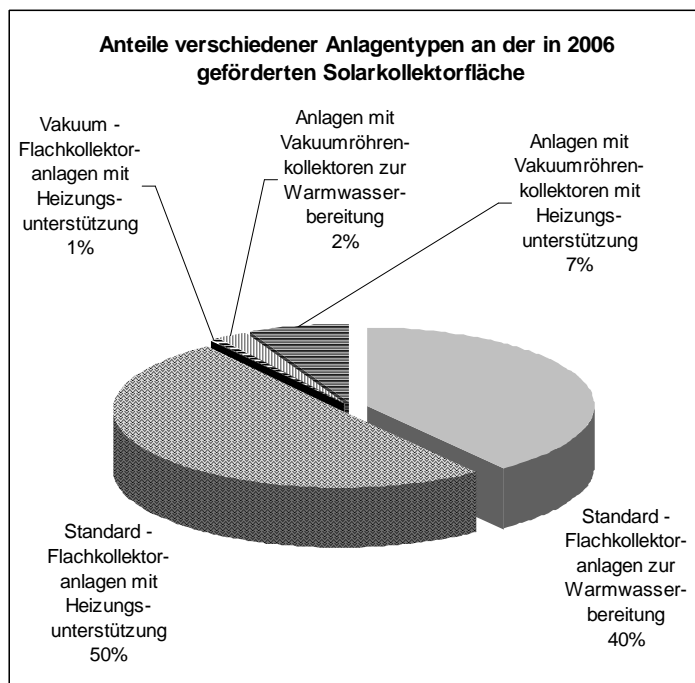
Die Abbildung 9 zeigt, welchen Anteil die jeweiligen Förderschwerpunkte für die im Jahr 2006 geförderten Maßnahmen an der gesamten, über die angesetzte Lebensdauer der Einzelmaßnahmen erreichbaren CO<sub>2</sub>-Einsparung haben. Dem steht der Anteil an der Fördersumme von rd. 3,6 Mio. € gegenüber, der für die jeweiligen Förderschwerpunkte im Jahr 2006 ausgegeben wurde.

Gewarnt werden muss allerdings vor einer Auspielung der verschiedenen Reduktionsmöglichkeiten gegeneinander, da eine zukunftsfähige Energieversorgung langfristig auf einem vielfältigen Mix von Energietechnologien aufbauen muss, wenn man Abhängigkeiten vermeiden und Risiken streuen will.

## 2.9 Spezifische Investitionskosten für die Maßnahmen

Maßnahme (förderfähig bei Altbauten (A), Neubauten (N))	gefördert	spezifische Investitionskosten
Wärmedämmung Dächer (A)	68.363 m <sup>2</sup> Dachfläche	72 €/m <sup>2</sup>
Wärmedämmung Außenwand/ Fenster (A)	130.381 m <sup>2</sup> Außenfläche	139 €/m <sup>2</sup>
Passivhäuser (A, N)	3.692 m <sup>2</sup> Wohnfläche	114 €/m <sup>2</sup>
Neuanschluss an die Fernwärme (A, N)	115.148 m <sup>2</sup> Wohn-/Gewerbefläche	13 €/m <sup>2</sup>
Kraft-Wärme-Kopplung (A, N)	49 kW elektrische Leistung	4.361 €/kW <sub>el</sub>
Thermische Solaranlagen (A, N)	7.072 m <sup>2</sup> Absorberfläche	1.031 €/m <sup>2</sup>
Sondermaßnahmen (A, N)	3.107 m <sup>2</sup> Wohnfläche	82 €/m <sup>2</sup>
Sonderförderung Biomasse (A, N)	1.203 kW Kesselleistung	675 €/kW

Tab. 5: Absolute Zahlen und spezifische Investitionskosten



Von den 7.072 m<sup>2</sup> Kollektorfläche, die im Jahr 2006 mit Unterstützung aus dem FES errichtet wurden, dienen 42% alleine der Warmwasserbereitung, bei 58% unterstützt die Solaranlage in der Übergangszeit auch die Heizung. Der Anteil der Solaranlagen, die alleine der Warmwasserbereitung dienen ist damit von 69% im Jahr 2004 über 57% im Jahr 2005 weiter auf den für 2006 festgestellten Anteil von 42% an der geförderten Gesamtfläche gesunken.

Abb. 10: Zusammensetzung der geförderten Absorberfläche

Damit setzt sich der schon im Vorjahr beobachtete Trend fort, Solaranlagen zunehmend so zu dimensionieren, dass sie auch zur Heizungsunterstützung dienen.

Die spezifischen Investitionskosten bei Solaranlagen bewegten sich im Bereich von durchschnittlich rd. 920 €/m<sup>2</sup> Absorberfläche bei Flachkollektoranlagen mit Heizungsunterstützung bis durchschnittlich rd. 1.920 €/m<sup>2</sup> Absorberfläche bei Anlagen zur Warmwasserbereitung mit Vakuum-Röhrenkollektoren.

## **2.10 Amortisationszeit ausgewählter Maßnahmen**

Ausgehend von den im vorhergehenden Abschnitt aufgelisteten spezifischen Investitionskosten für die im Jahr 2006 geförderten Maßnahmen und den für diese Maßnahmen berechneten Energieeinsparungen wird hier für die drei häufigsten Maßnahmen dargestellt, nach welcher Zeit die Investitionen durch die mit den Maßnahmen erzielten Energiekosteneinsparungen wieder ausgeglichen sind.

Dabei ist zu beachten, dass die Amortisationszeit der Maßnahmen von weiteren Parametern beeinflusst wird. Diese sind der Darlehenszins, die Laufzeit des Darlehens, die Energiepreissteigerung und die Inflationsrate. Die Energiepreise sind in den letzten drei Jahren wesentlich stärker gestiegen, als im Mittel der vorangegangenen Jahre. Die weitere Prognose ist schwierig. Daher zeigen die folgenden Grafiken, wie sich die Amortisationszeit der Maßnahmen in Abhängigkeit von der angenommenen Energiepreissteigerung verändert. Die Berechnungen, deren Ergebnisse in den nachfolgenden Grafiken dargestellt sind, beruhen auf einem Darlehenszins von 5% (als Mittelwert aus üblichen Marktzinsen und KfW-Kredit), einer Laufzeit des Darlehens von 15 Jahren mit Tilgung ab dem ersten Jahr. Weiterhin wird davon ausgegangen, dass der Darlehenszins von 5% nur für die ersten 10 Jahre gilt. Für die Inflationsrate und den Darlehenszins nach Ablauf der ersten 10 Jahre werden folgende Annahmen getroffen. Die allgemeine Inflationsrate beträgt 40% der Energiepreissteigerungsrate, der Darlehenszins für die Restschuldtilgung ab dem 11. Jahr beträgt das dreifache der allgemeinen Inflationsrate.

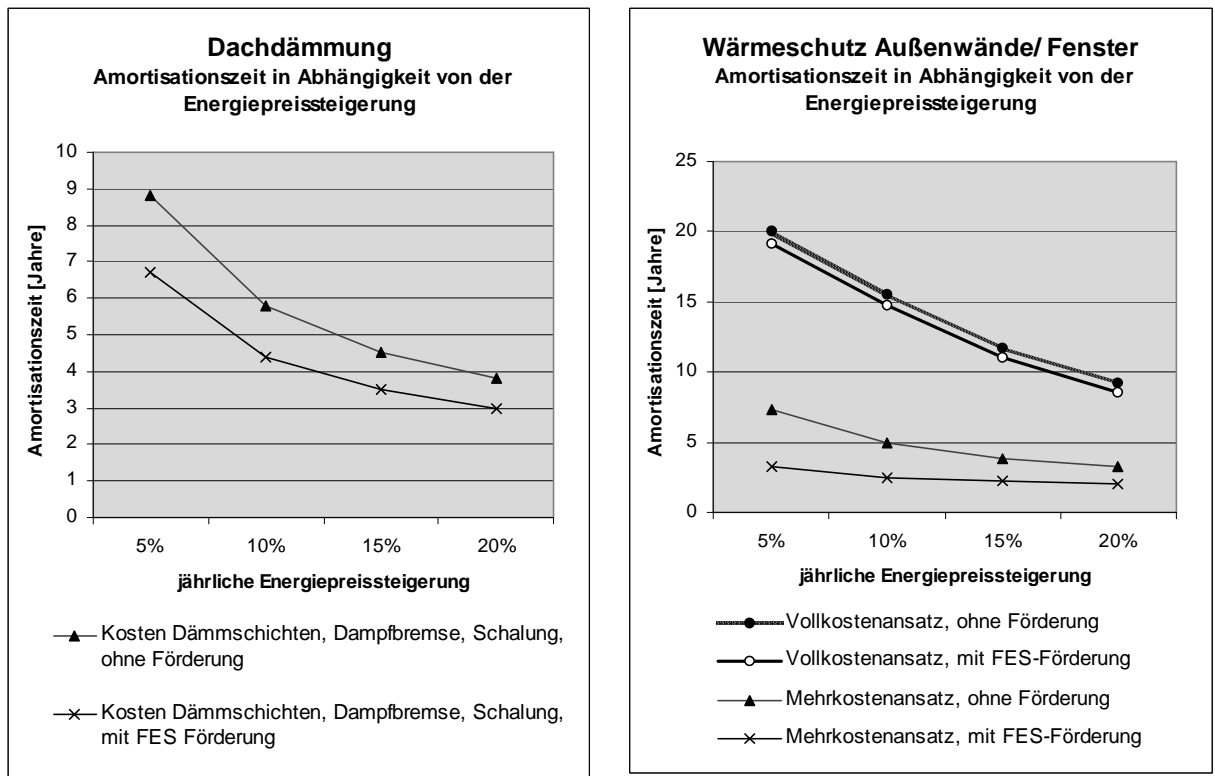


Abb. 11: Amortisationszeit Wärmeschutzmaßnahmen

Aus Abbildung 11 ist ersichtlich, dass sich Wärmeschutzmaßnahmen an Außenwänden und Fenstern im Durchschnitt selbst bei Vollkostenbetrachtung, also einschließlich Baustelleneinrichtung, Neuverputz und Neuanstrich bereits bei einer angenommenen Energiepreissteigerung von jährlich 5% vor Erreichen ihrer Lebensdauer von ca. 40 Jahren amortisieren. Unter Berücksichtigung des Umstandes, dass Fassadendämmungen nur Zusatzkosten von überschlägig ca. 70 € je m<sup>2</sup> Bauteilfläche bei ohnehin nötigen Fassadensanierungen verursachen, reduzieren sich die Amortisationszeiten der 2006 geförderten Wärmeschutzmaßnahmen an Außenwänden und Fenstern bezogen auf diese Mehrkosten und einschließlich der Förderung aus dem Förderprogramm Energieeinsparung auf Werte von unter 5 Jahren. Bei den Dachdämmungen, für die im Jahr 2006 nur die Mehrkosten für Material und Einbau der Dämmschicht, sowie ggf. erforderliche Dichtungsbahnen und Schalungen der häufig im Zuge eines Dachausbaus bzw. einer umfangreichen Dachsanierung vorgenommenen Dachdämmungen betrachtet wurden, liegen die Amortisationszeiten einschließlich der Förderung aus dem Förderprogramm Energieeinsparung bei unter 7 Jahren. Dies für angenommene Energiepreissteigerungen von nur 5% jährlich. Bei einem Anhalten der Preissteigerungsraten von ca. 20% jährlich, wie sie in letzter Zeit mitunter für Heizöl und Erdgas zu beobachten waren, können die Mehrkosten einer Fassaden- oder Dachdämmung in noch kürzerer Zeit amortisiert werden.

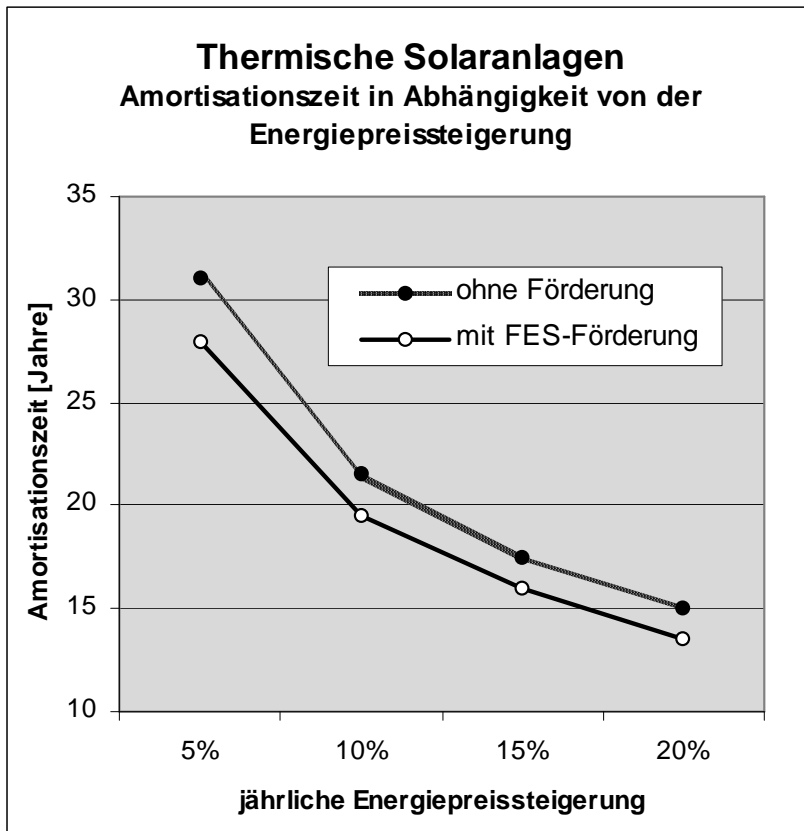


Abb. 12: Amortisationszeit Thermische Solaranlagen

Anders stellt sich die Situation bei thermischen Solaranlagen dar. Hier ist auf Grund der in Bezug auf die erzielbare Energieeinsparung höheren Investition und wegen der gegenüber den Wärmeschutzmaßnahmen geringeren technischen Lebensdauer von ca. 20 Jahren erst ab einer Energiepreissteigerung von mindestens 10% jährlich mit einer Amortisation der aus dem FES geförderten Anlage innerhalb ihrer durchschnittlichen technischen Lebensdauer zu rechnen.

## 2.11 Die kumulative Wirkung des FES

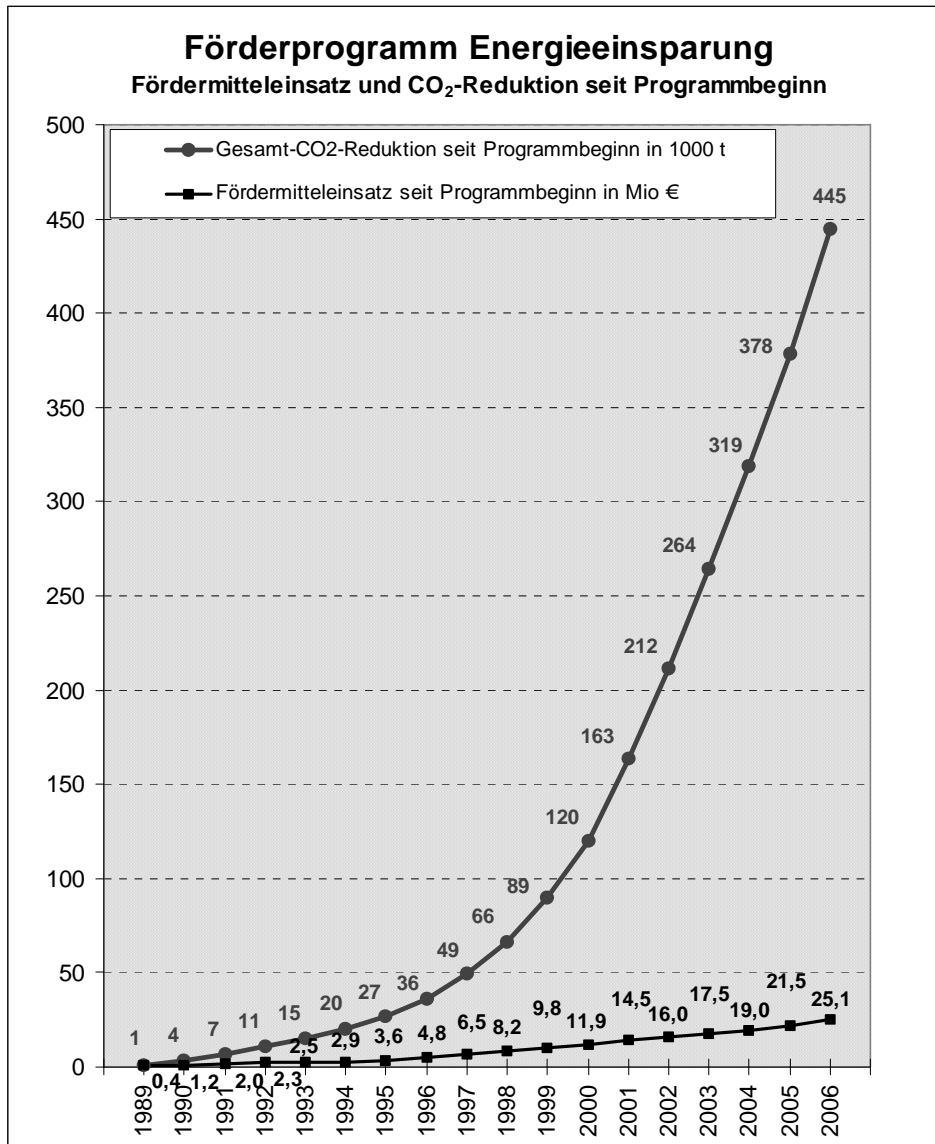


Abb. 13: kumulative Wirkung des FES

Der einmalige Einsatz von Fördermitteln aus dem FES bewirkt Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparungen, die nicht nur im Jahr der Förderung, sondern über die gesamte Lebensdauer der geförderten Maßnahme wirksam bleiben. Somit wird, wie die Grafik zeigt, mit einer - in etwa - linearen Wachstumsrate bei der Fördersumme eine exponentiell zunehmende Klimaschutzwirkung erzielt. Das FES stellt so ein sehr effizientes Instrument der städtischen Klimaschutzpolitik dar.

## Anhang Primärenergetische Bewertung

Um die Wirksamkeit einer Klimaschutzmaßnahme richtig beurteilen zu können, ist es letztlich nötig, nicht nur die „Vor – Ort“ erzielte Verbrauchsminderung - die **Endenergieeinsparung** - bei den jeweiligen Endenergieträgern (Heizöl, Erdgas, Strom und Fernwärme) zu betrachten. Die primärenergiebezogene Bilanzierung berücksichtigt, dass zum einen jeder Endenergieträger bereits vor seiner Anwendung in unterschiedlichem, jeweils spezifischem Maß Energieaufwendungen und CO<sub>2</sub>-Emissionen für seine Gewinnung und Weiterleitung zum Verbraucher verursacht. Bei Heizöl und Erdgas ist der Primärenergieaufwand z. B. rd. 1,1 mal so hoch wie die Endenergieabnahme des Verbrauchers. Andererseits wird aber auch für die Herstellung, Verarbeitung und Entsorgung der für die jeweiligen Maßnahmen verwendeten Materialien und Geräte Energie eingesetzt und CO<sub>2</sub> ausgestoßen. Die in der Tabelle 3 angegebene jährliche **Primärenergieeinsparung** ist das Ergebnis einer Verrechnung aller durch eine Maßnahme während ihrer Lebensdauer verursachten, auf den Primärenergieaufwand rückgerechneten Energieaufwendungen (Herstellung, Verarbeitung, Betrieb, Entsorgung), dem sogenannten kumulierten Energieaufwand (KEA), mit dem, wiederum auf Primärenergie rückgerechneten Energieaufwand, der ohne die Maßnahme am gleichen Objekt im gleichen Zeitraum entstanden wäre.

In der Summe aller im Jahr 2006 aus dem FES geförderten Maßnahmen ist die Primärenergieeinsparung rd. 1,3 mal so hoch wie die vor Ort erzielte Endenergieeinsparung. Das Verhältnis zwischen den end- und primärenergiebezogenen Effekten der einzelnen Maßnahmen ist jedoch sehr verschieden. Im folgenden werden die Gründe dafür für jede Maßnahme im Einzelnen dargestellt.

Bei den reinen Wärmeschutzmaßnahmen **Wärmedämmung Dächer** und **Wärmeschutz Außenwand/Fenster** bildet das Verhältnis Primärenergie zu Endenergieeinsparung mit einem Wert von durchschnittlich 1,07 in etwa die vorgelagerten Aufwendungen für die Gewinnung und den Transport der zur Beheizung der Gebäude eingesetzten Energieträger ab. Der Aufwand, der bei Herstellung, Transport, Verarbeitung und Entsorgung der verwendeten Materialien entsteht, fällt wegen der langen Nutzungsdauer der Maßnahmen (durchschnittlich rd. 35 - 40 a) auf ein Jahr der Nutzungsdauer rückgerechnet wenig ins Gewicht.

Bei den **Thermischen Solaranlagen** liegt das Verhältnis zwischen der Primärenergieeinsparung und der Endenergieeinsparung im Durchschnitt der betrachteten Fälle mit 1,05 etwas unter dem bei den Wärmeschutzmaßnahmen genannten Wert. Die vorgelagerten Aufwendungen zur Herstellung sind hier höher als bei den Wärmeschutzmaßnahmen. Zudem entsteht beim Betrieb der Solaranlage ein begleitender Energieaufwand für den Betrieb der Solarkreispumpe und – regelung. Bei einer, verglichen mit Wärmeschutzmaßnahmen kurzen, mit 20 a angesetzten Nutzungsdauer gleicht sich, vor allem bei Anlagen für Gebäude mit lediglich ein oder zwei Wohneinheiten, der vorgelagerte und begleitende Energieaufwand mit den vermiedenen vorgelagerten Aufwendungen der eingesetzten Endenergieträger meist weitgehend aus. Günstiger sieht es bei Anlagen zur solaren Vorwärmung des Trinkwarmwassers in Mehrfamilienhäusern aus. Diese sind in der Regel so dimensioniert, dass die ganze vom Solarkollektor gelieferte Wärme an das Warmwassersystem abgeführt werden kann und auch im Sommer keine über Temperaturbedingten Stillstandsphasen auftreten. Die flächenspezifische Energieausbeute dieser Anlagen ist somit höher als die der auf andere Zielsetzungen hin ausgelegten Anlagen für kleinere Gebäude.

Unter allen Maßnahmen erzielt die Umstellung der Wärmeversorgung auf **Fernwärme** die höchste Primärenergieeinsparung je eingesparter Kilowattstunde (kWh) Endenergie. Hier werden je eingesparter kWh Endenergie etwa 12 kWh Primärenergieeinsatz vermieden. Auf den ersten Blick erscheint es jedoch verwunderlich, weshalb bei der Umstellung der Wärmeversorgung auf Fernwärme eine gegenüber der Endenergieeinsparung etwa zwölfmal höhere Primärenergieeinsparung erzielt wird. Die Erklärung liegt darin, dass die Endenergieeinsparung lediglich durch den gegenüber dem Jahresnutzungsgrad eines Niedertemperaturkessels (Referenzsystem) um rd. 2% besseren Jahresnutzungsgrad einer Fernwärmeübergabestation bedingt ist, also rd. 2% der gesamt umgesetzten Endenergiemenge beträgt. Der Primärenergiebedarf eines mit Heizöl oder Erdgas betriebenen Heizsystems liegt wegen der vorgelagerten Aufwendungen rd. 12% höher als der am Anwendungsort entstehende Umsatz am jeweiligen Endenergieträger. Ein Teil der Münchner Fernwärme wird in einem Kraft-Wärme-Kopplungsprozess (KWK) als „Abfallprodukt“ der Stromerzeugung erzeugt. Die Primärenergieaufwendungen werden dabei in dem Umfang, in dem sie zur Erzeugung der

gleichen Strommenge in einem nur der Stromerzeugung dienenden Kraftwerk angefallen wären, dem Produkt „Strom“ zugeordnet. Beim Produkt „Fernwärme“ aus KWK- Anlagen ist so der anrechenbare Primärenergieeinsatz für die Fernwärme nur etwa halb so hoch, wie die als Dampf oder Heißwasser bereitgestellte Endenergiemenge. Bei Fernwärmebereitstellung aus reinen Heizwerken liegt der Primärenergieaufwand dagegen rd. 40% höher als die bereitgestellte Endenergiemenge. Wegen des hohen KWK- Anteils der Münchner Fernwärmeversorgung ergibt sich mit den aus der der primärenergetischen Bewertung zu Grunde gelegten Studie entnommenen Zahlen für die Fernwärme ein Primärenergieaufwand, der durchschnittlich 15% unter der bereitgestellten Endenergiemenge liegt. Die Primärenergieeinsparung errechnet sich aus:  $(\text{Endenergieaufwand für ein Heizsystem mit NT-Kessel} \times 1,12) - (\text{Endenergieaufwand für ein Heizsystem mit Fernwärmeübergabestation} \times 0,85)$  {<sup>\*)</sup>: Endenergieaufwand für ein Heizsystem mit NT-Kessel  $\times 0,98$ } und ist damit wesentlich höher als die Endenergieeinsparung.

In Gebäuden mit Heizzentrale mit einer Anlage zur **Kraft-Wärme-Kopplung** (BHKW) und Deckung der Wärmelastspitzen durch einen Niedertemperatur (NT)- Kessel kann der Endenergieverbrauch in Form der zum Betrieb der BHKW- Heizzentrale eingesetzten Energieträger (z.B. Erdgas, Heizöl, Flüssiggas) sowohl höher als auch niedriger sein, als das bei Bereitstellung der gleichen Menge Heizwärme nur mit dem NT-Kessel und dem Bezug der vom BHKW erzeugten Strommenge aus dem öffentlichen Stromnetz der Fall wäre.

Ob der Endenergieverbrauch höher oder niedriger liegt als der Primärenergieverbrauch hängt vom Verhältnis zwischen elektrischer und thermischer Leistung des BHKW und den elektrischen und thermischen Wirkungsgraden des jeweiligen BHKW ab. Ein Mehrverbrauch, wie er bei BHKW mit stromseitig optimierten Leistungs- und Wirkungsgradverhältnissen auftreten kann, erklärt sich folgendermaßen: Im Fall der Heizzentrale mit BHKW wird der Erzeugungsort des Endenergieträgers Strom in die betrachteten Gebäude (Bilanzrahmen für Endenergieumsatz) verlagert. Aber auch die Verluste dieser lokalen Stromerzeugung (Abwärme) fallen nun am Endverbrauchsstandort an und können, anders als bei der Stromerzeugung in konventionellen, weiter entfernten Kraftwerken als Heizenergie für die Gebäude genutzt werden. Der auf Primärenergie rückgerechnete Gesamt- Energieaufwand ist daher bei dezentraler, gekoppelter Strom- und Wärmeerzeugung auch bei stromseitig optimierten Anlagen geringer als bei konventioneller, getrennter Strom- und Wärmeerzeugung. Durch die gekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung wird so für die Bereitstellung der gleichen Menge Nutzenergie (Wärme und Strom) für die 9 Gebäude (einschließlich der 2 als Sondermaßnahme geförderten Pflanzenöl-BHKW, deren Anteil an der Endenergieeinsparung / Primärenergieeinsparung des Bereichs Sondermaßnahmen 7 MWh/a / 61 MWh/a beträgt), die im Jahr 2006, unterstützt aus Mitteln des FES, mit einer BHKW- Heizzentrale ausgestattet wurden, trotz einer vernachlässigbaren Endenergieeinsparung durchschnittlich 19% weniger Primärenergie verbraucht als bei konventioneller Heizung und anderweitiger Erzeugung des vom BHKW gelieferten Stroms.

Für die als **Sondermaßnahmen** geförderten Wärmeschutzmaßnahmen gelten die bei den für die regulären Wärmeschutzmaßnahmen getroffenen Aussagen.

Für die als Sondermaßnahmen bzw. als **Sonderförderung Biomasse** geförderten Holzpelletfeuerungen werden nur CO<sub>2</sub>-Einsparungen, keine Energieeinsparungen angerechnet.

Biogene Brennstoffe setzen bei ihrer Verbrennung nur die CO<sub>2</sub>-Menge frei, die beim Wachstum der Pflanzen in der Biomasse gebunden wurde. Insofern sind bei Holzpelletfeuerungen und bei mit Pflanzenöl betriebenen BHKW, anders als bei den Referenz-Energieträgern Heizöl und Erdgas, nur die (vorgelagerten) CO<sub>2</sub>-Emissionen anzusetzen, die bei der Herstellung und beim Transport dieser Energieträger anfallen.

Der Nutzungsgrad von Holzpellettheizkesseln unterscheidet sich hingegen nicht von dem von Niedertemperaturkesseln für Heizöl oder Erdgas. Im Durchschnitt wird daher durch den Umstieg auf Holzpellets als Brennstoff keine Endenergieeinsparung erzielt. Hinsichtlich der vorgelagerten Aufwendungen für Herstellung und Transport der Holzpellets liegen uns noch keine näheren Angaben vor. Da die GEMIS (Gesamtemissionsmodell integrierter Systeme) Daten für den Brennstoff Holzpellets geringere vorgelagerte Emissionen ausweisen, als für Heizöl oder Erdgas, gehen wir näherungsweise davon aus, dass auch die vorgelagerten Energieaufwendungen nicht höher sind als bei Heizöl oder Erdgas. Insofern wird für den Einsatz von Holzpellets keine Primärenergieeinsparung