

Einzel- und gesamtwirtschaftliche Analyse von Kosten- und Nutzenwirkungen des Ausbaus der Erneuerbaren Energien im Strom- und Wärmemarkt

Untersuchung im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

## **Methodische Ansätze zur Analyse der Kosten- und Nutzenwirkungen des Ausbaus Erneuerbarer Energien im Wärmebereich**

Autoren:

Barbara Breitschopf, Jan Steinbach, Mario Ragwitz, Dorothea Hauptstock, *Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI), Karlsruhe*

Jochen Diekmann, *DIW Berlin*

Juri Horst, *IZES Saarbrücken*

Ulrike Lehr, *GWS Osnabrück*

Projektpartner:

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI), Karlsruhe

Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung mbH (GWS), Osnabrück

Institut für ZukunftsEnergieSysteme (IZES), Saarbrücken

Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW Berlin), Berlin

Stand: 28. November 2011



---

# Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>IV</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>VI</b>
<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>1</b>
<b>1 Zielsetzung und Aufbau des Berichts .....</b>	<b>8</b>
<b>2 Bedeutung und Besonderheiten des Bereichs Wärme.....</b>	<b>12</b>
2.1 Bedeutung des Wärmebereichs und der Erneuerbaren Energien.....	12
2.2 Besonderheiten des Wärmebereichs.....	15
<b>3 Methodische Ansätze und Datengrundlage.....</b>	<b>21</b>
3.1 Grundlagen der Bilanzierung .....	21
3.2 Ansätze zur Abschätzung der Wärmeerzeugungskosten durch Erneuerbare Energien und Umweltwirkungen .....	23
3.3 Theoretische Diskussion zur Zahlungsbereitschaft für Wärme aus Erneuerbaren Energien.....	25
<b>4 Systemanalytische Kosten- und Nutzenwirkungen .....</b>	<b>28</b>
4.1 Systemanalytische Differenzkosten .....	28
4.1.1 Differenzkosten der gesamten Wärmeerzeugung durch Erneuerbare Energien.....	31
4.1.1.1 Allgemeine Darstellung .....	31
4.1.1.2 Erfassung von Biomasse-Einzelfeuerstätten in den Differenzkosten .....	32
4.1.2 Differenzkosten der MAP-finanzierten Wärmeerzeugung durch Erneuerbare Energien.....	37

---

4.1.3	Differenzkosten des EEWärmeG im Neubau .....	38
4.1.4	Fazit.....	39
4.2	Transaktionskosten .....	39
4.3	Weitere Wärmeausbaukosten .....	40
4.4	Vermiedene Umweltschäden.....	41
4.4.1	Vermiedene Umweltschäden des gesamten Ausbaus Erneuerbarer Energien im Wärmebereich.....	41
4.4.2	Vermiedene Umweltschäden durch den MAP-Ausbau .....	43
4.4.3	Vermiedene Umweltschäden und externe Kosten durch den EEWärmeG-bedingten Ausbau Erneuerbarer Energien.....	43
4.4.4	Fazit.....	44
<b>5</b>	<b>Verteilungseffekte und Zurechnung der Kosten.....</b>	<b>46</b>
5.1	Finanzielle Förderung.....	46
5.1.1	Forschung und Entwicklung .....	46
5.1.2	Marktanreizprogramm (MAP, BAFA- und KfW-Teil).....	49
5.1.3	Gesamtprogramm Erneuerbare Energien der KfW .....	50
5.1.4	Finanzierung von Wärmenetzen durch KWKG und MAP.....	51
5.2	Verbleibende einzelwirtschaftliche Mehr- oder Minderkosten .....	52
5.2.1	Verbleibende einzelwirtschaftliche Mehr- oder Minderkosten des gesamten bisherigen Wärmeausbaus durch Erneuerbare Energien .....	55
5.2.2	Verbleibende einzelwirtschaftliche Mehr- oder Minderkosten im Rahmen des MAP-geförderten Ausbaus der Erneuerbaren Energien .....	56
5.2.3	Verbleibende einzelwirtschaftliche Mehr- oder Minderkosten durch das EEWärmeG.....	57
5.2.4	Fazit.....	58
5.3	Zurechnung der Belastungen .....	59
5.3.1	Mögliche Kenngrößen .....	59
5.3.2	Fazit.....	66

---

<b>6</b>	<b>Makroökonomische Effekte</b> .....	<b>68</b>
6.1	Makroökonomische Impulse .....	68
6.1.1	Vermiedene Importe .....	68
6.1.2	Investitionen und Umsätze.....	69
6.2	Bruttobeschäftigung .....	70
<b>7</b>	<b>Weitere Effekte</b> .....	<b>72</b>
7.1	Beitrag der Wärme aus Erneuerbaren Energien zu Innovationen .....	72
7.2	Beitrag der Wärme aus Erneuerbaren Energien zur Versorgungssicherheit .....	75
7.2.1	Problematik des Begriffs Versorgungssicherheit .....	75
7.2.2	Mögliche Ansätze für den Wärmebereich .....	77
<b>8</b>	<b>Fazit</b> .....	<b>79</b>
<b>9</b>	<b>Referenzen</b> .....	<b>82</b>
	<b>Anhang</b> .....	<b>88</b>

## Abbildungsverzeichnis

	Seite
Abbildung 1-1: Wirkungskategorien und Wirkungstypen des EE-Wärmeausbaus .....	1
Abbildung 1-2: Untersuchungsbereiche für Wirkungen des EE-Wärmeausbaus .....	2
Abbildung 2-1 Untersuchungsbereiche für Wirkungen des Ausbau der Wärmeerzeugung mit Erneuerbaren Energien.....	10
Abbildung 3-1: Endenergieverbrauch nach Anwendungsbereichen und Sektoren in PJ, 2008 .....	12
Abbildung 3-2: Endenergieverbrauch nach Energieträgern und Anwendungsbereichen zur Wärmebereitstellung 2008, in %.....	13
Abbildung 3-3: Beitrag der einzelnen Energieträger zur Wärmebereitstellung aus EE in GWh.....	14
Abbildung 3-4: Energieträger und Wärmeerzeugung .....	17
Abbildung 4-1: Wirkungskategorien und Wirkungstypen.....	22
Abbildung 4-2: Betrachtete Optionen bei der Wirtschaftlichkeitsrechnung.....	24
Abbildung 4-3: EE-Wärme und Zahlungsbereitschaft .....	25
Abbildung 5-1: Reale Preisentwicklung von Heizöl und Scheitholz (kommerziell gehandelt sowie kalkulatorisch bei anteiligen Eigenbezug) .....	36
Abbildung 5-2: Differenzkosten von Einzelfeuerstätten mit verschiedenen Anschaffungskosten in Abhängigkeit von der Preisdifferenz (netto) zwischen Biomasse Bezugspreis und fossilem Referenzpreis.....	37
Abbildung 6-1: Forschungsfördermittel des Bundes für EE im Jahr 2010.....	48
Abbildung 6-2: Fördervolumen und Investitionsvolumen des Marktanzreizprogramms 2000-2010 .....	49
Abbildung 6-3: Im Jahr 2010 zugesagte Darlehen mit Tilgungszuschüssen im KfW-Teil des MAP (KfW EE Premium).....	50
Abbildung 6-4: Annuisierte Förderung und verbleibende Belastungen bei gesamter EE-Wärmeerzeugung, 2010.....	56

---

Abbildung 6-5:	Annuierte Förderung und verbleibende Belastungen finanzierter EE-Wärmeerzeugungsanlagen im BAFA-Teil des MAP, 2010.....	57
Abbildung 7-1:	Investitionen in Anlagen zur Nutzung von EE in Deutschland im Jahr 2010, Mio. Euro (O’Sullivan et al 2011) .....	69
Abbildung 7-2:	Umsatz deutscher Hersteller von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Wärme 2010.....	70
Abbildung 8-1:	Schematische Darstellung für die Bestimmung der Wohlfahrtsveränderung in Bezug auf die Energieversorgungs(un)sicherheit.....	77
Abbildung 11-1:	Übersicht über mögliche Bewertungsverfahren.....	92

## Tabellenverzeichnis

	Seite
Tabelle 1-1: Überblick über verschiedene Zurechnungs- oder Durchschnittsgrößen .....	5
Tabelle 1-2: Übersicht der verschiedenen Wirkungen nach Kategorien und Bereiche, 2010 .....	6
Tabelle 3-1: Beispielhafte Aufzählung von Substituten zur konventionellen Wärmebereitstellung (Auswahl) .....	15
Tabelle 3-2: Abgrenzungsmerkmale von Strom und Wärme aus EE.....	19
Tabelle 5-1: Überblick zur Abgrenzung des Differenzkostenbegriffs .....	30
Tabelle 5-2: Überblick über drei verschiedene Vorgehensweisen zur Bilanzierung von Einzelfeuerstellen .....	35
Tabelle 5-3: Überblick über systemanalytische Differenzkosten.....	39
Tabelle 5-4: Investitionszuschüsse für EE-Wärmenetzen, Wärmespeicher und Hausübergabestationen im Rahmen des MAP und KWKG. ....	41
Tabelle 5-5: Zusammenfassung der Umweltwirkungen .....	45
Tabelle 6-1: Entwicklung der Forschungsausgaben im 6. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung in Mio. Euro.....	47
Tabelle 6-2: Projektförderung des BMU im Bereich der EE nach Technologien – Mittelabfluss 2007-2010 in Mio. Euro .....	48
Tabelle 6-3: Darlehen im KfW-Programm Erneuerbare Energien – Neuzusagen 2008 bis 2010 .....	50
Tabelle 6-4: Beitrag von MAP und KWKG zum Ausbau von EE-Wärmenetzen.....	51
Tabelle 6-5: Überblick zur Abgrenzung der einzelwirtschaftlichen Belastungen .....	54
Tabelle 6-6: Überblick über einzelwirtschaftliche Mehrkosten .....	59
Tabelle 6-7: Überblick über verschiedene Zurechnungs- oder Durchschnittsgrößen .....	61



---

Tabelle 6-8:	Übersicht verschiedener Durchschnitts- bzw. Vergütungsgrößen, 2010 (zu Preisen von 2005).....	65
Tabelle 6-9:	Übersicht möglicher Zurechnungsgrößen 2010 (zu Preisen von 2005).....	65
Tabelle 7-1:	Bruttobeschäftigung durch Einsatz von EE im Wärmebereich .....	71
Tabelle 8-1:	Weitere Effekte des EE-Ausbaus .....	72
Tabelle 8-2:	Analyseschema für Innovationswirkungen des EE-Wärmeausbaus .....	73
Tabelle 8-3:	Unmittelbare Wirkung der Politikmaßnahmen .....	74
Tabelle 9-1:	Übersicht der verschiedenen Wirkungen nach Kategorien und Untersuchungsbereichen.....	81
Tabelle 11-1:	Gebäudearten und Baualtersklassen der Referenzgebäude für die Berechnung der gesamtwirtschaftlichen Differenzkosten.....	88
Tabelle 11-2:	Gebäudedaten der Referenzgebäude für die Untersuchung der EEWärmeG Differenzkosten .....	89
Tabelle 11-3:	Referenztechnologien für die Berechnung der Differenzkosten.....	89
Tabelle 11-4:	Überblick über Datenquellen .....	90



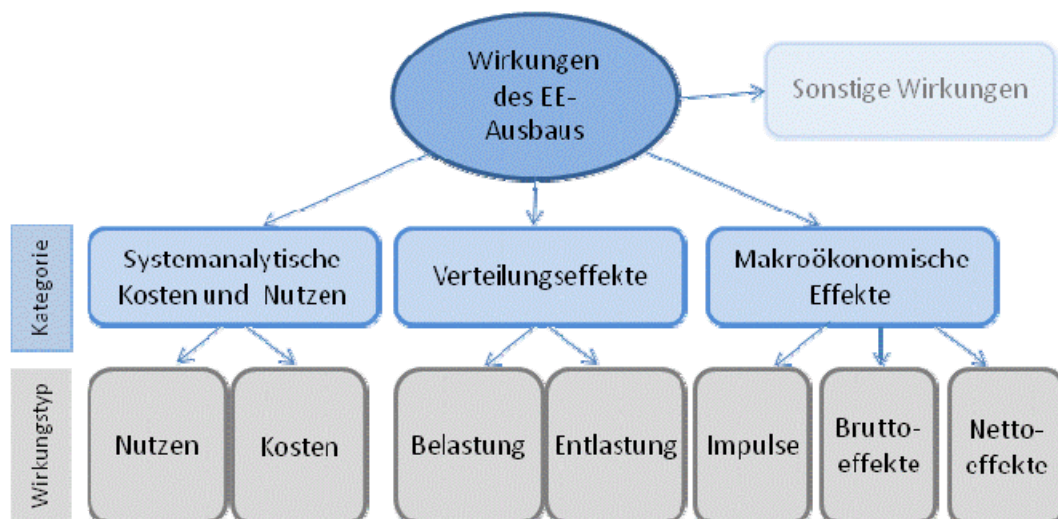
## Zusammenfassung

Ziel des vorliegenden Berichts ist, einen Überblick über die bisher diskutierten Ansätze, Methoden und qualitativen wie quantitativen Ergebnisse zur Erfassung der Wirkungen des Ausbaus Erneuerbarer Energien (EE) im Wärmebereich zu geben sowie auf Spezifika in diesem Sektor einzugehen. Hierbei werden Wirkungen der einzelnen Analysebereiche abgegrenzt, Ent- und Belastungen aufgezeigt und ggf. Bedarf für weitere Arbeiten und Vertiefungen in diesem Bereich formuliert. Im Fokus steht dabei, welche ökonomischen Größen in der wissenschaftlichen und politischen Kommunikation zum Thema Wirkung des EE-Wärme-Ausbaus bevorzugt genutzt werden sollen. Die Analyse der Kosten- und Nutzenwirkungen des Ausbaus EE wird hierbei differenziert für den gesamten bisher erfolgten erneuerbaren Wärme-Ausbau sowie den förderbedingten Ausbau betrachtet. Umfassende Analysen zu den Wirkungen des Ausbaus EE im Strom- und Wärmebereich finden sich in ISI et al. 2010a und 2011.

## Grundlagen der Bilanzierung

Die Wirkungen des EE-Ausbaus im Wärmebereich lassen sich in drei Kategorien - systemanalytische Wirkungen, Verteilungswirkungen und makroökonomische Wirkungen - einteilen sowie in sonstige Wirkungen (Abbildung 0-1).

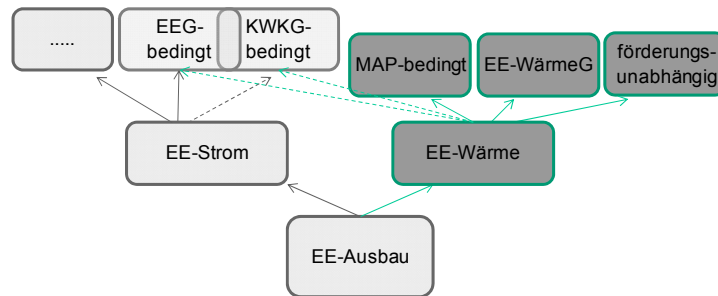
Abbildung 0-1: Wirkungskategorien und Wirkungstypen des EE-Wärmeausbaus



Während die systemanalytischen Wirkungen den gesamtwirtschaftlichen Ressourcenverbrauch bzw. die -einsparung, d.h. Kosten und Nutzen des EE-Ausbaus auf Systemebene aufzeigen, weisen die Verteilungseffekte die einzelwirtschaftlichen Be- und Entlastungen der Akteure aus, die sich durch die Förderung des EE-Ausbaus ergeben. Die

gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen des Ausbaus von EE lassen sich an den Veränderungen volkswirtschaftlicher Kenngrößen ablesen. Sonstige Wirkungen umfassen Effekte wie z.B. Technologietransfer, äußere oder innere Sicherheit, Vorbildcharakter der Politik etc., die sich keiner der drei Wirkungskategorien zuordnen lassen und bisher nicht quantifiziert sind.

Abbildung 0-2: Untersuchungsbereiche für Wirkungen des EE-Wärmeausbaus



Die Analyse im Wärmebereich gliedert sich hierbei in drei Untersuchungsbereiche, dessen Wirkungen bis zum Jahr 2010 untersucht werden (Abbildung 0-2):

- Kosten- und Nutzenwirkungen des gesamten EE-Wärmeausbaus
- Kosten- und Nutzenwirkungen des Ausbaus EE bedingt durch das Marktanzreizprogramm (MAP) seit Programmbeginn (2000)
- Kosten- und Nutzenwirkungen des Ausbaus EE bedingt durch das Erneuerbare-Wärme-gesetz (EEWärmeG) seit Inkrafttreten (2009)

### Bedeutung des Wärmebereichs und Besonderheiten

Der Endenergiebedarf zur Wärmeerzeugung liegt in den Verbrauchssektoren Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, Industrie und Haushalte bei rund 80 % (2008) des gesamten Endenergieverbrauchs.<sup>1</sup> Der Anteil Erneuerbarer Energien am Wärmeendenergiebedarf beträgt 9,5 % im Jahr 2010, wobei der größte Teil davon durch Biomasse bereitgestellt wird.

Der Wärmebereich unterscheidet sich in seinen Charakteristika deutlich vom Strombereich. Während im letzteren aufgrund der zentralen Erzeugung und eines umfassenden Übertragungs- und Verteilernetzes ein Markt für Strom existiert, wird Wärme überwiegend dezentral bzw. lokal für den Eigenbedarf erzeugt, wodurch es keinen (eigentlichen) Markt für die Handelsware „Wärme“ gibt. Dafür sind jedoch vorgelagerte Märkte für Brennstoffe und Technologien vorhanden.

<sup>1</sup> Der Verbrauchssektor Verkehr wurde hier nicht mit einbezogen.

Im Gegensatz zum Strommarkt erschwert die heterogene Akteursstruktur im Wärmebereich in Kombination mit langen Reinvestitionszyklen die gezielte Förderung des Ausbaus. Dementsprechend ergibt sich eine unterschiedliche Ausgestaltung der gesetzlichen Regelungen und Förderung. So wird der Ausbau von EE im Wärmebereich derzeit auf Bundesebene über das Marktanreizprogramm (MAP), das sich aus zwei Teilen – MAP-BAFA für kleinere Anlagen und MAP-KfW-Premium für größere Anlagen – zusammensetzt, sowie über weitere Förderprogramme auf Länderebene gefördert. Das MAP-BAFA förderte im Jahr 2010 mit rund 235 Mio. Euro Zuschüssen für EE-Wärmeerzeugungsanlagen den Ausbau im EE-Wärmebereich, während über den KfW-Teil (KfW-Programm Erneuerbare-Energien-Premium) Darlehen über rund 337 Mio. Euro für EE-Wärme bewilligt wurden.

### **Systemanalytische Kosten und Nutzenwirkungen**

Die systemanalytischen Differenzkosten stellen die annuitätischen Erzeugungsmehr- oder -minderkosten der EE-Wärmeerzeugung gegenüber einer fossilen Wärmeerzeugung auf Vollkostenbasis dar. Hierbei findet die finanzielle Förderung keine Berücksichtigung.

Die Vermeidung von Umweltschäden durch Luftschadstoffe und Treibhausgase ist als Nutzen des EE-Ausbaus zu bilanzieren. Die Berechnung beruht auf Emissionsfaktoren, Substitutionsfaktoren für die fossil basierte Wärmeerzeugung sowie auf Schadenskosten für Luftschadstoffe und Treibhausgase, wobei insbesondere letztere einer gewissen Unschärfe unterliegen. Die vermiedenen Umweltschäden lassen sich für die gesamte EE-Wärmeerzeugung, für die MAP-finanzierten Anlagen und für EE-Wärme gemäß der Nutzungspflicht des EEWärmeG bilanzieren, wobei Umweltwirkungen in 2010 alle bestehenden Anlageninstallationen einschließen. Dies bedeutet, dass die vermiedenen Emissionen der gesamten EE-Wärme alle in Nutzung befindlichen Wärmeerzeugungsanlagen mit einer Nutzungsdauer von bis zu 25 Jahre umschließen, während bei EE-Wärme aus MAP- Anlagen oder gemäß der Nutzungspflicht nach dem EEWärmeG die Wirkungen der Anlagen seit Programmbeginn bzw. Inkrafttreten des Gesetzes abgebildet sind. Aus diesem Grunde tragen die im Jahr 2010 vermiedenen Umweltschäden durch die Nutzungspflicht auch nur in sehr geringem Maße zu den gesamten durch EE-Wärme vermiedenen Umweltschäden (rund 2,6 Mrd. Euro) bei.

### **Verteilungswirkungen**

Die einzelwirtschaftlichen Mehr- oder Minderkosten umfassen die bei Privatpersonen, Unternehmen und Staat verbleibenden Mehr- oder Minderkosten der EE-Wärmeerzeugung. Die Berechnung erfolgt analog zur Ermittlung der systemanalytischen Differenzkosten, nur dass hierbei die finanzielle Förderung berücksichtigt ist, d.h. sie ver-

mindert die Belastung der einzelnen Akteure. Die einzelwirtschaftlichen Mehr- oder Minderkosten werden als Annuität ausgewiesen.

Eine Umlagegröße der EE-Ausbaukosten im Wärmebereich analog zur EEG-Umlage im Strombereich ist aufgrund der unterschiedlichen Erzeugungsstrukturen, Energienetze und der Abgabenverpflichteten nicht möglich. Hingegen bieten sich für die Zurechnung der Belastungen im Wärmebereich mehrere Relationen an, die auf unterschiedlichen Kennzahlen zu Belastungen bzw. Ausbaukosten (Zähler) und Wärmekennzahlen (Nenner) basieren:

- *Zähler: Mehrkosten oder -Belastungen in Euro (jährl. Auszahlungsvolumen oder Annuität)*
- *Nenner: Endenergiebedarf (Wärme) in kWh*

Der Zähler wird als jährliches Fördervolumen oder Annuität ausgewiesen. Hierbei wird zum Beispiel die im Rahmen des MAP gewährte finanzielle Förderung im Auszahlungsjahr als Annuität über die Lebensdauer der Anlage berechnet - annuisierte MAP-Förderung. Die annuisierte Förderung in 2010 stellt somit die Summe der Annuitäten in 2010 aller bisher geförderten Anlagen dar.

Bezieht sich der Nenner auf den entsprechenden Endenergiebedarf für Wärme aus EE, ergeben sich Durchschnittsgrößen; umfasst er die gesamte oder fossile Wärmeerzeugung, bildet die Relation eine fiktive Zurechnung ab (siehe Tabelle 0-1). Als mögliche Kenngröße für die Zurechnungen der Belastungen des Staates bezogen auf die gesamte Wärmeerzeugung bietet sich die Relation von annuisierter MAP-Förderung zu gesamter Wärmemenge in Deutschland an. Für das Jahr 2010 beträgt diese Größe 0,01 Cent/kWh. Alternativ zur obigen Größe können durch beliebige Kombination von Zähler und Nenner noch weitere Kennzahlen ausgewiesen werden z.B. jährliches MAP-Fördervolumen zu gesamter erzeugte Wärmemenge aus fossilen Energieträgern.

Tabelle 0-1: Überblick über verschiedene Zurechnungs- oder Durchschnittsgrößen

	Systemanalytische Kosten	Einzelwirtschaftliche Kosten	
		Betreiber	Staat
<b>Zähler</b> (Mio. €)	Systemanalytische Differenzkosten für: <ul style="list-style-type: none"> <li>• EE-Wärme</li> <li>• MAP-Wärme</li> <li>• EEWärmeG-Wärme</li> </ul>	Einzelwirtschaftliche Mehrkosten (netto, abzgl. Förderung MAP): <ul style="list-style-type: none"> <li>• EE-Wärme</li> <li>• MAP-Wärme</li> <li>• EEWärmeG-Wärme</li> </ul>	Förderung (MAP): <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fördervolumen</li> <li>• annuisierte Förderung</li> </ul>
<b>Nenner</b> (kWh)	Endenergiebedarf für <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wärme</li> <li>• EE-Wärme</li> <li>• EE-Wärme aus MAP-Anlagen</li> <li>• EE-Wärme nach EEWärmeG</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• dito</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• dito</li> </ul>
<b>Durchschnittsgröße:</b> → Nenner: EE-Wärme (ct/kWh)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• syst. Diffkosten / EE-Wärme</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EEWärmeG Belastung / EEWärmeG-Wärme</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MAP Fördervol. / MAP-Wärme</li> <li>• MAP ann. Förd. / MAP-Wärme</li> <li>• MAP ann. Förd. / EE-Wärme</li> </ul>
<b>Fiktive Zurechnung:</b> → Nenner: Wärme (ct/kWh)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• syst. Diffkosten / Wärme</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EEWärmeG Belastung / Wärme</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>MAP ann. Förd. / Wärme</b></li> <li>• MAP-Fördervol./ Wärme</li> </ul>
<i>Anmerkungen</i>	<i>Ohne Steuern und CO<sub>2</sub>-Preis (sonst Gegenrechnung)</i>	<i>Mit Steuern, Förderung auf Lebensdauer verteilt</i>	<i>Zeitliche Verteilung von Förderung auf Lebenszeit (ann. Förderung) oder Auszahlungszeitpunkt (Fördervol.); Förderung umfasst MAP</i>

## Makroökonomische und sonstige Wirkungen

Neben den systemanalytischen und einzelwirtschaftlichen Aspekten werden Wirkungen des EE-Wärme-Ausbaus auf makroökonomischer Ebene betrachtet. Sie umfassen makroökonomische Impulse wie vermiedene Importe, Investitionen und Umsatz sowie Bruttobeschäftigung im Wärmebereich. Die Zuordnung der makroökonomischen Effekte zum Wärme- und Strombereich kann jedoch nicht immer eindeutig über die Erzeugungstechnologien erfolgen. An dieser Stelle sind die Investitionen in KWK-Anlagen sowie die daraus resultierende Beschäftigung der Stromerzeugung zugeordnet, während die Beschäftigung aus Wartung und Betrieb sowie der Biomassebereitstellung anhand der bereitgestellten Endenergie anteilig dem Wärmebereich zugerechnet ist.

Auswirkungen des EE-Wärmeausbaus auf Innovationen werden bisher nicht unmittelbar erfasst, sondern nur indirekt über Diffusion der Technologien und Lernkurven abgebildet. Der Aspekt der Versorgungssicherheit ist insbesondere im Wärmebereich von großer Bedeutung; bisher liegen jedoch keine Ansätze vor, die eine Quantifizierung erlauben. Für beide Wirkungen wird empfohlen, weiterführende quantitative Ansätze zur Abschätzung dieser Wirkung zu verfolgen.

## Überblick über Wirkungen des EE-Wärmeausbaus

Nachfolgend sind abschließend die jeweiligen Wirkungen des EE-Wärmeausbaus nach Wirkungskategorien und Analysebereichen tabellarisch dargestellt (Tabelle 0-2).

Tabelle 0-2: Übersicht der verschiedenen Wirkungen nach Kategorien und Bereiche, 2010

Kategorien	Analysebereiche	Wärme 2010 Mio. Euro
System-analytische Wirkungen	Direkte Differenzkosten:	
	Direkte Differenzkosten, EE-Wärme insgesamt	1.750
	Direkte Differenzkosten MAP	820
	Direkte Differenzkosten von EE im Neubau (EEWärmeG)	80
	Netzausbaukosten (wenn nicht in Differenzkosten enthalten)	n.n.
	Transaktionskosten	n.n.
Verteilungs- und Preiseffekte	Vermiedene Umweltschäden:	
	Gesamte EE-Wärme	2.600
	MAP-finanzierte Anlagen	290
	EE-Wärme durch EEWärmeG	10
	Einzelwirtschaftliche Mehr/Minderkosten:	
	Einzelwirtschaftliche Belastungen der gesamten EE-Wärme	1530
Einzelwirtschaftliche Belastungen im Rahmen des MAP	670	
Einzelwirtschaftliche Mehr/Minderkosten durch das EEWärmeG	80	
Makro-ökonomische Wirkung	Finanzielle Förderung (Wärme und Strom)	770
	Marktentwicklung (insbes. MAP)	495
	Forschung und Entwicklung	275
	Umsatz (Hersteller von Anlagen und Komponenten)	2.490
Sonstige Wirkungen	Investitionen (in EE-Anlagen)	2.900
	Vermiedene Importe	3.300
	Bruttobeschäftigung (Anzahl)	72.700
	Innovationswirkung	n.n.
Versorgungssicherheitsaspekte	n.n.	

\*Die Analysebereiche gesamte EE-Wärme, MAP-erzeugte EE-Wärme und Wärme nach dem EEWärmeG sind nicht unmittelbar vergleichbar, da hier die Betrachtungszeiträume nicht identisch sind: EE-Wärme umfasst EE-Wärme aus Anlagen vor 1995 bis heute, das MAP EE-Wärme aus MAP-finanzierten Anlagen seit 2000 und das EEWärmeG EE-Wärme in Neubauten seit 2009.

Zu beachten ist, dass die aufgezeigten Wirkungen der einzelnen Untersuchungsbereiche nicht direkt vergleichbar sind, da die zugrunde gelegten Zeiträume nicht identisch



sind. So sind bei der (gesamten) EE-Wärme die Wirkungen aller EE-basierter Wärmeerzeugungsanlagen mit einer Nutzungsdauer bis zu 25 Jahren oder sogar mehr bilanziert während z.B. MAP-finanzierte Anlagen erst seit Programmbeginn erstellt wurden und somit Wirkungen von Anlagen abgedeckt werden, deren Installation sich über einen Zeitraum von 10 Jahren verteilt. Aus diesem Grunde umfassen die ausgewiesenen monetären Wirkungen der einzelnen Untersuchungsbereiche eine große Spannweite und erlauben daher keine Aussage über den „Miss- oder Erfolg“ des MAP oder des EEWärmeG.

Im Anhang 9A.5 sind die hier dargestellten methodischen Vorgehensweisen und Ergebnisse in visualisierter Form (als Folien) eingefügt.

## 1 Zielsetzung und Aufbau des Berichts

Die Studie „Einzel- und gesamtwirtschaftliche Analyse der Kosten- und Nutzenwirkungen des Ausbaus von EE im deutschen Strom- und Wärmemarkt“ vom März 2010 (ISI et al. 2010) umfasst Wirkungen des gesamten EE-Ausbaus, wird jedoch aufgrund vielfältiger Vorarbeiten und vorliegender Studien insbesondere zu Wirkungen des EEG (EEG-Erfahrungsbericht), vom Strombereich dominiert. Im Wärmebereich werden überwiegend Berichte zu den Wirkungen des Marktanreizprogramms (MAP), eingerichtet seit 2000, erstellt; ebenso für die Beurteilung der Wirkung des EEWärmeG, in Kraft seit 2009. Der Wärmebereich unterscheidet sich jedoch in seiner Struktur, der Regulierung und betroffenen Akteuren deutlich vom Strombereich und ist hinsichtlich seines hohen Anteils am Endenergiebedarf von großer Bedeutung.

### Ziel und Fragestellungen

Ziel des vorliegenden Berichts ist, einen Überblick über die bisher diskutierten Ansätze, Methoden und qualitativen wie quantitativen Ergebnisse zur Erfassung der Wirkungen des EE-Ausbaus im Wärmebereich zu geben sowie auf Spezifika im Wärmebereich einzugehen, eventuell weitere Ansätze zur Ermittlung der Effekte aufzuzeigen und ggf. den Bedarf für weitere Arbeiten und Vertiefungen in diesem Bereich zu formulieren. Im Fokus steht dabei, welche ökonomische Größe(n) in der wissenschaftlichen und politischen Kommunikation zum Thema Wirkung des EE-Wärme-Ausbaus bevorzugt genutzt werden soll(en). Im Einzelnen befasst sich dieser Bericht mit folgenden Fragestellungen:

- Welche gesamtwirtschaftlichen und einzelwirtschaftlichen Kosten fallen im Wärmebereich an und wie lassen sie sich quantifizieren?
- In welchem Umfang erfolgt eine finanzielle Förderung des EE-Ausbaus im Wärmebereich und wie ist der nicht finanziell geförderte Ausbau zu interpretieren?
- Wie ist die Abgrenzung der Wirkungen des gesamten Wärme-Ausbaus, des MAP und des EEWärmeG anzugehen?
- Welche Belastungen des EE-Wärme-Ausbaus bzw. des EEWärmeG und MAP bedingten Ausbaus verbleiben bei der öffentlichen Hand, welche bei den Wärmenutzern/-erzeugern?
- Welche Kenngröße ist als Zurechnungsgröße für die Belastungen oder Kosten des EE-Ausbaus im Wärmebereich anlegbar?
- Welche Wirkungen sind auf makroökonomischer Ebene auszuweisen?
- Welche wichtigen Aspekte oder Wirkungen sind im Wärmebereich noch zu beachten? Wie sind diese methodisch anzugehen?

Bisherige Arbeiten befassen sich überwiegend mit Teilaspekten des EE-Wärmeausbaus. So betrachtet die Leitstudie 2010 (BMU 2010a) die zukünftige Entwicklung

des EE-Ausbaus und weist somit als ein Ergebnis auch die systemanalytischen Differenzkosten im Wärmebereich aus.

Die Zuarbeiten zum Erfahrungsbericht des EEWärmeG (Ecofys et al. 2011) beschränken sich auf die Wirkung des EE-Ausbaus, der infolge des Gesetzes voranschreitet. Hierbei sind die Wirkungen abgeschätzt, die durch das Gesetz ausgelöst werden.

Weitere Untersuchungen erfolgen im Rahmen der Evaluation des MAP (Fichtner et al. 2010 und 2011), die sich auf die Darstellung der Wirkungen des MAP beschränken.

Darüber hinaus laufen weitere Arbeiten zu möglichen Strategien bzw. Konzepten im Wärmebereich. In diesen werden mögliche Politikmaßnahmen, deren Ausgestaltung und Wirkung für die Zukunft untersucht und umfassende Berechnungen zu einzelnen Wirkungen z. B. Kosten durchgeführt. Eine methodische Aufarbeitung verschiedener Wirkungen und deren gesamtwirtschaftliche Einordnung ist nicht Ziel dieser Vorhaben (siehe laufendes Forschungsvorhaben des BMU „Integrierte Wärme- und Kältestrategie“).

### **Untersuchungsbereiche des Berichts**

Die nachfolgende Analyse bezieht sich somit auf den gesamten Wärmebereich, wobei eine gesonderte Ergebnisdarstellung des Wärmebereichs in Abgrenzung zum Strombereich mit jetzigem Informationsstand nicht immer möglich ist. Der gesamte EE-Wärmeausbau setzt sich zusammen aus dem MAP bedingten, dem EEWärmeG induzierten sowie dem sonstigen – KWKG, EEG und nicht-förderbedingten – EE-Wärmeausbau. Betrachtet werden daher:

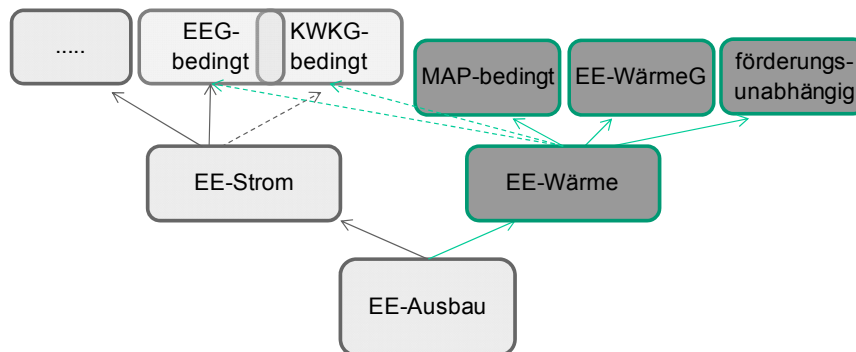
- a) die Wirkungen des bisherigen gesamten EE-Wärme-Ausbaus,
- b) die Wirkungen des MAP induzierten EE-Ausbaus im Wärmebereich sowie
- c) die Wirkungen des durch das EEWärmeG getriebenen EE-Ausbaus (Abbildung 1-1).

Insofern bleiben die Wirkungen der Ersatzmaßnahmen im Rahmen des EEWärmeG unberücksichtigt. Die Auswirkungen des EEG oder des KWKG auf den Ausbau der Wärmeerzeugung mit EE werden hier nur am Rande betrachtet; ihr tatsächlicher Beitrag zum Wärmeausbau wurde bisher nicht genauer untersucht.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> D. h., bisher ist nicht klar, welcher Anteil des EE-Wärmeausbau auf diese beiden Gesetze zurückzuführen ist. Doch tragen Bio-, Klär-, Deponiegas in BHKW mit rund 7 % sowie feste Biomasse und biogene Abfallstoffe in Heiz(kraft)werken mit rund 14 % zur EE-Wärmeerzeugung bei. In der Summe beläuft sich ihr Beitrag auf rund 28 TWh für 2010, wobei hier Heizwerke bei fester Biomasse und biogenen Abfallstoffen enthalten sind (AGEE-Stat 2011). Die Leitstudie 2010 (BMU 2010a) weist für 2010 Wärme von 23 TWh aus Biomasse in KWK-Anlagen aus.

Abbildung 1-1 Untersuchungsbereiche für Wirkungen des Ausbaus der Wärmeerzeugung mit Erneuerbaren Energien



Die Wirkungen des EE-Ausbaus werden im Hinblick auf die systemanalytischen Kosten, Verteilungswirkungen sowie die makroökonomischen Effekte diskutiert. Der Zeithorizont erstreckt sich auf die Wirkungen des bisherigen Ausbaus und nicht auf die Wirkungen des zukünftigen Ausbaus und umschließt das Jahr 2010 – sofern Daten hierzu vorliegen – oder alternativ 2009, wobei dieses Jahr hinsichtlich des Marktanreizprogramms ein Ausnahmejahr darstellt und insofern nicht als repräsentativ zu betrachten ist. Eine Differenzierung der Wärmenutzung in Warmwasser, Raum- und Prozesswärme ist aufgrund der derzeitigen Datenlage nicht machbar. Zu beachten ist, dass sich das EEWärmeG nur auf den Wärme- und Kältebedarf in Gebäuden bezieht, also auf Raumwärme/-kühlung und Warmwasser, während das MAP auch EE-Wärmeerzeugungstechnologien fördert, die zur Gewinnung von Prozesswärme oder zur Kühlung dienen können. Dagegen schließt die gesamte statistisch ausgewiesene EE-Wärmeerzeugung in Deutschland industrielle Wärme mit ein, wobei deren Anteil (noch) relativ gering ist.

Als Grundlage des Berichts dienen die vorliegenden Arbeiten zu Kosten- und Nutzenwirkungen des EE-Ausbaus im Strom- und Wärmebereich (ISI et al. 2010), Arbeiten zum Erfahrungsbericht Wärme (Ecofys et al. 2011) sowie der Evaluationsbericht zum MAP (Fichtner et al. 2010 und 2011).

### Aufbau des Berichts

Die vorliegende Arbeit befasst sich zunächst mit der Bedeutung des Wärmebereichs sowie mit dessen Besonderheiten im Vergleich zum Strombereich (Kapitel 2). Anschließend werden die methodischen Ansätze und theoretischen Grundlagen, auf denen die Kosten-Nutzen-Betrachtung beruht, vorgestellt (Kapitel 3). Dem schließt sich ein Kapitel zu systemanalytischen Kosten des EE-Wärmeausbaus an, das hier die Abschätzung der gesamtwirtschaftlichen Kosten und Nutzenwirkungen methodisch darstellt sowie Ergebnisse aufzeigt (Kapitel 4). Die aus den vorliegenden Politikmaßnah-

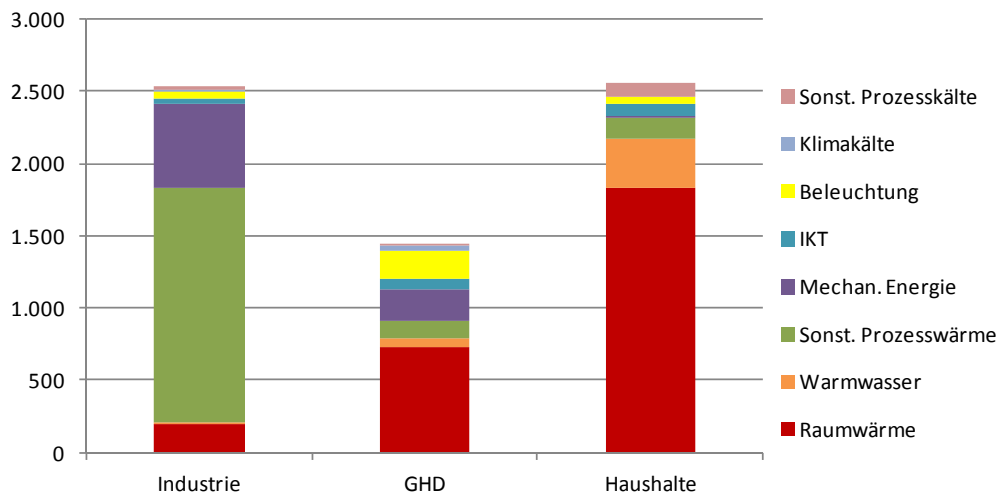
men und Marktgeschehen resultierenden einzelwirtschaftlichen Belastungen und mögliche Kenngrößen dieser Belastungen werden in Kapitel 5 diskutiert. In Kapitel 7 werden die Wirkungen des EE-Wärmeausbaus auf makroökonomischer Ebene dargestellt. Weitere bisher nicht quantitativ untersuchte Wirkungen sind in Kapitel 7 aufgeführt. Andiskutiert werden hier insbesondere Wirkungen auf das Innovationsgeschehen und die Versorgungssicherheit. Mit einem Fazit in Kapitel 8 schließt der Bericht.

## 2 Bedeutung und Besonderheiten des Bereichs Wärme

### 2.1 Bedeutung des Wärmebereichs und der Erneuerbaren Energien

Der Wärmebedarf für Raumheizung, Warmwasser und Prozesse ist gemessen am gesamten Endenergieverbrauch in Deutschland von großer Bedeutung. Dies ist in Abbildung 2-1 hervorgehoben: in allen drei Verbrauchssektoren entfällt der größte Anteil des Endenergieverbrauchs auf Wärme – Prozesswärme, Warmwasser und Raumwärme. Im Haushaltsbereich sowie im GHD-Sektor dominiert der Bedarf für Raumwärme und Warmwasser, während der Industriesektor überwiegend Wärme für Produktionsprozesse benötigt. Insgesamt werden 2008 für Raumwärme über 2.770 PJ, für Warmwasser 428 PJ und für Prozesswärme 1.875 PJ benötigt (AGEB 2011). Der Endenergiebedarf für Raumwärme und Warmwasser überragt alle anderen Anwendungsbereiche.

Abbildung 2-1: Endenergieverbrauch nach Anwendungsbereichen und Sektoren in PJ, 2008

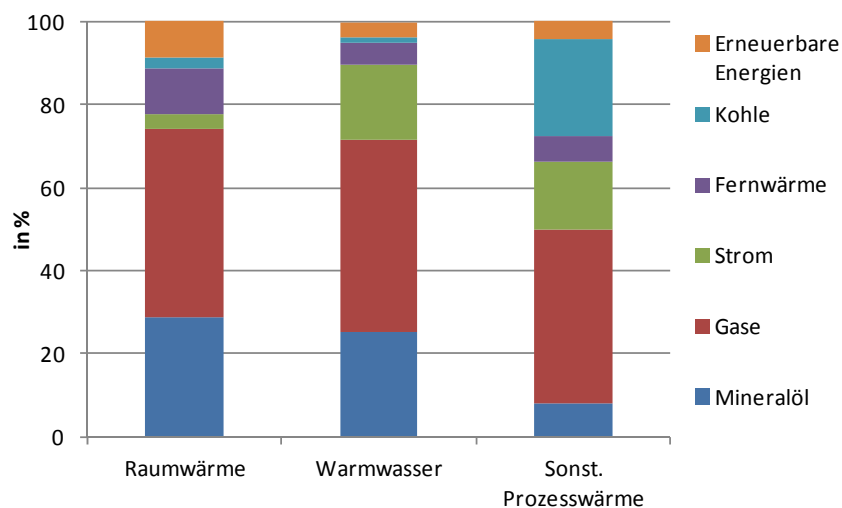


Quelle: Daten von AGEB 2011, eigene Darstellung

Abbildung 2-2 stellt die Anteile der Energieträger nach Anwendungsbereichen dar. Hierbei wird deutlich, dass Erdgas und Mineralöl bei der Wärmeerzeugung eine herausragende Rolle einnehmen, während sich der Anteil der EE dagegen eher bescheiden ausnimmt. Bisher beläuft sich der Anteil der EE (2008) bei Raumwärme auf 8,8 %, bei Warmwasser auf 3,8 %, bei Prozesswärme auf 4,3 % (AGEB 2011). Im Zuge des

Klima- und Umweltschutzes sind daher der Ausbau von EE sowie entsprechende Effizienzmaßnahmen im Wärmebereich von sehr großer Bedeutung.

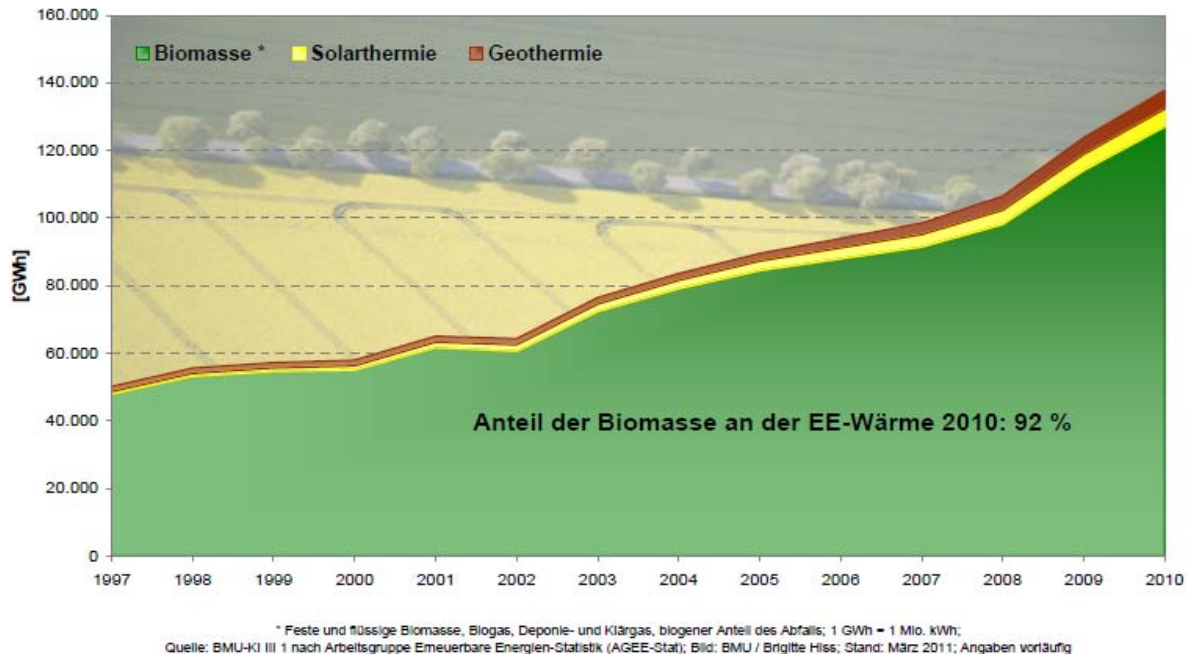
Abbildung 2-2: Endenergieverbrauch nach Energieträgern und Anwendungsbereichen zur Wärmebereitstellung 2008, in %



Quelle: Daten von AGEB 2011, eigene Darstellung

Konventionelle Technologien der Wärmeerzeugung lassen sich durch EE-basierte Substitute wie biomassebetriebene Kessel und Biomasse-KWK-Anlagen, Einzelfeuerstätten, solarthermische Anlagen, Anlagen zur Nutzung von Umweltwärme oder Tiefengeothermie direkt ersetzen. Der Beitrag der einzelnen Erneuerbaren Energieträger in der Wärmebereitstellung (Haushalte, GHD und Industrie) wird von AGEE-Stat jährlich ausgewiesen. Ihr Anteil an der gesamten Wärmebereitstellung beläuft sich zurzeit auf 9,5 % (Abbildung 2-3). Davon entfallen 92 % auf Biomasse (feste, flüssige und gasförmige) und jeweils 4 % auf Geothermie und Solarthermie (BMU 2011a).

Abbildung 2-3: Beitrag der einzelnen Energieträger zur Wärmebereitstellung aus EE in GWh



Quelle: BMU 2011a

Neben den direkten, EE-basierten Substituten tragen auch indirekte Substitute wie effizienzsteigernde technische Maßnahmen (z. B. auf Anlagen-, Bauteil-, Umwandlungs- und Baustandardebene oder auf Ebene des Anlagen- und/oder Gebäudemanagements) zu einer Steigerung des EE-Wärmeanteils auf gesamtwirtschaftlicher Ebene bei, indem sie den fossil basierten Primärenergieverbrauch reduzieren. Zu diesen indirekten Substituten gehört nachfrageseitig beispielsweise die Verbesserung der Wärmedämmung; angebotsseitig zählen die Nutzung von Abwärme sowie die gekoppelte Erzeugung von Kraft- und Wärme (KWK) dazu, mit der der Primärenergieeinsatz bezogen auf den gesamten Output (Strom und Wärme) signifikant gesenkt werden kann.<sup>3</sup> Insgesamt tragen die effizienzsteigernden Maßnahmen zur Primärenergieeinsparung und somit indirekt zur Erhöhung des EE-Anteils bei.<sup>4</sup> Deren Wirkung wird jedoch hier nicht weiter untersucht; im Fokus stehen hier die Wirkungen des EE-Wärmeausbaus,

<sup>3</sup> KWK-Anlagen werden größtenteils mit fossilen Energieträger betrieben, aber auch mit gasförmiger oder flüssiger Biomasse oder in Hybridform, d. h. mit konventionellen Energieträgern.

<sup>4</sup> Mit der Festlegung eines maximal zulässigen Primärenergiebedarfs von Gebäuden durch die Energiesparverordnung (EnEV) werden EE indirekt gefördert.



bzw. jene Maßnahmen, die direkt auf den EE-Ausbau im Wärmebereich Einfluss nehmen.

Tabelle 2-1: Beispielhafte Aufzählung von Substituten zur konventionellen Wärmebereitstellung (Auswahl)

EE-basierte Substitute				Indirekte Substitute	
Biomasse	Solarthermie	Geothermie	biomasse-basierte KWK	fossil-basierte KWK	Effizienzmaßnahmen

Als einen weiteren, wesentlichen Beitrag der Wärmeherzeugung durch EE ist die Vermeidung von CO<sub>2</sub>-Emissionen (Kapitel 4.4) sowie ihr positiver Beitrag zur Bruttobeschäftigung (6.2) anzusehen.

## 2.2 Besonderheiten des Wärmebereichs

Strom- und Wärmebereich unterscheiden sich nicht nur in der Energieform ihres Produktes, sondern auch hinsichtlich ihrer Struktur, gesetzlichen Regelung und der Anwendungsbereiche teils grundlegend voneinander. Eine klare Abgrenzung nach Energieform und Anwendungsbereichen ist nicht möglich. So steht Wärme dem Endverbraucher je nach Bilanzgrenze als Nutz-<sup>5</sup> oder Endenergie<sup>6</sup> zur Verfügung, während Strom als Sekundärenergie oder Endenergie definiert ist. Während sich Wärme auf die Anwendungsbereiche Raumwärme, Prozesswärme und Warmwasser erstreckt, ist Strom vielseitig einsetzbar und wird sowohl für mechanische Bewegung, Beleuchtung als auch zur Raumwärme-, Prozesswärme- und Warmwasserherzeugung genutzt. Darüber hinaus ist neben Wärme auch der Bereich Kälte in die Betrachtung mit einzuschließen.

Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal ist der Markt – sofern überhaupt von einem Markt gesprochen werden kann: Der „Wärmemarkt“ ist nicht in Analogie zum Strommarkt zu verstehen, denn das Produkt „Wärme“ wird nicht an einer Börse bzw. OTC

<sup>5</sup> Nutzwärmebedarf: rechnerisch ermittelter Wärmebedarf, der zur Aufrechterhaltung der festgelegten thermischen Raumkonditionen innerhalb einer Gebäudezone während der Heizperiode benötigt wird.

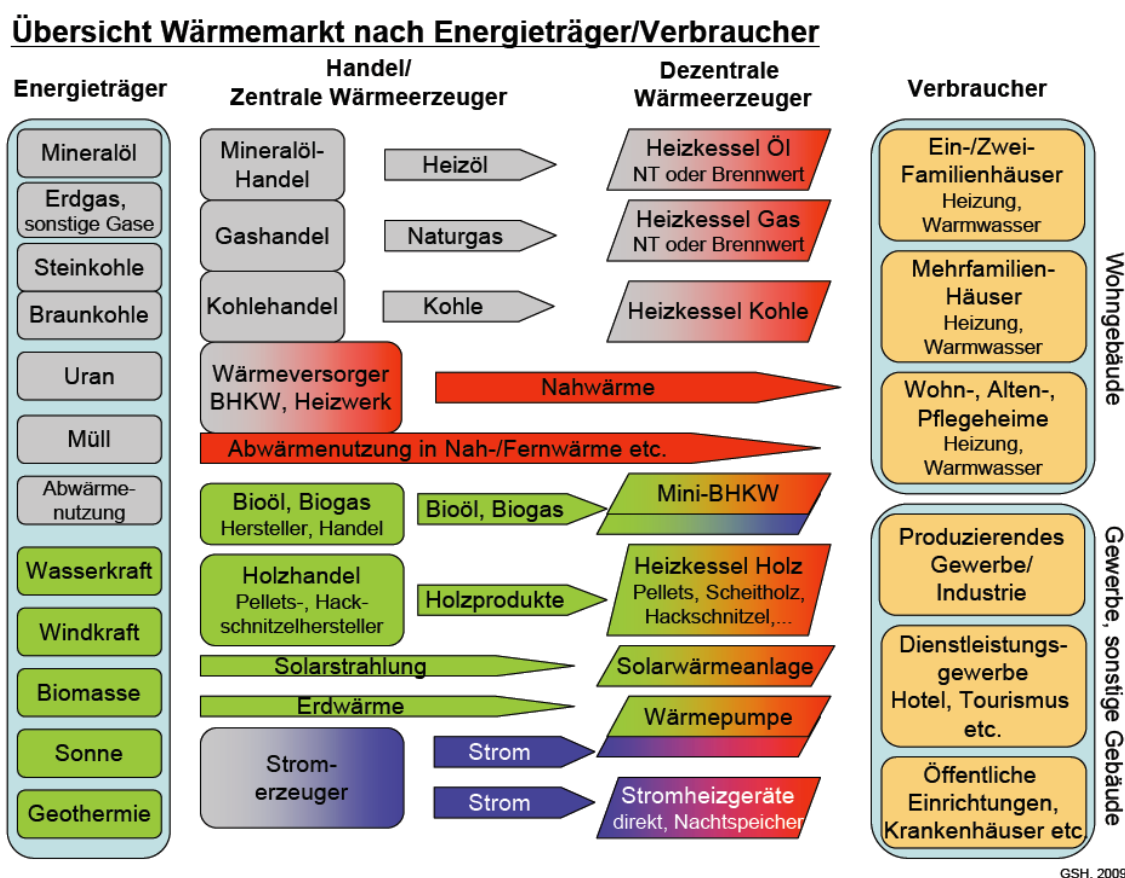
<sup>6</sup> Endenergiebedarf: ist die berechnete Energiemenge, die der Anlagentechnik (Heizungsanlage, raumluftechnische Anlage, Warmwasserbereitungsanlage, Beleuchtungsanlage) zur Verfügung gestellt wird, um die festgelegte Rauminnentemperatur, die Erwärmung des Warmwassers und die gewünschte Beleuchtungsqualität über das ganze Jahr sicherzustellen.

gehandelt. Im Wärmebereich ist zwischen einem „Wärmemarkt“ und vorgelagerten Märkten zu unterscheiden:

- Ein so genannter „Wärmemarkt“ im ursprünglichen Sinne des Wortes existiert nur für Fernwärme in Form eines natürlichen Monopols, bei dem Nachfrager – sofern sie sich für Fernwärme als Option der Wärmebereitstellung entscheiden – einem einzigen Wärmeanbieter gegenüber stehen. Eine Produktdifferenzierung ist bedingt möglich (z. B. Wärme aus EE oder fossilen Energieträgern), eine Substitution des Versorgers nicht. Der Markt ist normalerweise reguliert (Preiskontrolle).
- Vorgelagerter Brennstoffmarkt: Wenige Versorger, Großlieferanten und -händler für fossile Brennstoffe dominieren den Brennstoffmarkt für Erdgas und Heizöl. Diesen stehen viele Kleinhändler und Brennstoffnachfrager gegenüber. Während bei Erdgas die Bereitstellung in der Regel an ein Netz gebunden ist, das jedoch inzwischen liberalisiert ist, erfolgt sie für Heizöl völlig netzungebunden. Der Brennholzmarkt hingegen weist Charakteristika eines Marktes mit schwacher monopolistischer Konkurrenz auf.
- Vorgelagerter Markt für Wärmeerzeugungsanlagen: Sehr heterogene Anbieter von Wärmeerzeugungsanlagen, Speicher- und Verteilungstechnologien stehen vielen Nachfragern gegenüber. Dieser Markt ist nicht nur durch Größe und Standort der Anbieter, sondern auch nach Technologien differenzierbar. Anlageninstallateure stellen weitere Akteure auf diesem Markt dar. Daher kann hier von einem Markt mit monopolistischer Konkurrenz gesprochen werden, d. h., es existieren viele Anbieter und unterscheidbare Produkte.

Des Weiteren kann die Versorgungsinfrastruktur im Wärmebereich überwiegend als dezentral bezeichnet werden, da außer bei Fernwärme überwiegend der Erzeugungsort mit dem Wärmeverbrauchsort identisch ist. Allerdings ist die Belieferung mit Brennstoff – Erdgas – stark von der Versorgungsstruktur abhängig. Die Kombination von Energieträger und Wärmeerzeugungstechnologien führt zu einer Vielzahl von Wärmeerzeugungsoptionen, die je nach Verbrauchertyp in unterschiedlicher Häufigkeit und Intensität zum Einsatz kommen. Diese Komplexität ist in nachfolgender Abbildung ansatzweise dargestellt.

Abbildung 2-4: Energieträger und Wärmeerzeugung



Quelle: GSH 2008

Somit sind die Märkte im Wärmebereich mit Blick auf ihre Produkte, Marktteilnehmer und Strukturen sehr heterogen. Dementsprechend lässt sich auch eine deutlich komplexere oder heterogenere Marktstruktur im EE-Wärmebereich (für die Anwendungsbereiche Raum, Wasser und Prozesse) gegenüber dem Strombereich ableiten, die sich auch in den zahlreichen rechtlichen Regelungen widerspiegelt (vgl. auch Bruns et al. 2009).

Die Förderung von Strom aus EE erfolgt in Deutschland im Rahmen des EEG (Abnahmeverpflichtung) und betrifft alle Stromendverbraucher; dabei findet auch indirekt eine anteilige Förderung des EE-Wärmeausbaus bei EEG-KWK-Anlagen statt. Hingegen wird der EE-Wärmeausbau im Gebäudebereich bisher nur für Neubauten sowie durch die jüngsten Änderungen des EEWärmeG durch das Europaanpassungsgesetz (EAG-EE) auch für grundlegende Sanierungen öffentlicher Bestandsbauten geregelt.<sup>7</sup> Der EE-Wärme-Ausbau in anderen Nutzungssektoren (insbes. Prozesswärme) unterliegt keiner

<sup>7</sup> Alternativ zum Einsatz von EE können auch Ersatzmaßnahmen, die zu einer Übererfüllung der Anforderung der EnEV führen, angerechnet werden.

gesetzlichen Regelung. Hierbei ermöglicht das EEWärmeG jedoch den Ländern Regelungen für Bestandsgebäude zu treffen, die über das Bundesgesetz hinauszugehen.<sup>8</sup>

Zusätzlich zur Wirkung der Nutzungspflicht werden finanzielle Anreize zum Einsatz von EE im Wärmebereich insbesondere über das Marktanreizprogramm (KfW und BAFA) geschaffen. Das Marktanreizprogramm wird über den Bundeshaushalt finanziert. Es besteht aus zwei Programmteilen, dem BAFA- und dem KfW-Teil. Die Förderung (Investitionszuschüsse) im BAFA-Teil ist auf Wärmeerzeugungsanlagen wie Solarkollektoranlagen, Biomasseheizungen und effiziente Wärmepumpen ausgerichtet. Im KfW-Teil werden Großanlagen wie z. B. Nahwärmenetze für Wärme aus EE, Biogasaufbereitungsanlagen, Biomasseanlagen über 100 kW und Tiefengeothermieanlagen gefördert (Tilgungszuschüsse und Zinsverbilligungen). Die Förderprogramme decken (bezgl. des Kleinanlagen-Segments das BAFA) seit Juli 2010 nur noch Bestandsgebäude ab und erstrecken sich über alle Zwecke der Wärmenutzung<sup>9</sup>. Zudem werden Neuerrichtungen oder Erweiterungen von Wärmenetzen, die (anteilig) durch Wärme aus EE gespeist werden, sowie Anlagen und Leitung zur Aufbereitung bzw. Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz, gefördert.<sup>10</sup> Während im Strombereich die Förderung von EE in Kombination mit einer EE-Stromabnahmepflicht und fixen Vergütungssätzen über den Wälzungsmechanismus des EEG letztendlich durch den Stromkonsumenten finanziert wird, erfolgt die Finanzierung der Förderung im Wärmebereich (MAP) in Form von Investitions-, Tilgungszuschüssen und vergünstigten Krediten, durch Steuergelder. Für Wärme aus KWK-Anlagen, die mit EE betrieben werden, findet eine indirekte Förderung über eine zusätzliche EEG-Vergütung (Wärmebonus) statt.

Des Weiteren stellt die unterschiedliche Belastungsverteilung für Verbraucher einen markanten Unterschied dar: Im Strombereich werden die Strommehrkosten durch den Einsatz von EE über die EEG-Umlage vollständig auf alle nicht-privilegierten Endverbraucher umgewälzt. Im Gegensatz dazu sind im Wärmebereich mehrere Fälle zu unterscheiden. Durch das EEWärmeG werden im Falle der Nutzungspflicht für EE-Wärme Anlagenbetreiber bzw. Gebäudeeigentümer von Neubauten ggf. durch Mehr-

---

<sup>8</sup> Beispiel Land Baden-Württemberg: Hier sind zusätzlich Bestandsgebäude, in denen ein Heizungstausch stattfindet, einer Nutzungspflicht des Einsatzes von 10 % des jährlichen Wärmebedarfs durch ErneuerEE unterworfen (BMU 2009).

<sup>9</sup> Überwiegend zur Erzeugung von Raumwärme und Warmwasser, im geringen Umfang (MAP) zur Erzeugung von Prozesswärme oder Kälte, meist in GHD-Sektor.

<sup>10</sup> Sofern es sich bei den einspeisenden Anlagen um KWK-Anlagen handelt, wird der Netzneu- bzw. -ausbau über das KWKG gefördert. Rund 30 % der in 2009 über das KWKG geförderten Netze werden mit Biomasse/Biogas-KWK betrieben, in 2010 sind es fast 35 % (Quelle: BAFA 2011).

kosten gegenüber einer Status-Quo-Wärmeerzeugung direkt belastet. Eigentümer/Anlagenbetreiber von Bestandsgebäuden, die auf freiwilliger Basis eine EE-Wärmeerzeugungstechnologie installieren, sehen sich Kosten gegenüber, die sich aus Betrieb/Verbrauchskosten und Investitionen in EE-Anlagen abzüglich der Investitionsförderung ergeben. Für eine nach Personen differenzierte Zurechnung der Belastungsverteilung ist bei Gebäuden jedoch nach (Gebäude- oder) Anlageneigentümern und Besitzern zu unterscheiden.<sup>11</sup> In den nachfolgenden Berechnungen wird jedoch nicht zwischen Gebäudeeigentümer und -besitzern differenziert, da dies bei der Ausweisung der Summe aller systemanalytischen Kosten oder einzelwirtschaftlichen Belastungen keine Rolle spielt.

Tabelle 2-2: Abgrenzungsmerkmale von Strom und Wärme aus EE

	<b>Strom</b>	<b>Wärme</b>
<b>Energieform</b>	Sekundärenergieträger, Endenergie	Nutzenergie (Fernwärme: Endenergie)
<b>Anwendungsbereiche</b>	Mechan. Bewegung, Beleuchtung, Wärme/Kälte	Raumwärme/-Kälte, Prozesswärme, Warmwasser
<b>Marktstruktur</b>	Zentraler Strommarkt über EEX (Börse) oder OTC: wenige Anbieter, viele Nachfrager	a) Markt für Erzeugungs-/Speicher-, Verteilungstechnologien etc. (Solarthermie, Wärmepumpen/Geothermie, Kessel): viele Anbieter, viele Nachfrager b) Markt für Brennstoffe: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Großhandel: wenige Anbieter (insb. fossil) und mehrere Nachfrager</li> <li>• Einzelhandel: mehrere Anbieter und viele Nachfrager</li> </ul> c) Fernwärmemarkt: natürliches Monopol
<b>Erzeugung und Verbrauch</b>	Ort: Erzeugungsort nicht identisch mit Verbrauchsort  Akteure: Stromerzeuger i.d.R. nicht Stromverbraucher	Ort: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dezentrale Erzeugung: Erzeugungsort identisch mit Verbrauchsort</li> <li>• Zentrale Erzeugung: Fernwärme</li> </ul> Akteure: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wärmeerzeuger gleich Wärmeverbraucher (dezentrale Versorgung)</li> <li>• Contractor: Erzeuger aber nicht Verbraucher</li> </ul>

<sup>11</sup> a) Gebäude- und Anlageneigentümer, der zugleich Anlagennutzer (Gebäudebesitzer) ist. Er trägt sowohl die Investitions- als auch Betriebskosten.  
b) Gebäude- und Anlageneigentümer, der zugleich als Privatperson, Eigentümergemeinschaft oder Wohnungsbaugesellschaft Vermieter ist und somit in der Regel den nicht umlegbaren Teil der Mehr/Minderinvestitionen zu tragen hat, während die Anlagenbesitzer (Mieter) bzw. Wärmenutzer ggf. sogar von verminderten Betriebskosten profitieren können.

	<b>Strom</b>	<b>Wärme</b>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fernwärme: Erzeuger ungleich Verbraucher</li> </ul>
<b>ersorgungsstruktur</b>	Zentral : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zusammenhängendes Stromverteilernetz</li> </ul>	Dezentral aber: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Versorgungsnetz für Brennstoff Erdgas</li> <li>• Wärmenetze</li> </ul>
<b>Gesetzliche Regelungen</b>	Einspeisevergütung nach EEG und KWKG;	Nutzungspflicht bzw. Ersatzmaßnahmen (EEWärmeG);
<b>Finanzielle Förderung</b>	Marktförderung über KfW-Programme und Sonstige.	indirekt über EEG und KWKG (Biomasse-BHKW und KWK); Marktförderung (MAP) und Sonstige.
<b>Belastungsverteilung</b>	Umlage auf Endverbraucher über Strompreis (EEG)	a) Gebäudeeigentümer als Vermieter: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gebäudebestand – als freiwillige Maßnahme: ggf. Be- oder Entlastung durch Mehrinvestition abzgl. Förderung (MAP, etc.)</li> <li>• Gebäudeneubau – als verpflichtende Maßnahme (EEWärmeG): direkte Belastung durch ggf. Mehrinvestition</li> </ul> b) Gebäudeeigentümer (Selbstnutzer) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bestand – freiwillige Maßnahme: Be/Entlastung der Anlagennutzer durch Investitionsmehr- und ggf. Betriebsminderkosten</li> <li>• Gebäudeneubau – verpflichtende Maßnahme (EEWärmeG): Be/Entlastung der Anlagennutzer durch Investitionsmehr- und ggf. Betriebsminderkosten</li> </ul> c) Gebäudebesitzer (Mieter): Ggf. Entlastung der Anlagennutzer durch Betriebsminderkosten und ggf. auch Belastung durch Umlage der Investition
		d) Contractor: dito Vermieter e) Belastung des öffentlichen Haushalts durch MAP

Aus diesen unterschiedlichen Merkmalen des Strom- und Wärmebereichs leiten sich viele Besonderheiten bei der Betrachtung der Kosten- und Nutzenwirkungen im Wärmebereich im Vergleich zum Strombereich ab. Zum einen muss bei der Kostenermittlung im Wärmebereich z. B. bei den systemanalytischen Differenzkosten für Wärme die Heterogenität der Wärmeerzeugung und –nutzer berücksichtigt werden. Zum anderen ergeben sich hinsichtlich der Verteilungswirkungen der EE-Förderinstrumente unterschiedliche Aspekte, die ggf. ein anderes methodisches Vorgehen als im Strombereich erfordern. Die daraus resultierenden methodischen Ansätze sind in den folgenden Kapiteln ausführlich dargelegt.

## **3 Methodische Ansätze und Datengrundlage**

### **3.1 Grundlagen der Bilanzierung**

Die vielfältigen Wirkungen des Ausbaus von EE betreffen verschiedene Akteure und unterschiedliche Ebenen einer Volkswirtschaft. Aus gesamtwirtschaftlicher Sicht sind gedanklich drei wichtige Fragestellungen zu unterscheiden: Wie effizient werden die vorhandenen Ressourcen genutzt? Welche Verteilungswirkungen rufen die politischen Maßnahmen hervor? Wie wirken sie sich auf das Wirtschaftswachstum aus? In Anlehnung an diese Unterteilung unterscheiden wir drei Wirkungskategorien des Ausbaus der EE (vgl. ISI u.a. 2010, Breitschopf, Diekmann 2011). Diese umfassen a) Kosten und Nutzen des EE-Ausbaus, b) Be- und Entlastungen für Haushalte, Unternehmen und Staat sowie c) makroökonomische Wirkungen (Abbildung 3-1). Darüber hinaus sind sonstige Wirkungen zu beachten, die hier nicht quantifiziert werden.

#### **Systemanalytische Kosten und Nutzen**

Systemanalytische Kosten umfassen alle direkten und indirekten Kosten des Ausbaus der EE, denen ein unmittelbarer oder mittelbarer Ressourcenverbrauch (Kapital, Arbeit, ...) gegenübersteht. Die direkten Kosten erfassen die zur Erstellung und zum Betrieb einer Anlage benötigten Ressourcen, während die indirekten Kosten Folgekosten der Anlagenerstellung oder des Anlagenbetriebs darstellen, insbesondere Infrastrukturkosten (Netze, Speicher) und Transaktionskosten. Systemanalytische Kosten werden unabhängig davon ermittelt, welche Akteure damit belastet werden. Sie lassen sich aggregiert in einer Größe erfassen und den Nutzen gegenüberstellen. Nutzenkomponenten ergeben sich aus der Ressourcenschonung und vermiedenen Umweltschäden. Die systemanalytischen Kosten und Nutzen von EE werden grundsätzlich im Vergleich zu einer Energieversorgung ohne forcierten Ausbau der EE bilanziert. Die Systemdifferenzkosten und -nutzen geben somit letztlich Hinweis auf die Effizienz der gesamtwirtschaftlichen Ressourcenallokation.

#### **Verteilungs- und Preiseffekte**

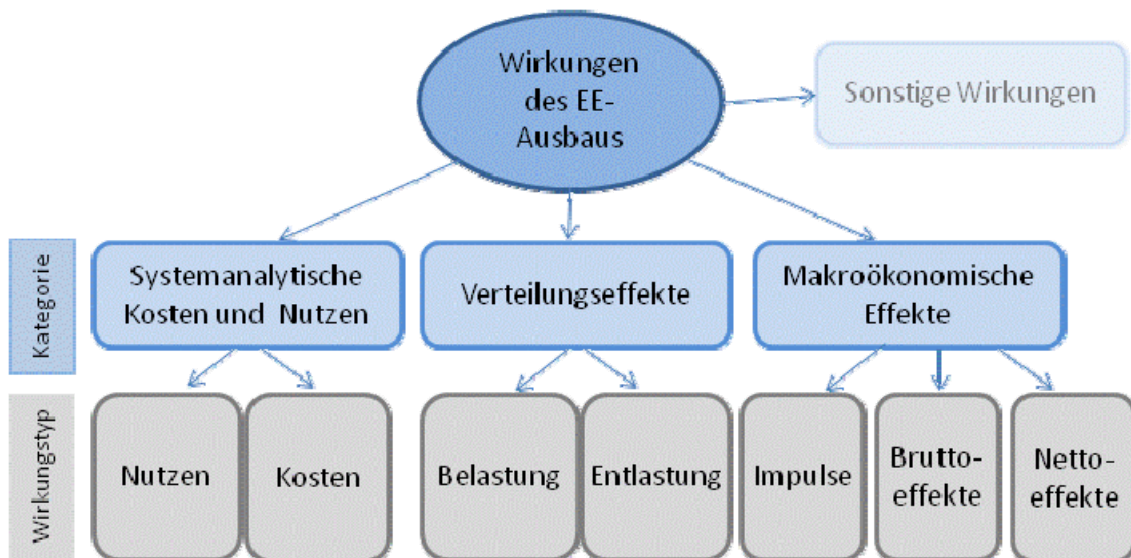
Verteilungs- und Preiseffekte stellen für sich genommen keinen gesamtwirtschaftlichen Ressourcenverbrauch dar. Sie haben aber einen wesentlichen Einfluss auf die einzelwirtschaftlichen Kosten- und Nutzenwirkungen politischer Maßnahmen zur Förderung von EE. Die Verteilungswirkungen sind als Be- und Entlastungen einzelner Akteursgruppen bzw. des Staates zu verstehen, sie lassen sich aber nicht ohne weiteres zu einer Gesamtgröße zusammenfassen. Neben unmittelbaren Be- und Entlastungen durch Nutzungspflicht oder freiwilliger Nutzung der EE löst deren Einsatz in der Wär-

meerzeugung – allerdings geringe – Preiseffekte aus, die verschiedene Akteure unterschiedlich stark betreffen können.

### Makroökonomische Effekte

Die gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen des Ausbaus von EE lassen sich an den Veränderungen volkswirtschaftlicher Kenngrößen wie dem BIP und seinen Komponenten (Ausrüstungs- und Bauinvestitionen, Importe, Exporte, Konsum, Staatsverbrauch) oder an Veränderungen der gesamten wie der sektoralen Beschäftigung ablesen. Um die vielfältigen wirtschaftlichen Wechselwirkungen umfassend abzubilden, werden für diese Analysen gesamtwirtschaftliche Modelle eingesetzt, wobei z. B. Investitionen in EE als Impuls in das makroökonomische Modell eingehen und Brutto- und Nettoeffekte (Brutto/Nettobeschäftigung, BIP) als Outputgrößen die Wirkungen des EE-Ausbaus auf gesamtwirtschaftlicher Ebene aufzeigen.

Abbildung 3-1: Wirkungskategorien und Wirkungstypen



Neben den in diese drei Hauptkategorien eingeteilten Wirkungen sind noch weitere Wirkungen des Ausbaus von EE festzustellen, die nicht eindeutig einer dieser Kategorien zugeordnet wurden. Sie umfassen den (positiven) Einfluss des verstärkten EE-Ausbaus auf Innovationen im Bereich der EE-Technologien sowie Spill-over-Effekte auf andere Anwendungsbereiche, eine zunehmende Versorgungssicherheit durch Verminderung der Abhängigkeit von wenigen Brennstofflieferanten (Exporteuren), eine leichte Entspannung auf den Weltenergiemärkten und neue Wege der Energieinfrastruktur/Energieversorgung in Schwellen-/Entwicklungsländern. Insbesondere im Wärmebe-



reich scheint aufgrund der dezentralen Versorgung die Versorgungssicherheit mit Brennstoffen für die einzelnen Verbraucher eine Rolle zu spielen.

Die Differenzierung nach Wirkungskategorien und Wirkungstypen ermöglicht eine Einordnung der Effekte. Sie bietet somit einen Rahmen für die Gesamtschau der Kosten- und Nutzenwirkungen, der in Abbildung 3-1 graphisch dargestellt ist. Eine Aufsummierung von Einzelwirkungen ist nur innerhalb der einzelnen Wirkungstypen möglich. In der systemanalytischen Betrachtung können (Differenz-) Kosten und Nutzen saldiert werden. Dagegen ist eine Saldierung von Be- und Entlastungen jeweils nur innerhalb einer Akteursgruppe sinnvoll (und setzt darüber hinaus voraus, dass sämtliche Be- und Entlastungen vollständig erfasst werden). Der Einsatz von gesamtwirtschaftlichen Modellen zur Ermittlung der makroökonomischen Wirkungen beinhaltet eine Bilanzierung aller Effekte. Werden die Ergebnisse zweier Szenarien – etwa eines EE-Ausbau-Szenarios mit einem fossil basierten Szenario – miteinander verglichen, so ergeben sich die bilanzierten Nettowirkungen des Ausbaus der EE. Alle monetär abbildbaren Kosten- und Nutzenwirkungen können so systematisch erfasst werden.

### **3.2 Ansätze zur Abschätzung der Wärmeerzeugungskosten durch Erneuerbare Energien und Umweltwirkungen**

Differenzkosten und Umweltwirkungen der gesamten EE-Wärmeerzeugung beruhen auf dem EE-Endenergieverbrauch nach AGEE-Stat und der in ISI et al. (2010) angelegten Methodik.

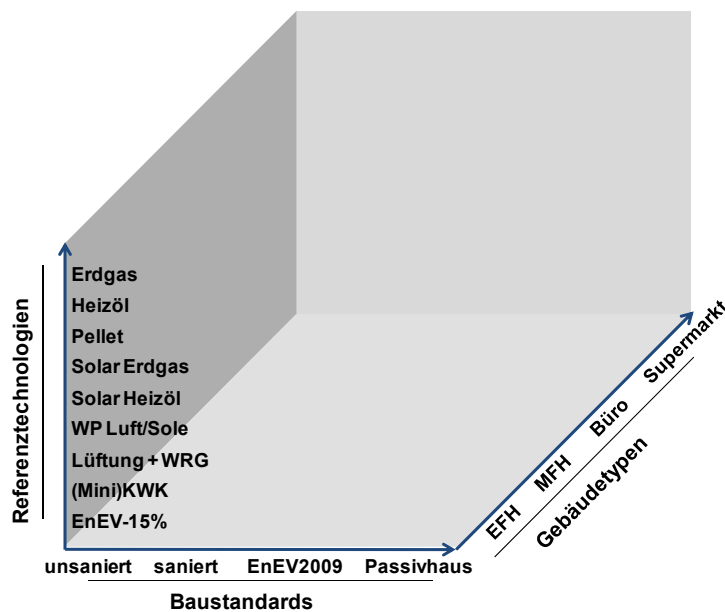
Zur Abschätzung der Wirkungen des MAP-bedingten EE-Wärmeausbaus wird ein methodischer Ansatz analog zur Gesamtbetrachtung gewählt. Daten über bereitgestellte Endenergie durch MAP-finanzierte Anlagen werden anhand der Förderdaten nach Technologien abgeschätzt bzw. aus dem MAP-Evaluationsbericht (Fichtner et al. 2010 und 2011) entnommen.

Für eine vergleichende Betrachtung der Kosten der EE-Wärmeerzeugung (Raumwärme und Warmwasser) im Neubau wird auf die Vorgehensweise und die Ergebnisse des begleitenden Berichts zum Erfahrungsbericht EEWärmeG (Ecofys et al. 2011) Bezug genommen. Die Vorgehensweise bei der Ermittlung der Differenzkosten und Umweltwirkungen lehnt sich an die dort angewandte Methodik und Daten zum Endenergiebedarf an. Die Berechnung der Wärmeerzeugungskosten für Wohn- und Nichtwohngebäude orientiert sich an den Vorgaben des EEWärmeG und der EnEV 2009. Allerdings spiegeln die Differenzkosten im Neubau nur einen Näherungswert wider, da hier nur die Mindestvorgaben nach dem EEWärmeG und EnEV 2009 betrachtet wer-

den und die in der Realität vorkommenden Übererfüllungen wie z. B. eine Kombination von EE-Einsatz und Ersatzmaßnahmen, unberücksichtigt bleiben. Angaben zum tatsächlichen Baustandard und somit zum Endenergiebedarf (z. B. Übererfüllung der EnEV 2009 und des EEWärmeG) der Neubauten liegen nicht vor.

Zur Berechnung der Kosten sind unterschiedliche Referenztechnologien der EE-Wärmeerzeugung sowie mögliche Ersatzmaßnahmen nach dem EEWärmeG zu betrachten. Des Weiteren ist neben unterschiedlichen Gebäudetypen auch nach Baustandards und Alter der Gebäude zu differenzieren. Aufgrund dieser drei Unterscheidungsmerkmale (Technologien x Gebäudetyp x Standards) sind im Wärmebereich allein für die Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser zahlreiche Nutzungsoptionen in einer dreidimensionalen Matrix zu betrachten. Diese können nicht alle abgebildet werden. Daher beschränkt sich die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung auf ausgewählte Gebäudetypen, Baustandards und Referenztechnologien bzw. technische Maßnahmen, die in Anhang 1 kurz aufgeführt sind.

Abbildung 3-2: Betrachtete Optionen bei der Wirtschaftlichkeitsrechnung



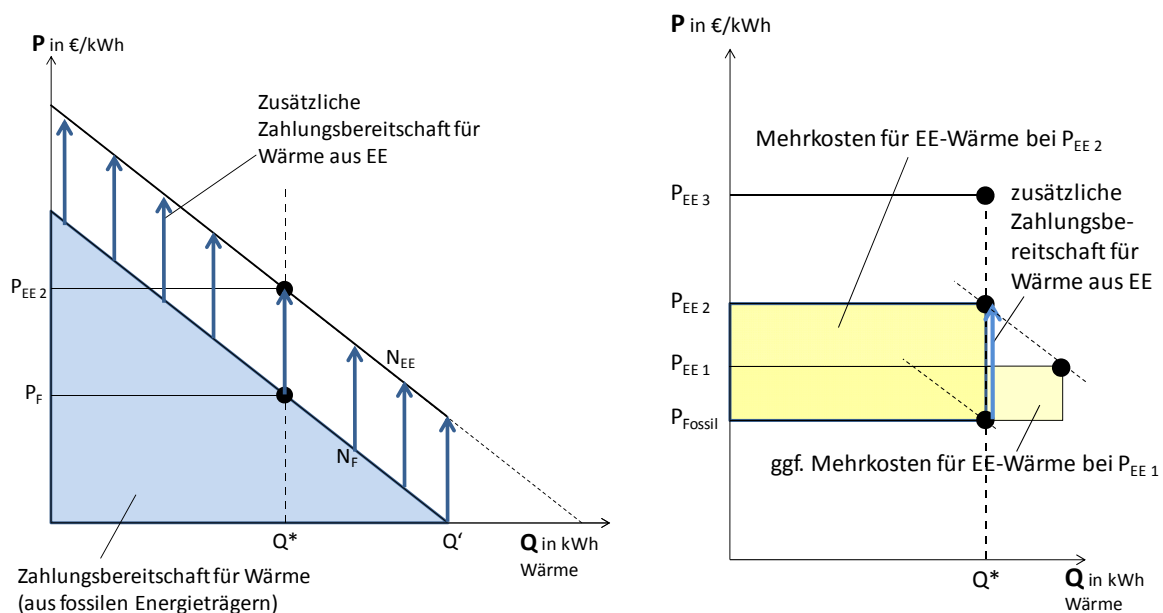
Zur Ausweisung der vollen Heiz- und Warmwasserkosten werden die annuisierten Investitionskosten sowie die jährlichen Betriebs- und Verbrauchskosten unter Berücksichtigung unterschiedlicher Wärmeschutzmaßnahmen ausgewiesen. Die Berechnung der Kosten erfolgt für verschiedene Wohngebäudearten exklusive Mehrwertsteuer mit und ohne Berücksichtigung der finanziellen Förderungen. Basierend auf dem Endenergieverbrauch je Gebäude lassen sich die Emissionen je Gebäude monetär bewerten und den Investitions-, Betriebs- und Verbrauchskosten zurechnen.

### 3.3 Theoretische Diskussion zur Zahlungsbereitschaft für Wärme aus Erneuerbaren Energien

In der Diskussion um die Differenzkosten im Wärmebereich wird häufig der Begriff „Differenzkosten“ bei den Verteilungswirkungen und systemanalytischen Kosten als irritierend empfunden, da viele Maßnahmen im Wärmebereich auf Freiwilligkeit basieren und somit einen Nutzen der Verbraucher bzw. Nachfrager von EE-Wärme widerspiegeln. Folglich seien die Differenzkosten als freiwillige Zahlungsbereitschaft zu verstehen. Nachfolgend wird dieser Diskussionspunkt aufgegriffen und theoretisch kurz umrissen.

In der Mikroökonomik ist Zahlungsbereitschaft als der höchste Preis für ein Gut definiert, den eine Person beim Kauf dieses Gutes gerade noch bereit ist zu akzeptieren (Varian 2004). Die Nachfragekurve zeigt somit die maximale Zahlungsbereitschaft der Konsumenten für ein bestimmtes Gut auf, d. h., sie zeigt, welche Menge gerade noch bei dem gegebenen Preis nachgefragt wird. Die Differenz zwischen der Zahlungsbereitschaft und dem gezahlten Preis gibt die Konsumentenrente wieder, d. h. den Nettounutzen aus dem Konsum eines Gutes (Varian 2004).

Abbildung 3-3: EE-Wärme und Zahlungsbereitschaft



Im Falle von EE im Wärmebereich muss zunächst die Differenz der Zahlungsbereitschaft für Wärme aus EE und aus fossilen Energieträgern betrachtet werden.<sup>12</sup> In der Regel sind die Wärmebereitstellungskosten mit EE höher als mit fossilen Energieträgern. Bestehen Präferenzen für Wärme aus EE, dann kann angenommen werden, dass die Nachfragekurve ( $N_{EE}$ ) für EE-Wärme einer (parallelen) Verschiebung der Nachfragekurve ( $N_F$ ) für Wärme aus fossilen Energieträgern nach oben entspricht (z. B. bei  $Q^*$ ) wie in Abbildung 3-3, linke Graphik. Die Fläche zwischen den beiden Nachfragekurven stellt somit die zusätzliche Zahlungsbereitschaft für Wärme aus EE im Vergleich zu fossilen Energieträgern dar (Abbildung 3-3) bzw. reflektiert den Zusatznutzen EE-Wärme. Der gesamte Zusatznutzen kann sich aus mehreren Aspekten/Präferenzen zusammensetzen wie Versorgungssicherheit, Raumatmosphäre, Umweltgründe, etc.

Bei einem Preis  $P_F$  für die fossile Wärmemenge  $Q^*$  erhält der Konsument eine Konsumentenrente (Fläche  $N_F$  über  $P_F$ ), die genau der Konsumentenrente beim Preis  $P_{EE2}$  und der EE-Wärmemenge  $Q^*$  entspricht (Fläche  $N_{EE}$  über  $P_{EE2}$ );<sup>13</sup> beide stellen einen Nettonutzen dar. Die Preisdifferenz  $P_{EE2} - P_F$  hat den zusätzlichen Nettonutzen EE-Wärme abgegriffen, d. h., es fällt keine zusätzliche Konsumentenrente an.

Auf der Angebotsseite (rechte Graphik in Abbildung 3-3) sind Preise gegeben, zu denen eine bestimmte Wärmemenge angeboten wird. Diese sind völlig unabhängig von der Zahlungsbereitschaft. Die Preise<sup>14</sup> für Wärme aus EE ( $P_{EE}$ ) liegen in der Regel über den Preisen für Wärme aus fossilen Energieträgern ( $P_F$ ). In Abbildung 3-3 sind mehrere Preise  $P_{EE}$  ( $P_{EE1}$ ,  $P_{EE2}$ , und  $P_{EE3}$ ) für EE-Wärme abgebildet. Die Differenz zwischen  $P_{EE}$  und  $P_F$  multipliziert mit  $Q^*$  bildet die Mehrkosten für EE-Wärme ab.

Da nur Preise bzw. Mehrkosten jedoch nicht die zusätzliche Zahlungsbereitschaft für EE-Wärme beobachtet werden können, lassen sich keine eindeutigen Aussagen über diese bzw. den Zusatznutzen treffen. Bestenfalls, wie im Falle  $P_{EE2}$ , geben die Mehrkosten letztendlich den zusätzlichen Nutzen für EE-Wärme wieder, für den der Konsument bereit ist zu zahlen. Im Falle von  $P_{EE1}$  stellen die Mehrkosten aber nur eine Teilmenge des zusätzlichen Nutzens für die EE-Wärmemenge  $Q^*$  dar. Der Nettonutzen steigt an, da die verbleibende Konsumentenrente für Wärme aus EE größer als diese aus fossilen Energieträgern.

<sup>12</sup> Die Zahlungsbereitschaft wird hier in Abhängigkeit der Wärmemenge dargestellt, ansonsten gilt c.p.

<sup>13</sup> Nur bei paralleler Verschiebung der Nachfragekurve.

<sup>14</sup> Hier zu verstehen als annuisierte spezifische Investitions- und Betriebskosten für eine Wärmemenge.

Hieraus wird ersichtlich, dass die Differenz zwischen den tatsächlichen angebotenen Preisen für Wärme aus EE ( $P_{ee1}$ ) und fossilen Energieträgern ( $P_f$ ) nicht der Differenz der Zahlungsbereitschaft bzw. dem Abstand zwischen den beiden Nachfragekurven entspricht, denn die Präferenzen eines Verbrauchers für EE sind nicht in der Differenz der Marktpreise  $P_f$  und  $P_{ee}$  wiedergegeben. Die Differenz der Kosten zwischen einem fossilen und EE-basierten Wärmeerzeugungssystem abzüglich eventueller Förderkosten kommen in diesem Fall nur einem Teilbetrag der Zahlungsbereitschaft bei  $Q^*$  gleich – freiwillige Installation vorausgesetzt. Allerdings könnte ein Verbraucher bei einem Preis  $P_{ee1}$  für EE eine Menge  $Q > Q^*$  nachfragen und somit einen Zusatznutzen erhalten. Freiwillige zusätzliche Ausgaben für EE widerspiegeln insofern nach Abzug der Förderung und der Ausgaben für ein gleichwertiges fossil basiertes Wärmesystem nur ggf. einen „Teilzusatznutzen“ für EE, der als freiwillige Zahlung verstanden werden kann. Diese Differenz wird nachfolgend als jährliche verbleibende einzelwirtschaftliche Mehr- oder Minderkosten der Anlagenbetreiber bezeichnet. Im Falle einer Nutzungspflicht nach dem EEWärmeG kann bei diesen Maßnahmen keine Freiwilligkeit unterstellt werden, obwohl diese durch die Übererfüllung des EEWärmeG in manchen Fällen manifestiert wird.

**Definition:**

Freiwillige Zahlungen sind ein Teil der jährlichen verbleibenden einzelwirtschaftlichen Mehr- oder Minderkosten der Wärme-/Kälte-Anlagenbetreiber für EE-Wärme. Diese werden aus den systemanalytischen Differenzkosten abzüglich der annuisierten Förderung berechnet.

Wird im Zusammenhang mit freiwilligen zusätzlichen Ausgaben für Wärme aus EE von jährlichen verbleibenden einzelwirtschaftlichen Mehr/Minderkosten der Anlagenbetreiber gesprochen, sind diese jedoch nicht gleichzusetzen mit einer (freiwilligen) Zahlungsbereitschaft für EE.

## **4 Systemanalytische Kosten- und Nutzenwirkungen**

Im Wärmebereich erfolgt ein Ressourcenverbrauch<sup>15</sup> durch die Herstellung und den Betrieb der Wärmeerzeugungsanlagen, Verteilungseinrichtungen (Gebäude, Netze), durch Maßnahmen im Bereich der Infrastruktur, durch administrative und marktwirtschaftliche Prozesse. Diesen Aufwendungen sind die Kosten für ein hypothetisches System ohne Wärme aus EE gegenüberzustellen. Darüber hinaus sind die jeweiligen Umweltbelastungen zu berücksichtigen.

### **4.1 Systemanalytische Differenzkosten**

Im Allgemeinen zeigen systemanalytische Differenzkosten, welche Zusatzkosten Anlagenbetreiber bzw. Wärmenutzer ohne Berücksichtigung verschiedener finanzieller Förderungen für den Einsatz EE zur Wärmeerzeugung tragen. Hierzu werden die Gesteuerungskosten Erneuerbarer Erzeugungstechnologien mit denen konventioneller Technologien verglichen. Wie auch im Strombereich werden die Differenzkosten im Rahmen dieser Studie auf Grundlage der spezifischen Gesteuerungskosten verschiedener Technologien ermittelt (aus der Annuität der Investition, den jährlichen Betriebskosten und den Verbrauchskosten); dabei basieren die Gesteuerungskosten im Wärmebereich bei kleinen dezentralen Anlagen meist auf Referenzgebäuden (Gebäudetypen für Einfamilien- und Mehrfamilienhäuser sowie für Nichtwohngebäude, Gebäudestandards) und fossilen Referenztechnologien (Brennwertkessel für Erdgas und Heizöl, Solarkollektoren, Wärmepumpen, Feuerungsanlagen für feste Biomasse. Für den Gebäudebestand erfolgt eine weitere Unterteilung nach Bauklassenalter, Größe und Nutzung (siehe hierzu auch ISI et al. 2010). Diese Referenzgebäude sind jedoch nicht synonym zu denjenigen in der Energieeinsparverordnung. Die hier vorgenommene Auswahl an Gebäuden spiegelt somit den gesamten Gebäudebestand nur in erster grober Näherung wider, so dass dies eine Pauschalierung und Vereinfachung zur Folge haben kann. Die detaillierte Abbildung des gesamten Gebäudebestandes und darüber hinausgehend des Wärmemarktes ist im Rahmen dieser Studie nicht erfolgt. Somit können ggf. die ermittelten Differenzkosten durchaus von den tatsächlichen Kostenunterschieden abweichen. Die systemanalytischen Differenzkosten lassen sich in direkte und indirekte Differenzkosten unterscheiden.

Die direkten systemanalytischen Differenzkosten umfassen die Zusatzkosten bezogen auf ein Energieerzeugungssystem ohne weitere damit verbundene Kosten wie Netzaus-

---

<sup>15</sup> Ressourcenverbrauch ist hier weit gefasst und umschließt den Verbrauch von Boden, Rohstoffen, Kapital, Arbeit und Umwelt.

bau und Transaktionen. Die indirekten systemanalytischen Differenzkosten umfassen die nicht unmittelbar mit dem Erzeugungssystem verbundenen Zusatzkosten wie Netzausbaukosten. Insgesamt stellen die Systemkosten somit einen Ressourcenverbrauch (Einsatz von Produktionsfaktoren wie Arbeit, Kapital, ...) dar, wobei ihre Höhe vom unterstellten Preisniveau der fossilen Brennstoffe und weiteren Annahmen abhängig ist.

**Definition:**

Systemanalytische Differenzkosten entsprechen den direkten annuitätischen Erzeugungsmehr- oder Minderkosten der EE-Wärmeversorgung im Vergleich zur fossilen Wärmeerzeugung auf Vollkostenbasis (Preise von 2005) ohne Berücksichtigung der Förderung. Sie spiegeln den reinen Ressourcenmehr/ minderverbrauch auf gesamtwirtschaftlicher Ebene wider.

Da im Wärmebereich im Gegensatz zum Strombereich jedoch unterschiedliche Instrumente eingesetzt werden, die zum einen auf Freiwilligkeit, zum anderen auf einer Nutzungspflicht von EE bzw. Ersatzmaßnahmen nach dem EEWärmeG beruhen und somit der EE-Ausbau nach Maßnahmen differenziert betrachtet werden kann, sind die Differenzkosten entsprechend des Analysebereichs klar voneinander abzugrenzen. D. h., dass zwischen Differenzkosten zu unterscheiden ist, die durch MAP-finanzierte Anlagen, durch Nutzungspflicht im Rahmen des EEWärmeG und den gesamten EE-Wärmeausbau anfallen. Hieraus lassen sich unterschiedliche Differenzkosten abgrenzen:

- Differenzkosten EE-Wärme: Diese Differenzkosten umfassen die systemanalytischen Mehr- bzw. Minderkosten des gesamten Wärmebereichs und basieren auf einem Vergleich der Gestehungskosten von konventionellen und EE-basierten Wärmeerzeugungstechnologien für die gesamte EE-Wärmeerzeugung. Sie unterscheiden nicht, ob der EE-Wärmeausbau auf freiwilliger Basis oder verpflichtend erfolgt ist. Somit ist der gesamte EE-Wärmeausbau inbegriffen, d. h. MAP-finanzierter, EEWärmeG-induzierter und sonstiger (freiwilliger) EE-Ausbau. Sie zeigen den Ressourcenmehr- oder -minderverbrauch auf, der durch den Einsatz von EE – statt fossiler Energieträger – zur Wärmeerzeugung anfällt. Die Differenzkosten aus Einzelraumfeuerungsanlagen (EFA) werden, wie in nachfolgender Erläuterung (Kapitel 4.1.1.1 f) dargestellt, als Null angesehen.
- Differenzkosten MAP-EE-Wärme: Hierunter fallen die Differenzkosten des MAP-finanzierten EE-Ausbaus. Die durch das MAP finanzierten EE-Technologien unterliegen in der Regel <sup>16</sup> nicht der gesetzlich festgelegten Nutzungspflicht. Dies bedeu-

<sup>16</sup> Diese Abgrenzung ist in folgenden Fällen leider nicht systematisch möglich: 1. Eine landesrechtliche Nutzungspflicht (derzeit nur Baden-Württemberg) erlaubt trotzdem (bei entspr. Voraussetzungen) eine MAP-Förderung. 2. Die Vorbildfunktion öffentlicher Gebäude für EEWärme (bei grundl. Sanierung, seit 1.Mai 2011) schließt eine Förderung durch das MAP nicht aus. 3. Im KfW-Segment des MAP können teilweise auch Anlagen in/für Neubauten gefördert werden. Angaben zum Umfang der Förderung dieser 3 Fälle sind derzeit nicht möglich.

tet, dass die Anlageneigentümer diese Maßnahme in der Regel auf freiwilliger Basis durchführen. Da in diesem Kapitel jedoch der reine Ressourcenverbrauch ohne Berücksichtigung der Förderung betrachtet wird, geben die hier ausgewiesenen systemanalytischen Differenzkosten die reinen Mehrkosten (= Ressourcenmehrverbrauch) der MAP-finanzierten EE-Wärme wieder.

- EEWärmeG-Differenzkosten im Neubau: Durch die Vorgaben des EEWärmeG ist der Gebäudeeigentümer und/oder –nutzer verpflichtet, EE für die Wärmeerzeugung zu nutzen oder entsprechende Ersatzmaßnahmen zu ergreifen. Dies schließt nicht aus, dass eine solche Maßnahme auch freiwillig durchgeführt worden wäre. Im Vergleich zu einer Situation ohne Vorgaben des EEWärmeG entstehen dem Anlageneigentümer/-besitzer hierdurch ggf. Mehr- oder Minderkosten, die nicht nur den Ressourcenverbrauch für den EE-Einsatz umfassen, sondern auch den für Ersatzmaßnahmen einschließen können. Insofern können unter diesem systemanalytischen „Differenzkostenbegriff“ zum einen die Wirkungen des EEWärmeG (Nutzungspflicht und Ersatzmaßnahmen) oder des EEWärmeG bedingten EE-Ausbaus betrachtet werden. Beide geben den Ressourcenmehr/minderverbrauch wieder, der durch die Umsetzung des EEWärmeG oder durch den EE-Ausbau anfällt. Der vorliegende Bericht konzentriert sich jedoch nur auf die Wirkungen des EE-Ausbaus (Nutzungspflicht des EEWärmeG).

Tabelle 4-1: Überblick zur Abgrenzung des Differenzkostenbegriffs

	<b>Differenzkosten der EE-Wärme</b>	<b>Differenzkosten MAP-finanzierter EE-Wärme</b>	<b>EEWärmeG-Differenzkosten (Neubau)</b>
<b>Fragestellung</b>	Direkte Mehrkosten des gesamten EE-Wärmeausbaus	Direkte Mehrkosten des MAP finanzierten EE-Wärmeausbaus	Direkte Mehrkosten des EE-Ausbaus (+ Ersatzmaßnahmen) bedingt durch EEWärmeG
<b>Verpflichtung zur EE-Nutzung</b>	nein, außer Neubau	nein <sup>17</sup>	ja
<b>EE-Nutzung</b>	ja	ja	ja
<b>Ersatzmaßnahmen</b>	nein	nein	nein und ja
<b>Referenztechnologien</b>	ja (ISI et al., 2010)	ja (ISI et al., 2010)	ja (Ecofys et al. 2011)
<b>Referenzgebäude</b>	ja (ISI et al., 2010)	ja (BAFA) nein (KfW)	ja (Ecofys et al. 2011)

<sup>17</sup> Mit Ausnahme von Gebäuden in kommunalem Besitz/Eigentum und landesrechtliche Nutzungspflichten z. B. Baden-Württemberg. Dort sind MAP-Finanzierungen im Rahmen einer Nutzungspflicht teilweise möglich.



## 4.1.1 Differenzkosten der gesamten Wärmeerzeugung durch Erneuerbare Energien

### 4.1.1.1 Allgemeine Darstellung

Diese Fragestellung bezieht sich auf die gesamte EE-Wärmeerzeugung – nicht auf die Differenzkosten des EEWärmeG. Zur Ausweisung der gesamten Wärmedifferenzkosten wird die gesamte durch EE bereitgestellte Wärme mit den gewichteten spezifischen Mehrkosten der einzelnen Technologien und Gebäudetypen bewertet (siehe hierzu Kapitel 9A.1, Kapitel 9A.2). Hierbei gehen in Abhängigkeit der zugrunde gelegten Technologien auch CO<sub>2</sub>-Zertifikatspreise<sup>18</sup> mit in die Kostenrechnung ein, Steuern sind jedoch nicht berücksichtigt. Die definierten Referenzanlagen decken jedoch nur einen Teil der Erneuerbaren Wärmetechnologien ab. Insbesondere wird hierbei Prozesswärme vernachlässigt.<sup>19</sup> Die jährliche Wärmebereitstellung aus EE wird aus den Daten der *Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energien – Statistik (AGEE-Stat)* (BMU 2009) ab 2000 übernommen.<sup>20</sup>

$$\text{Direkte Differenzkosten}_{EE} = \sum_g \sum_i [(spK_{ig} - spvK_{ig}) \cdot Q_{ig}]$$

*spK:* spezifische Wärmebereitstellungskosten in Euro/kWh

*spvK:* spK des durch *i* verdrängten konventionellen Wärmeerzeugers

*i:* EE-Wärmeerzeugungstechnologie

*Q:* durch *i* bereitgestellter Nutzenergiebedarf (gewichtet nach Technologie und Gebäudetyp)

*g:* Referenzgebäude

<sup>18</sup> Nur bei Fernwärmeversorgung implizit über den Fernwärmepreis.

<sup>19</sup> Im Bereich der Prozesswärmeerzeugung beschränkt sich der EE-Einsatz hauptsächlich auf die Verbrennung von Müll (rechnerisch biogener Anteil) und die Mitverfeuerung von Biomasse. Dazu werden keine neuen Anlagen installiert, sondern Biomasse wird verfeuert sobald dies wirtschaftlich ist, d. h. der Bezugspreis für Biomasse unter dem des fossilen Brennstoffes liegt. Es kann also davon ausgegangen werden, dass es sich um negative Differenzkosten handelt. Jedoch hat die Müllverbrennung, die rein rechnerisch zu 50 % den EE zugerechnet wird, wenig mit dem hier betrachteten EE-Ausbau zu tun.

<sup>20</sup> Da es sich bei den Angaben um Endenergie handelt, sich die spezifischen Mehrkosten jedoch auf Nutzenergie beziehen, erfolgt eine Umrechnung mit den durchschnittlichen Jahresnutzungsgraden der Technologien. Des Weiteren erfolgt die Berechnung der Kapitalkosten immer für das jeweilige Betrachtungsjahr, d. h. es findet bei den kapitalgebundenen Kosten keine Differenzierung nach Erstellungsjahr statt. Mögliche Lerneffekte sind somit nicht berücksichtigt.

Die direkten Differenzkosten für die Nutzung von EE im Wärmebereich werden für 2010 auf knapp 1,7 Mrd. Euro geschätzt.<sup>21</sup>

#### **4.1.1.2 Erfassung von Biomasse-Einzelfeuerstätten in den Differenzkosten**

Ein bedeutender Teil der Wärmebereitstellung durch EE erfolgt durch die Verbrennung von fester Biomasse in Einzelraumfeuerstätten bzw. Zusatzheizungen (z. B. Kaminöfen). Die Bilanzierung dieser Systeme unter Kosten- und Nutzenaspekten erfordert eine gesonderte Betrachtung, die mit den technischen und verwendungsbedingten Charakteristika der Anlagen begründet ist.

Klassische Einzelraumfeuerstätten zeichnen sich im Vergleich zu Zentralheizungen dadurch aus, dass sie in den durch sie zu versorgenden (Wohn-)räumen aufgestellt sind und die erzeugte Wärme direkt ohne Heizkreis an den Innenraum abgeben. Neben fester Biomasse können diese Feuerstätten auch mit anderen Festbrennstoffen wie beispielsweise Kohle betrieben werden. Aufgrund der schlechteren Verbrennungseigenschaften realisieren Einzelraumfeuerstätten in der Regel geringere Wirkungsgrade und weisen höhere Emissionskennwerte (insbes. Staubwerte) als Biomasse-Zentralheizungskessel auf (Hartmann 2007). Die hier betrachteten Anlagen sind zudem als reine Zusatzheizung ausgeführt und kommen i.d.R. auf sehr viel geringere Betriebszeiten als primäre Heizsysteme. Öfen, die als Hauptheizungen betrieben werden, sind im Rahmen dieser Untersuchung hingegen als Zentralheizungen bilanziert. In neuen Ein- und Zweifamilienhäusern mit geringem Wärmebedarf werden jedoch auch zunehmend Anlagenkonzepte realisiert, bei denen Zusatzheizgeräte in die Zentralheizung eingebunden sind, indem über Wärmetauscher in den Heizkreislauf oder den Speicher Wärme einspeist wird.

Die Anschaffung von Zusatzheizungen ist nicht grundsätzlich auf den Einsatz von EE zurückzuführen. Bei offenen Kaminen spielen beispielsweise Komfortgründe eine große Rolle, bei Holzöfen ggf. auch eine gewisse Unabhängigkeit vom fossilen Energieträger und dem Zugang zu günstiger Biomasse. In älteren Bestandsgebäuden mit hohen Transmissionswärmeverlusten und ohne Zentralheizung werden oft gezielt separate Räume durch diese Art der Systeme beheizt, um Brennstoffverbräuche zu senken.

Ein Teil der bereitgestellten Wärme kann damit auch als „Komfortwärme“ bezeichnet werden, mit der keine Einsparung anderer Energieträger einhergeht, sondern eine

---

<sup>21</sup> Hierin enthalten sind Anlagen, die mit dem Marktanreizprogramm gefördert worden sind, und EE-Nutzung im Neubau.

Temperaturerhöhung im Wohnraum. Des Weiteren geht der Kauf einer Anlage nicht von vorneherein mit der Nutzung von Bioenergieträger einher, sondern kann zum Zeitpunkt der Anschaffung mit der Nutzung fossiler Festbrennstoffe verbunden sein.

Für die vorliegende Untersuchung stellt sich damit die Frage, inwieweit die erneubare Energiebereitstellung durch Biomasse befeuerte Zusatzheizungen kosten- und nutzenwirksam bilanziert werden kann.<sup>22</sup>

### **Methodik 1: Differenzkosten ohne Kostenwirkung von Biomasse Einzelraumfeuerstätten**

Dieses Vorgehen entspricht der bisher im Forschungsvorhaben angewendeten Methodik (ISI et al. 2010, Steinbach 2009 und Kapitel 4.1.1.1), in der den Biomasse-Einzelraumfeuerstätten keine durch den Ausbau von EE bedingte Kostenwirkung zugerechnet wird. Die zugrunde liegende Annahme dabei ist, dass die Investition in diese Systeme nicht primär zur Deckung des Nutzwärmebedarfs getätigt wird. Die Anschaffung der Geräte dient nach der Annahme nicht zur „Aufrechterhaltung der festgelegten thermischen Raumkonditionen“ innerhalb der Heizperiode (DIN V 18599 2010, S. 11). Der Einsatz von biogenen Festbrennstoffen in diesen Systemen ist demnach auf Komfortbedürfnisse zurückzuführen. Die eingesparten Energiekosten werden ebenso wie die Investition in die Systeme nicht in den Differenzkosten berücksichtigt, d. h., die Differenzkosten für Einzelraumfeuerungsanlagen werden mit Null bilanziert

### **Methodik 2: Bewertung der Biomasse Einzelraumfeuerstätten mit Referenzsystemkosten**

Bei dieser Methodik wird die gesamte Wärmebereitstellung durch Biomasse Einzelraumfeuerstätten einbezogen. Es wird keine Differenzierung zwischen der Biomasse-Wärmebereitstellung durch Zentralheizungen und Zusatzheizungen gemacht. Die Ermittlung der Differenzkosten erfolgt mit einem Referenzsystemansatz, der die Vollkosten der Wärmebereitstellung fossiler und Erneuerbarer Systeme gegenüberstellt. Grundlage dabei ist der jeweilige Gesamtwärmebedarf basierend auf unterschiedlichen Gebäudekategorien. Einzelraumfeuerstätten werden dabei mit den Mehr- oder Minderkosten von Biomasse-Zentralheizungssystemen gegenüber fossilen Zentralheizungssystemen bewertet. Der Komfortaspekt wird bei diesem Ansatz vernachlässigt.

---

<sup>22</sup> AGEESat bezieht Wärme aus diesen Anlagen in die gesamte EE-Wärmeerzeugung ein.

### **Methodik 3: Berücksichtigung der „ersetzten fossilen Energie“ in den Differenzkosten**

Nach dieser Methodik wird die Wärmebereitstellung durch Biomasse-Einzelraumfeuerstätten nach „ersetzter fossiler Energie“ und „Komfortwärme“ aufgeteilt. Der Anteil der eingesparten fossilen Energie soll dabei über eine detaillierte Betrachtung der einzelnen Zusatzheizgeräte und deren Systemintegration bottom-up ermittelt werden. Damit kann die in der AGEE-STAT Statistik ausgewiesene EE-Wärme um den Anteil der „Komfortwärme“ korrigiert werden.

Bei der Bewertung der Differenzkosten wird jedoch weiterhin davon ausgegangen, dass die Anschaffung dieser Systeme primär aus Komfortgründen erfolgt. Diese werden somit nicht kostenwirksam erfasst. Hingegen findet der Anteil der „ersetzten fossilen Energie“ Berücksichtigung in den Differenzkosten. Diese werden aus der Bewertung der entsprechenden Energiemenge zu den Preisen von fester Biomasse einerseits und fossilen Referenzpreisen andererseits ermittelt.

Der Vorteil dieses Ansatzes ist, dass sowohl der Komfortaspekt als auch kostenwirksame Effekte Berücksichtigung finden. Jedoch hängt der Mehrwert dieser Methodik im Vergleich zu den anderen Ansätzen sehr stark vom Detaillierungsgrad der verfügbaren Daten über die Nutzung der Einzelraumfeuerstätten ab. Da diese bisher nicht detailliert zur Verfügung stehen, müssten Annahmen getroffen werden, die zu einer ggf. deutlichen Unschärfe führen.

Nachfolgende Tabelle fasst die drei verschiedenen Ansätze nochmals zusammen.

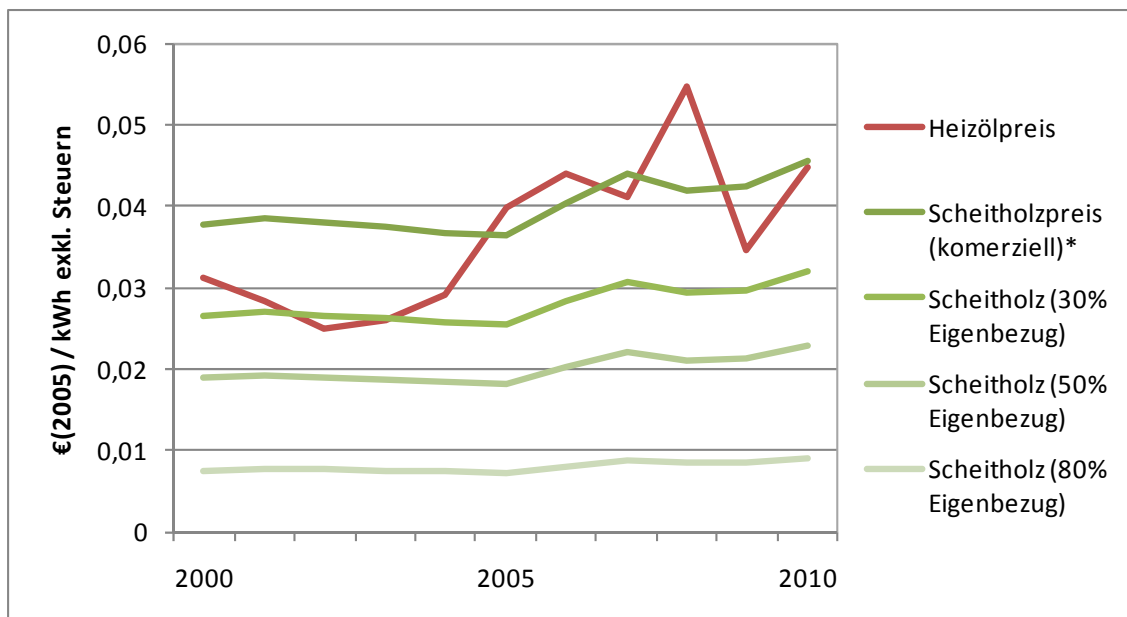
Tabelle 4-2: Überblick über drei verschiedene Vorgehensweisen zur Bilanzierung von Einzelfeuerstellen

	1 Bilanzierung ohne Einzelraumfeuerungen	2 Bilanzierung mit Einzelraumfeuerungen	3 Bilanzierung von „ersetzer“ fossiler Energie
Grundannahme	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anschaffung dient nicht Nutzwärmebedarfsdeckung</li> <li>• Erzeugung zusätzlicher Komfortwärme</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keine Unterscheidung zwischen Zusatzheizungen und primären Zentralheizkesseln (ZHK)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anschaffung primär aus Komfortgründen</li> <li>• Aufteilung nach Nutzwärme und „Komfortwärme“</li> </ul>
Resultat für Differenzkosten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keine Bilanzierung von eingesparten Energiekosten sowie Investitionen in Einzelraumfeuerungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bilanzierung mit Referenzsystemansatz mit Biomasse-ZHK als Referenzsystem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bilanzierung von eingesparten Energiekosten durch Verringerung des Nutzwärmebedarfs</li> </ul>
Schwächen der Methodik	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ermittlung des Anteils EE-Wärme, der durch Einzelraumfeuerstätten bereitgestellt wird</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vernachlässigung des Komfortaspektes</li> <li>• Einzelraumfeuerungen werden als Biomasse-ZHK bilanziert</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Datenverfügbarkeit hinsichtlich Anteil EE-Wärme in Einzelraumfeuerungen und Nutzung dieser Systeme</li> </ul>

Insgesamt ist eine Bilanzierung von Kostenwirkungen durch den Einsatz von Biomasse in Einzelraumfeuerungen problematisch, da je nach individuellen Einsatzbedingungen Minder- oder Mehrkosten auftreten. Im Folgenden werden daher Sensitivitäten für spezifische Differenzkosten von Einzelfeuerstätten dargestellt. Diese hängen zum einen von der Differenz zwischen fossilem Referenzpreis und Biomassebezugspreis ab, zum anderen von den Anschaffungskosten der Anlagen.

Da der Anteil der kommerziell gehandelten Biomasse, die in diesen Systemen eingesetzt wird, gering ist, stellt sich die Frage nach dem anzulegenden Bezugspreis. Abbildung 4-1 zeigt die reale Preisentwicklung von Heizöl und Scheitholz inklusive Umsatz- und Energiesteuer. Aus den von TFZ (2009, 2011) erhobenen Referenzpreisen für kommerziell gehandeltes Scheitholz werden kalkulatorische Bezugspreise für verschiedene Anteilen von selbstbezogener Biomasse ermittelt, für die keine Brennstoffkosten angesetzt werden.

Abbildung 4-1: Reale Preisentwicklung von Heizöl und Scheitholz (kommerziell gehandelt sowie kalkulatorisch bei anteiligen Eigenbezug)



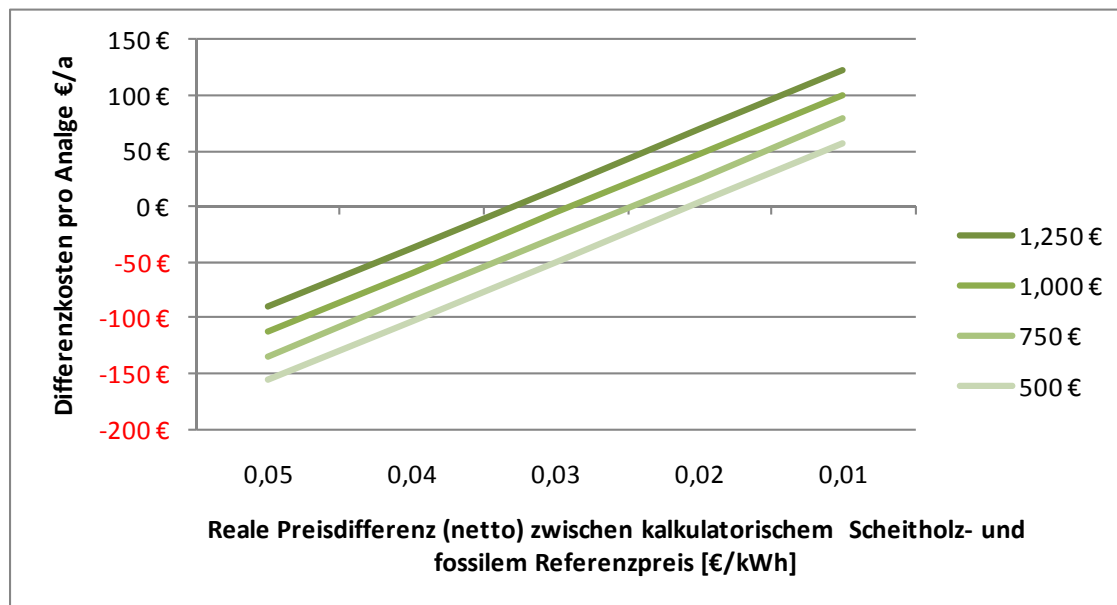
Quelle: TFZ 2009, 2011; BMWi 2011; eigene Berechnung

In Abbildung 4-2 werden die aus den unterschiedlichen Preisdifferenzen resultierenden spezifischen Differenzkosten beispielhaft für typische Kaminöfen mit unterschiedlichen Anschaffungskosten (inkl. Installationskosten) dargestellt. Kaminöfen (7 kW) sind bereits ab 300 Euro inkl. MwSt. im Baumarkt zu erhalten. Installationskosten liegen zwischen 250 Euro und 350 Euro. Nach Merten et al. (2004) wird für die Berechnung Volllaststunden von 570 pro Jahr und ein Nutzungsgrad von 75 % angesetzt. Die Abbildung verdeutlicht, dass je nach Preisdifferenz bzw. angesetzttem Biomassebezugspreis und trotz Bilanzierung der vollen Anschaffungskosten für moderne Kaminöfen sowohl negative als auch positive Differenzkosten<sup>23</sup> auftreten.

Die Sensitivitätsrechnung zeigt, dass die Berechnung mit Ansatz 1 – weder Mehr- noch Minderkosten durch Einzelraumfeuerstätten – zu keiner Unterschätzung der Differenzkosten führt. Da der Umfang des Einsatzes der Systeme regional stark differiert, der Komfortwärmeaspekt in ältere Bestandsgebäuden nicht gegeben ist und, wie gezeigt, die Investitionen und Bezugspreise stark variieren, wird im Weiteren die Berechnung nach Ansatz 1 durchgeführt.

<sup>23</sup> Negative Differenzkosten bedeuten Minderkosten durch den Einsatz von EE.

Abbildung 4-2: Differenzkosten von Einzelfeuerstätten mit verschiedenen Anschaffungskosten in Abhängigkeit von der Preisdifferenz (netto) zwischen Biomasse Bezugspreis und fossilem Referenzpreis



#### 4.1.2 Differenzkosten der MAP-finanzierten Wärmeerzeugung durch Erneuerbare Energien

Die Mehr- oder Minderkosten der im Rahmen des MAP-finanzierten EE-Wärmeerzeugung umfassen in der Regel Anlagen<sup>24</sup> in bestehenden Gebäuden, deren Eigentümer sich freiwillig zur Nutzung von EE entschieden haben, also im Gegensatz zum Neubau keiner Nutzungspflicht unterliegen. Gegebenenfalls können sie über verschiedene Förderprogramme weitere finanzielle Unterstützungen erhalten.

Der Ansatz zur Berechnung dieser Differenzkosten stützt sich bei MAP-KfW geförderten Anlagen auf Daten zur geförderten Leistung je Technologie, den jeweiligen Gesteungskosten für die Wärmeerzeugung aus konventionellen und auf EE-basierenden Technologien, Nutzungsgraden, Volllaststunden und ggf. Verlusten.

Bei MAP-BAFA-finanzierten Anlagen sind Daten zu Technologien nach Jahr der Inbetriebnahme, die jeweiligen Gesteungskosten für die Wärmeerzeugung aus konventionellen und auf EE-basierenden Technologien sowie zu ausgewählten Referenzgebäu-

<sup>24</sup> Keine Einzelraumfeuerungsanlagen.

den (siehe Anhang Kapitel 9A.1 und Kapitel 9A.2) einzubeziehen.<sup>25</sup> Grundsätzlich sind eventuelle CO<sub>2</sub>-Zertifikatskosten anzurechnen, Steuern jedoch nicht. Für MAP-KfW finanzierte Anlagen erfolgt eine ähnliche Abgrenzung der Technologien nach Auszahlungsjahr. Eine Abgrenzung der MAP-finanzierten Anlagen auf das entsprechende Jahr der Installation bzw. Inbetriebnahme ist nicht immer eindeutig möglich, daher können ggf. Kosten im geringen Umfang schon im Vorjahr (Jahr der Beantragung) berücksichtigt sein statt im Jahr der Inbetriebnahme.

Die Differenzkosten der Wärme aus MAP-BAFA geförderten Anlagen zur Erzeugung Erneuerbarer Wärme werden für 2010 auf über 0,8 Mrd. Euro geschätzt.<sup>26</sup>

### 4.1.3 Differenzkosten des EEWärmeG im Neubau

Dieser Ansatz erfasst die Kosten, die durch die Nutzungspflicht des EEWärmeG abzüglich der Kosten einer Wärmeerzeugung mit fossilen Energieträgern im Neubau (ohne Steuern)<sup>27</sup> anfallen. Die Berechnung basiert auf einem Vergleich der Gesteungskosten von Referenztechnologien für Erneuerbare und fossile Energieträger in entsprechenden Referenzgebäuden (vgl. Kapitel 3.2). Die Berechnung wird wie angegeben durchgeführt:

$$\text{Differenzkosten}_{\text{Neubau}} = \sum_g \sum_i [(spK_{ig} - spvK_{ig}) \cdot Q_{ig} \cdot A_{ig} \cdot G_g]$$

*spK:* spezifische Gesteungskosten in Euro/kWh

*spvK:* spK des durch *i* verdrängten konventionellen Wärmeerzeugers

*i:* EE-Technologie oder Ersatzmaßnahme

*g:* (Referenz-) Gebäudetyp

*Q:* (Nutz)Energiebedarf für Wärme- und Warmwasserbereitstellung

*A:* Anteil der Heiztechnologie *i*

*G:* Gebäudeanzahl

Basierend auf den in Kapitel 3.2 aufgeführten Referenzgebäuden, Technologien und Ersatzmaßnahmen und unter Annahme von Substitutionsfaktoren basierend auf den Absatzzahlen für Erdgas- und Heizöl-Brennwertkessel belaufen sich die geschätzten Differenzkosten des EEWärmeG im Neubau (seit 2009) in 2010 auf rund 0,08 Mio Euro (Ecofys et al. 2011).

<sup>25</sup> Nach ISI et al. (2010).

<sup>26</sup> Diese systemanalytischen Differenzkosten (basierend auf Gesteungskosten und somit auf Annuitäten) dürfen allerdings nicht mit dem jährlichen (geringeren) Volumen der Fördermittel verwechselt werden.

<sup>27</sup> CO<sub>2</sub>-Zertifikatskosten sind ggf. in den Preisen für Fernwärme enthalten.



#### 4.1.4 Fazit

Insgesamt werden unter den systemanalytischen (Wärme)Differenzkosten die Mehr- oder Minderkosten des EE-Wärmeausbaus im Vergleich zu einem auf fossilen Energieträgern basierenden System betrachtet und zwar für den EE-Wärmeausbau insgesamt sowie für den durch das MAP und das EEWärmeG induzierten EE-Wärmeausbau. Hierbei werden jedoch keine einzelwirtschaftlichen Belastungen, sondern der volkswirtschaftliche Ressourcenmehr/minderverbrauch<sup>28</sup> des Ausbaus erfasst. Dieser stellt Mehr/Minderkosten auf gesamtwirtschaftlicher Ebene dar, denen jedoch noch keine Nutzengrößen gegenübergestellt sind. Nachfolgend sind die Differenzkosten mit ihren Wirkungen aufgeführt. Sie können nicht miteinander verglichen werden, da ihnen unterschiedliche Zeithorizonte zugrunde liegen.

Tabelle 4-3: Überblick über systemanalytische Differenzkosten

Systemanalytische direkte Differenzkosten		
	Differenzkosten 2010, Mrd. Euro	Wirkung
Gesamt EE-Wärme	1,68 *	EE-Wärme (Ausbau ohne EFA)
MAP-Anlagen	0,82 **	MAP-EE-Wärme seit 2000 (MAP-induzierter EE-Ausbau)
EEWärmeG (Nutzungspflicht)	0,08 ***	EE-WärmeG-Wärme seit 2009 (EEWärmeG-induzierter EE-Ausbau)

\* ISI et al. 2011 (Update), gesamt EE-Wärme bis 2010; \*\* ISI et al. 2010 (Update), MAP seit 2000; \*\*\* Ecofys et al. 2011, EEWärmeG seit 2009.

## 4.2 Transaktionskosten

Transaktionskosten sind den zusätzlichen indirekten Kosten zuzurechnen. Sie umfassen alle Kosten, die im direkten Zusammenhang mit Transaktionen oder Verwaltungstätigkeiten (für EEG und EEWärmeG) entstehen, einschließlich Kosten für Suchen und Informationsbereitstellung, Verhandlungen und Entscheidungen sowie Überwachung und Durchsetzung. Durch das EEG fallen Transaktionskosten bei Netzbetreibern und Lieferanten sowie bei staatlichen bzw. mit hoheitlichen Aufgaben betrauten Institutionen zur Umsetzung des EEG an.

Im Wärmebereich fallen Transaktionskosten durch das EEWärmeG an. Diese umfassen Kosten der Umsetzung des EEWärmeG bei allen betroffenen Akteuren für Informationsbeschaffung und Datenübermittlung, bei staatlichen Einrichtungen oder mit hoheit-

<sup>28</sup> Ressourcen im weitesten Sinne: Kapital, Arbeit, Boden, ...

lichen Aufgaben betrauten Institutionen für Datenbereitstellung, -übermittlung, -prüfung, Nachweise etc. Zur Höhe dieser Kosten liegen bisher keine eigenen Schätzungen vor, sie dürften aber ähnlich wie im Strombereich (30 Mio. Euro in 2009, ISI et al. 2010) von relativ geringer Bedeutung sein.

Dies wird durch eine Studie (BMU 2006) zu Eckpunkten für die Entwicklung und Einführung budgetabhängiger Instrumente zur Marktdurchdringung EE im Wärmemarkt bestätigt. Sie ermittelt für die Umsetzung der Nutzungspflicht im Rahmen des EEWärmeG Transaktionskosten in Höhe von ungefähr 19 Mio. Euro (für 2010) im Wesentlichen Personalkosten und Overheadkosten verschiedener Akteursgruppen, die an der Abwicklung des Nutzungspflichtmodells beteiligt sind. Sie spiegeln die Zahl der pro Jahr neu installierten Anlagen sowie die Abwicklungsfälle der Ersatzabgabe wider und beinhalten die Kosten der Nachweispflicht durch einen Sachverständigen oder den Gebäudeeigentümer.

### **4.3 Weitere Wärmeausbaukosten**

Weitere Wärmeausbaukosten können durch den Wärmenetzausbau sowie durch Wärmespeicher anfallen.

Der Wärmenetzausbau wird insbesondere über das MAP und das KWKG gefördert. Im Rahmen dieser Programme wurden 2010 etwa 950 km bzw. über 1.300 Netze gefördert<sup>29</sup>. Die Anteile oder die Art der EE in MAP-finanzierten Netzen sind bisher nicht veröffentlicht, während die Netzförderung im KWKG sich auf feste und gasförmige Biomasse begrenzt. Der Anteil von EE in Wärmenetzen wird für 2009 auf rund 9 % abgeschätzt (Ecofys et al. 2011), wobei ein bedeutender Anteil aus dem biogenen Anteil des Abfalls entstammt<sup>30</sup>. Weitere zusätzliche Kosten könnten künftig vor allem durch Wärmespeicher entstehen, die die fluktuierende Bereitstellung von Wärme aus EE ausgleichen können. Insgesamt ist von einer Förderung durch Investitionszuschüsse, Tilgungszuschüsse und Zinsvorteilen für Speicher und Netze in Höhe von 102 Mio. Euro (2010) auszugehen.

---

<sup>29</sup> Da EE-Wärmenetze bei einem Anteil von mehr als 60 % KWK zunächst über das KWKG zu fördern sind, kann es bei der Zusammenfassung der Daten zu Doppelzählungen kommen. Die hier genannten Angaben berücksichtigen die rund 183 km Netzlänge der 166 mit Wärme aus Biomasse versorgten Netze unter KWKG nur einmal, d. h. diese Anzahl wird in den MAP-Angaben herausgerechnet.

<sup>30</sup> Hierbei wurden nur Siedlungsabfälle berücksichtigt. 2009 wurden erstmals die thermisch verwerteten Abfallmengen in der StaBu-Erhebung 066K ausgewiesen, was in 2009 gegenüber den Vorjahren zu einem deutlichen Zugewinn an EE führte (vgl. auch AGEE 2011)

Tabelle 4-4: Investitionszuschüsse für EE-Wärmenetzen, Wärmespeicher und Hausübergabestationen im Rahmen des MAP und KWKG.

Mio. Euro	2009	2010
MAP 1)	95,7	94,8
KWKG	4,3	7,2
Summe	100	102

Quelle: BMU 2010d; BAFA 2011; KfW 2011

1) inkl. große Wärmespeicher und Hausübergabestationen. Bei Wärmenetzen: Berücksichtigung von Zinsvorteilen (unterstellter Vorteil von 2 %).

Die dargestellten Differenzkosten im Wärmebereich enthalten jedoch in ihrem Wärmepreis bzw. in den spezifischen Gestehungskosten auch Kosten für Fern- oder Nahwärmenetze. Daher sind diese bei der Bilanzierung der bisherigen Kosten nicht gesondert aufgeführt.

## 4.4 Vermiedene Umweltschäden

Durch den Einsatz von EE werden im Vergleich zu fossilen Energieträgern weniger Luftschadstoffe und Treibhausgase emittiert. Die hierdurch vermiedenen externen Kosten bilden eine wesentliche Nutzenkomponente des Ausbaus von EE. Analog zu den systemanalytischen Differenzkosten sind hier drei Analysebereiche zu unterscheiden: a) die vermiedenen Umweltschäden beruhend auf dem gesamten EE-Wärmeausbau, b) die MAP-bedingten vermiedenen Umweltschäden und c) die durch das EEWärmeG vermiedenen Umweltschäden der EE-Nutzung. Der Terminus „vermiedene externe Kosten“ impliziert bereits die Internalisierung tatsächlich anfallender Kosten für den Umweltverbrauch wie z. B. durch CO<sub>2</sub>-Preise. Da im Wärmebereich bisher kaum eine Internalisierung stattfindet, sind die Begrifflichkeiten vermiedene Umweltschäden und vermiedene externe Kosten hier nahezu identisch.

### 4.4.1 Vermiedene Umweltschäden des gesamten Ausbaus Erneuerbarer Energien im Wärmebereich

Die Berechnung der vermiedenen externen Kosten, die durch den gesamten EE-Ausbau zur Wärmeerzeugung anfallen, beruht auf dem gleichen methodischen Ansatz wie im Strombereich und gliedert sich in drei Schritte:

- Ermittlung des Vermeidungsfaktors aus Substitutionsfaktoren einer EE-Technologie i und den entsprechenden Emissionsfaktoren der konventionellen Technologien j (UBA 2010) und Subtraktion der Emission der EE-Technologie i:

$$\text{Spezifischer Vermeidungsfaktor}_{ik} \text{ (spVF}_{ik}) = \sum_j (\text{SF}_{ij} \cdot \text{EF}_{jk} - \text{EF}_{ik})$$

*EF:* Emissionsfaktor  
*SF:* Substitutionsfaktor  
*i:* EE  
*j:* Fossile Energien  
*k:* Treibhausgas oder Luftschadstoff

- Ermittlung der vermiedenen Emissionen aus den vermiedenen spezifischen Emissionen einer EE-Technologie und der erzeugten Strommenge (BMU 2010b):

$$\text{Vermiedene Emissionen}_{ik} (VE_{ik}) = \sum_i (\text{spVF}_{ik} \cdot Q_i)$$

*Q:* Erzeugte Wärmemenge mit EE  
*spVF:* spezifischer Emissionsvermeidungsfaktor

- Ermittlung der vermiedenen Umweltschäden aus vermiedenen Emissionen einer EE-Technologie und den entsprechenden Schadenskosten für Luftschadstoffe und Treibhausgase (vgl. ISI et al. 2010a):

$$\text{Vermiedene Umweltschäden}_i = \sum_k (VE_{ik} \cdot SK_k)$$

*SK:* Schadenskosten in Euro/t  
*VE:* Vermiedene Emissionen

Die vermiedenen Umweltschäden sind hier zunächst als eine „Brutto-“ Nutzenwirkung ermittelt worden. Die vermiedenen externen Kosten bzw. positiven externen Umwelteffekte können hingegen niedriger sein, wenn an anderer Stelle der Gesamtbilanzierung bereits eine zumindest teilweise Internalisierung externer Umwelteffekte eingerechnet wird oder Wechselwirkungen mit anderen Instrumenten bestehen (siehe hierzu Breitschopf/Diekmann 2010). Dies ist im Wärmebereich bisher kaum der Fall.

Die vermiedenen Umweltschäden durch Einsatz von EE in der Wärmeerzeugung belaufen sich 2010 auf 2,6 Mrd. Euro. Diese sind überwiegend durch die Vermeidung von CO<sub>2</sub>-Emissionen geprägt, jedoch spielen hier auch Luftschadstoffe sowie Nicht-CO<sub>2</sub>-Treibhausgase eine etwas größere Rolle. Unter Berücksichtigung der Internalisierung von CO<sub>2</sub>-Zertifikatskosten (siehe hierzu Breitschopf/Diekmann 2010) betragen die vermiedenen Umweltschäden 2,4 Mrd. Euro (2010).<sup>31</sup>

Einzelraumfeuerungsstätten sind in der ausgewiesenen gesamten EE-Wärmeerzeugung (AGEEStat) enthalten und finden somit auch Berücksichtigung bei den vermiedenen Umweltschäden. Ihr Beitrag zu den vermiedenen Umweltschäden liegt bei ungefähr 1 Mrd. Euro und ist aufgrund der unsicheren Datenlage mit einer großen Unschärfe belegt.

---

<sup>31</sup> Vermiedene Emissionen durch Einzelfeueranlagen sind berücksichtigt.

#### 4.4.2 Vermiedene Umweltschäden durch den MAP-Ausbau

Die vermiedenen Umweltschäden, die durch alle bisherigen MAP-finanzierten Anlagen jährlich entstehen, lassen sich analog zum Vorgehen in Kapitel 4.4.1 ermitteln. Voraussetzung hierfür sind die jährlichen Wärmeermengungen der Anlagen nach Technologien, die seit dem Bestehen des MAP finanziert wurden. Diese basieren zum einen bis 2008 auf eigenen Abschätzungen nach den Angaben des BAFA und ab 2009 auf Abschätzungen von Fichtner et al. (2010 und 2011).

$$\text{Vermiedene Umweltschäden}_{EE\ g} = Q_{EE} \cdot VF_{EE\ g} \cdot K_g$$

$Q_{EE}$ : jährlich erzeugte EE-Wärmemenge aller MAP-finanzierten Anlagen ab 2000

$VF$ : Vermeidungsfaktoren nach UBA 2011, ggf. angepasst (Fichtner et al. 2010)

$K$ : Schadenskosten der Luftschadstoffe und Treibhausgase (vgl. ISI et al. 2010)

Die Berechnungen zeigen, dass seit Bestehen des MAP Umweltschäden in Höhe von insgesamt etwa 0,29 Mrd. Euro vermieden wurden. Bei dieser Betrachtung bietet sich eine Differenzierung der vermiedenen Umweltschäden nach den EE-Trägern Biomasse, Solarthermie und WP an. Hierbei hat bisher Biomasse mit ca. 0,22 Mrd. Euro den größten Beitrag geliefert.

#### 4.4.3 Vermiedene Umweltschäden und externe Kosten durch den EEWärmeG-bedingten Ausbau Erneuerbarer Energien

Zentraler Untersuchungsgegenstand sind hier die vermiedenen Umweltschäden bzw. vermiedenen externen Kosten, die durch Maßnahmen (EE-Ausbau und Ersatzmaßnahmen) gemäß dem EEWärmeG im Gebäudeneubau anfallen. Die Ermittlung der vermiedenen Umweltschäden im Neubau beruht auf den Neubauplänen und erfolgt über drei Schritte:

- Ermittlung der Umweltschäden (in Euro/m<sup>2</sup>) je Fläche für die entsprechenden Gebäudetypen und Technologien basierend auf:
  - Emissionsfaktoren (UBA 2010)
  - Schadenskostenansätzen (ISI et al. 2010a)
  - Energiebedarf je Gebäudetyp und Technologie (Berücksichtigung von Endenergiebedarf, Hilfsenergie, solarem Systemertrag, erzeugter Nutzwärme inkl. Wärmeverlusten bei WP).
- Ermittlung der vermiedenen Umweltschäden (in Euro/m<sup>2</sup>) je Fläche für die betrachteten Gebäudetypen und Technologien, basierend auf
  - Substitutionsfaktoren: hierbei wird angenommen, dass die EE zur Wärmeermengung bzw. die Ersatzmaßnahmen das Referenzsystem Erdgas-Brennwertkessel

zu 82 % und Heizöl-Brennwertkessel zu 18 % ersetzen, entsprechend dem Verhältnis von Erdgas- und Heizöl-Brennwertkessel nach der Absatzstatistik.

- Gewichtungsfaktoren für Technologien und Ersatzmaßnahmen: Der Ersatzmaßnahme zugerechnet sind hierbei Wärmedämmung (EnEV -15 %), Lüftungsanlage und Abwärmenutzung, während die EE-Primärpflicht-Erfüllungen Biomasseheizung, Solarthermie und Wärmepumpeneinsatz sowie Einsatz von Biogas in KWK umfassen.<sup>32</sup>
- Berechnung der gesamten vermiedenen Umweltschäden durch Multiplikation mit den entsprechenden Neubauf Flächen (Wohnflächen und beheizte Nutzflächen von Nichtwohngebäuden).

In algebraischer Form:

$$\text{Vermied. Umweltschäden}_{EE, G} = \{ \sum_f (Q_{Gf} \cdot ES_f \cdot SF_{EEf}) - Q_{GEE} \cdot EK_{EE} \} \cdot T_G \cdot F_G$$

*F*: Neubauf Fläche nach Stat. Bundesamt, Baufertigstellungstatistik,

*Q*: Endenergiebedarf/m<sup>2</sup> (Berechnungen des IZES in Ecofys et al. 2011)

*T*: Gewichtung der EE-Technologien (Ecofys et al. 2011)

*ES*: Emissionsschäden = Emissionsfaktoren multipliziert mit Schadenskosten (ISI et al. 2010)

*SF*: Substitutionsfaktoren für Erdgas- und Heizöl-Brennwertkessel (82 % und 18 %)

*G*: Gebäudetyp

*EE*: Wärmeerzeugungstechnologie mit EE

Die vermiedenen Umweltschäden im Neubau werden für 2010 auf knapp 0,01 Mrd. Euro geschätzt (Ecofys et al. 2011). In dieser Berechnung ist der Fernwärmeanteil EE-basierter Erzeugung nicht enthalten. Insofern spielt hier die Teilinternalisierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen über Fernwärmepreise mit einem CO<sub>2</sub>-Zertifikatskostenanteil keine Rolle und die vermiedenen Umweltschäden entsprechen hier in Anlehnung an Breitschopf/Diekman 2010 den vermiedenen externen Kosten.

#### 4.4.4 Fazit

Die durch den EE-Wärmeausbau im Rahmen des EEWärmeG und des MAP oder durch den gesamten, d. h., auch förderunabhängigen EE-Wärmeausbau, ausgewiesenen vermiedenen Umweltschäden können nicht direkt miteinander verglichen werden, da diesen unterschiedliche Zeithorizonte zugrunde liegen. Das EEWärmeG ist seit 2009 in Kraft, das MAP fördert seit 2000 EE-Wärmeerzeugungstechnologien und im gesamten Wärmebereich reicht der EE-Ausbau weit über 1995 zurück (Tabelle 4-5).

<sup>32</sup> Zur genaueren Darstellung der Referenztechnologien vgl. Ecofys et al. 2011.

Aufgrund der monetären Bewertung der Emissionen mit Schadenskostenansätzen ist jedoch ein Vergleich mit den Differenzkosten möglich. Diese monetäre Bewertung wirkt wie eine Gewichtung der verschiedenen Emissionen. Um dies zu vermeiden, können Umweltwirkungen einzelner Treibhausgase oder Luftschadstoffe teils auch aggregiert als Emissionsäquivalente ausgewiesen werden. Dann jedoch ist ein Vergleich mit den Differenzkosten nicht mehr möglich.

Tabelle 4-5: Zusammenfassung der Umweltwirkungen

<b>Vermiedene Umweltschäden</b>		
	Wirkungen in 2010, Mrd. Euro	Anlagen mit Inbetriebnahme
Gesamt EE-Wärme	2,6	bis 2010
MAP-Anlagen	0,3	2000 – 2010
EEWärmeG (EE-Nutzungspflicht)	0,01	2009 – 2010

## **5 Verteilungseffekte und Zurechnung der Kosten**

Durch staatliche Eingriffe wie die finanzielle Förderung von EE (MAP und sonstige Programme) und Nutzungspflichten (EEWärmeG) werden Verteilungs- und Preiswirkungen hervorgerufen, durch die einzelne Akteursgruppen unterschiedlich stark be- oder entlastet werden. Darüber hinaus führt der zunehmende Einsatz von EE in der Wärmeerzeugung aufgrund der Substitution fossiler Energieträger auch zu (marginalen) Energiepreiseffekten. Nachfolgend werden die Belastungen des öffentlichen Haushalts durch die finanzielle Förderung der FuE und Marktentwicklung im Wärmebereich, die verbleibenden einzelwirtschaftlichen Belastungen der Anlagenbetreiber sowie eine Zurechnungsgröße der staatlichen und einzelwirtschaftlichen Belastungen systematisch dargestellt und die entsprechenden Ergebnisse ausgewiesen.

### **5.1 Finanzielle Förderung**

#### **5.1.1 Forschung und Entwicklung**

Die finanzielle Förderung von Forschung und Entwicklung ist für die weitere Umgestaltung der Energieversorgung von großer Bedeutung. Im 6. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung ist für die nächsten Jahre eine starke Zunahme der gesamten Mittel für Energieforschung vorgesehen, die ab 2011 neben dem Bundeshaushalt auch Mittel aus dem Energie- und Klimafonds umfassen (Tabelle 5-1). Dabei nehmen besonders die Forschungsmittel für EE stark zu. Sie erhöhen sich von 205 Mio. Euro im Jahr 2010 auf 426 Mio. Euro im Jahr 2014.

Die Forschungsförderung des Bundes verteilt sich im Bereich von EE auf die Ressorts Umwelt (BMU), Landwirtschaft (BMELV), Wirtschaft (BMWi) und Forschung (BMBF). Im Jahr 2010 betrug die Projektförderung des BMU 120,2 Mio. Euro, des BMELV 23,2 Mio. Euro und des BMBF 16,3 Mio. Euro; hinzu kam die institutionelle Förderung des BMBF von 40,6 Mio. Euro und des BMWi von 3,5 Mio. Euro.<sup>33</sup>

---

<sup>33</sup> Die Summen der Angaben für einzelne Ressorts weichen im Energieforschungsprogramm leicht von den Gesamtangaben ab.



Tabelle 5-1: Entwicklung der Forschungsausgaben im 6. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung in Mio. Euro

	2010 (Ist)	2011	2012	2013	2014	2011-2014
Rationelle Energieumwandlung und -verwendung, Energieeffizienz						
Bundeshaushalt	210,3	224,3	209,9	208,4	216,1	858,6
Energie- und Klimafonds	-	28,0	33,5	121,9	137,5	320,9
Summe	210,3	252,3	243,4	330,2	353,6	1.179,5
Erneuerbare Energien						
Bundeshaushalt	205,1	221,4	245,0	256,7	260,9	984,0
Energie- und Klimafonds	-	40,0	29,0	130,0	165,0	364,0
Summe	205,1	261,4	274,0	386,7	425,9	1.348,0
Nukleare Sicherheit, Endlagerung						
Bundeshaushalt	71,5	75,3	78,4	80,7	83,1	317,5
Fusion						
Bundeshaushalt	131,0	144,1	158,5	166,3	144,1	613,0
Insgesamt						
Bundeshaushalt	618,0	665,0	691,9	712,2	704,1	2.773,1
Energie- und Klimafonds	-	68,0	62,5	251,9	302,5	684,9
Summe	618,0	733,0	754,4	964,0	1.006,6	3.458,0

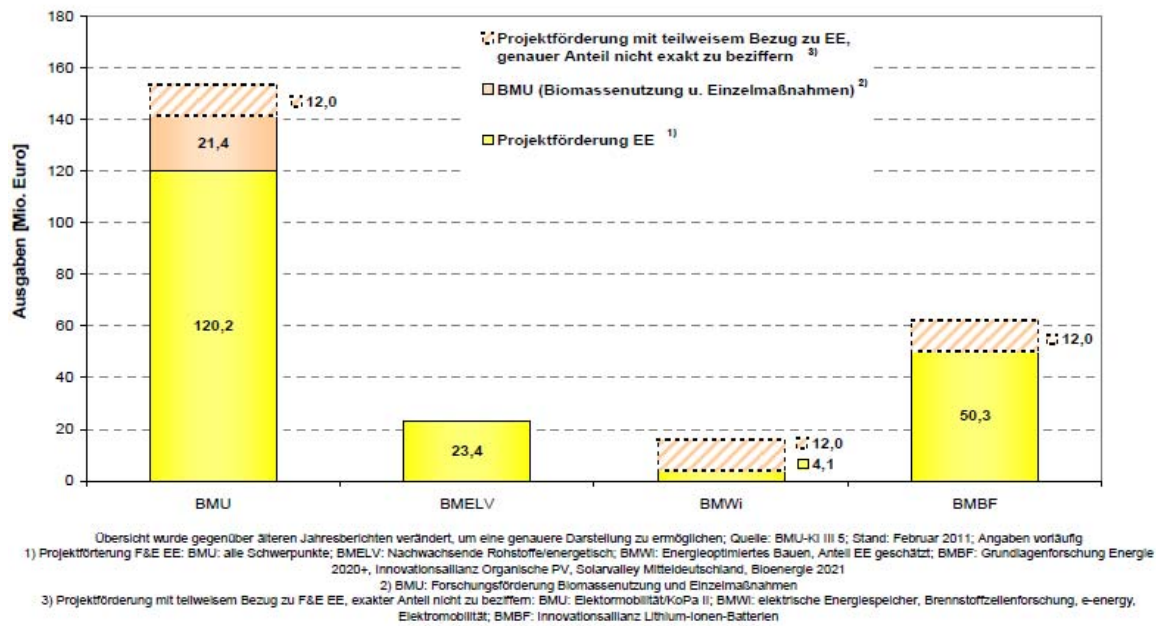
Quelle: BMWi (2011)

Neben den im Energieforschungsprogramm erfassten Mitteln sind 2010 weitere Forschungsmittel zur Verfügung gestellt worden. Hierzu gehören Mittel der Klimaschutzinitiative für die Biomassenutzung (8,1 Mio. Euro) sowie Ausgaben für Studien im Rahmen der Einzelmaßnahmen des BMU (14 Mio. Euro) (BMU 2011b).<sup>34</sup>

Nach (vorläufigen) Angaben des BMU (2011a, 2011b) betragen die Forschungsausgaben des Bundes für EE im Bereich der Projektförderung einschließlich Einzelmaßnahmen im Jahr 2010 rund 220 Mio. Euro (Abbildung 5-1) und im Bereich der institutionellen Förderung 56 Mio. Euro. Außerdem wurden Projekte mit teilweise Bezug zu EE mit rund 36 Mio. Euro gefördert.

<sup>34</sup> Neben dem Bund fördern auch die Bundesländer Forschung und Entwicklung im Bereich der EE. Im Jahr 2008 betragen diese Forschungsausgaben der Länder 61 Mio. Euro (PtJ 2010).

Abbildung 5-1: Forschungsfördermittel des Bundes für EE im Jahr 2010



Quelle: BMU (2011a)

Tabelle 5-2: Projektförderung des BMU im Bereich der EE nach Technologien – Mittelabfluss 2007-2010 in Mio. Euro

	2007	2008	2009	2010
Photovoltaik	32,1	39,9	32,9	39,1
Wind	15,7	29,9	27,9	36,8
Geothermie	14,4	7,4	13,8	9,9
Niedertemperatur-Solarthermie	5,7	5,7	6,3	8,4
Solarthermische Kraftwerke	5,9	7,1	7,1	5,8
Systemintegration	0,0	0,8	10,9	11,3
Sonstiges	7,4	7,6	10,7	8,9
Summe	81,3	98,5	109,6	120,2

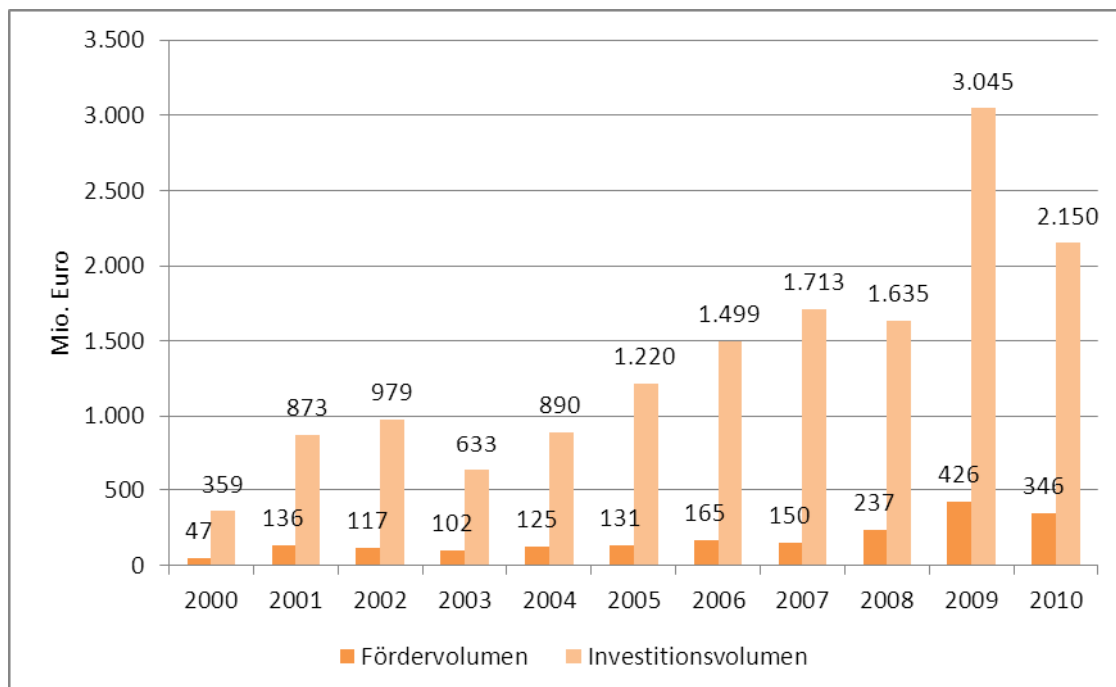
Quelle: BMU (2011b)

Eine genaue Unterteilung der Forschungsmittel für EE nach einzelnen Technologien und Anwendungszwecken ist – insbesondere im Bereich der institutionellen Forschungsförderung – nicht möglich. Wie Tabelle 6-2 zeigt, entfällt der überwiegende Teil der Projektfördermittel des BMU auf den Bereich der Stromerzeugung, wobei Photovoltaik und Windkraft im Vordergrund stehen. Auf Niedertemperatur-Solarthermie entfielen im Jahr 2010 8,4 Mio. Euro bzw. 7 % der Projektförderung.

### 5.1.2 Marktanreizprogramm (MAP, BAFA- und KfW-Teil)

Mit dem 1999 eingeführten Marktanreizprogramm (MAP) wird vor allem die Marktentwicklung von EE im Wärmebereich gefördert. Diese finanzielle Förderung ist seit 2009 im EEWärmeG verankert. Die Mittel für das MAP bilden den größten Teil des BMU-Haushaltstitels „Einzelmaßnahmen zur Förderung Erneuerbarer Energien“, der darüber hinaus vor allem Studien einschließt. Das Fördervolumen des MAP betrug im Jahr 2010 insgesamt 346 Mio. Euro. Damit wurde ein Investitionsvolumen von 2.150 Mio. Euro gefördert (Abbildung 5-2).

Abbildung 5-2: Fördervolumen und Investitionsvolumen des Marktanreizprogramms 2000-2010

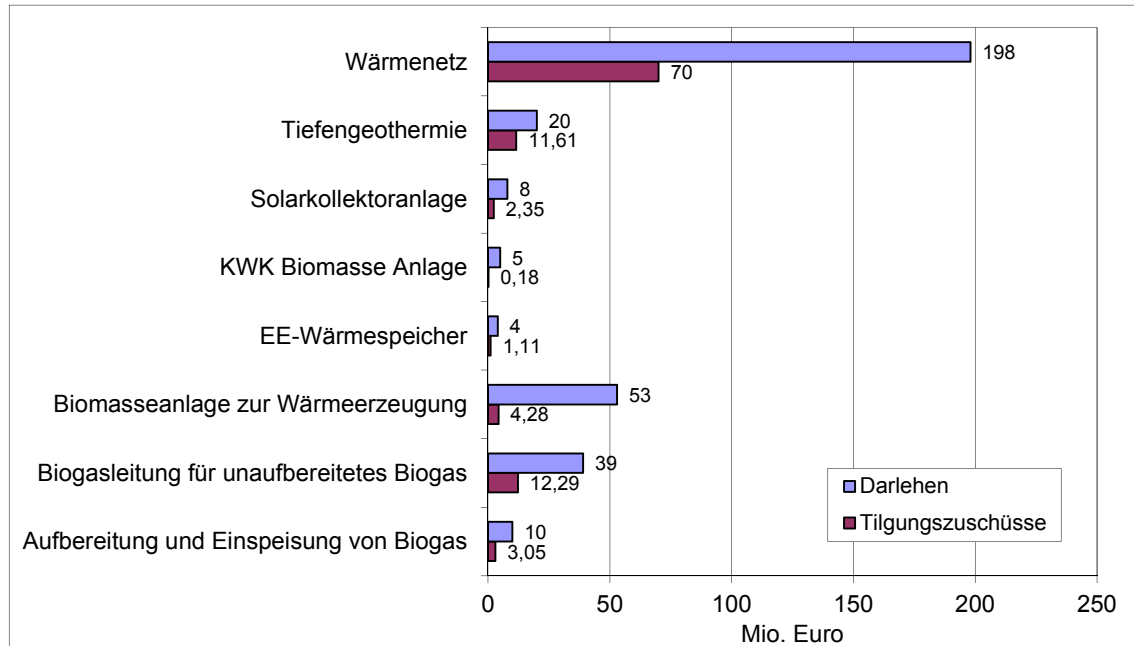


Quelle: BMU 2011c

Im BAFA-Teil des MAP wurden 2010 Investitionszuschüsse von insgesamt 235 Mio. Euro gezahlt. Davon entfielen auf Solaranlagen 50,6 %, Biomasse 26 % und Wärmepumpe 23,4 %.

Im KfW-Teil des MAP (KfW EE Premium) wurden 2010 Darlehen in Höhe von 337 Mio. Euro mit Tilgungszuschüssen von 105 Mio. Euro zugesagt. Davon entfiel der überwiegende Teil auf Wärmenetze (Abbildung 5-3).

Abbildung 5-3: Im Jahr 2010 zugesagte Darlehen mit Tilgungszuschüssen im KfW-Teil des MAP (KfW EE Premium)



Quellen: KfW, BMU 2011

### 5.1.3 Gesamtprogramm Erneuerbare Energien der KfW

Die KfW vergibt außerhalb des MAP Darlehen für EE zu Marktkonditionen (Programmteile Standard sowie Ergänzung aus dem Konjunkturprogramm). Im Jahr 2010 hat die KfW für Erneuerbare Energien insgesamt Darlehen in Höhe von 9,6 Mrd. Euro zugesagt. Hiervon entfällt der überwiegende Teil auf Darlehen für Photovoltaik- und Windkraftanlagen. Während der Wärmeanteil an den Darlehen im MAP-Teil (Premium) über 90 % beträgt, liegt er bei den gesamten KfW-Darlehen für EE bei 5 % (Tabelle 5-3).

Tabelle 5-3: Darlehen im KfW-Programm Erneuerbare Energien – Neuzusagen 2008 bis 2010

	EE gesamt			EE-Wärme	
	Mio. Euro			Mio. Euro	%
	2008	2009	2010	2010	
Standard Inland	2.442	4.276	8.183		
Standard Ausland	334	333	685		
Standard gesamt	2.776	4.609	8.868	150	1,7
Ergänzung	-	601	386	29	7,5
Premium	48	298	337	305	90,5
Insgesamt	2.824	5.508	9.591	484	5,0

Quelle: KfW, Berechnungen des DIW Berlin.

### 5.1.4 Finanzierung von Wärmenetzen durch KWKG und MAP

Der Ausbau von Wärmenetzen wird – wie in Kapitel 4.3 bereits erwähnt – insbesondere durch die beiden Instrumente MAP und KWKG gefördert. Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die bisherigen Förderungen der beiden Instrumente unter Angabe der Netzlänge und Anzahl der Netze. Da Wärmenetze im MAP erst seit 2008 eigenständig gefördert werden, beziehen sich die Angaben der vorangehenden Jahre auf Ergebnisse und Hochrechnungen der in den Evaluationsberichten angegebenen Netzausbauten im Zusammenhang mit Biomasseheizwerken und Geothermie. Das KWKG fördert Wärmenetze erst seit 2009. Die Angaben zu 2010 sind angesichts des Bearbeitungsstandes im BAFA sowie der ausstehenden Evaluierungen zu KWKG und MAP teils geschätzt und noch als vorläufig zu betrachten.

Tabelle 5-4 Beitrag von MAP und KWKG zum Ausbau von EE-Wärmenetzen

	EE-Wärmenetz	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010 <sub>p</sub>
MAP	Anzahl Förderungen	16	257	234	75	243	1.207	1.319
	Länge geförderter Netze gesamt [km]	6	85	117	26	155	803	903
KWKG	Anzahl Förderungen						104	156
	Länge geförderter Netze gesamt [km]						79,1	183,3

Quelle: MAP-Evaluationsberichte, BAFA 2011, teils eigene Abschätzungen

Anmerkung: 2010<sub>p</sub>: Länge der Netze unter MAP geschätzt, da im MAP-Evaluationsbericht nur die 2010 tatsächlich realisierten Netze angegeben werden.

Insgesamt ist darauf hinzuweisen, dass sich die Angaben zu KWKG auf das Jahr der Inbetriebnahme beziehen. Seitens MAP wird dagegen das Jahr des Bewilligungsbescheides angegeben – wobei der Antrag vor Beginn des Vorhabens zu stellen ist. Deshalb ist es durchaus möglich, dass die Inbetriebnahme je nach Größe des Netzes und Baufortschritt erst im Folgejahr möglich ist. Im Folgenden wird jedoch aufgrund fehlender Informationen unterstellt, dass auch die Umsetzung im jeweiligen Jahr erfolgte. Mit dem MAP-Evaluationsbericht 2010 werden voraussichtlich erstmals auch die im Bezugsjahr umgesetzten Netze ausgewiesen. Es ist zu erwarten, dass dann Anzahl und Länge der geförderten Netze niedriger ausfallen.

## 5.2 Verbleibende einzelwirtschaftliche Mehr- oder Minderkosten

Die jährlichen einzelwirtschaftlichen Mehr- oder Minderkosten zeigen, welche zusätzlichen Belastungen jeder einzelne Anlagenbetreiber bzw. Wärmenutzer unter Berücksichtigung verschiedener finanzieller Förderungen für den Einsatz von EE zur Wärmeerzeugung im Vergleich zu den Kosten einer fossilen Referenztechnologie (mit Einbezug von Steuern<sup>35</sup>) letztendlich tragen bzw. bereit sind zu tragen. Die jährlichen einzelwirtschaftlichen Mehr- oder Minderkosten sind keine Lebenszykluskosten sondern jährliche Kosten der Wärmebereitstellung, die stark von den Brennstoffpreisen für fossile Energieträger und Biomasse abhängig sind. Sie können je nach Brennstoffpreisen in einem Jahr Mehrkosten, im anderen Jahr Minderkosten darstellen.

**Definition:**

*Einzelwirtschaftlich* verbleibende Mehr- oder Minderkosten des EE-Wärmeausbaus entsprechen den annuitätischen Erzeugungsmehr/minderkosten der EE-Wärmeerzeugung gegenüber der fossilen Wärmeerzeugung auf Vollkostenbasis (systemanalytische Differenzkosten) abzüglich der annuisierten Förderungen.

Im Rahmen der Förderung des EE-Ausbaus existieren vielfältige, regulatorische und finanzielle Anreize oder Förderungen, sowohl seitens des Bundes, der Länder, Kommunen und ggf. Energieversorgungsunternehmen. Als relevante Fördermaßnahmen oder Anreize sind hierbei zu unterscheiden:

- das MAP (BAFA, KfW), das derzeit überwiegend Maßnahmen in bestehenden Gebäuden mit Zuschüssen (und Zinsverbilligungen) fördert sowie
- Einspeisevergütungen für KWK (KWKG und EEG),
- Regionale oder kommunale finanzielle Förderungen für EE-Wärme
- weitere Förderprogramme der KfW, die finanzielle Förderungen bereitstellen (zinsvergünstigte Darlehen für die Errichtung oder Sanierung von energieeffizienten Gebäuden, insbesondere im Rahmen des CO<sub>2</sub>-Gebäudesanierungsprogramms).
- Energieeinsparverordnung (EnEV), die Grenzwerte für den Primärenergiebedarf enthält und somit indirekt eine (wenn auch geringe) Anreizwirkung zur Installation von EE in der Wärmeerzeugung sowie von Wärmenetzen mit EE oder KWK entfaltet.

Für die Berechnung der einzelwirtschaftlichen Mehr/Minderkosten ist in erster Linie die finanzielle Förderung des Bundes für EE maßgeblich, die direkt auf einen Ausbau der EE-Wärme abzielt, d. h. das MAP und ggf. Impulsprogramm (Mini-KWK). Darüber hin-

<sup>35</sup> Bei Ausweisung einzelwirtschaftlicher Mehr- oder Minderbelastungen müssen streng genommen Steuern berücksichtigt werden. Hier sind sie nicht in den Brennstoffpreisen enthalten.

aus ist prinzipiell der Wärmebonus (zz. 2,97 ct/kWh<sub>el</sub> für 2010 insgesamt), der im Rahmen des EEG gewährt wird, zu berücksichtigen, da er bei den EEG-Differenzkosten im Strombereich eingerechnet wird. Die Vergütung nach dem KWKG ist ebenfalls als Entlastung einzurechnen.

Da einerseits die Nutzung von EE zur Wärmeerzeugung auf Freiwilligkeit beruht (dies betrifft insbesondere Einzelraumfeuerstätten sowie die Anlagen, die durch das MAP gefördert werden), andererseits eine Nutzungspflicht im Neubau durch das EEWärmeG besteht, sowie für den gesamten Wärmebereich Mehr- oder Minderbelastungen der EE-Wärmeerzeugung durch Nutzungspflicht und Freiwilligkeit anfallen, bietet sich eine Unterteilung der einzelwirtschaftlichen Mehr/Minderkosten nach drei Bereiche an:

- **Einzelwirtschaftliche Mehr/Minderkosten der gesamten EE-Wärmenutzung:** Für den gesamten Einsatz von EE zur Wärmeerzeugung lässt sich durch Abzug der annuisierten Förderung (alle Programme: MAP und weitere KfW Programme für den Gebäudebestand und EE, KWKG-Förderung etc.) von den systemanalytischen Wärme-Differenzkosten die zusätzliche Gesamtbelastung grob abschätzen.
- **Einzelwirtschaftliche Mehr/Minderbelastungen durch MAP-geförderte Anlagen im Gebäudebestand:** Im Gegensatz zum EEG oder EEWärmeG erfolgen die durch das MAP angestoßenen oder finanzierten EE-Maßnahmen auf freiwilliger Basis.<sup>36</sup> Das heißt, dass den zusätzlichen Belastungen für EE-Wärme (systemanalytische Differenzkosten abzüglich der Förderungen) ein zusätzlicher Nutzen der Gebäudeeigentümer, gegenüber stehen muss, der Aspekte wie Umwelt, Versorgungssicherheit, Komfortgefühl, Preiserwartungen etc. umfasst. Berücksichtigt werden hier in dieser Berechnung nur die finanziellen Förderungen des MAP.
- **Einzelwirtschaftliche Mehr/Minderbelastungen durch das EEWärmeG im Neubau:** Die Eigentümer von Neubaugebäuden und bestehende Gebäude der öffentlichen Hand (im Falle einer umfangreichen Sanierung) unterliegen einer EE-Nutzungspflicht bzw. der Durchführung von Ersatzmaßnahmen, die teilweise über Förderprogramme der KfW (ggf. bei KWK über KWKG) finanziert werden können. Daher sind die ihnen daraus entstehenden Mehrkosten abzüglich der ggf. erhaltenen Förderung (KfW-Programme, KWKG/EEG-Bonus) als zusätzliche Belastungen zu betrachten. Eine freiwillige Überschreitung der Mindestvorgaben des EEWärmeG durch Gebäudeeigentümer/-besitzer/-investoren wird hierbei jedoch nicht erfasst.

Nachfolgend ein Überblick in Tabelle 5-5 zu den verschiedenen Arten der einzelwirtschaftlichen Be- und Entlastungen und deren Merkmale.

---

<sup>36</sup> Eine Ausnahme bilden die bestehenden Gebäude der öffentlichen Hand. Sie unterliegen einer Nutzungspflicht, sofern sie einer umfangreichen Sanierung unterzogen werden. Sie werden teilweise im Rahmen des MAP (KfW) gefördert.

Tabelle 5-5: Überblick zur Abgrenzung der einzelwirtschaftlichen Belastungen

	Einzelwirtschaftliche verbleibende Mehr- oder Minderbelastung der Anlagenbetreiber/nutzer		
	EE-Wärme gesamt	MAP-finanzierte EE-Wärme	EEWärmeG
Fragestellung	Mehrkosten des gesamten EE-Ausbaus (abzügl. finanzieller Förderung)	Mehrkosten des MAP finanzierten EE-Ausbaus abzügl. der finanziellen Förderung	Mehrkosten des EEWärmeG bedingten EE-Ausbaus
Verpflichtung zur EE-Nutzung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Neubau ja</li> <li>• Bestand bei Heizungswechsel i.d.R. nein; BaWü ja</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nein</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ja</li> </ul>
Art der finanziellen Förderungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investitionszuschüsse (MAP, KWK Impulsprogramm)</li> <li>• Zinsvergünstigte Darlehn (KfW)</li> <li>• Einspeisevergütung bei KWK (EEG, KWKG)</li> <li>• <i>Kommunale + regionale Förderung</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investitionszuschüsse (MAP)</li> <li>• Zinsvergünstigte Darlehn (KfW)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zinsvergünstigte Darlehen (KfW, z. B. Gebäudesanierungsprogramm)</li> <li>• Einspeisevergütung bei KWK (EEG, KWKG)</li> <li>• <i>Kommunale + regionale Förderung</i></li> </ul>
Art der Förder-Berücksichtigung	Annuiert	Annuiert	Annuiert
Berechnung der Differenzkosten	Aus Basis jährlicher Wärmebereitstellungskosten (annuitätisch) Erneuerbarer und fossiler Referenztechnologien		
Ersatzmaßnahmen	Nein	Nein	Ja möglich, aber nicht berechnet
Referenzgebäude	ja – (ISI et al. 2010)	ja (BAFA); nein (KfW)	ja – (Ecofys et al. 2011)



### 5.2.1 Verbleibende einzelwirtschaftliche Mehr- oder Minderkosten des gesamten bisherigen Wärmeausbaus durch Erneuerbare Energien

Im Blickpunkt dieses Absatzes steht die Frage, welche zusätzlichen Belastungen durch für alle EE-Wärmeerzeuger/-nutzer im Vergleich zu einem auf fossilen Energieträgern basierten System in der Summe anfallen. Hierbei werden Förderungen aus dem MAP, KWKG/EEG sowie sonstiger Programme als Annuität berücksichtigt, sofern sie direkt zum EE-Ausbau im Wärmebereich beitragen:

$$\text{Einzelwirtschaftliche Mehr/Minderkosten}_{\text{EE}} = \sum_g \sum_i [(spK_{ig} - spvK_{ig} - spvK_{ig}) \cdot Q_{ig}]$$

*spK:* spezifische Wärmebereitstellungskosten in Euro/kWh

*spvK:* spK des durch *i* verdrängten konventionellen Wärmeerzeugers

*spF:* spezifische Förderung in Euro/kWh (annuisierte Zuschüsse, Zinsvergünstigungen etc.)

*i:* EE-Wärmeerzeugungstechnologie

*Q:* durch *i* bereitgestellter Nutzenergiebedarf (gewichtet nach Technologie und Gebäudetyp)

*g:* Referenzgebäude

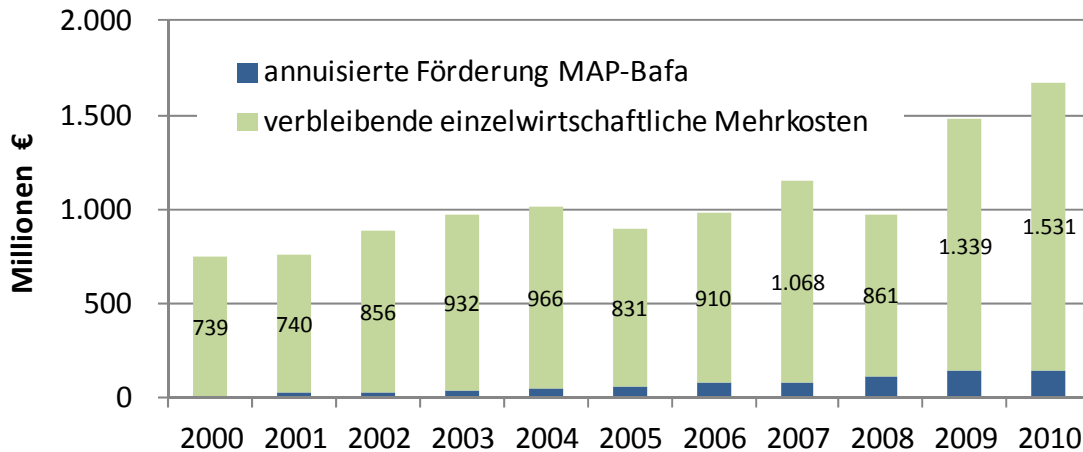
Im Ergebnis steht die Summe der verbleibenden einzelwirtschaftlichen Mehr- oder Minderkosten der Anlagenbetreiber bzw. EE-Wärmenutzer durch die gesamte EE-Wärmeerzeugung.

Die einzelwirtschaftlichen Mehrkosten lassen sich aus den systemanalytischen Differenzkosten abzüglich der annuisierten Förderung<sup>37</sup> berechnen. In 2010 belaufen sie sich auf etwas über 1,53 Mrd. Euro (vgl. Abbildung 5-4).

---

<sup>37</sup> Hier nur BAFA-Teil der MAP-Förderung

Abbildung 5-4: Annuierte Förderung und verbleibende Belastungen bei gesamter EE-Wärmeerzeugung, 2010



## 5.2.2 Verbleibende einzelwirtschaftliche Mehr- oder Minderkosten im Rahmen des MAP-geförderten Ausbaus der Erneuerbaren Energien

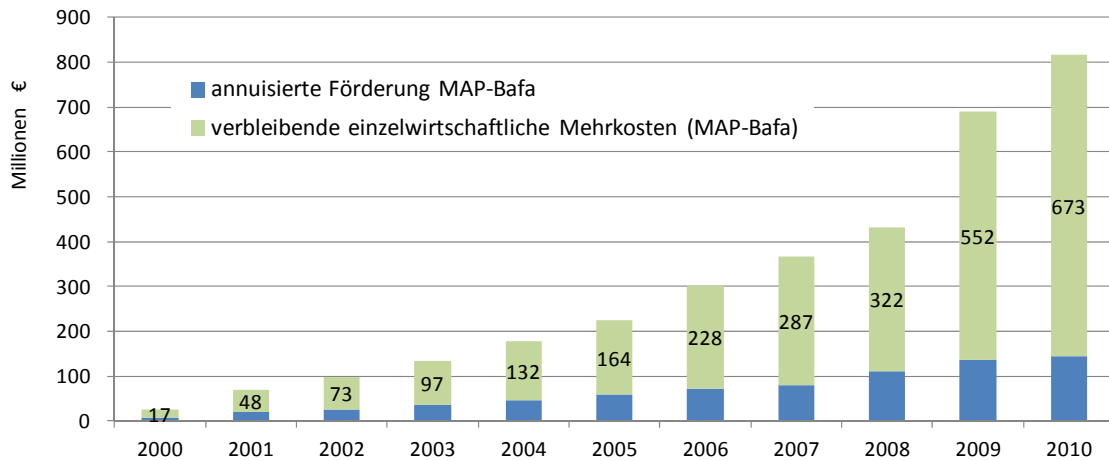
Untersuchungsgegenstand sind hier die zusätzlichen Belastungen bzw. Entlastungen<sup>38</sup>, die durch Erzeugung von EE-Wärme mit der MAP-finanzierten<sup>39</sup> EE-Wärmeerzeugungsanlagen nach Abzug der Förderung im Vergleich zu einer konventionellen Wärmeerzeugung anfallen. Die im Rahmen des MAP finanzierte EE-Wärmeerzeugung umfasst in der Regel Anlagen in bestehenden Gebäuden, deren Eigentümer sich freiwillig zur Nutzung von von EE entschieden haben, also im Gegensatz zum Neubau keinem Nutzungszwang unterliegen.

Die Abschätzung basiert auf den systemanalytischen Differenzkosten der MAP-finanzierten EE-Wärmeerzeugung (Kapitel 4.1.2) abzüglich der annuierten MAP-Förderung. Im Ergebnis steht die freiwillige zusätzliche Belastung der EE-Wärmeerzeuger in Euro, die im Rahmen des MAP Anlagen installiert haben. Abschätzungen weisen verbleibende einzelwirtschaftliche Mehrkosten in einer Größenordnung von ungefähr 0,67 Mrd. Euro in 2010 aus.

<sup>38</sup> Je nach Technologie können sich in der Summe auch Entlastungen im Zusammenhang mit einer Förderung ergeben. Grundlage der Berechnung bilden die Gestehungskosten je Energieeinheit (Lebenszykluskosten).

<sup>39</sup> Hier nur finanzierte Anlagen im BAFA-Teil des MAP.

Abbildung 5-5: Annuierte Förderung und verbleibende Belastungen finanziert EE-Wärmeerzeugungsanlagen im BAFA-Teil des MAP, 2010



Quelle: eigene Berechnung

Anmerkung: Die Fördermittelanteil des MAP (BAFA) sind hier als Annuität dargestellt, nicht als jährliche Fördersumme.

### 5.2.3 Verbleibende einzelwirtschaftliche Mehr- oder Minderkosten durch das EEWärmeG

Neubauten von Wohn- und Nichtwohngebäuden unterliegen seit dem 1. Januar 2009 dem EEWärmeG. Das heißt, Gebäude mit Baugenehmigungen oder Bauanzeigen ab diesem Zeitpunkt müssen das EEWärmeG erfüllen. Förderungen zur Nutzung von EE oder zur Durchführung von Ersatzmaßnahmen (z. B. EnEV-Übererfüllung bspw. durch KfW-Effizienzhaus, Passivhaus, Fernwärmeanschluss, Abwärmerückgewinnung, Bonus etc.) werden z. B. im Rahmen einiger KfW-Programme angeboten. Somit spiegeln die einzelwirtschaftlichen Belastungen im Neubau die zusätzlichen Kosten wider, die einem Gebäudeeigentümer/besitzer tatsächlich entstehen. Die Berechnung der jährlichen verbleibenden einzelwirtschaftlichen Belastungen des EEWärmeG erfolgt in Anlehnung an Kapitel 4.1.3.; sie ergeben sich nach Abzug der finanziellen Förderung von den systemanalytischen EEWärmeG-Differenzkosten. Hierbei werden nur die zusätzlichen Belastungen der Nutzungspflicht, d. h. des EE-Ausbaus, nicht die Belastungen durch Ersatzmaßnahmen berücksichtigt. Die Berechnung lautet:

$$\text{Einzelwirt. Mehr/Minderkosten}_{\text{Neubau}} = \sum_g \sum_i [(spK_{ig} - spF_{ig} - spvK_{ig}) \cdot Q_{ig} \cdot A_{ig} \cdot G_g]$$

*spK*: spezifische Wärmebereitstellungskosten in Euro/kWh

*spvK*: spK des durch *i* verdrängten konventionellen Wärmeerzeugers

- spF*: spezifische Förderung in Euro/kWh (annuisierte Zuschüsse, Zinsvergünstigungen etc.)
- i*: EE-Wärmeerzeugungstechnologie
- g*: Referenzgebäudetyp
- Q*: (Nutz)Energiebedarf für Wärme- und Warmwasserbereitstellung
- A<sub>i</sub>*: Anteil der Neubauten mit installierter EE-Wärmeerzeugungstechnologie *i* als Nutzungspflichterfüllung
- G<sub>g</sub>*: Anzahl an Neubauten des Gebäudetyps *g*

Da für die EE-Nutzungspflicht im Neubau keine finanziellen Förderungen bereit stehen (ggf. mit Ausnahme von Einzelfällen) unterscheiden sich in diesem Fall die systemanalytischen Differenzkosten und einzelwirtschaftlichen Mehr/Minderkosten höchstens marginal. Basierend auf den in Kapitel 4.1.3 genannten Förderungen im Neubau nach Ecofys et al. 2011 weisen erste Abschätzungen auf einzelwirtschaftliche Mehrkosten in Höhe von über 0,08 Mrd. Euro (2010) hin.

#### **5.2.4 Fazit**

Insgesamt werden unter den einzelwirtschaftlichen (Wärme-)Mehr- oder Minderkosten des EE-Wärmeausbaus Mehr/Minderbelastungen der Anlagenbetreiber im Vergleich zu einem auf fossilen Energieträgern basierenden System betrachtet und zwar unter Berücksichtigung der Förderungen. Sie berechnen sich aus den systemanalytischen Differenzkosten abzüglich der annuisierten Förderung und zuzüglich eventueller Steuern oder sonstiger Abgaben. Die einzelwirtschaftlichen Mehr/Minderkosten werden für den EE-Wärmeausbau insgesamt sowie für den durch das MAP und das EEWärmeG induzierten EE-Wärmeausbau ausgewiesen. Nachfolgend sind sie mit ihren Wirkungen und grundsätzlich zu berücksichtigten Förderungen aufgeführt. Auch hier ist aufgrund der unterschiedlichen Zeiträume kein direkter Vergleich möglich.

Tabelle 5-6: Überblick über einzelwirtschaftliche Mehrkosten

<b>Einzelwirtschaftliche verbleibende Mehr- oder Minderkosten</b>		
	Mehrkosten 2010, Mrd. Euro	Wirkung & Förderung
Gesamt EE-Wärme	1,53	EE-Wärme (bis 2010) <ul style="list-style-type: none"> <li>• MAP-Förderung</li> <li>• KWKG/EEG*</li> <li>• Sonstige Förderung**</li> </ul>
MAP-Anlagen	0,67	EE-MAP-Wärme (seit 2000) <ul style="list-style-type: none"> <li>• MAP-Förderung</li> </ul>
EEWärmeG (Nutzungspflicht)	0,08	EEWärmeG-Wärme (seit 2009) <ul style="list-style-type: none"> <li>• MAP-Förderung</li> <li>• KWKG/EEG*</li> <li>• sonstige EE-Förderung**</li> </ul>

\* wenn in den EEG-Differenzkosten ausgewiesen, dann prinzipiell zu berücksichtigen (als Entlastung), in vorliegender Berechnung nicht berücksichtigt; \*\* prinzipiell zu berücksichtigen, in vorliegenden Zahlen jedoch nicht berücksichtigt.

### 5.3 Zurechnung der Belastungen

Eine „EE-Wärme-Umlage“ analog zur EEG-Umlage im Strombereich ist nicht ausweisbar, da sich diese beiden Bereiche in sehr grundlegenden Merkmalen unterscheiden (vgl. hierzu Kapitel 2.2). Beispielsweise sind die gesetzlichen Grundlagen völlig unterschiedlich und – hiermit verbunden – der Wärmebereich in viel stärkerem Maße als der Strombereich vom freiwilligen Einsatz von EE-Technologie geprägt. Außerdem erfolgt die Erzeugung von EE-Wärme sowohl dezentral als auch zentral, mit unterschiedlichen Technologien und zu unterschiedlichen Kosten, die sich dann – in u.U. sehr unterschiedlicher Weise – zwischen Eigentümern/Investoren und Nutzern verteilen.

Nachfolgend werden verschiedene Möglichkeiten gezeigt, den mit dem EE-Wärmeausbau verbundenen Ressourcenverzehr bzw. die damit verbundenen Belastungen je Wärmeerzeugung auszuweisen. Diese Kenngrößen stellen Zurechnungsgrößen für verschiedenen Arten der Belastungen nach Endenergiebedarf für Wärme dar und sind nicht als instrumentelle Vorschläge für eine Umlage der Wärmeförderungskosten zu verstehen.

#### 5.3.1 Mögliche Kenngrößen

Grundsätzlich stehen für die Zurechnung drei Ausgangsgrößen zur Verfügung: die systemanalytischen Differenzkosten, die einzelwirtschaftlichen Mehr/Minderkosten der Anlagenbetreiber oder die Belastungen des öffentlichen Haushalts. Um zumindest eine

(sehr) entfernte Analogie zum Strombereich zu erhalten, wäre eine fiktive Zurechnung der Ausbaurkosten oder der Förderung von EE-Wärme (als Summe der jeweiligen Jahrgangsannuitäten) auf den gesamten Wärmeverbrauch ausweisbar. Alternativ könnte die erzeugte EE-Wärmemenge (Durchschnittsgröße) als Bezugsgröße dienen. Hierdurch würde deutlich, welche Kosten oder Förderung pro kWh (EE-)Wärme anfällt, die beispielsweise über den öffentlichen Haushalt getragen wird. Weitere aussagekräftige Größen, die in unterschiedlicher Form die Belastung je kWh<sub>th</sub> widerspiegeln, sind berechenbar, jedoch müssen für die Interpretation die jeweiligen Größen, d. h. Nenner und Zähler, klar definiert sein. Prinzipiell können im Nenner oder Zähler folgende Größen stehen:

- *Nenner: Wärmemenge in kWh*
  - gesamte Wärmemenge (Wärme aus erneuerbaren und fossilen Energieträgern) → „Zurechnung“
  - EE-Wärmemenge → „Durchschnitt“ :
    - die gesamte mit EE erzeugte Wärme (EE-Wärme)
    - die Wärme, die durch MAP-finanzierte Anlagen erzeugt wird (MAP-Wärme)<sup>40</sup>
    - die aufgrund der Nutzungspflicht nach dem EEWärmeG erzeugte Wärme aus EE (EEWärmeG-Wärme)
- *Zähler: Mehrkosten oder -Belastungen in Euro*
  - Systemanalytische Größe wie systemanalytische Differenzkosten für EE-Wärme insgesamt
  - Einzelwirtschaftliche Kosten wie
    - einzelwirtschaftliche Mehrbelastungen der Gebäudeeigentümer/besitzer oder
    - Belastung des Staatshaushalts (als jährliches Fördervolumen oder Annuität)

Tabelle 5-75 gibt einen Kurzüberblick über mögliche Kombinationen von Nenner und Zähler, die entweder als „Zurechnungs-“ oder als Durchschnittsgröße zu interpretieren sind. Sie stellen eine Durchschnittsgröße dar, wenn sich Zähler und Nenner auf die gleichen Analysebereiche (z. B. MAP) beziehen, bzw. eine Zurechnungsgröße, wenn sie sich auf unterschiedliche Bereiche (MAP und gesamt Wärme) beziehen.

In den Zähler können entweder die systemanalytischen Kosten, die einzelwirtschaftlichen Kosten der Anlagenbetreiber oder des Staatshaushalts eingehen. Darüber hinaus können sich die Belastungen auf die Erzeugung der gesamten EE-Wärmemenge beziehen, auf die MAP-Anlagen oder auf Belastungen durch die EE-Nutzungspflicht (EEWärmeG).

---

<sup>40</sup> MAP umfasst hier in der Regel Zuschüsse des MAP-KfW-Programms seit 2007 sowie Zinsvergünstigungen seit 2010 jeweils nach Auszahlungsjahr sowie Zuschüsse des MAP-BAFA nach Jahr der Inbetriebnahme seit 2000. Ausnahme MAP-Differenzkosten (nur MAP-BAFA).

Tabelle 5-7: Überblick über verschiedene Zurechnungs- oder Durchschnittsgrößen

	Systemanalytische Kosten	Einzelwirtschaftliche Kosten	
		Betreiber	Staat
<b>Zähler (Mio. Euro)</b>	Systemanalytische Differenzkosten: <ul style="list-style-type: none"> <li>• EE-Wärme</li> <li>• MAP-Wärme</li> <li>• EEWärmeG-Wärme</li> </ul>	Einzelwirtschaftliche Mehrkosten (netto, abzgl. Förderung MAP): <ul style="list-style-type: none"> <li>• EE-Wärme</li> <li>• MAP-Wärme</li> <li>• EEWärmeG-Wärme</li> </ul>	Förderung (MAP): <ul style="list-style-type: none"> <li>• Jährlich oder kumuliertes Fördervolumen</li> <li>• annuisierte Förderung</li> </ul>
<b>Nenner (kWh)</b>	Endenergiebedarf für <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wärme gesamt</li> <li>• EE-Wärme: gesamte EE-Wärme, EE-Wärme aus MAP-Anlagen, nach EEWärmeG</li> </ul>		
<b>Durchschnittsgröße:</b> → Nenner: EE-Wärme (ct/kWh)	• syst. Diff.kosten / EE-Wärme	• EEWärmeG Belastung / EEWärmeG-Wärme	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MAP Fördervol. / MAP-Wärme</li> <li>• MAP ann. Förd. / MAP-Wärme</li> <li>• MAP ann. Förd. / EE-Wärme</li> </ul>
<b>Fiktive Zurechnung:</b> → Nenner: Wärme (ct/kWh)	• syst. Diff.kosten / Wärme	• EEWärmeG Belastung / Wärme	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MAP ann. Förd. / Wärme</li> <li>• MAP-Fördervol./ Wärme</li> </ul>
<i>Anmerkungen</i>	<i>Ohne Steuern und CO<sub>2</sub>-Preis (sonst Gegenrechnung)</i>	<i>Mit Steuern; berücksichtigte Förderung auf Lebensdauer verteilt; Weitere Durchschnittsgrößen oder Zurechnungen:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ <i>verbleibende einzelwirtschaftliche Mehrkosten / Wärme gesamt</i></li> <li>◆ <i>Verbleibende einzelwirtschaftliche Mehrkosten MAP / MAP-Wärme bzw. Wärme ges.</i></li> </ul>	<i>Annuisierte Förderung: Zeitliche Verteilung von Förderung auf Lebenszeit und Summierung der Annuitäten der jeweiligen Förderjahre bis Betrachtungsjahr . Fördervolumen: Fördervolumen zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme (BAFA) bzw. Auszahlung (KfW); Förderung umfasst MAP.</i>

Die Grundlagen und Aussagekraft einzelner, grundsätzlich denkbarer Durchschnitts- oder Zurechnungsgrößen sind nachfolgend genauer erläutert.

1. **MAP-Förderung bezogen auf MAP-Wärme:**

a) *Kumuliertes MAP-Fördervolumen seit 2000 / kumulierte EE-Wärmemenge der seit 2000 installierten MAP-Anlagen in kWh.*

Mit dieser Größe werden seit Bestehen des MAP die durchschnittliche Förderung je kWh angegeben bzw. die durchschnittliche Belastung des öffentlichen Haushalts je „MAP-erzeugter“ Wärme.

b) *Jährliches MAP-Fördervolumen in Euro / jährliche EE-Wärmemenge der seit 2000 installierten MAP-Anlagen in kWh.*

Hiermit wird die jährliche Belastung je kWh des öffentlichen Haushalts durch MAP-finanzierte Anlagen, die im jeweiligen Förderjahr erstellt wurden und Wärme erzeugen, aufgezeigt. Die EE-Wärmemenge bezieht sich auf die erzeugte Menge innerhalb eines Jahres, nämlich des Förderjahres. Die Aussagekraft wird als gering eingestuft, da Förderung bzw. Energieerzeugung auf den Lebenszyklus einer Anlage bezogen sein sollte.

2. **MAP-Fördervolumen bezogen auf gesamte Wärme:**

a) *Kumuliertes MAP-Fördervolumen in Euro seit 2000 / gesamte Wärmemenge des Betrachtungsjahrs in kWh.*

Diese Größe gibt eine Zurechnung der Förderung wider, die seit Bestehen des MAPs ausgezahlt und im Auszahlungsjahr voll erfasst wurde, d. h., nicht auf die Nutzungsdauer der Anlage verteilt wird. Bezugsgröße ist die gesamte Wärmemenge des Betrachtungsjahrs.

b) *Jährliches MAP-Fördervolumen in Euro / gesamte Wärmemenge des Betrachtungsjahrs in kWh.*

Hier wird die jährliche Belastung des öffentlichen Haushalts durch MAP-finanzierte Anlagen, die im jeweiligen Förderjahr erstellt wurden, je Wärmeverbrauch insgesamt aufgezeigt. Die Aussagekraft ist eher für budgetorientierte Fragestellungen interessant.

3. **EEWärmeG-Belastung bezogen auf EEWärmeG-Wärme:**

*Einzelwirtschaftliche Mehrbelastungen durch das EEWärmeG im Neubau in Euro / seit Bestehen des EEWärmeG erzeugte EE-Wärmemenge im Neubau in kWh.*

Dies entspricht einer Zurechnung der einzelwirtschaftlichen (annuisierten) Mehrbelastungen bzw. Mehrkosten durch das EEWärmeG auf die damit erzeugte EE-



Wärmemenge seit 2009. Als Zielgröße wird die durchschnittliche zusätzliche Belastung je kWh Wärme aus EE (im Neubau) ausgegeben.

4. **EEWärmeG-Belastung bezogen auf gesamte Wärme:**

*Einzelwirtschaftliche Mehrbelastungen durch das EEWärmeG im Neubau in Euro / Wärmemenge insgesamt (kWh).*

Diese Größe widerspiegelt die Zurechnung der anfallenden annuisierten Mehrbelastungen durch das EEWärmeG für die Anlagenbetreiber bezogen auf die gesamte erzeugte Wärmemenge des Betrachtungsjahrs.

5. **Annuisierte MAP-Förderung bezogen auf MAP erzeugte Wärme:**

*Annuisierte MAP-Förderung in Euro / MAP-Wärme in kWh*

Diese Größe zeigt die Belastung des öffentlichen Haushalts je MAP-geförderter kWh, die seit Bestehen des MAP anfällt. Die MAP-Wärmemenge umfasst Wärme aus MAP-finanzierten Anlagen, die seit 2000 gefördert wurden. Die MAP-Förderung wird nicht dem jeweiligen Auszahlungsjahr zugerechnet, sondern über die Nutzungsdauer der Anlage verteilt (Annuität).

6. **Annuisierte MAP-Förderung bezogen auf EE-Wärme:**

*Annuisierte MAP-Förderung in Euro / EE-Wärmemenge des Betrachtungsjahrs in kWh.*

Damit wird die Belastung je kWh EE-Wärme, die vom öffentlichen Haushalt getragen wird, aufgezeigt. Sie besagt, welchen Förderbeitrag jeder einzelne EE-Wärmenutzer für jede kWh EE-Wärme zahlen müsste (Durchschnittsgröße), falls die Förderung (MAP) auf die Nutzer umgelegt wäre.

7. **Annuisierte MAP-Förderung bezogen auf gesamte Wärme:**

*Annuisierte Förderung (MAP) in Euro / gesamte Wärmemenge des Betrachtungsjahrs in kWh.*

Hier wird die Belastung für die MAP-Förderung der EE-Wärme, die der öffentliche Haushalt zu tragen hat, je kWh erzeugter Wärme aufgezeigt. Sie besagt, welchen Förderbeitrag jeder einzelne Wärmeverbraucher je kWh zahlen müsste, wenn die staatliche Förderung wie im EEG auf alle Endverbraucher (Wärmenutzer) umgelegt werden würde. Alternativ könnte sich diese Größe auch nur auf die MAP-BAFA-Förderung beschränken.

8. **Differenzkosten bezogen auf EE-Wärme:**

*Gesamte systemanalytische Wärmedifferenzkosten in Euro / EE-Wärmemenge in kWh.*

Diese Kenngröße stellt eine fiktive Verteilung der Differenzkosten im Wärmebereich auf die EE-Wärmemenge dar, d. h., sie besagt, wie viel mehr jeder EE-Wärmenutzer für eine kWh aus EE zahlen müsste, wenn die gesamten Wärmedifferenzkosten (zusätzliche Belastungen Privater und des öffentlichen Haushalts) auf die gesamte EE-Wärmenutzung umgelegt wären. Alternativ zu den systemanalytischen Kosten könnten die einzelwirtschaftlichen Mehrkosten angesetzt werden. Die resultierende Größe zeigt die durchschnittlichen, verbleibenden Einzelbelastungen nach Abzug der Förderung je EE-Wärmemenge.

**9. Differenzkosten bezogen auf gesamte Wärme:**

*Gesamte systemanalytische Wärmedifferenzkosten in Euro / gesamte Wärmemenge in kWh.*

Diese Relation stellt eine fiktive Verteilung der Differenzkosten im Wärmebereich auf die gesamte Wärmeherzeugung, d. h., sie besagt, wie viel mehr jeder Wärmenutzer für eine kWh zahlen müsste, wenn die gesamten Wärmedifferenzkosten (zusätzliche Belastungen Privater und des öffentlichen Haushalts) auf den Gesamtwärmeverbrauch umgelegt wären. Alternativ sind die einzelwirtschaftlichen Mehrkosten je gesamter Wärmemenge ausweisbar. Diese Größe besagt, wie viel mehr jeder Wärmenutzer für eine kWh zahlen müsste, wenn die einzelwirtschaftlichen Belastungen auf den Gesamtwärmeverbrauch umgelegt wären.

Die hier dargestellten Durchschnittsgrößen für die Förderung im Rahmen des MAP spiegeln letztendlich eine Art Vergütung wider, die die Anlagenbetreiber (MAP finanzierte Anlagen) über die Zuschüsse erhalten haben. Die Durchschnittsgrößen der anderen Belastungen (gesamte Wärme, EEWärmeG) hingegen geben an, welche Vergütung für EE-Wärme nötig wäre, um die Mehrkosten auszugleichen.

Die Zurechnungsgröße hingegen zeigt auf, welcher Betrag zu zahlen wäre, um die Belastungen des öffentlichen Haushalts durch das MAP (bzw. der Verpflichteten im Neubau, oder die verbleibenden Belastungen der gesamten EE-Nutzer) bezogen auf die gesamte Wärmeherzeugung auszugleichen.

Nachfolgend ein Überblick über Durchschnittsgrößen und mögliche Zurechnungen der EE-Wärme unter Angabe des Zählers, Nenners und Anmerkungen zur Datenlage. Die Nummerierung in der ersten Spalte bezieht sich auf die Nummerierung der vorangegangenen Erläuterung. Die Werte sind als vorläufige Werte anzusehen und können noch Änderungen unterworfen sein. Die Kosten bzw. Belastungen sind mit Preisen von 2005 angegeben.

Durch beliebige Kombination von Zähler und Nenner können noch weitere Kennzahlen ausgewiesen werden, die hier nicht ausgewiesen sind. Eine politisch interessante Größe wäre dabei die mögliche Zurechnung der MAP-Förderung (jährliches Volumen) auf die gesamte erzeugte Wärmemenge aus fossilen Energieträgern (0,03 Cent/kWh, 2010) im Betrachtungsjahr.

Tabelle 5-8: Übersicht verschiedener Durchschnitts- bzw. Vergütungsgrößen, 2010 (zu Preisen von 2005)

	2010	Cent/ kWh	Zähler	Nenner	Anmerkungen
1.	a) MAP-Fördervolumen / MAP-Wärme b) jährl. MAP-Fördervolumen / MAP-Wärme	11 7	a) Kumuliertes Fördervolumen in Euro (seit 2000) b) Jährliches Fördervolumen in Euro	a) Kumulierte Wärmemenge der MAP-Installationen seit 2000 b) Jährlich erzeugte MAP Wärme	BAFA, Fichtner et al. 2010, 2011
3.	EEWärmeG-Belastung / EEWärmeG-Wärme	7	Einzelwirtschaftliche Mehrbelastungen (annuisiert) durch Nutzungspflicht nach EEWärmeG (seit 2009)	Kumulierte EE-Wärmemenge aus EE im Neubau seit 2009	Daten aus Ecofys et al. 2011
5.	MAP Förderung / MAP- Wärme	1	Kumulierte annuisierte Förderung durch MAP (seit 2000)	Kumulierte Wärmemenge der MAP-Installationen seit 2000	BAFA; Fichtner et al. 2010, 2011
6.	MAP-Förderung / EE-Wärme	0,11	ditto	Endenergie EE-Wärme (AGEE Stat)	Daten zu MAP seit 2000 (KfW + BAFA)
8.	Systemanal.** Differenzkosten / EE-Wärme	1,23	Systemanalytische** Differenzkosten Wärme	Endenergie EE-Wärme (AGEE Stat)	ISI et al. 2010 und Updates 2010, 2011

\* bei Veränderung des Endenergieverbrauchs für Wärme insgesamt (+ /-20 %) ändert sich die Kenngröße in einem hier nicht erkennbaren Umfang; \*\* alternativ: einzelwirtschaftliche Differenzkosten.

Tabelle 5-9: Übersicht möglicher Zurechnungsgrößen 2010 (zu Preisen von 2005)

	2010	Cent/ kWh	Zähler	Nenner	Anmerkungen
2.	a) MAP-Fördervolumen / Wärme b) jährl. MAP Fördervolumen / Wärme	0,12 0,01	Kumuliertes Fördervolumen in Euro (seit 2000) Jährliches Fördervolumen in Euro	Endenergie Wärme gesamt	Wärme gesamt abgeschätzt aus AGEESat
4.	EEWärmeG-Belastung / Wärme	*0,01	Einzelwirtschaftliche Mehrbelastungen (annuisiert) durch Nutzungspflicht nach EEWärmeG (seit 2009)	Endenergie Wärme gesamt	Daten aus Ecofys et al. 2011
7.	MAP-Förderung / Wärme	*0,01	Kumulierte annuisierte Förderung durch MAP (seit 2000)	Endenergie Wärme gesamt	
9.	Systemanal.** Differenzkosten / Wärme	0,12	Systemanalytische** Differenzkosten Wärme	Endenergie Wärme gesamt	ISI et al. 2010 und Updates 2010, 2011

\* bei Veränderung des Endenergieverbrauchs für Wärme insgesamt (+ /-20 %) ändert sich die Kenngröße in einem hier nicht erkennbaren Umfang; \*\* alternativ: einzelwirtschaftliche Differenzkosten.

### 5.3.2 Fazit

Die Zurechnung der Mehrkosten des EE-Wärmeausbaus kann sich auf die systemanalytischen Differenzkosten, die einzelwirtschaftlichen Mehr/Minderkosten sowie auf die Belastungen des öffentlichen Haushalts (Förderung des EE-Wärmeausbaus) beziehen (Zähler). Als Bezugsgrößen (Nenner) dienen

- a) die Wärme der Anlagen, die durch das MAP finanziert wurden (MAP-Wärme),
- b) die im Rahmen des EEWärmeG erzeugte Wärme mit EE (EEWärmeG-Wärme),
- c) die gesamte mit EE erzeugte Wärme (EE-Wärme) oder
- d) die jährlich erzeugte Wärmemenge (Endenergie Wärme gesamt).

Die Option 7 wird als „Zurechnungsgröße“ vorgeschlagen, da sie wie die EEG-Umlage die zusätzlichen Belastungen des Haushalts (hier öffentlicher Haushalt) aufgreift und die Belastung auf die gesamte Nutzungsdauer der Anlage verteilt, d.h. sie zeigt die Belastung in Form einer Annuität auf, die der öffentliche Haushalt und somit die Steuerzahler durch den Ausbau (Förderung) der EE-Wärme je Wärmeverbrauch insgesamt zu tragen haben. Im Gegensatz zu einer Zurechnung basierend auf einer jährlichen Förderung steigt diese unter einer fortlaufend konstanten finanziellen Förderung - ausgehend von einem niedrigen Anfangswert - über die ersten 20-25 Jahre stetig an. Sie gibt somit die über den öffentlichen Haushalt finanzierten zusätzlichen Kosten des EE-Ausbaus je Wärmemenge über den gesamten Nutzungszeitraum der Anlage wieder. Eine jährliche Förderung hingegen legt die aktuellen Ausgaben des Staates für den EE-Wärmeausbau einmalig auf die gesamte erzeugte Wärmemenge um. D.h. die Größe schwankt von Jahr zu Jahr je nach Höhe des jährlichen Fördervolumens. Als fiktive Zurechnungsgröße ist für den Wärmebereich deshalb die annuitätische MAP-Förderung je erzeugter Wärmemenge anzulegen; sie legt wie die EEG-Umlage die Förderung bzw. Mehrkosten auf die Laufzeit der Anlage um.

**Definition:**

EE-Wärmezurechnung (fiktive Zurechnung):  
annuisierte Förderung (MAP) in Euro / Wärmeezeugung insgesamt in kWh

Veränderungen im Nenner wie z. B. Senkung des Endenergieverbrauchs bei Wärme durch Effizienzmaßnahmen können die „Zurechnung“ in die Höhe treiben. Daher wird ergänzend eine Sensitivität der Zurechnungsgröße in Bezug auf eine Veränderung des Endenergiebedarfs für Wärme unter ceteris paribus berechnet. Die Ergebnisse zeigen, dass eine Veränderung der gesamten Wärmeezeugung um +/-20 % Veränderungen der Kenngröße in der dritten Dezimalstelle ergeben, d. h., hier kaum sichtbar sind.

Diese hier ausgewiesene fiktive Größe eignet sich nicht für eine tatsächliche Umlage der finanziellen Förderung EE-Wärme, denn sie bietet nicht die Möglichkeit, die tatsächlichen Mehrkosten auf den daraus resultierend Kreis der Zahlungsverpflichteten – alle Wärmeerzeuger inklusive EE- umzulegen. Hierzu müssten alternative Größen berechnet werden, die sich bspw. auf den Einsatz fossiler Energieträger beziehen. Dieser Abschnitt diskutiert jedoch mögliche Zurechnungsgrößen nicht aber instrumentelle Vorschläge für eine Umlage der EE-Wärmeausbaukosten.

## 6 Makroökonomische Effekte

Auf makroökonomischer Ebene werden vor allem die Wirkungen auf Wachstum und Beschäftigung über ein makroökonomisches Modell abgeschätzt. Für eine umfassende Analyse müssen sowohl positive wie negative Effekte des EE-Ausbaus im Energiesektor und darüber hinaus in allen anderen Sektoren der Volkswirtschaft erfasst werden. Die hierfür verwendeten makroökonomischen Kenngrößen (Inputs und Outputs des Modells) lassen sich hinsichtlich ihrer volkswirtschaftlichen Aussagekraft in drei Gruppen einteilen:

- Kennzahlen, die Impulse oder (Teil-) Wirkungen auf makroökonomischer Ebene darstellen, die jedoch weder die systemanalytischen Effekte und Verteilungswirkungen noch deren volkswirtschaftlichen Folgewirkungen vollständig erfassen können,
- makroökonomische Bruttoeffekte, die positive Wirkungen des EE-Ausbaus im EE-Sektor sowie in den vorgelagerten Sektoren – aber keine gesamtwirtschaftlichen Folgewirkungen – erfassen und dabei ebenfalls systemanalytische Kosten und Verteilungswirkungen nur teilweise einbeziehen,
- makroökonomische Nettoeffekte, die auf Basis eines Vergleichs von Szenarien (mit und ohne EE-Ausbau) sowohl positive als auch negative Effekte in allen Sektoren der Volkswirtschaft erfassen und dabei möglichst vollständig auch die Kosten- und Verteilungswirkungen einbeziehen. Nettoeffekte sind nicht trennscharf nach Wärme- und Strombereich ausweisbar.

### 6.1 Makroökonomische Impulse

#### 6.1.1 Vermiedene Importe

Die vermiedenen Energieimporte beziehen sich auf die durch den EE-Ausbau unmittelbar bewirkte Verminderung der Importe fossiler Energieträger wie Erdöl, Erdgas und Kohle innerhalb eines Jahres nach Deutschland. Die Berechnung basiert auf Abschätzungen zum verringerten Primärenergieeinsatz und Importquoten:

$$\text{Verringerte Importe}_f = \sum_f (PE_f \cdot Im_f)$$

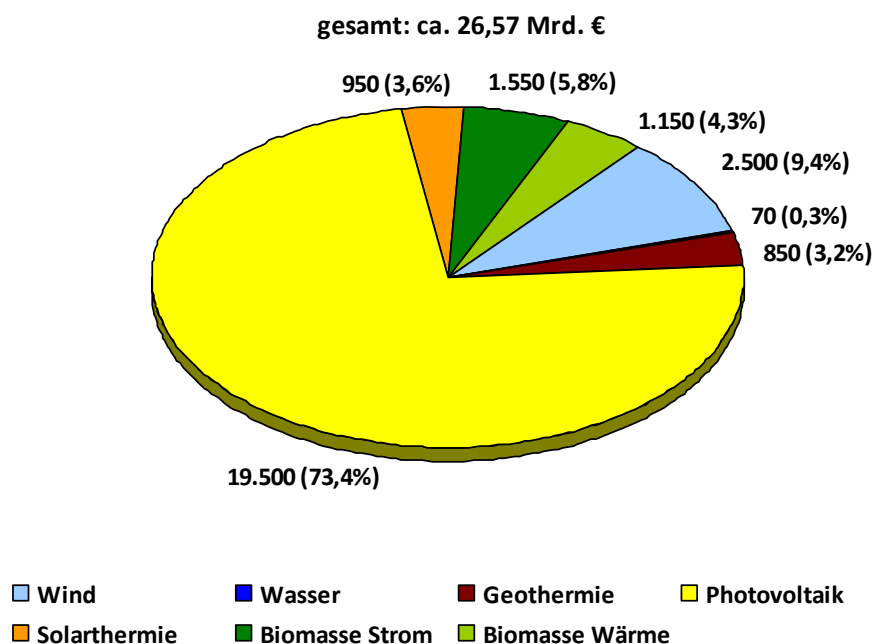
*f:* fossile Energieträger  
*PE:* substituierter fossiler Primärenergieeinsatz  
*Im:* Importquote für fossilen Energieträger

Durch die Nutzung von EE wurden 2010 in Deutschland die Energieimporte um 6,7 Mrd. Euro (brutto) vermindert, bzw. um 5,8 Mrd. Euro, wenn die nach Deutschland importierte Biomasse dagegen gerechnet wird (netto); rund 3,3 Mrd. Euro entfallen davon auf Wärme (Lehr 2011).

## 6.1.2 Investitionen und Umsätze

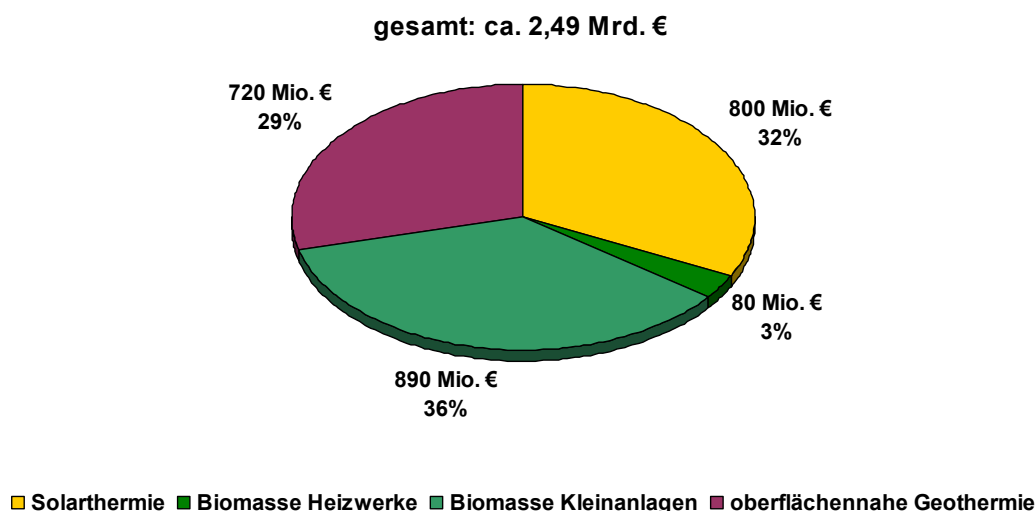
Die Investitionen bilden die Summe des innerhalb eines Jahres in Deutschland in EE-Anlagen investierten Kapitals in Anlagen zur Nutzung von EE ab. Sie umfassen somit auch Anlageninvestitionen und Komponenten, die im Ausland produziert werden (Importe), während Exporte, also Anlagen und Komponenten, die im Inland hergestellt aber im Ausland installiert werden, hiermit nicht erfasst sind. Die Angaben basieren auf den EE-Ausbauzahlen (MW) nach Angaben der Arbeitsgruppe EE-Statistik (AGEE-Stat) und Informationen zu Investitionen je Leistungseinheit. Die Investitionen in Anlagen zur Nutzung von EE beliefen sich 2010 auf insgesamt 26,57 Mrd. Euro. Etwa 2,9 Mrd. Euro (Solarthermie, Biomasse Wärme und in wesentliche Teilen die Geothermie) können dabei eindeutig dem Bereich Wärme zugeordnet werden.

Abbildung 6-1: Investitionen in Anlagen zur Nutzung von EE in Deutschland im Jahr 2010, Mio. Euro (O'Sullivan et al. 2011)



Die Umsätze beziehen sich auf die inländische Produktion deutscher Hersteller von Anlagen und Komponenten zur Strom-, Wärme- und Kraftstofferzeugung aus EE. Sie umfassen somit die im Inland hergestellten Anlagen und Komponenten zur Strom-, Wärme-, und Kraftstoffproduktion. Hierbei sind Anlagen und Komponenten, die im Ausland installiert werden, inbegriffen, während deren Importe in diese Größe nicht eingehen. Insgesamt lagen die Umsätze in Deutschland ansässiger Hersteller von Anlagen zur Nutzung von EE inklusive der Exporte in Deutschland ansässiger Komponentenhersteller im Jahr 2010 bei 25,32 Mrd. Euro. Dem Wärmebereich können dabei etwa 2,5 Mrd. Euro zugerechnet werden.

Abbildung 6-2: Umsatz deutscher Hersteller von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Wärme 2010



Die Differenz zwischen den Investitionen und Umsätzen spiegelt die Nettoexporte wider. Sie belaufen sich in 2010 auf -0,4 Mrd. Euro, d. h., Deutschland hat im letzten Jahr im Wärmebereich etwas mehr Anlagen und Komponenten importiert als exportiert.

## 6.2 Bruttobeschäftigung

Bruttoeffekte des EE-Ausbaus auf Beschäftigung und Wertschöpfung beschreiben die Wirkungen auf sektoraler Ebene, d. h. in allen Sektoren, die direkt oder über Vorleistungen (indirekt) zur Erstellung und zum Betrieb von EE-Anlagen bzw. zur Aufbereitung von Biomasse beitragen.<sup>41</sup> Die Bruttobeschäftigung ergibt sich aus der Summe der direkten und indirekten Beschäftigung:

- Die direkte Bruttobeschäftigung umfasst die Beschäftigten von Unternehmen, die sich auf die Herstellung von EE-Anlagen spezialisiert haben, wie Windanlagenhersteller, PV-Modulproduzenten sowie Beschäftigte in Unternehmen mit einer breiteren Produktpalette (welche auch Anlagen zur fossilen Brennstoffnutzung umfassen kann), soweit sie in der Produktion von EE-Anlagen wie Wärmepumpen beschäftigt sind. Die direkte inländische Beschäftigung schließt auch Arbeitnehmer ein, die in der Produktion von Anlagen für den Export beschäftigt sind, da Grundlage der Berechnung die Umsätze der inländischen Anlagenhersteller sind. Des Weiteren sind alle Beschäftigten einbezogen, die in Unternehmen in dem Betrieb und der Wartung von EE-Anlagen sowie der Biomasseaufbereitung eingebunden sind. Hierbei sind die Betriebskosten Grundlage für die Abschätzung der Beschäftigung.

<sup>41</sup> In manchen Studien werden bei den Bruttoeffekten auch positive Einkommenswirkungen (gesamtwirtschaftliche Multiplikatoreffekte) einbezogen. Das ist jedoch hier nicht der Fall.



- Die indirekte Bruttobeschäftigung umfasst die Beschäftigten von Unternehmen, die Vorlieferungen für die inländische Produktion von EE-Anlagen sowie für den Betrieb und die Wartung erbringen. Des Weiteren sind auch Vorleistungen für Unternehmen der Biomasseaufbereitung einbezogen. Beispielsweise beziehen Hersteller von Windanlagen ihre Vorlieferungen u. a. aus dem Maschinenbau, der Metallverarbeitung, dem Fahrzeugbau, der Messtechnik und dem Dienstleistungssektor.

Insgesamt ergibt sich für das Jahr 2010 in Deutschland durch EE eine Bruttobeschäftigung von rund 367.000 Personen (BMU 2011d), darunter entfallen für den Wärmebereich ca. 72.700 Bruttobeschäftigte (direkt und indirekt Beschäftigte). Die zusätzlich für die gesamte öffentlich geförderte Forschung/Verwaltung im Bereich der EE ermittelten rd. 7.500 Beschäftigte sind hierbei aufgrund von Zurechnungsproblemen nicht anteilig berücksichtigt.

Tabelle 6-1: Bruttobeschäftigung durch Einsatz von EE im Wärmebereich

Wärme 2010	Investitionen und Komponenten	Betrieb	Brennstoffe	Gesamt
Solarthermie	8.800	2.300		11.100
Biomasse Heiz-/Kraftwerke**	1.000	5.700	2.600	9.300
Biomasse Kleinanlagen	9.700	13.600	13.100	36.400
Biogas		1.100	1.800	2.900
Biomasse flüssig stationär		500	400	900
Tiefengeothermie***		100		100
oberflächennahe Geothermie*	9.100	2.900		12.000
<b>Summe</b>	<b>28.600</b>	<b>26.200</b>	<b>17.900</b>	<b>72.700</b>

\* Luft/Wasser, Wasser/Wasser- und Sole/Wasser-Wärmepumpen; \*\* Beschäftigung bei Investition und Komponenten nur aus Bioheizwerken, bei Betrieb und Brennstoffen aus Bioheizwerken und Bioheizkraftwerken; \*\*\* Tiefengeothermie umfasst Wärme und Stromerzeugung, wobei Beschäftigung durch Investition und Komponenten dem Strombereich zugerechnet wird und der Betrieb entsprechend aufgeteilt ist.

Die Zuordnung der Investitionen, Umsätze und Bruttobeschäftigung auf den Bereich der Wärme ist in den Bereichen der KWK-Anlagen schwierig. Die hier ausgewiesenen Zahlen rechnen die Investitionen in KWK-Anlagen der Stromgestehung zu. Dadurch werden für den Bereich der Wärme lediglich die Investitionen, Umsätze und Beschäftigten der Solarthermie, Biomasseheizwerke, Biomasse-Kleinanlagen sowie der oberflächennahen Geothermie berücksichtigt. Die Beschäftigten aus Betrieb/Wartung und Biomassebereitstellung sind hingegen anhand der bereitgestellten Endenergie der Wärmegestehung anteilig zugerechnet worden.

## 7 Weitere Effekte

Neben den bisher diskutierten Effekten sind noch weitere Effekte, teils auch nicht-ökonomischer Art, zu beachten. Ihre Bandbreite reicht von Aspekten der Versorgungssicherheit bis zur inneren und äußeren Sicherheit (vgl. ISI et al. 2010). Darüber hinaus wird die zentrale Frage der Belastungsverteilung, d. h., welche soziale Schichten durch hohe Erzeugungskosten (Brennstoffe, Investitionen) besonders betroffen sind, an Bedeutung zunehmen. Diese wird unter den Verteilungswirkungen zu diskutieren sein.

Tabelle 7-1: Weitere Effekte des EE-Ausbaus

Weitere ökonomische Wirkungen	Nicht-ökonomische Aspekte
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nationale Versorgungssicherheit</li> <li>• Langfristige globale Ressourcenschonung</li> <li>• Innovationen, Lerneffekte</li> <li>• Technologietransfer</li> <li>• Spill-over-Effekte für andere Technologien/Materialien</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Individuelles Umweltbewusstsein</li> <li>• Gesellschaftlicher Wertewandel: Nachhaltige Entwicklung</li> <li>• Akzeptanz neuer Technologien</li> <li>• Vorbildcharakter der nationalen und europäischen Politik</li> <li>• äußere und innere Sicherheit</li> </ul>

Aufgrund der dezentralen Versorgungsstruktur im Wärmebereich ist die Frage nach dem Einfluss der EE auf die Versorgungssicherheit von besonderer Bedeutung. Erste Ansätze für die EE insgesamt wurden in ISI et al. 2010 diskutiert. Hier soll diese Diskussion mit dem Versuch, den Fokus auf den Wärmebereich zu legen, fortgeführt werden. Darüber hinaus steht in der Diskussion über die Wirkungen des EE-Ausbaus auch der Einfluss auf das Innovationsgeschehen als eine wichtige positive Wirkung zur Debatte. Diese mögliche Wirkung wird nachfolgend am Beispiel des KWKG kurz vorgestellt.

### 7.1 Beitrag der Wärme aus Erneuerbaren Energien zu Innovationen

Der positive Einfluss von Politikmaßnahmen auf Innovationen bei EE-Technologien wird häufig als Argument für die Förderung des Ausbaus von EE aufgeführt. Hierbei gilt zum einen, zwischen den Politikmaßnahmen zu differenzieren: FuE-Förderung, Marktförderung (MAP) und regulatorische Maßnahmen (EEWärmeG). Und es ist zum anderen nach Wirkungsbereichen zu unterscheiden, auf die sich die Maßnahmen auswirken können. Diese umfassen technische Entwicklungen (Invention), Innovation, Diffusion und damit verbundene Lernkurveneffekte. Der Begriff Innovation überschneidet sich insofern mit Invention und Diffusion, da er eigentlich die Entwicklung eines Produkts

und dessen erfolgreiche Einführung in den Markt (Anwendung) umfasst. Nachfolgend bezieht er sich jedoch nur auf die Markteinführung einer Invention, während Diffusion sich auf die Marktdurchdringung des neuen Produkts bezieht.

Analog zum bisherigen Analyseschema ist hier zu untersuchen, inwieweit sich der MAP und EEWärmeG induzierte EE-Wärmeausbau sowie der gesamte EE-Wärmeausbau auf das Innovationsgeschehen auswirken. Dies ist in nachfolgender Matrix aufgespannt (Tabelle 7-2). Unmittelbare quantitative Abschätzungen der Auswirkungen des EE-Ausbaus auf das Innovationsgeschehen liegen nicht vor, allerdings werden in vielen Szenarien zum EE-Ausbau Kostenentwicklungen (Lernkurven) zugrunde gelegt, die letztendlich das Ergebnis einer erfolgreichen Technologiediffusion sind. Darüber hinaus dienen Patentdaten, neue Technologien, FuE-Ausgaben als Indikatoren für eine rege Innovationstätigkeit.

Tabelle 7-2: Analyseschema für Innovationswirkungen des EE-Wärmeausbaus

	<b>Invention</b>	<b>Innovation</b>	<b>Diffusion</b>
Gesamte EE-Wärme			
MAP induzierte EE-Wärme			
EEWärmeG induzierte EE-Wärme			

Eine qualitative Einschätzung der Auswirkungen von Politikmaßnahmen auf das Innovationsgeschehen am Beispiel der Mikro-KWK-Technologie liegt von Marth und Breitschopf 2011)<sup>42</sup> vor. Die Studie untersucht im Bereich der Mikro-KWK die Bedeutung von Politikmaßnahmen auf das Innovationsgeschehen. Hierbei werden folgende Politikmaßnahmen berücksichtigt:

- Energieeinsparverordnung
- EEWärmeG
- KWKG
- FuE-Förderung
- Impulsprogramm
- Steuervergünstigungen.

<sup>42</sup> Methodisch basiert die Studie auf einer Expertenbefragung. An der dazu durchgeführten Befragung haben Produktmanager von Unternehmen aus der Branche teilgenommen. Mit ihnen wurde die Bedeutung selektierter Politikmaßnahmen für die Entwicklung und Diffusion der Mikro-KWK-Technologie ergründet.

Die Wirkungen der politischen Maßnahmen wurden im Rahmen eines Expertengesprächs eruiert, das in Hinblick auf drei Hauptfragestellungen geführt wurde. Die Ergebnisse der Studie sind in Tabelle 7-3 zusammengefasst dargestellt. Sie zeigt auf, dass Politikmaßnahmen überwiegend unmittelbar über die Diffusion einer Technologie wirken und somit über die Nachfrage indirekt auch zu Innovationen anregen können.

Tabelle 7-3: Unmittelbare Wirkung der Politikmaßnahmen

	Invention	Innovation	Diffusion
EnEV			
EEWärmeG			+ (v.a. im Bestand, Problem sind die uneinheitlichen Netzanschlussbedingungen + Administration)
KWKG			+
Impulsprogramm			+/- (Aussetzung hat negative Wirkung)
Steuervergünstigung			+ (setzen finanzielle Kenntnisse voraus)
FuE-Förderung	+ (Brennstoffzelle)		

+ positive Wirkung,; – negative Wirkung; leere Zelle: keine Wirkung

Die Ergebnisse der Studie zu Innovationsaktivitäten, Bedeutung der Politikmaßnahmen und Zukunftserwartungen sind nachfolgend etwas genauer dargestellt:

1. Innovationsaktivitäten des Unternehmens: die Hersteller finanzieren ihre Entwicklungsaktivitäten im Bereich Mikro-KWK in erster Linie selbst und verlassen sich kaum auf öffentliche Fördermittel. Für die Entwicklung von Brennstoffzellenheizgeräten stellt sich die Situation anders dar, hier spielt insbesondere die Forschungsförderung im Rahmen des Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff und Brennstoffzellentechnologie bei der Finanzierung von Entwicklungsarbeit eine wichtige Rolle.
2. Bedeutung der verschiedenen Politikmaßnahmen: die direkte Förderung der KWK-Technologie durch die Bonuszahlung für eingespeisten und zum Eigenbedarf genutzten Strom aus KWK-Anlagen sowie die Steuervergünstigungen stellen einen Anreiz für die Nutzung der Technologie dar.

Der Investitionszuschuss für KWK-Anlagen führte jedoch auf dem Mikro-KWK-Markt nicht zu Absatzsteigerungen, da er bereits vor der Markteinführung der heute verfügbaren Produkte wieder eingestellt wurde. Aufgrund der aktuell unsicheren Lage bezüglich der eventuellen Fortführung oder endgültigen Einstellung des Impulsprogramms stoßen die Mikro-KWK-Hersteller derzeit auf eine stark abwartende Haltung der Verbraucher, so dass sich diese Fördermaßnahme bislang eher negativ auf die Diffusion der Technologie ausgewirkt hat.

Kritisch werden von den Befragungsteilnehmern die uneinheitliche Gestaltung der Anschlussbedingungen durch die Stromnetzbetreiber und die komplizierten Abrechnungsformalitäten bewertet. Diese führen dazu, dass sich der regulatorische Rahmen trotz der Förderung durch das EE-Wärme-Gesetz momentan eher negativ auf die Entwicklung der Technologie auswirkt. Einige der Befragungsteilnehmer reagieren auf diese administrativen Hürden mit dem Angebot, ihren Kunden die Anmelde- und Abrechnungsformalitäten abzunehmen, um so den Wettbewerbsnachteil für die Mikro-KWK-Technologie gegenüber anderen Heizungssystemen auszugleichen.

3. Zukunftserwartungen der Unternehmen: Die Unternehmen erwarten eine erfolgreiche Diffusion der Technologie, ohne dass politische Maßnahmen hierzu erwartet werden. Als entscheidend hierfür sehen sie das Erreichen niedrigerer Stückpreise an. Das Marktpotenzial für diese Technologie wird als interessant eingestuft. Weiterhin wird davon ausgegangen, dass bei Erreichen einer entsprechenden Marktdurchdringung der Technologie dann ein ausreichender politischer Handlungsdruck zur Anpassung der regulatorischen Bedingungen entstehen wird.

Zusammenfassend ergibt sich die Erkenntnis, dass es eine Reihe von Fördermaßnahmen für die Mikro-KWK-Technologie gibt, die von den Akteuren als positiv bewertet werden. Allerdings zeigt sich, dass eine direkte Marktförderung ohne einen einheitlichen technischen und administrativen Rahmen (Anschlussbedingungen und Abrechnungswesen) nur geringen Einfluss auf die Innovationstätigkeit der Unternehmen hat. Als eigentlicher Treiber der Weiterentwicklung von Mikro-KWK-Technologien wird das zukünftige Marktpotenzial gesehen, das sicherlich von erwarteten Energiepreisen, regulatorischen Rahmenbedingungen und politischen Zielvorgaben mitbestimmt wird.

## **7.2 Beitrag der Wärme aus Erneuerbaren Energien zur Versorgungssicherheit**

In diesem Abschnitt sollen kurz Methoden angerissen werden, die eine mögliche Antwort auf die Frage geben können „wie groß ist der Beitrag der EE zur Versorgungssicherheit, bzw. welchen Wert können wir ausweisen, der in etwa die durch EE erzielte zusätzliche Versorgungssicherheit wiedergibt?“.

### **7.2.1 Problematik des Begriffs Versorgungssicherheit**

Die Versorgungssicherheit avanciert im Zuge einer stark steigenden Nachfrage nach Erdöl, zunehmender Unruhen in Erdöllieferländern und Durchleitungsproblemen bei der Erdgasversorgung zu einem Schlüsselthema der Energiewirtschaft. Dennoch liegen bisher kaum quantitative Ansätze zur Abschätzung der Versorgungssicherheit vor.

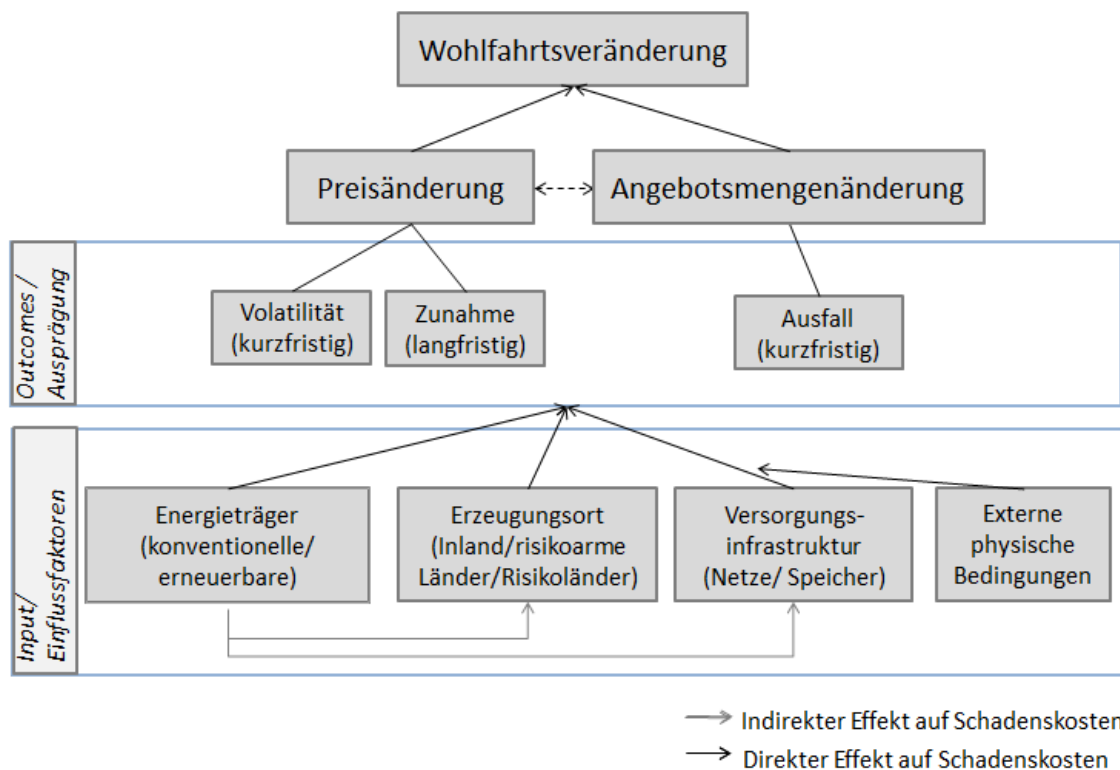
Generell kann die Absicherung gegen Versorgungsengpässe analog zu anderen Versicherungssystemen verstanden werden, bei dem der Versicherungsbeitrag auf Grundlage eines Erwartungswertes (Schadenshöhe multipliziert mit der Schadenswahrscheinlichkeit) berechnet wird. Damit kann die Energieversorgungssicherheit den systemanalytischen Kosten bzw. Nutzen zugeordnet werden.

Der Begriff Versorgungssicherheit lässt jedoch mehrere Bedeutungen zu. Die Europäische Kommission definiert Energieversorgungssicherheit in ihrem Grünbuch allgemein als *“...uninterrupted physical availability of energy products on the market, at a price which is affordable for all consumers (private and industrial)”* (EC 2000). Als Grundlage eines Monetarisierungsansatzes für die Kosten- bzw. Nutzenbestimmung bieten Bohi and Toman (1996) eine geeignete Definition: *‘Energy security refers to the loss of economic welfare that may occur as a result of a change in the price or availability of energy’*. Beide Definitionen betonen Preise und verfügbare Mengen als Ansätze für die Bestimmung der Versorgungssicherheit.

In ISI et al. 2010 werden zwei Ansätze verfolgt, die mit Blick auf das Mengenrisiko Diversitätsindikatoren diskutieren und die Portfoliotheorie zur Absicherung des Preisrisikos heranziehen. Beide Ansätze ermöglichen jedoch keine Quantifizierung der Versorgungssicherheit und lassen sich nicht auf den Wärmebereich eingrenzen.

Hier erfolgt zunächst ein genereller systematischer Überblick zur Energieversorgungs(un)sicherheit (Abbildung 7-1). Er zeigt zunächst die Ausprägungen (Output) eines möglichen Versorgungsengpasses auf, und zwar eine Mengenänderung (Reduktion/Ausfall) oder Preisveränderungen (Volatilität und Anstieg), die sich beide auf die Wohlfahrt einer Volkswirtschaft auswirken. Einflussfaktoren (Input) wie Erzeugungsort, Energieträger oder Versorgungsinfrastruktur beeinflussen die Auftretungswahrscheinlichkeit eines Engpasses und können sich gegenseitig verstärken oder abschwächen.

Abbildung 7-1: Schematische Darstellung für die Bestimmung der Wohlfahrtsveränderung in Bezug auf die Energieversorgungs(un)sicherheit



Quelle: Eigene Darstellung.

In der Literatur, die sich mit der Monetisierung von Energieversorgungssicherheit befasst, wurde bisher kein expliziter Bezug auf Wärme genommen. Auch werden EE in diesem Kontext selten diskutiert. Im Anhang 2 sind bisherige Monetarisierungsansätze bezogen auf den Strombereich kurz dargestellt.

## 7.2.2 Mögliche Ansätze für den Wärmebereich

Die zentrale Frage im Wärmebereich ist: Tragen EE im Vergleich zu fossilen Energieträgern zur einer besseren Versorgungssicherheit mit Wärme bei und wie ist dies zu quantifizieren? Eine Übertragung der bisher in der Literatur dargelegten Bewertungsansätze (siehe Anhang 2) auf den Wärmebereich ist aufgrund der typischen Charakteristika des Wärmebereichs kaum möglich. Versorgungsausfälle wie im Strombereich sind im Wärmebereich nicht zu erwarten und eine direkte Befragung zur monetären Quantifizierung der Versorgungssicherheit im Wärmebereich wäre nicht sinnvoll, da der Begriff sicherlich als zu abstrakt wahrgenommen werden würde.

Denkbar ist, auf den Ansatz mit Backup-Technologien von Sanghvi (1982) zurückzugreifen und diesen auf den EE-Wärmebereich anzupassen. Die Problematik bei der

Übertragung dieses Ansatzes liegt jedoch darin, dass – im Gegensatz zu Stromgeneratoren – der Einbau von EE-Technologien nicht eindeutig auf das Motiv der Absicherung gegen Versorgungsausfälle zurückzuführen ist. Zudem wird mit diesem Ansatz der Versorgungssicherheitsaspekt von Preisrisiken eher weniger erfasst.

Im Rahmen des Stated-Preferences-Ansatzes bietet es sich an, Haushalte bzw. Unternehmen mit EE-Systemen zu den Gründen der EE-Technologienutzung zu befragen. Ein Ranking der Gründe (darunter auch der Aspekt der Versorgungssicherheit) durch die Befragten könnte so die Bedeutung des Motivs „Versorgungssicherheit“ im gesamten Motivationsbündel aufzeigen. Hierbei wird jedoch die Versorgungssicherheit nicht weiter definiert, d. h., es könnten sowohl Preisaspekte als auch Versorgungsaspekte unterschiedliche Rollen spielen sowie die Versorgungssicherheit, die eine EE-Technologie bietet, als sehr unterschiedlich wahrgenommen werden. Eine monetäre Quantifizierung des Nutzens von Versorgungssicherheit ist weiterhin kritisch, da eine Gewichtung der einzelwirtschaftlichen Mehrkosten für die jeweilige EE-Technologie mit der Relevanz für Versorgungssicherheit nur einen Anteil an den gesamten Mehrkosten wiedergibt, welcher zum einen stark von den Marktpreisen bestimmt wird und zum anderen mit dem eigentlichen Nutzen der Versorgungssicherheit nicht identisch ist.



## 8 Fazit

Die vorgestellten Ansätze zur Abschätzungen der Kosten- und Nutzenwirkungen des Ausbaus EE im Wärmebereich weisen aufgrund der Besonderheiten des Wärmebereichs im Vergleich zum Strombereich methodische Differenzierungen auf. So werden im Wärmebereich die Wirkungen nicht nur nach Kategorien analysiert, sondern auch nach Untersuchungsbereichen, die sich aufgrund unterschiedlicher Strukturen und daher unterschiedlicher Förderung des EE-Wärmeausbaus ergeben.

Da der Ausbau Erneuerbarer Energien im Wärmebereich trotz teils höherer Erzeugungskosten im Vergleich zu einer konventionellen Wärmeerzeugung teilweise auch förderunabhängig erfolgt, wird davon ausgegangen, dass aus Investorensicht diesen höheren Kosten auch ein zusätzlicher Nutzen (nicht notwendigerweise Eigennutz) gegenüberstehen muss. Insofern ist bei EE von einer höheren Zahlungsbereitschaft auszugehen; diese bzw. der dadurch reflektierte Zusatznutzen ist jedoch nicht quantifizierbar und nicht mit der Kostendifferenz gleichzusetzen.

Eine Gegenüberstellung der systemanalytischen Kosten und Nutzen für den gesamten Wärmebereich zeigt, dass allein durch die Verminderung der Umweltbelastung durch den Einsatz EE die direkten Differenzkosten des gesamten EE-Wärmeausbaus ausgeglichen werden. Hingegen übersteigen im Neubau die systemanalytischen Differenzkosten deutlich die vermiedenen Umweltschäden. Als Grund hierfür kann der sehr gute Wärmeschutz und der damit verbundene geringe Energiebedarf und somit das - relativ gesehen - geringe Energieeinsparpotential im Neubau aufgeführt werden. Somit scheint insbesondere bei den bestehenden Gebäuden ein großes Einsparpotenzial zu bestehen.

Analog zu den EEG-Differenzkosten, die als Verteilungseffekte zu sehen sind, fallen im Wärmebereich einzelwirtschaftliche Belastungen an, die Mehrkosten des EE-Ausbaus vermindert um die finanzielle Förderung darstellen. Sie sind im Neubau identisch mit den systemanalytischen Differenzkosten, da dort im Allgemeinen keine finanzielle Förderung für die Nutzung EE gewährt wird.

Die Kosten bzw. Nutzen der Untersuchungsbereiche sind jedoch nicht unmittelbar untereinander vergleichbar, da je nach Untersuchungsbereich die Wärmeerzeugung unterschiedliche Zeiträume umfasst, d.h. die gesamte EE-Wärme schließt Wärme aus Anlagen, die ggf. schon vor 1995 installiert wurden, mit ein, während die Wärmeerzeugung im Rahmen des MAP bzw. des EEWärmeG Anlagen seit Programmbeginn (1999/2000) bzw. seit Inkrafttreten des Gesetzes (2009) berücksichtigt.

Durch Division der Mehrkosten oder Belastungen des EE-Wärmeausbaus mit der erzeugten (EE-)Wärmemenge lassen sich zahlreiche Kenngrößen ermitteln, die als fiktive Zurechnungs- oder Durchschnittsgrößen zu sehen sind. Als Kenngröße in Analogie zum Strombereich bietet sich die annuisierte MAP-Förderung dividiert durch die gesamte Wärmeerzeugung an. Sie eignet sich jedoch nicht dazu, die tatsächlichen Ausgaben des Staates (finanzielle Förderung) auf die Verbraucher umzulegen, da hierzu im Wärmemarkt kein entsprechender Kreis von Zahlungsverpflichteten besteht. Hierzu müsste eine alternative Größe herangezogen werden, die eine Verpflichtung ermöglicht, z.B. über den Bezug fossiler Energieträger.

Als wichtige makroökonomische Wirkung im Wärmebereich ist die Bruttobeschäftigung zu sehen, die u.a. durch die Bereitstellung von Biomasse getrieben wird. Abgrenzungen bei einzelnen Technologien bzgl. der Zurechnung zum Strom- oder Wärmebereich sind teils noch etwas unscharf.

Am Beispiel der Mikro-KWK werden die Innovationswirkungen der Marktförderung betrachtet. Für eine erfolgreiche Innovation, Diffusion neuer Technologien und das Eintreten von Lerneffekten werden jedoch das Marktpotenzial und die Marktpreise dieser Technologie als wichtiger angesehen als die unmittelbare Marktförderung.

Die Versorgungssicherheit spielt bei den einzelnen Wärmeerzeugern eine bedeutende Rolle. Bisher ist dieser Nutzen nicht quantifiziert, aber methodische Ansätze liegen vor, deren weiterer Ausbau zu prüfen ist.

Zusammenfassend sind nachfolgend die Größen der einzelnen Wirkungen des EE-Wärmeausbaus nach Kategorien und den drei Untersuchungsbereichen tabellarisch dargestellt.

Tabelle 8-1: Übersicht der verschiedenen Wirkungen nach Kategorien und Untersuchungsbereichen

Kategorien	Analysebereiche	Wärme 2010 Mio. Euro
System-analytische Wirkungen	Direkte Differenzkosten:	
	Direkte Differenzkosten, EE-Wärme insgesamt	1.750
	Direkte Differenzkosten MAP	820
	Direkte Differenzkosten EE im Neubau (EEWärmeG)	80
	Netzausbaukosten (wenn nicht in Differenzkosten enthalten)	n.n.
	Transaktionskosten	n.n.
Verteilungs- und Preiseffekte	Vermiedene Umweltschäden:	
	Gesamt EE-Wärme	2.600
	MAP-finanzierte Anlagen	290
	EE-Wärme durch EEWärmeG	10
Makro-ökonomische Wirkung	Einzelwirtschaftliche Mehr/Minderkosten:	
	Einzelwirtschaftliche Belastungen der gesamten EE-Wärme	1530
	Einzelwirtschaftliche Belastungen im Rahmen des MAP	670
	Einzelwirtschaftliche Mehr/Minderkosten durch das EEWärmeG	80
	Finanzielle Förderung (Wärme und Strom)	770
Sonstige Wirkungen	Marktentwicklung (insbes. MAP)	495
	Forschung und Entwicklung	275
Makro-ökonomische Wirkung	Umsatz (Hersteller von Anlagen und Komponenten)	2.490
	Investitionen (in EE-Anlagen)	2.900
	Vermiedene Importe	3.300
	Bruttobeschäftigung (Anzahl)	72.700
Sonstige Wirkungen	Innovationswirkung	n.n.
	Versorgungssicherheitsaspekte	n.n.

\*Die Analysebereiche gesamte EE-Wärme, MAP-erzeugte EE-Wärme und EE-Wärme nach dem EEWärmeG sind nicht unmittelbar vergleichbar, da hier die Betrachtungszeiträume nicht identisch sind: EE-Wärme umfasst EE-Wärme aus Anlagen vor 1995 bis heute, das MAP EE-Wärme aus MAP-finanzierten Anlagen seit 2000 und das EEWärmeG EE-Wärme in Neubauten seit 2009.

## 9 Referenzen

- AGEB (2011): Anwendungsbilanzen 2008. Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e. V. Berlin.
- Ashenfelter, O., Storchmann, K. (2006): Using a Hedonic Model of Solar Radiation to Assess the Economic Effect of Climate Change: The Case of Mosel Valley Vineyards. National Bureau of Economic Research (NBER) Working Papers 12380.
- Baarsma, B.E., Hop, J. P. (2009): Pricing power outages in the Netherlands. *Energy* 34, S. 1378–1386.
- BAFA (2011): Statistische Daten zur Förderung von Wärmenetzen über das KWKG, Stand 07. April 2011.
- Beenstock, M., Goldin, E., Haitovsky, Y. (1998): Response bias in a conjoint analysis of power outages. *Energy Economics* 20, p. 135–156.
- BERR (Department for Business, Enterprise & Regulatory Reform, 2007): Expected Energy unserved: A quantitative measure of security of supply. Download am 08.12.2010: [www.berr.gov.uk/files/file41822.pdf](http://www.berr.gov.uk/files/file41822.pdf).
- Blesl, M., Fahl, U., Kempe, S., Voss, A. (2004): Strategien und Technologien einer pluralistischen Nah- und Fernwärmeversorgung in einem liberalisierten Energiemarkt unter besonderer Berücksichtigung der Kraft-Wärme-Kopplung und regenerativer Energien. *Studie im Auftrag der Arbeitsgemeinschaft für Wärme und Heizkraftwirtschaft (AGFW)*.
- BMELV (2009): Nationaler Biomasseaktionsplan für Deutschland. Downloaded am 10.03.2011: [http://www.bmelv.de/cln\\_173/SharedDocs/Downloads/Broschueren/BiomasseaktionsplanNational.html](http://www.bmelv.de/cln_173/SharedDocs/Downloads/Broschueren/BiomasseaktionsplanNational.html)
- BMU (2009): Entwicklung der Erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahr 2008 - Grafiken und Tabellen. ([www.Erneuerbare-energien.de/inhalt/43815/39882/](http://www.Erneuerbare-energien.de/inhalt/43815/39882/)).
- BMU (2009): Ergänzende Untersuchungen und vertiefende Analysen zu möglichen Ausgestaltungsvarianten eines Wärmegesetzes. Endbericht. [www.Erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/endbericht\\_waermegesetz.pdf](http://www.Erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/endbericht_waermegesetz.pdf)
- BMU (2010a): Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global (Leitstudie 2010). Dezember 2010.

- 
- BMU (2010b): Entwicklung der Erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahr 2009. Stand März 2010.
- BMU (2010d): Evaluierung von Einzelmaßnahmen zur Nutzung Erneuerbarer Energien im Wärmemarkt (Marktanreizprogramm) für den Zeitraum 2009 bis 2011 – Evaluierung des Förderjahres 2009. Bearbeitung durch Fichtner et al., herausgegeben durch das BMU im Dezember 2010.
- BMWi (2011): Forschung für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung. Das 6. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung. Juli 2011.
- BMU (2011a): Entwicklung der Erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahr 2010. Vorläufige Angaben, Stand 14. März 2011.
- BMU (2011b): Innovation durch Forschung. Jahresbericht 2010 zur Forschungsförderung im Bereich der Erneuerbaren Energien. Stand Mai 2011.
- BMU (2011c): Erneuerbare Energien in Zahlen. Nationale und internationale Entwicklung. Juli 2011.
- BMU (2011d): Erneuerbar beschäftigt! Kurz- und langfristige Wirkungen des Ausbaus Erneuerbarer Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt, Stand Juni 2011.
- BMWi (2011): Zahlen und Fakten Energiedaten. Nationale und internationale Entwicklung. Stand: Januar 2011.  
<http://www.bmwi.de/BMWi/Navigation/Energie/Statistik-und-Prognosen/energiedaten.html>.
- BMWi (2011): Energiedaten – nationale und internationale Entwicklung. *Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie*.  
(<http://www.bmwi.de/BMWi/Navigation/Energie/energiestatistiken.html>).
- Bohi, D.R., Michael A., Toman, M.A., Walls, M.A. (1996): The economics of energy security, Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Breitschopf, B., Diekmann, J. (2010): Vermeidung externer Kosten durch Erneuerbare Energien – Methodischer Ansatz und Schätzung für 2009 (MEECK), Untersuchung im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Juni 2010.

- Breitschopf, B., Diekmann, J. (2011): Gesamtwirtschaftliche Auswirkungen des Ausbaus Erneuerbarer Energien, in: Finanzierung Erneuerbarer Energien, Hrsg. Markus Gerhard / Thomas Rüschen / Armin Sandhövel, Frankfurt School Verlag, Oktober 2011.
- Bruns, E., Ohlhorst, D., Wenzel, B., Köppel, J. (2009): Erneuerbare Energien in Deutschland – eine Biografie des Innovationsgeschehens. Download am 27.02.2011: [www.ifne.de/download/Erneuerbare\\_Energien\\_in\\_Deutschland.pdf](http://www.ifne.de/download/Erneuerbare_Energien_in_Deutschland.pdf)
- Carlsson, F., Martinsson, P. (2004): Willingness to pay among Swedish households to avoid power outages – A random parameter Tobit model approach. Working Papers in Economics no. 154, Department of Economics, Gothenburg University.
- Carlsson, F., Martinsson, P. (2008): Does it matter when a power outage occurs? – A choice experiment study on the willingness to pay to avoid power outages. *Energy Economics* 30, S. 1232–1245.
- Damigos, D., Tourkolias, C., Diakoulaki, D. (2009): Households' willingness to pay for safeguarding security of natural gas supply in electricity generation. *Energy Policy* 37, S. 2008–2017.
- de Nooij, M., Koopmans, C., Bijvoet C. (2007): The value of supply security. The costs of power interruptions: Economic input for damage reduction and investment in networks. *Energy Economics* 29, p. 277–295.
- DEPI (Deutsches Pelletinstitut, 2011): Energiekostenentwicklung von Gas, Öl und Pellets. Downloaded am 20.02.2011: [www.depi.de/download/grafiken/Energiekostenentwicklung-Gas-Oel-Pellets.jpg](http://www.depi.de/download/grafiken/Energiekostenentwicklung-Gas-Oel-Pellets.jpg)
- Diefenbach, N., Born, R. (2007):. Basisdaten für Hochrechnungen mit der Deutschen Gebäudetypologie des IWU. *Institut für Wohnen und Umwelt, Darmstadt*. Retrieved February 26, 2009 ([http://www.iwu.de/fileadmin/user\\_upload/dateien/energie/klima\\_altbau/Flaechen\\_Gebaeudetypologie\\_07.pdf](http://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/klima_altbau/Flaechen_Gebaeudetypologie_07.pdf)).
- EC (2000): Green Paper – Towards a European strategy for the security of energy supply. Downloaded am 08.12.2010: [ec.europa.eu/energy/green-paper-energy-supply/doc/green\\_paper\\_energy\\_supply\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/energy/green-paper-energy-supply/doc/green_paper_energy_supply_en.pdf)
- Ecofys et al. (2011): Ecofys, Fh-ISI, Öko-Institut, IZES gGmbH, S. Klinski. Vorbereitung und Begleitung bei der Erstellung eines Erfahrungsberichts gemäß §18 EEWärmeG, Stand: September 2011.

- 
- Eltrop, Ludger et al. (2005): Leitfaden Bioenergie: Planung, Betrieb und Wirtschaftlichkeit von Bioenergieanlagen, 2. Auflage, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., 2005.
- Fichtner et al. (2010): Fichtner, DLR, ifeu, GFZ, SWT, TFZ. Evaluierung von Einzelmaßnahmen zur Nutzung Erneuerbarer Energien im Wärmemarkt (Marktanreizprogramm) für den Zeitraum 2009 bis 2011. Evaluierung des Förderjahres 2010: Stand August 2011.
- GWS (Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung mbH) (2009): More Baskets? Renewable Energy and Energy Security.
- Hartmann, H. (2007): Handbuch Bioenergie-Kleinanlagen, 2. Auflage, Gülzow: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., 2007.
- ISI, GWS, IZES, DIW (2010): Einzel- und gesamtwirtschaftliche Analyse der Kosten- und Nutzenwirkungen des Ausbaus Erneuerbarer Energien im deutschen Strom- und Wärmemarkt, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Update für 2009.; Mai 2010.
- ISI, GWS, IZES, DIW (2010a): Einzel- und gesamtwirtschaftliche Analyse der Kosten- und Nutzenwirkungen des Ausbaus Erneuerbarer Energien im deutschen Strom- und Wärmemarkt. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Zwischenbericht, März 2010.
- ISI, GWS, IZES, DIW (2011): Einzel- und gesamtwirtschaftliche Analyse der Kosten- und Nutzenwirkungen des Ausbaus Erneuerbarer Energien im deutschen Strom- und Wärmemarkt, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Update für 2010. Juni 2011.
- IWU (2003): Deutsche Gebäudetypologie -Dokumentation. *Institut für Wohnen und Umwelt, Darmstadt*. Retrieved February 26, 2009 ([http://www.iwu.de/fileadmin/user\\_upload/dateien/energie/klima\\_altbau/Gebaeudetypologie\\_Deutschland\\_Dez\\_2003.pdf](http://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/klima_altbau/Gebaeudetypologie_Deutschland_Dez_2003.pdf)).
- KfW (2011): KfW-Programm Erneuerbare Energien (Premium) – Antragseingänge seit Programmbeginn bis 30.06.2011; KfW-bankengruppe, Stand Juli 2011.
- KfW (2011a): Förderreport KfW Bankengruppe. Stand 31.12.2010. Februar 2011.
- KfW (2011b): Quartalsstatistik des Programms zur Förderung Erneuerbarer Energien. Juli 2011.  
<http://www.kfw.de/kfw/de/KfW-Konzern/Research/Evaluationen/index.jsp>

- Lehr, U., Lutz, Ch., Edler, D., O'Sullivan, M., Nienhaus, K., Nitsch, J., Breitschopf, B., Bickel, P., Ottmüller, M. (2011): Kurz- und langfristige Auswirkungen des Ausbaus der Erneuerbaren Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt. Untersuchung im Auftrag des BMU. Februar 2011.
- Lehr, U (2011): Methodenüberblick zur Abschätzung der Veränderung von Energieimporten durch den Ausbau erneuerbarer Energien, Untersuchung im Auftrag des BMU, Mai 2011
- Li, H., Jenkins-Smith, H. C., Silva, C. L., Berrens, R. P., Herron, K. G. (2009): Public support for reducing US reliance on fossil fuels: Investigating household willingness-to-pay for energy research and development. *Ecological Economics* 68, S. 731-742.
- Longo, A., Markandya, A., Petrucci, M. (2008): The internalization of externalities in the production of electricity: willingness to pay for the attributes of a policy for renewable energy. *Ecological Economics* 67, S. 140–152.
- Löschel, A., Moslener, U., Rübhelke D. (2010): Indicators of energy security in industrialised countries. *Energy Policy* 38, S. 1665–1671.
- Marth, H., Breitschopf, B. (2011): Auswirkung von Politikmaßnahmen auf das Innovationsgeschehen im Bereich der Mikro-Kraft-Wärme-Kopplung, Fh-ISI Working Paper Sustainability and Innovation No. S 8/2011.
- Merten, D., Falkenberg, D., Nill, M., Kaltschmitt, M. (2004): Wärmegewinnung aus Biomasse – Anlagenband zum Abschlussbericht 'Energieverbrauch der privaten Haushalte und des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD)'. *Institut für Energetik und Umwelt gGmbH, Leipzig im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit*.
- NEEDS New Energy Externality Developments for Sustainability (04/09), Integrated Project, DG Research EC, 6th Framework Programme, Mai 2004 bis 2009: [http://www.needs-project.org/index.php?option=com\\_content&task=view&id=42&Itemid=66](http://www.needs-project.org/index.php?option=com_content&task=view&id=42&Itemid=66); download im Juni 2009
- Nitsch & Wenzel (2009): Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau Erneuerbarer Energien in Deutschland unter Berücksichtigung der europäischen und globalen Entwicklung. Leitszenario 2009. Downloaded 08.03.2011: [http://www.bmu.de/Erneuerbare\\_energien/downloads/doc/45026.php](http://www.bmu.de/Erneuerbare_energien/downloads/doc/45026.php)



- 
- O'Sullivan, M., Edler, D., van Mark, K., Nieder, Th., Lehr, U. (2011): Kurz- und langfristige Auswirkungen des Ausbaus der Erneuerbaren Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt, jährlicher Bericht zur Bruttobeschäftigung – Bruttobeschäftigung durch Erneuerbare Energien in Deutschland im Jahr 2010 – Stand: 18. März 2011.
- Perman, R., Ma, Y., McGilvray, J., Common, M. (2003): *Natural Resource and Environmental Economics*. 3rd edition. UK: Pearson Education Limited.
- PTJ (2010): Förderung der nichtnuklearen Energieforschung durch die Bundesländer (2008). Forschungszentrum Jülich GmbH, Projektträger Jülich (PtJ-ERG). Jülich, Juni 2010.
- Sanghvi, A. (1982): Economic costs of electricity supply interruptions: US and foreign experience. *Energy Economics* 4 (3), S. 180–198.
- Schlomann, B. et al. (2004): Energieverbrauch der privaten Haushalte und des Sektors Gewerbe, Handel und Dienstleistung (GHD), Fraunhofer ISI, DIW, GfK, IE, TUM im Auftrag des BMWi, 2004.
- StaBuA. (2008): Bauen und Wohnen: Mikrozensus – Zusatzerhebung 2006 Bestand und Struktur der Wohneinheiten Wohnsituation der Haushalte. *Statistisches Bundesamt, Wiesbaden*. Fachserie 5, Heft 1.
- Steinbach, J. (2009): Kosten und Nutzen des Ausbaus Erneuerbarer Energien mit Fokus auf die Differenzkosten im Wärmebereich, Juli 2009.
- TFZ (2009): Entwicklung Scheitholzpreise. *Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe, Straubing*. (Persönliche Mitteilung; erhalten am 06.07.2009).
- TFZ (2011): Aktuelle Scheitholzpreise. *Technologie- und Förderzentrum (TFZ)*. Retrieved September 19, 2011 (<http://www.tfz.bayern.de/festbrennstoffe/17385/>).
- Varian, H.R. (2004): *Grundzüge der Mikroökonomik*, 6. Überarbeitete Auflage, R. Oldenbourg Verlag München Wien, 2004.

## Anhang

### A.1 Referenzgebäude

Die Berechnung der systemanalytischen Differenzkosten entspricht der Methodik aus Steinbach (2009) bzw. ISI et al. (2010):

- Die Referenzgebäude basieren auf der deutschen Gebäudetypologie des *Institutes für Wohnen und Umwelt* (IWU 2003; Diefenbach and Born 2007) sowie Daten des *Statistischen Bundesamtes* aus der „Mikrozensus-Zusatzerhebung 2006“ (StaBuA 2008a) und der Neubaustatistik.
- Eine Unterscheidung wird nach Wohngebäudebestand und Neubau sowie Gebäudearten und Baualtersklasse getätigt (
- Tabelle 0-1). Aufgrund der unterschiedlichen Entwicklungen der Bau- und Wärmedämmungsstandards im früheren Bundesgebiet (ABL) und in den neuen Bundesländer (NBL) wird bei der Einteilung der Baualtersklasse, neben der zeitlichen Komponente, auch eine entsprechende geographische Unterscheidung vorgenommen (ABL bzw. NBL).
- Als Quelle für den spezifischen Jahres-Heizwärmebedarf im Wohnbestand werden die Werte der Gebäudematrix aus Blesl et al. (2004) übernommen.

Tabelle 0-1: Gebäudearten und Baualtersklassen der Referenzgebäude für die Berechnung der gesamtwirtschaftlichen Differenzkosten

Bestandsgebäudearten	Neubaugebäude	Baualtersklassen Bestand (ABL)	Baualtersklassen Bestand (NBL)
Einfamilienhaus (EFH)	EFH, Einzelhaus	BAK A/B: Bis 1918	BAK NBL_B: Bis 1918
Zweifamilienhaus (ZFH)	EFH, Doppelhaus	BAK C: 1919-1948	BAK NBL_C: 1919-1948
Reihendoppelhaus (RDH)	EFH, Reihnhaus	BAK D: 1949-1957	BAK NBL_D: 1949-1968
Kleines Mehrfamilienhaus (KMFH)	ZFH, Einzelhaus	BAK E: 1958-1968	BAK NBL_E: 1969-1981
Großes Mehrfamilienhaus (GMFH)	ZFH, Doppelhaus	BAK F :1969-1978	BAK NBL_F: 1982-1987
Hochhaus (HH)	KMFH (3 – 6 WE)	BAK G: 1979-1983	BAK NBL_G: 1988-1995
	GMFH (ab 7 WE)	BAK H: 1984-1994	BAK NBL_H: 1996-2000
		BAK I: 1995-2000	BAK NBL_I: 2001-2006
		BAK J: 2001-2006	

Für die Berechnung der einzelwirtschaftlichen Differenzkosten des EEWärmeG sind die aus Ecofys et al. (2011) definierten Referenzgebäude herangezogen worden, da dabei Anforderungen der aktuellen Energiesparverordnung (EnEV 2009) sowie des EEWärmeG detaillierter abgebildet werden.

- Für die Referenzgebäudetypen Einfamilienhaus, Mehrfamilienhaus und Bürogebäude sind für jede Referenztechnologie entsprechend der EnEV unterschiedliche Energiebedarfswerte ermittelt worden (U-Werte) (Vgl. Ecofys et al. 2011).

Tabelle 0-2: Gebäudedaten der Referenzgebäude für die Untersuchung der EEWärmeG Differenzkosten

Referenzgebäudedaten	Einfamilienhaus	Mehrfamilienhaus	Bürogebäude
Hüllfläche	385	4,491	5,501
beheiztes Volumen	479	10,397	7,872
Nutzfläche AN	153	3,327	2,641
Wohnfläche	133	2,845	0
A/V Verhältnis	0.8	0.43	0.70

## A.2 Referenztechnologien

Für die Berechnung der Differenzkosten sind die in Tabelle 0-3 dargestellten Referenztechnologien definiert worden (vgl. auch ISI et al. 2010).

Tabelle 0-3: Referenztechnologien für die Berechnung der Differenzkosten

Energieträger	Referenztechnologie
Fossile Energieträger	Erdgas-Brennwertkessel (BW)
	Heizöl Niedertemperaturkessel (NT) (Heizöl-Brennwert im Neubau)
Biomasse	Pelletkessel
	Scheitholz-kessel
Solare Wärme	Warmwasseranlage Grundlastwärmeerzeuger: Erdgas BW/ Heizöl NT
	Kombianlage Grundlastwärmeerzeuger Erdgas BW/ Heizöl NT
Umwelt- und Erdwärme	Erdwärmepumpe (WP Sole/Wasser)
	Luftwärmepumpe (WP Luft/Wasser)

### A.3 Überblick über Datenquellen und bisherige Arbeiten zu EE im Wärmebereich

Tabelle 0-4: Überblick über Datenquellen

Quelle	Technologie/Gebäude	Anmerkungen
BAFA (2010): MAP-Förderung	Solar, Biomasse, WP	Daten nach Inbetriebnahme, Anzahl, Anlagenarten, Fördervolumen, Investitionsvolumen, Gebäudetypen
BAFA (2010): Impulsprogramm und KWK-Register	KWK	Anzahl, Leistung, KWK-Arten, ggf. nach Gebäude
AGEE-Stat (2010)	Solar, Biomasse, WP, Tiefengeothermie	Jährliche Installationen, Wärmemengen
StaBA (1997-2010), (Fachserie 5 Reihe 1 sowie Reihe 3)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anteil nach Wärmemengen</li> <li>• Wohn- und Nutzflächen</li> <li>• Gebäudeanzahl</li> <li>• Vorwiegend verwendete Heizenergie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Statistik zu primären Energieträgern im Neubau</li> <li>• Statistik zu Baufertigstellungen in Neubau</li> <li>• Statistik zu Baugenehmigungen im Neubau</li> </ul>
AGEB 2009, 2010, 2011	Solar, Biomasse, WP alle Energieträger	Wärmemengen im Wohnungsneubau Anwendungsbilanzen
GHD (Schloman et al. 2006, update 2011)	Solar, Biomasse, WP, Energieverbrauch GHD	Anteile in GHD
KfW Bankengruppe (2011)	Förderzahlen aller KfW Programme	Förderreport KfW Bankengruppe (nach Monaten) liegt bei BMU, KI III 2 vor
Umsatzstatistik BSW (2010)	Solar	Jährliche Absatzmengen nach Leistung
WBZ (2010)	WP	Daten zur Entwicklung COP
BWP (2005 / 2010)	WP	Zahlen zu Wärmepumpenabsatz und Marktentwicklung; 2010 Studie des Geothermiezentrums Bochum im Auftrag des BMU
BDH (2005 – 2010)	Biomasse, Solar, WP	Daten zum Wärmemarkt generell und teils speziell
AGFW (2009)	Wärmenetze	Entwicklung Wärmenetzanschlüsse, Brennstoffeinsätze, Effizienzen, Preise
FNR 2010	Marktübersicht der gängigsten Biomasse-Heizungssysteme	Marktübersicht Pelletheizungen, 6. Auflage 2010
IWU 2007, 2005	Gebäudetypologie, energetische Qualität für Erbauungszustand, Art der	Ohne Berücksichtigung von Sanierungen, daher Hochrechnungen auf aktuellen Sanierungs-

Quelle	Technologie/Gebäude	Anmerkungen
	Wärmeversorgung	stand nötig
StaBA 2008	Gebäudebestand und Struktur der WE, Wohnsitze der Haushalte	Ergebnisse des Mikrozensus
CO2-Gebäudereport 2007	Sanierungsraten (Voll/Teilsanierung)	
VDK Studie 2010	Energieverbrauch für Wärme	

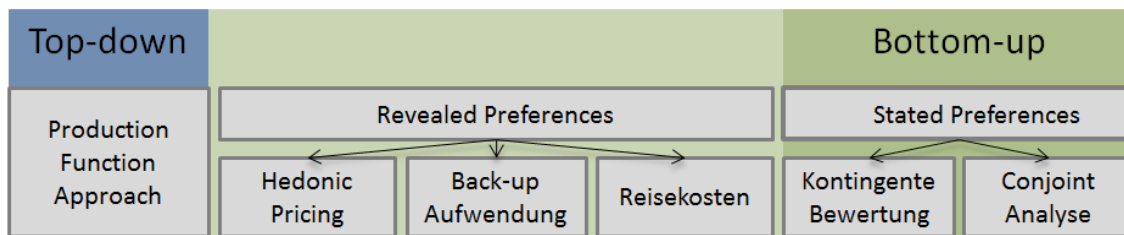
## A.4 Versorgungssicherheit

### A.4.1 Berechnungsverfahren

Abbildung 0-1 stellt identifizierte Monetarisierungsmethoden zusammen. Hierbei kann grundsätzlich zwischen einem top-down- und ein Bottom-up-Ansatz unterschieden werden. Beim top-down-Ansatz wird die makroökonomische Bewertung eines Energieengpasses auf Grundlage statistischer Daten durchgeführt. Beim Bottom-up-Ansatz wird die Zahlungsbereitschaft der privaten Haushalte oder Unternehmen für das nicht-marktfähige Gut Versorgungssicherheit über eine Umfrage erfasst, d. h., es werden Daten aus einer Stichprobenerhebung gesammelt und die Ergebnisse anschließend, je nach verfolgter Zielgröße (z. B. die gesamte Volkswirtschaft Deutschland), hochgerechnet.

Dem Top-down-Ansatz ist der production function-Ansatz klar unterzuordnen und bei dem Bottom-up-Ansatz der stated preferences-Ansatz zu nennen. Der revealed preferences-Ansätze können im Allgemein weder dem Bottom-up- noch dem Top-down-Ansatz zugeordnet werden. Hier kommt es darauf an, ob makroökonomische Daten vorhanden sind oder eine Hochrechnung erfolgt. Tendenziell sind diese Methoden jedoch dem Bottom-up-Ansatz zuzuordnen. Mit dem production function-Ansatz haben De Nooij et al. (2007) die Stromausfallkosten für die Niederlande berechnet. Ihre Herangehensweise wird im folgenden Abschnitt kurz dargestellt. Daran schließt sich eine kurze Darstellung der Preference-Ansätze an.

Abbildung 0-1: Übersicht über mögliche Bewertungsverfahren.



Quelle: Eigene Darstellung

#### A.4.1.1 Production function-Ansatz

Der Ansatz berücksichtigt sowohl die Unternehmensseite als auch die privaten Haushalte am Beispiel eines Stromausfalls. Im Falle eines Versorgungsausfalls (und übertragen auf den Wärmebereich, Ausfall der Wärmeversorgung) geht Wertschöpfung in Höhe der Produktionsprozessausfalllänge sowie z.T. bereits produzierte Güter verloren (z. B. noch nicht gesicherte Daten bei EDV-Anwendungen oder verdorbene Waren). Als Vereinfachung wird die Wertschöpfung eines jeden Sektors für die angenommene Schadenslänge ins Verhältnis zu den benötigten sektorspezifischen kWh gesetzt und anschließend die sektorspezifische Wertschöpfungen pro kWh über alle Sektoren aggregiert. Der erlangte Wert wird als VOLL (value of lost load) bezeichnet und gibt den Wert einer nicht gelieferten Energieeinheit (hier kWh) an.

Neben den Kosten der verlorenen Produktion wird auch der erlittene Schaden durch die privaten Haushalte einbezogen. Nach neoklassischem Ansatz ziehen Haushalte Nutzen aus dem Konsum von Gütern und Freizeit. Damit ist auch der Posten ‚Freizeit‘ in die Kostenbewertung mit einzubeziehen. Viele Freizeitaktivitäten sind abhängig vom Strom (z. B. Internetnutzung, Fernsehen); und können Haushaltsaufgaben (z. B. Staubsaugen oder Kochen) aufgrund eines Stromausfalls nicht erfüllt werden, müssen sie verspätet, auf Kosten der Freizeit nachgeholt werden. Damit ist die gesamte Nicht-Arbeitszeit zu betrachten. Haushalte maximieren Ihren Nutzen und damit ihre Wohlfahrt indem Sie Arbeit und Freizeit in ein optimales Verhältnis zu einander setzen. Die Opportunitätskosten der Freizeit ist damit der Reallohn und damit die Bewertungsgrundlage. Des Weiteren besteht die Herausforderung des Ansatzes darin den Anteil der Nicht-Arbeitszeit, der von Strom abhängig ist, zu bestimmen (de Nooij et al. 2007 nehmen einen Anteil von 50 % an).

Der Ansatz dient als eine einfache Erhebungsmethode für die grobe Kostenabschätzung eines Stromausfalls. Zudem können mit diesen Abschätzungen auch wirtschaftssektorspezifische, sowie zeit- und raumabhängige (z. B. auf Bundesländerebene) Ergebnisse dargestellt werden. Der Ansatz mag zu einer Überschätzung führen, da Aus-

weichaufgaben im Falle eines Stromausfalls auf Unternehmens sowie Haushaltsebene nachgegangen werden kann und damit die Wertschöpfung möglicherweise nicht vollständig ausfällt, gleichwohl entstehen auch zusätzliche Kosten nach Wiederaufnahme der Produktion (z. B. Überstunden), die keine explizite Berücksichtigung finden. Zudem erfasst der Ansatz keine indirekten Kosten (Kriminalität, Kosten für die öffentliche Gesundheit) (ibid.).

#### **A.4.1.2 Stated preferences**

Die stated preference-Methode versucht die Präferenzen von privaten Haushalten oder Unternehmen abzubilden, indem ein hypothetischer Markt für ein öffentliches Gut<sup>43</sup> konstruiert wird und Haushalte/Unternehmen individuelle Bewertungen abgeben bzw. Fragen in Bezug auf Ihr Verhalten beantworten. Die Datenerhebung erfolgt z. B. durch Telefoninterviews oder Internetumfragen.

Generell ist denkbar, dass Akteure zu der individuellen Schadenshöhe durch ein eingetretenes Ereignis befragt werden. Daneben kann aber auch nach der Zahlungsbereitschaft für ein öffentliches Gut (willingness to pay) oder der Bereitschaft der Annahme einer Entschädigungszahlung an den Betroffenen bei Eintreten eines unerwünschten Ereignisses gefragt werden (willingness to accept). Einer Befragung der Zahlungsbereitschaft führt oft zu Unterbewertungen, eine Befragung der ‚willingness to accept‘ zu einer Überbewertung. Alle hier genannten Studien zur Bestimmung der Versorgungssicherheit berechneten die Zahlungsbereitschaft. Diese ist hierbei als Betrag über dem gängigen Marktpreis für Energie zu verstehen.

Der stated preference-Ansatz bietet seinerseits zwei Ausprägungen, die beide für die Bewertung von Energieversorgungssicherheit herangezogen werden können. Mit der contingent valuation-Methode werden Konsumenten direkt zu Ihrer Zahlungsbereitschaft befragt, hierbei ist es denkbar, Fragen offen zu stellen oder auch ein so genanntes ‚bidding-game‘ durchzuführen<sup>44</sup>. Zahlreiche Autoren haben die contingent valuation-Methode für eine Zahlungsbereitschaftsanalyse im Kontext der Energieversorgungssicherheit angewendet, u.a. Damigos et al. (2009), Carlsson und Martinsson (2004), Beenstock et al. (1998) und Li et al. (2009).

---

43 Öffentliche Güter zeichnen sich durch das Fehlen von Märkten aus. Sie unterliegen den Eigenschaften der Nicht-Rivalität und Nicht-Ausschließbarkeit. Zwar wird Energie auf Märkten gehandelt, jedoch gibt es keinen Markt für Energieversorgungs(un)sicherheit.

44 Bei diesem wird zu Beginn ein relativ hoher Zahlungsbetrag vorgeschlagen, lehnt der Befragte den Zahlungsbetrag für sich als zu hoch ab, wird ein niedrigerer Vorschlag offeriert. Alternativ kann auch mit einem niedrigen Zahlungsbetrag begonnen werden und bei Zustimmung ein höherer genannt werden, bis der Befragte ablehnt.

Eine Conjoint Analyse ist hingegen deutlich anspruchsvoller im Design und der Auswertung. Hier wird die Zahlungsbereitschaft indirekt erfragt, indem dem Haushalt bzw. dem Unternehmen eine Menge an Alternativen mit jeweils unterschiedlichen Attributen zum Vergleich offeriert wird und der Befragte zwischen diesen entscheidet. Autoren, die diesen Ansatz in Zusammenhang mit Energieversorgungssicherheit angewendet haben, sind Carlsson und Martinsson (2007), Baarsma und Hop (2009), Baarsma et al. (2005), Longo et al. (2008) sowie Layton und Moeltner (2005).

Publikationen beider Sub-Ansätze befassen sich insbesondere mit der Ausprägung eines kurzfristigen Mengenausfalls. Lediglich Damigos et al. (2009) und Li et al. (2009) gehen über diesen Zeithorizont hinaus. Damigos et al. (2009) befassen sich mit der Zahlungsbereitschaft griechischer Haushalte zur Absicherung der Gasversorgung für die Stromproduktion und Li et al. (2009) mit der Zahlungsbereitschaft von amerikanischen Haushalten für die Ausweitung von R&D Aktivitäten zur Reduktion von fossilen Brennstoffen mit einhergehender Reduktion der Importabhängigkeit.

#### **A.4.1.3 Der revealed preferences-Ansatz**

Mit dem revealed preferences-Ansatz wird versucht die Zahlungsbereitschaft von Individuen für ein nicht-marktgängiges Gut durch ein beobachtetes bzw. beobachtbares Verhalten oder Gut abzubilden.

Der Reisekosten-Ansatz wird meist für die Bewertung von Umweltdienstleistungen herangezogen. Haushalte werden befragt, was sie bereit sind auszugeben um z. B. einen Nationalpark zu besuchen. Damit wird der Wert eines Gutes bzw. einer Dienstleistung, hier der Nationalpark, über die Reisekosten (inklusive Opportunitätskosten, z. B. Zeitaufwand) approximiert (Perman et al. 2003).

Bei der so genannten hedonic pricing-Methode wird der Wert eines nicht-marktgängigen Gutes abgebildet, indem sein Einfluss auf den Preis eines marktgängigen Gutes erfasst wird (ibid.). Beispielsweise verwenden Ashenfelter und Storchmann (2006) ein hedonisches Model, um die Wirkung des Umweltgutes ‚zunehmende Sonneneinstrahlung‘ auf den Anbau von Wein an der Mosel, und damit auf die Grundstückspreise von Weinbergen in der Region, festzustellen. Der Anstieg der Grundstückspreise reflektiert dabei den Wert der zunehmenden Sonneneinstrahlung. Ergebnisse werden bei diesem Ansatz meist auf Grundlage von statistisch verfügbaren Daten mit Hilfe einer Regressionsanalyse erlangt. Das hedonic pricing und die Reisekostenmethode erscheinen aufgrund ihrer Erfassungsmethode als Bewertungsansätze für Versorgungssicherheit als ungeeignet.



Neben diesen beiden Ansätzen kann allerdings auch die Erfassung des Einsatzes von Back-up-Technologien eine Möglichkeit sein die Zahlungsbereitschaft festzustellen, so bestimmt Sanghvi (1982) etwa die Kosten eines privaten Stromgenerators für Haushalte. Er gibt allerdings auch an, dass dies eher die obere Marke der Zahlungsbereitschaft darstellt. Wie allgemein zu beobachten ist, sind wenige Haushalte in Deutschland mit einem Stromgenerator ausgestattet. Der Grund hierfür sind selten auftretende Stromausfälle. Es kann angenommen werden, dass mit der Häufigkeit eines Stromausfalls, die Bereitschaft zum Kauf einer Back-up-Anlage steigt. Eine Übertragung auf EE ist jedoch kritisch zu prüfen, da diese nicht als reine Back-up-Technologien Einsatz finden, sondern auch aus anderen Gründen angeschafft wurden.

## **A.5      Visualisierte Darstellung:           siehe separates Dokument**