

## **Energieszenarien bis 2030: Wärmebedarf der Kleinverbraucher**

Ein Projekt im Rahmen der Erstellung von energiewirtschaftlichen Inputparametern und Szenarien zur Erfüllung der Berichtspflichten des Monitoring Mechanisms

### **Endbericht**

*Ausarbeitung im Auftrag der  
Umweltbundesamt GmbH, Wien*

**März 2011**

**Energy Economics Group (EEG)  
TU Wien**

#### **Ansprechpartner**

Lukas Kranzl, Andreas Müller, Marcus Hummel, Reinhard Haas  
Gusshaustr. 25-29  
1040 Wien  
Tel. 01-58801-370351  
Fax -370397  
E-mail: [kranzl@eeg.tuwien.ac.at](mailto:kranzl@eeg.tuwien.ac.at)



## Kurzfassung

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Szenarienergebnisse für den Energiebedarf für Raumwärme und Warmwasserbereitung des österreichischen Kleinverbrauchs bis zum Jahr 2030. Erfasst wird der Energiebedarf der Haushalte und des privaten und öffentlichen Dienstleistungssektors, nicht aber der Energieverbrauch von Gebäuden, die dem industriellen Bereich zugeordnet sind.

Bei der Szenarienerstellung kam das Modell ERNSTL/EE-Lab zur Anwendung. Dieses Modell berechnet den Energieeinsatz für Wärmezwecke in Gebäuden bottom-up anhand disaggregierter Gebäudekenngrößen. Der Modellalgorithmus trifft Entscheidungen bezüglich Maßnahmen im Zusammenhang mit Gebäudesanierungen und Wärmebereitstellungssystemen und antizipiert so die Entwicklung im untersuchten Bereich.

In diesem Projekt wurden zwei Szenarien erstellt. Das Szenario „with measures“ (WM 2011 Szenario) berücksichtigt bereits implementierte Maßnahmen. Das zweite Szenario „with additional measures“ (WAM 2011 Szenario) enthält auch solche, die noch nicht umgesetzt aber bereits beschlossen wurden, beziehungsweise deren Umsetzung als nahezu gesichert anzusehen ist. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass das WAM 2011 Szenario bei weitem nicht alle möglichen Maßnahmen für den Zeitraum bis 2020 bzw. 2030 enthält. Daher stellt das WAM 2011 Szenario keine Obergrenze für Sanierungspotentiale oder den Einsatz an erneuerbaren Energieträgern dar.

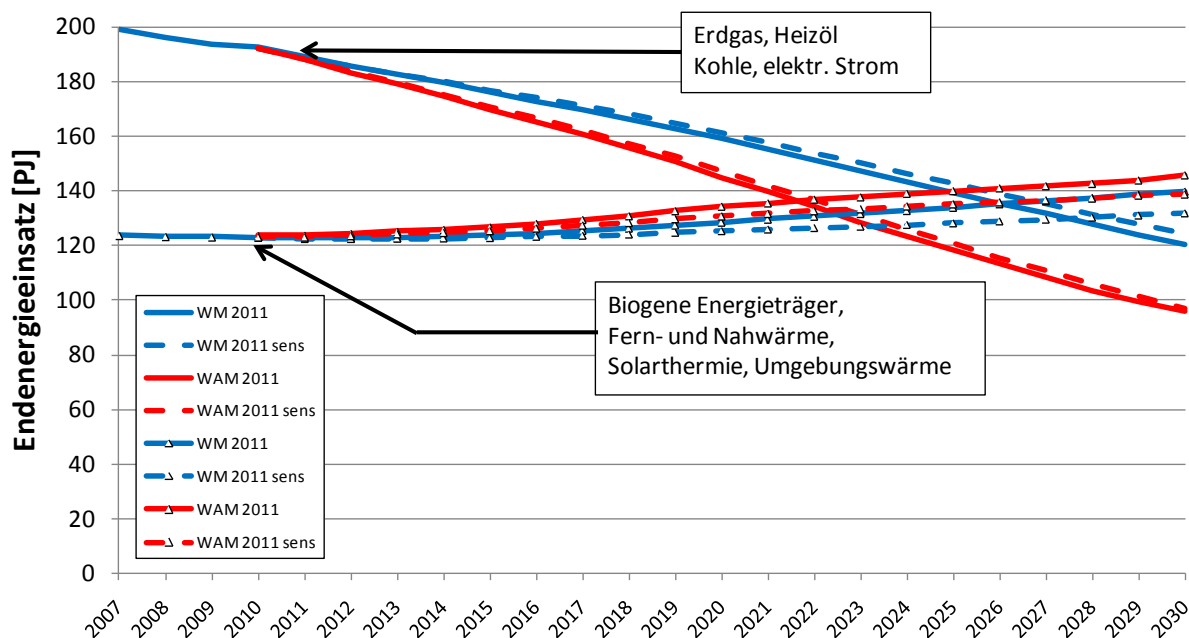


Abbildung 1: Entwicklung des Endenergieeinsatzes von erneuerbaren (inkl. Fernwärme) und fossilen Energieträgern zur Wärmeversorgung der Kleinverbraucher.

In allen Szenarien nimmt der Endenergieeinsatz in der Betrachtungsperiode ab. Ausgehend von einem Energieeinsatz von 323 PJ im Jahr 2007, kann dieser auf 288 PJ (2020) bzw. 260 PJ (2030) im WM 2011 und auf 279 PJ (2020) bzw. 242 PJ (2030) im

WAM 2011 Szenario gesenkt werden. Der Anteil erneuerbarer Energieträger steigt unter den zugrunde gelegten Rahmenbedingungen in allen Szenarien an.

Des Weiteren wurden die folgenden fünf Maßnahmenwirkungsfelder quantifiziert und die Ergebnisse dokumentiert:

- Maßnahmenwirkungsfeld effizienter Neubau
- Auswirkungen thermischer Gebäudesanierungen im Wohngebäudesektor
- Auswirkungen thermischer Gebäudesanierungen im Dienstleistungssektor
- Auswirkungen von Heizsystemerneuerungen im Wohngebäudesektor
- Auswirkungen von Heizsystemerneuerungen im Dienstleistungssektor

## Inhaltsverzeichnis

|          |                                                                                  |           |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Inhalt des Projektes .....</b>                                                | <b>6</b>  |
| <b>2</b> | <b>Methodik und Referenzen.....</b>                                              | <b>7</b>  |
| 2.1      | Kurzbeschreibung ERNSTL .....                                                    | 7         |
| 2.2      | Ausgewählte Anwendungen / Referenzen / Projekte: .....                           | 10        |
| <b>3</b> | <b>Aktualisierung der implementierten Daten und Kalibrierung des Modells ...</b> | <b>12</b> |
| <b>4</b> | <b>Basis-Szenario „with measures“: WM 2011 Szenario.....</b>                     | <b>13</b> |
| 4.1      | Annahmen im WM 2011 Szenario .....                                               | 13        |
| 4.2      | Ergebnisse des WM 2011 Szenarios .....                                           | 16        |
| 4.3      | Das Szenario „WM-sens 2011“ .....                                                | 21        |
| 4.4      | Sensitivitätsanalysen.....                                                       | 24        |
| <b>5</b> | <b>Szenario “with additional measures“: WAM 2011 Szenario .....</b>              | <b>28</b> |
| 5.1      | Annahmen im WAM 2011 Szenario .....                                              | 28        |
| 5.2      | Ergebnisse des WAM 2011 Szenarios .....                                          | 31        |
| 5.3      | Das Szenario „WAM-sens 2011“ .....                                               | 33        |
| 5.4      | Das Szenario „WAM 2011“ mit CO <sub>2</sub> -Steuer.....                         | 35        |
| <b>6</b> | <b>Quantifizierung der Maßnahmenbündel im WM 2011 Szenario .....</b>             | <b>38</b> |
| 6.1      | Maßnahmenbündel: Neubau .....                                                    | 38        |
| 6.2      | Maßnahmenbündel: Gebäudesanierung thermisch.....                                 | 39        |
| 6.3      | Maßnahmenbündel: Heizsystemerneuerung.....                                       | 40        |
| <b>7</b> | <b>Literaturverzeichnis .....</b>                                                | <b>42</b> |
| <b>A</b> | <b>Anhang.....</b>                                                               | <b>44</b> |

## 1 Inhalt des Projektes

Diese Studie beschäftigt sich mit der Erstellung von Szenarien für den Energiebedarf des Sektors Raumwärme<sup>1</sup> und Warmwasserbereitung des österreichischen Kleinverbrauchs bis 2030. Untersuchungsgegenstand sind zwei Szenarien. Ein Szenario „with measures (WM)“ berücksichtigt bereits umgesetzte Maßnahmen im Bereich der Gebäudeeffizienz, -Sanierung und Heizungssysteme. Ein zweites Szenario „with additional measures (WAM)“ enthält auch solche Maßnahmen, die beschlossen aber noch nicht umgesetzt wurden. In dem zweiten Szenario werden speziell die Bereiche der Gebäudeenergieeffizienz (Wärmeschutz und Effizienz der Wärmebereitstellung) und die zur Wärmebereitstellung eingesetzten Energieträger angesprochen. Es wird darauf hingewiesen, dass das WAM 2011 Szenario bei weitem nicht alle möglichen Maßnahmen enthält. Daher stellt dieses Szenario keine Obergrenze für Sanierungspotentiale oder den Einsatz von erneuerbaren Energieträgern dar. Zu jedem der beiden Szenarien wird eine Variante mit geringerem Wirtschaftswachstum und geringerem Ölpreis gerechnet (als WM sens 2011 bzw. WAM sens 2011 bezeichnet).

Zum WM 2011 Szenario wurden darüber hinaus Sensitivitätsanalysen hinsichtlich des Energiepreises sowie der Förderhöhen für erneuerbare Energieträger gerechnet. Im WAM 2001 Szenario erfolgt eine Analyse der Auswirkungen einer Gegenfinanzierung der Fördermaßnahmen über eine geringe CO<sub>2</sub>-Steuer in der Höhe von 10 €/t.

Des Weiteren wurden die folgenden fünf Maßnahmenwirkungsfelder quantifiziert und die Ergebnisse dokumentiert:

- Maßnahmenwirkungsfeld effizienter Neubau
- Auswirkungen thermischer Gebäudesanierungen im Wohngebäudesektor
- Auswirkungen thermischer Gebäudesanierungen im Dienstleistungssektor
- Auswirkungen von Heizsystemerneuerungen im Wohngebäudesektor
- Auswirkungen von Heizsystemerneuerungen im Dienstleistungssektor

Als Ausgangsjahr wurde das Jahr 2007 gewählt. Im Bericht zu den Szenarien des Raumwärmesektors aus dem Jahr 2009 (Haas et al 2009) wurde der Zeitraum von 2002 – 2006 als Stützperiode zur Modellkalibrierung herangezogen. In diesem Bericht dienen die Daten der Statistik-Austria aus der Energiebilanz 2010 als Basis zur Modellkalibrierung bis zum Jahr 2009. Analog wie im Bericht aus dem Jahr 2009 kann es für das Ausgangsjahr bei den Energieverbräuchen zu geringen Abweichungen zwischen den benutzten Basisdaten (Statistik Austria) und denen des Modells kommen.

---

<sup>1</sup> Inklusive Raumklimatisierung

## 2 Methodik und Referenzen

Die Studie basiert methodisch auf der Anwendung des Modells ERNSTL (Energetisches Raumwärme-Simulations-Tool: Modellierung des Gebäudebestandes) auf den österreichischen Gebäudebestand. Der Basisalgorithmus des Softwaretools ERNSTL wurde von Schriefl (2007) im Zuge seiner Dissertation, aufbauend auf dem Prinzip des Modells INVERT entwickelt. Mit dem Modell ERNSTL lassen sich Szenarien des Energiebedarfes für Wärme (Raumwärme und Warmwasser) von Wohn- und Dienstleistungsgebäuden ermitteln und die Auswirkungen von verschiedenen Förderinstrumenten in Jahresschritten abbilden. In dem vorliegenden Projekt wurde die letzte Modellversion ERNSTL/EE-Lab, verwendet, die hinsichtlich der Rechenzeiten beschleunigt und vor allem hinsichtlich einiger zusätzlicher Eingabe-Ausgabemöglichkeiten im Vergleich zur Modellversion aus dem Jahr 2008/2009 erweitert wurde.

### 2.1 Kurzbeschreibung ERNSTL

Basisalgorithmus des Modells ist ein stochastischer, nicht rekursiver, myopischer, betriebswirtschaftlicher Optimierungsalgorithmus mit der Zielfunktion minimiere Kosten (alternativ dazu sind folgende Minimierungszielfunktionen möglich: soziale Kosten; Energiebedarf; CO<sub>2</sub>-Emissionen). Die Lösungen müssen den folgenden Nebenbedingungen genügen:

- Ressourcenverfügbarkeit (Potenziale)
- Marktdurchdringungsraten von Technologien
- Max. Austausch- u. Renovierungsraten
- Minimale und maximale technische Lebensdauern

#### Aktualisierung der Gebäudedaten auf Stand 2007:

Als Datenbasis für den aggregierten, bestehenden Gebäude- und Heizungsbestand und den damit einhergehenden nationalen Energieverbrauch werden die vorhandenen Publikationen der Statistik Austria herangezogen. Im Bereich disaggregierter Daten werden Datenbanken der Autoren verwendet (Biermayr, 1998; Schriefl, 2007), wobei der Abgleich aller verwendeten Daten mittels nationaler Statistiken erfolgt.

Zusammenfassend können folgende wesentlichen Quellen angegeben werden:

- Gebäudedaten: Statistik Austria, 2004, „Gebäude- und Wohnungszählung 2001“; Statistik Austria, 2006, Schriftenserie „Wohnungen 2002“ bis „Wohnen 2009“; Statistik Austria, 2003-2010, „Arbeitsstättenzählung 2001“, Statistik Austria: „Blick auf die Gemeinde: 4.27 Fertiggestellte Gebäude mit Wohnungen“ und „Merkmale: Gebäude und Wohnungen“; Statistik Austria, 2009, „Errichtung von Gebäuden und Wohnungen: Baubewilligungen und Fertigstellungen 2002-2009“, Statistik Austria, 2009, „Heizungen 2003/2004, 2005/2006 und 2007/2008“.
- Energieverbrauch und Energieverbrauchsstrukturen: Statistik Austria, 2005, „Nutzenergieanalyse 2008“; Statistik Austria, 1997, „Energieverbrauch der Haushalte 1996/1997“, Mikrozensususerhebungen der Statistik Austria; Statistik Austria, 2009, „Energieeinsatz der Haushalte 2003/2004, 2005/2006 und 2007/2008“

Tabelle 1 zeigt die aktuelle Anzahl der Gebäude und Wohneinheiten, aufgeschlüsselt nach 3 Bauperioden sowie deren Sanierungszustand in der verwendeten Modellkalibrierung.

Tabelle 1. Anzahl an Gebäuden und Wohneinheiten von 2000 – 2008.

|                            | 2000           | 2002 | 2004 | 2006 | 2008 |  | 2000                 | 2002 | 2004 | 2006 | 2008 |
|----------------------------|----------------|------|------|------|------|--|----------------------|------|------|------|------|
|                            | (1000 Gebäude) |      |      |      |      |  | (1000 Wohneinheiten) |      |      |      |      |
| WG, vor 1945, unrenoviert  | 255            | 247  | 239  | 231  | 226  |  | 557                  | 539  | 522  | 504  | 496  |
| WG, vor 1945, renoviert    | 116            | 120  | 125  | 129  | 130  |  | 281                  | 291  | 302  | 313  | 312  |
| WG, 1945-1980, unrenoviert | 611            | 592  | 572  | 553  | 535  |  | 1291                 | 1250 | 1210 | 1169 | 1130 |
| WG, 1945-1980, renoviert   | 99             | 109  | 119  | 129  | 146  |  | 232                  | 255  | 277  | 300  | 337  |
| WG, 1981-2000, unrenoviert | 479            | 479  | 479  | 479  | 479  |  | 914                  | 914  | 914  | 914  | 914  |
| WG, 2001-2020, unrenoviert | 0              | 49   | 106  | 146  | 173  |  | 0                    | 97   | 213  | 292  | 351  |
| NWG, vor 2010              | 186            | 190  | 195  | 199  | 201  |  |                      |      |      |      |      |

Abgebildet wurde der österreichische Gebäudebestand anhand der folgenden Gruppen:

- Wohngebäude:
  - o 4 Gebäudegrößen (EFH, ZFH, kl. MFH, gr. MFH)
  - o 8 Bauperioden (vor 1919, 1919 bis 1944, 1945 bis 1960, 1961 bis 1970, 1971 bis 1980, 1981 bis 1990, 1991 bis 2002 und Neubauten)
  - o sanierte Bauten und nicht sanierte Bauten
- Dienstleistungsgebäude:
  - o 7 Typen (Hotels oder ähnliche Gebäude, Bürogebäude, Gebäude des Groß- oder Einzelhandels, Gebäude des Verkehrs- oder Nachrichtenwesens, Werkstätten, Industrie- oder Lagerhallen, Gebäude für Kultur- oder Freizeit Zwecke bzw. des Bildungs- oder Gesundheitswesens, sonstige Gebäude)
  - o 1 bis 4 Bauperioden
  - o 1 bis 3 Größenklassen

Die folgenden politischen Instrumente sind implementiert:

- Technologische Standards
- (konditionale) Förderungen
- Einsatzpflicht von erneuerbaren Heizsystemen
- Steuern
- verpflichtender Austausch von Heizungssystemen

## Renovierungsmaßnahmen

Im Modell können die folgenden Maßnahmen an der Gebäudehülle vorgenommen werden:

- Wärmedämmung der Fassade
- Wärmedämmung der obersten Geschoßdecke
- Wärmedämmung der untersten Geschoßdecke
- Austausch der Fenster
- Instandsetzung der Fassade ohne Wärmedämmung



Diese Maßnahmen können einzeln oder in Kombination durchgeführt werden. Für den Fall, dass entweder die Fassade und Fenster bzw. die gesamte Gebäudehülle gleichzeitig saniert wird, ergeben sich gegenüber der Einzelsanierung Kostenreduktionen.

In den vorliegenden Modellrechnungen wurde das Modell hinsichtlich der erreichten bzw. zu erreichenden Sanierungsrate gemäß der politischen Zielsetzungen einerseits sowie der getroffenen Maßnahmen andererseits kalibriert (siehe auch Kapitel 3).

Neben der Sanierung der Gebäudehülle sind Änderungen am Wärmebereitstellungssystem implementiert. Dabei wird zwischen der Warmwasseraufbereitung und der Raumwärmebereitstellung unterschieden. Die Warmwasseraufbereitung kann wie folgt erfolgen:

- Integriert im System zur Raumwärmebereitstellung, jeweils mit oder ohne solarthermische Unterstützung.
- Elektrisch betriebener Durchlauferhitzer oder Boiler (Normal- oder Nachtstrom)
- Gastherme
- Warmwasserwärmepumpe
- Solarthermische Stand-alone Wärmebereitstellung

Für die Raumwärmebereitstellung stehen dem Algorithmus die folgenden Technologien zur Verfügung:

- Stückholzheizung: Hier wird zwischen dezentralen Einzelöfen ohne hydraulische Wärmeverteilung und zentralen Heizkesseln mit hydraulischem Verteilungssystem unterschieden.  
Für Stückholzkessel gilt die Restriktion, dass diese im Falle eines Kessel-tausches nur in kleinen Wohngebäuden im ländlichen Raum eingesetzt werden dürfen.
- Hackgutheizung: Hackgutheizanlagen dürfen nur im ländlichen Raum eingesetzt werden.
- Pelletsheizung: Diese werden nach Einzelöfen ohne hydraulischen Wärme-verteilungssystem, Pelletskesseln in Etagenheizungsbauweise ohne gebäudezentraler Wärmeverteilung und Pelletskesseln zur zentralen Wärmeversorgung unterschieden.
- Gasheizung: Diese sind als Gasetagenheizungen sowie Zentralheizungen mit und ohne Brennwerttechnik abgebildet.
- Ölheizung: Es wird zwischen Einzelöfen sowie Zentralheizungen mit und ohne Brennwerttechnik unterschieden. Neue Einzelöfen dürfen nicht mehr verbaut werden.
- Kohlekessel: Der Einsatz von neuen Kohlekesseln ist nur als Ersatzmaßnahme erlaubt, der Energieträgerwechsel auf Kohle hingegen nicht.
- Fernwärmeversorgung: Die Versorgung wird unterschieden nach dem Versorgungsgebiet der Fernwärme-Wien und sonstigen nicht-biogenen Fernwärmesystemen.
- Fernwärmeversorgung durch Biomasse: Jedem Gebäudesegment wird auf Basis von Zufälligkeiten zugeordnet, ob Biomasse-Nahwärme vorhanden ist oder nicht. Jährlich wird 10% der Gebäude ohne Nahwärmeanschluss die Möglichkeit eines Biomasse-Nahwärmeanschlusses geboten.

Der Zuordnung des Primärenergieträgers im entsprechenden Fernwärmesystem wird in dem vorliegenden Projekt nicht prioritär behandelt, da der Fernwärme-Sektor im parallel durch die AEA durchgeführten Projekt zur Energieversorgung abgedeckt wird.

- Wärmepumpen: Im Modell werden die folgenden Wärmepumpensysteme unterschieden: Luft-Wasser Wärmepumpen (LW-WP), Sole-Wasser Wärmepumpen mit Tiefenbohrung (SWT-WP) oder mit Horizontalkollektoren (SWF-WP) bzw. Wasser-Wasser Wärmepumpen (WW-WP). Die beiden letztgenannten stehen im städtischen Raum nicht zur Verfügung. Im ländlichen Raum wird jedem Gebäudesegment zugeordnet, ob a) die Grundlagen zur Installation einer ordnungsgemäßen WW-WP gegeben sind, b) Tiefenbohrung möglich ist und c) die für Horizontalkollektoren zur Verfügung stehende Fläche (unter der Annahme einer möglichen Leistungsabgabe von 25 W/m<sup>2</sup> Kollektor) vorhanden ist.

Die Vorlauftemperatur des Heizungssystems im Gebäudealtbestand (Errichtungsjahr vor 1992) wird in Abhängigkeit der ursprünglichen Vorlauftemperatur und der Gebäudeheizlast vor und nach der Sanierung errechnet.

- Elektrische Widerstandsheizungen: Sind als Einzelkonvektoren und Nachtspeicheröfen ohne Wärmeverteilungssystem sowie zentrale Stromdirektheizungen mit zentraler Wärmeverteilung ausgeführt.

Alle oben genannten Heizungssysteme mit zentraler Wärmeverteilung können mit Solaranlagen, entweder zur Warmwasserbereitstellung oder zur Unterstützung der Raumwärmebereitstellung kombiniert werden. Des weiteren können zentrale Heizungssysteme mit oder ohne integrierte Warmwasserbereitstellung ausgestattet werden.

## 2.2 Ausgewählte Anwendungen / Referenzen / Projekte:

Ausgewählte bisherige Anwendungen des Modells ERNSTL bzw. dessen Ausgangsmodell INVERT sind:

Haas R., Biermayr P., Kranzl L., Müller A., Schriefl E. (2007): „Wärme und Kälte aus Erneuerbaren 2030“ Endbericht. Im Auftrag des Dachverbands Energie-Klima und der Wirtschaftskammer Österreich.

(Modell-Simulationen für den österreichischen Gebäudebestand)

Biermayr P., Cremer C., Faber T., Kranzl L., Ragwitz M., Resch G., Toro F. (2007): „Bestimmung der Potenziale und Ausarbeitung von Strategien zur verstärkten Nutzung von erneuerbaren Energien in Luxemburg“ Endbericht. Im Auftrag der Luxemburger Regierung.

(Modell-Simulationen für den Luxemburger Gebäudesektor)

Projekt im Rahmen der Energiesysteme der Zukunft: „Szenarien der gesamtwirtschaftlichen Marktchancen verschiedener Technologielinien im

- Energiebereich“, EEG, 2009  
(Modell-Simulationen für den österreichischen Gebäudesektor)
- Projekt in Kooperation mit ARC System Research (Koordinator) und BOKU Wien:  
„reclip:tom – Research for climate protection“, laufend, Projektabschluss  
voraussichtlich März 2009  
(Modell-Simulationen für den österreichischen Gebäudesektor)
- Projekt mit FhG-ISI/Karlsruhe im Auftrag des deutschen Bundesministeriums für  
Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: „Ergänzende Untersuchungen und  
vertiefende Analysen zu möglichen Ausgestaltungsvarianten eines  
Wärmegesetzes“, laufend, voraussichtlicher Projektabschluss April 2009  
(Modell-Simulationen für den Gebäudesektor in Deutschland)
- Intelligent Energy Projekt (EIE/06-214): „Refund individual investments in RES heating  
systems through direct tax measures – Refund+“, laufend, voraussichtlicher  
Projektabschluss Mai 2009.  
(Assistenz bei der Modellsimulation der Fallstudien Polen und Litauen)
- FWF-Projekt “Optimal Supply of Residential Buildings with Energy Services from  
Society’s Point-of-view” 2006.  
(Modell-Simulationen für den österreichischen Gebäudesektor)
- Nast M., Leprich U., Ragwitz M., Bürger V., Klinski S., Kranzl L., Stadler M. (2006):  
„Eckpunkte für die Entwicklung und Einführung budgetunabhängiger zur  
Marktdurchdringung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt“ Endbericht. Im Auftrag  
des deutschen Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.  
Dezember 2006  
(Modell-Simulationen für den Gebäudesektor in Deutschland)
- Altener Projekt (Altener contract 4.1030/Z/02-094) „Investing in RES & RUE  
technologies: Models for saving public money (INVERT) abgeschlossen 2005.  
(Erstellung des Software-Tools Invert und Modell-Simulationen für Fallstudien in  
Deutschland, Dänemark, Frankreich, Griechenland, Österreich, Polen, UK)
- Intelligent Energy Projekt: „Policy development for improving RES-H/C penetrations in  
European Member States – RES-H Policy“, laufend, Projektabschluss April 2011.  
(Modellsimulationen für die Länder Österreich (separat auch Oberösterreich),  
Griechenland, Vereinigtes Königreich, Niederland, Polen und Litauen)
- Projekt „Erarbeitung einer Integrierten Wärme- und Kältestrategie“ im Auftrag des  
deutschen Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit,  
laufend, Projektabschluss voraussichtlich März 2012.

### 3 Aktualisierung der implementierten Daten und Kalibrierung des Modells

Für die Analyse des Energieverbrauches im österreichischen Gebäudesektor werden im Wesentlichen die Beschreibung des Gebäudebestandes, Kosten von Wärmebereitstellungstechnologien und Sanierungsmaßnahmen, Klimadaten und die für die Raumwärmebereitstellung zur Verfügung stehenden Biomasse-Potenziale benötigt. Im Rahmen dieses Arbeitspakets wurden die folgenden Modell- und Datenupdates gegenüber dem Vorgänger-Projekt im Jahr 2009 durchgeführt:

- **Klimaänderung:**  
Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Heizgradtage wurden in das Modell integriert. Die Daten wurden in Abstimmung mit WIFO und dem Projekt KlimAdapt (Kranzl et al 2010) ermittelt. Dabei wurde einerseits der aktuelle Wert der Heizgradtage auf 3250 Kd reduziert. Weiters erfolgt eine Reduktion der Heizgradtage bis 2030 auf etwa 3000 Kd.
- Die Effizienzen der Heizungssysteme im historischen Bestand wurden in Abstimmung mit WIFO reduziert. Dies bewirkt, dass Heizsystemwechsel einen stärkeren Rückgang des Endenergieeinsatzes zur Folge haben. Es zeigt sich, dass dies konsistent mit den aktuellen Werten der Energiebilanz ist (siehe unten).
- Aufgrund des geringeren Wirtschaftswachstum (bzw. der verringerten Prognose des Wirtschaftswachstums bis 2030) wurde das Wachstum des Gebäudebestands im Dienstleistungssektor in Abstimmung mit WIFO reduziert.
- Die Qualität der thermischen Sanierungsmaßnahmen wurde erhöht. Auch dies führt zu einer höheren Konsistenz mit den aktuellen Daten aus der Energiebilanz.
- Auf Basis dieser Änderungen erfolgt eine neuerliche Kalibrierung auf die Energiebilanz 2010. Die Energiebilanz 2010 zeigt einen stärkeren Knick im Energieeinsatz in Richtung Stabilisierung bzw. Abnahme, als dies noch vor zwei Jahren ersichtlich war. Zusätzlich erfolgt die Anpassung des Erdgas-Einsatzes im Dienstleistungssektor (Erhöhung um 9,8 PJ) in Abstimmung mit den Daten des Umweltbundesamts.

## 4 Basis-Szenario „with measures“: WM 2011 Szenario

Inhalt dieses Kapitels ist ein mit Hilfe des Simulationstools ERNSTL erstelltes Referenz-Szenario bis zum Jahr 2030 für den österreichischen Raumwärme- und Warmwassersektor im Gebäudebereich<sup>2</sup>. Erfasst wird der dafür eingesetzte Energieverbrauch der Haushalte sowie des privaten und öffentlichen Dienstleistungssektors, nicht aber der Energieverbrauch von Gebäuden die dem industriellen Bereich zugeordnet sind. Dieses Szenario berücksichtigt Förderungsmaßnahmen („with measures“, WM Szenario) die bereits implementiert sind. Solche die beschlossen aber noch nicht umgesetzt wurden, sind dem WAM Szenario vorenthalten.

Sensitivitätsanalysen<sup>3</sup> im Hinblick auf die Endverbraucherpreise (Preise fossiler und biogener Brennstoffe) sind am Ende des Kapitels bzw. im Anhang dargestellt.

### 4.1 Annahmen im WM 2011 Szenario

#### Energiepreisentwicklung

Die Abbildung 1 zeigt die Entwicklung der Energiepreise für Haushalte im WM 2011 Szenario. Gegenüber den Energiepreisen von 2008 ergeben sich in der Periode 2008-2030 folgende (inflationsbereinigte) Änderungen:

- Strompreis steigt um 37%
- Gaspreis steigt um 39%
- Preis für Heizöl steigt um 28%
- Preise für biogene Energieträger steigen um 27%
- Kohlepreis steigt um 54%
- Die Energiepreise für Fernwärme steigen um 25%

---

<sup>2</sup> Die nachfolgend verwendete Nomenklatur *Nicht-Wohngebäude* bezieht sich hier alleinig auf die öffentlichen und privaten Dienstleistungsgebäude und lässt die Gebäude des produzierenden Bereichs außen vor.

<sup>3</sup> Je Parameter, die wie oben beschrieben auf deren Sensitivität untersucht werden, werden zwei Variationen durchgeführt.

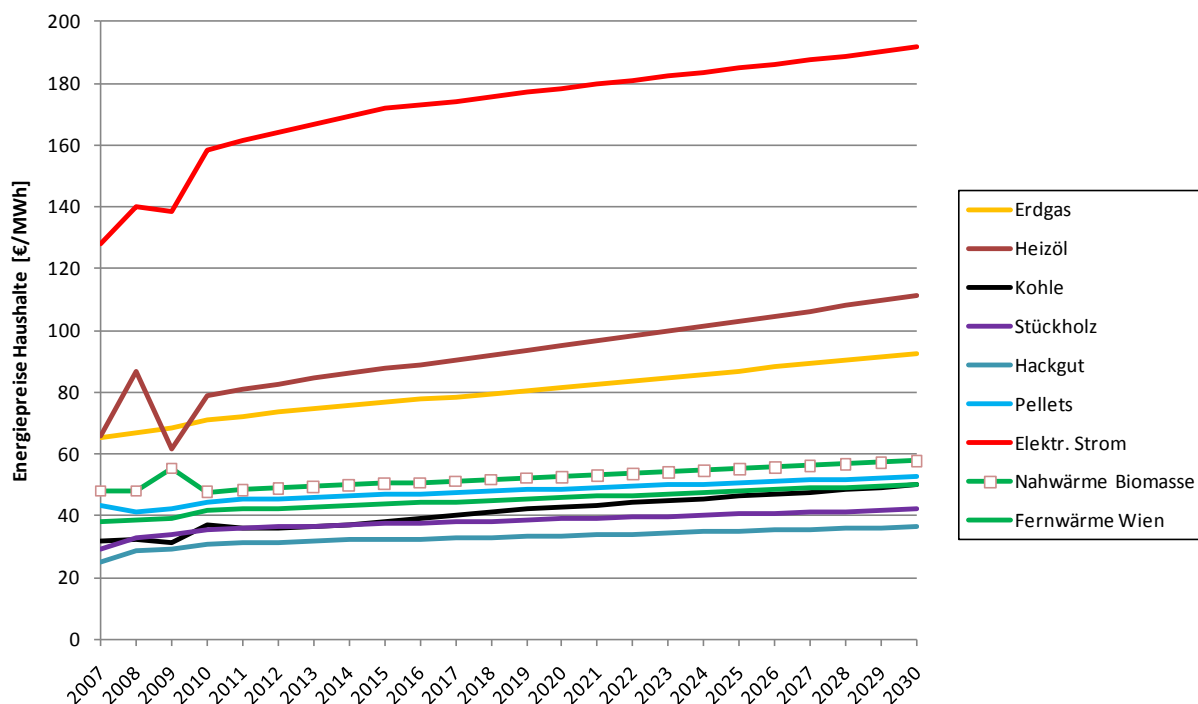


Abbildung 1: Energiepreisentwicklung für Haushalte (Preise in €08)

## Förderungen

Die folgenden Förderungen für Heizanlagen sind im WM 2011–Szenario unterstellt.

Tabelle 2: Förderzuschüsse für Heizanlagen

| Heizungsart                        | Zuschuß | Maximaler Zuschuß         |
|------------------------------------|---------|---------------------------|
| Stückholzkessel                    | 20%     | 2300 €                    |
| Hackgutkessel                      | 20%     | 3000 €                    |
| Pelletskessel                      | 23%     | 2800 €                    |
| Fernwärme                          | 15%     | -                         |
| Biomasse Nahwärme                  | 23%     | -                         |
| Wärmepumpe                         | 5-15%   | 1000 – 2500 €             |
| Solartherm. Warmwasseraufbereitung | 25%     | 3500 € (max. 2000 € / WE) |
| Solartherm. Kombianlagen           | 20%     | 3500 €                    |

Für thermischen Sanierungsmaßnahmen, die die Gebäudehülle umfassen, führen zu folgender Verbesserung der U-Werte:

Tabelle 3: Verbesserung der U-Werte nach Sanierung verschiedener Gebäudeelemente in verschiedenen Gebäudeklassen

| Verbesserung der U-Werte bei Renovierung |             | Oberste<br>Geschoß-<br>decke | Fassade              | Fenster              | Keller               |
|------------------------------------------|-------------|------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| <i>Szenario WM 2011</i>                  | Baujahr     | [W/m <sup>2</sup> K]         | [W/m <sup>2</sup> K] | [W/m <sup>2</sup> K] | [W/m <sup>2</sup> K] |
| Wohngebäude                              | 1890 - 1919 | 0,1 - 0,7                    | 0,1 - 0,5            | 0,7 - 1,9            | 0,1 - 0,4            |
|                                          | 1919 - 1944 | 0,1 - 0,8                    | 0,1 - 0,7            | 0,7 - 2,0            | 0,1 - 0,3            |
|                                          | 1945 - 1960 | 0,1 - 0,8                    | 0,2 - 0,9            | 0,7 - 1,8            | 0,5 - 0,6            |
|                                          | 1961 - 1970 | 0,1 - 0,8                    | 0,2 - 0,8            | 0,7 - 1,5            | 0,5 - 0,6            |
|                                          | 1971 - 1980 | 0,1 - 0,2                    | 0,2 - 0,3            | 0,7 - 1,0            | 0,3 - 0,4            |
|                                          | 1981 - 1990 | 0,1 - 0,2                    | 0,2 - 0,3            | 0,7 - 1,0            | 0,2 - 0,3            |
|                                          | 1991 - 2006 | 0,0 - 0,1                    | 0,1 - 0,2            | 0,7 - 0,8            | 0,1 - 0,2            |
| Dienstleistungsgebäude                   | 1940 - 2006 | 0,1 - 0,8                    | 0,4 - 0,9            | 0,5 - 2,1            | 0,3 - 0,5            |

## 4.2 Ergebnisse des WM 2011 Szenarios

Die Entwicklung des Energieverbrauches im WM 2011 Szenario ist in Abbildung 2, aufgeschlüsselt nach Energieträgern, dargestellt.

Generell zeigt sich zum einen der fallende gesamte Energieeinsatz. Nur wenige Energieträger nehmen auch in absoluten Zahlen zu. Es sind dies vor allem Pellets, Solarthermie und Umgebungswärme. Fernwärme bleibt in absoluten Zahlen mehr oder weniger konstant und gewinnt damit an Marktanteilen. Die stärkste Reduktion zeigt sich bei Heizöl. Auch der Einsatz von Scheitholz und Erdgas gehen aufgrund von Sanierungsaktivitäten einerseits und Heizsystemwechsel andererseits zurück.

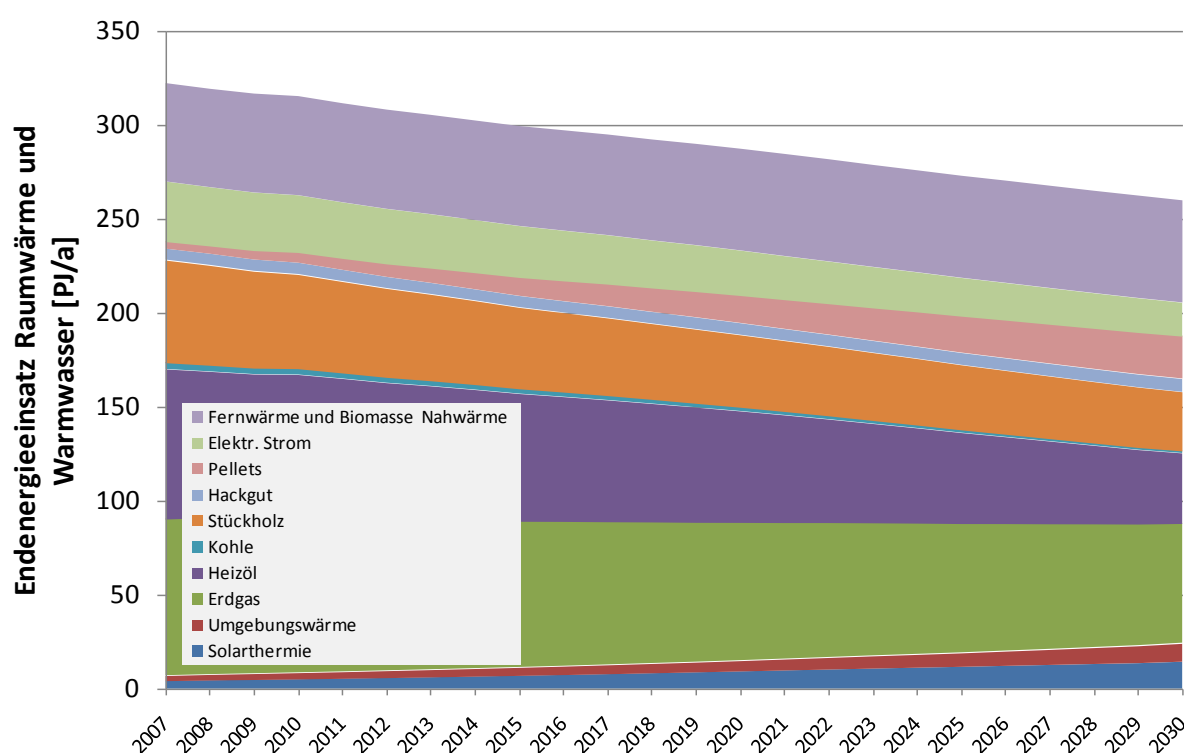


Abbildung 2: Energieeinsatz für Raumwärme und Warmwasserbereitstellung im WM 2011 Szenario nach Energieträgern

Die Unterschiede zwischen Wohn- und Dienstleistungsgebäuden zeigen sich vor allem im Anteil von Stückholz, der in Dienstleistungsgebäuden praktisch null ist. Weiters können sich in diesem Szenario Hackgut-Anlagen im Dienstleistungssektor aufgrund günstigerer economies of scale etwas besser durchsetzen. Der Anteil der Solarthermie und Umgebungswärme ist im Wohngebäudesektor etwas höher. Der Rückgang von Heizöl zeigt sich in beiden Kategorien und ist in diesem Szenario damit ein allgemeiner Trend.



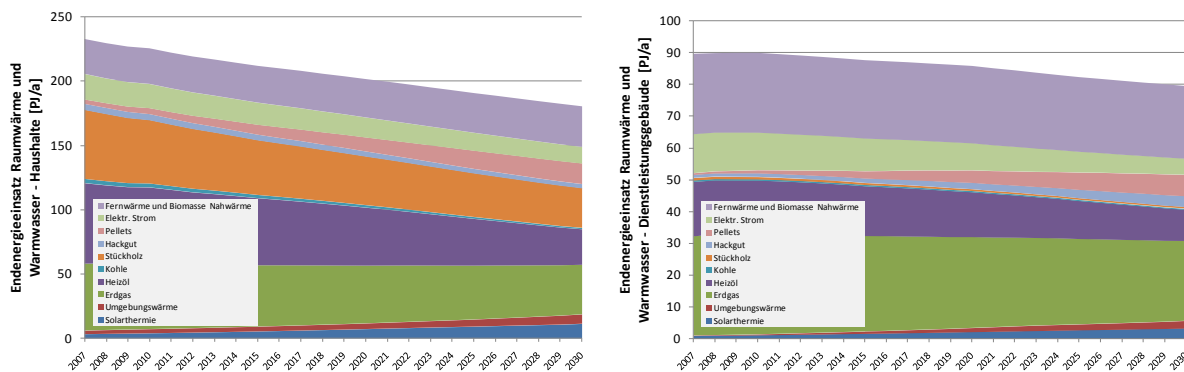


Abbildung 3: Energieeinsatz für Raumwärme und Warmwasserbereitstellung im WM 2011  
Szenario nach den Gebäudetypen: Wohngebäude sowie private und öffentliche Dienstleistungsgebäude

## Klimatisierung

Daten oder Szenarien für den Bereich der Raumklimatisierung in Österreich sind in der Literatur in geringer Zahl und ausschließlich als aggregierte Schätzungen verfügbar. Wesentliche Quellen, die einfachen Plausibilitätskontrollen stand halten, sind Blümel et al. (2005) welche im Projekt "COOLSAN – Kältetechnische Sanierungskonzepte für Büro- und Verwaltungsgebäude" einen Szenarienwert für den Energieverbrauch für Klimatisierung im Jahr 2010 nennen und Adnot et al. (2003)<sup>4</sup>, die im Projekt "Energy Efficiency and Certification of Central Air Conditioners (EECCAC)" Szenarienwerte bis 2020 darstellt. Dalin et al. (2006) führt für Österreich im Falle einer gesättigten Klimatisierungsnachfrage einen Strombedarf von 1 TWh (Sättigungslevel EU15), 4 TWh (Sättigungsniveau: 40% Wohngebäude, 60% der Dienstleistungsgebäude werden klimatisiert) und 8 TWh für den Fall einer Sättigung auf dem Niveau der USA von 1997-1999 (Sättigungsniveau: 70% der Wohngebäude, 73% der Dienstleistungsgebäude werden klimatisiert) an. Aus den genannten Quellen wurde ein plausibles Modell für den Energieverbrauch für Raumklimatisierung in Österreich erstellt (siehe Haas et al., 2007). Diese Literaturdaten wurden auch in (Haas et al. 2009) bereits dargestellt. Hier wurden diese nun auf Basis von Kranzl et al (2010) sowie (Zoll 2010) aktualisiert. Insbesondere die Daten des Nicht-Wohngebäudesektors sowie der derzeitige Stand der Diffusion konnte so aktualisiert werden.

<sup>4</sup> Adnot et al. gibt für 2005 einen Energiebedarf von 549 GWh bei einer gekühlte Fläche von 26 Mio. m<sup>2</sup> an.

Tabelle 4: Kalkulation des Stromverbrauchs für Raumklimatisierung in Österreich  
(Quelle: EEG (2008), Hintergrunddaten siehe Fußnote <sup>a</sup> der Tabelle)

| Gebäude-<br>kategorie      | Anzahl<br>2007 | Anzahl<br>2020 | Anzahl<br>2030 | Fläche<br>Schnitt<br><br>m2 | 2007             |                 |                 | 2020             |                 |                 | 2030             |                 |                 | Stromverbrauch |      |      |
|----------------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|----------------|------|------|
|                            | Stk            | Stk            | Stk            |                             | Nicht-<br>klimat | Teil-<br>klimat | Voll-<br>klimat | Nicht-<br>klimat | Teil-<br>klimat | Voll-<br>klimat | Nicht-<br>klimat | Teil-<br>klimat | Voll-<br>klimat | 2007           | 2020 | 2030 |
|                            |                |                |                |                             | %                | %               | %               | %                | %               | %               | %                | %               | GWh             | GWh            | GWh  |      |
| EFH                        | 1,266,729      | 1,374,576      | 1,419,350      | 150                         | 99.4             | 0.6             | 0.0             | 96.0             | 3.5             | 0.5             | 89.2             | 9.8             | 1.0             | 8              | 73   | 188  |
| ZFH                        | 217,045        | 236,821        | 245,423        | 245                         | 99.4             | 0.6             | 0.0             | 96.0             | 3.5             | 0.5             | 89.2             | 9.8             | 1.0             | 2              | 21   | 53   |
| MFH gr.                    | 59,438         | 64,853         | 67,209         | 515                         | 99.4             | 0.6             | 0.0             | 95.4             | 4.3             | 0.4             | 88.5             | 10.9            | 0.6             | 1              | 12   | 29   |
| MFH kl.                    | 131,591        | 143,583        | 148,794        | 1,509                       | 99.4             | 0.6             | 0.0             | 95.4             | 4.3             | 0.4             | 88.5             | 10.9            | 0.6             | 8              | 79   | 188  |
| Schulen                    | 19,200         | 20,801         | 21,248         | 1,182                       | 99.0             | 1.0             | 0.0             | 98.5             | 1.5             | 0.0             | 90.0             | 10.0            | 0.0             | 1              | 1    | 9    |
| Krankenh.                  | 447            | 484            | 494            | 28,424                      | 70.0             | 20.0            | 10.0            | 60.0             | 25.0            | 15.0            | 50.0             | 30.0            | 20.0            | 37             | 60   | 81   |
| Sport                      | 1,976          | 2,434          | 2,610          | 778                         | 98.5             | 1.0             | 0.5             | 93.5             | 4.5             | 2.0             | 85.0             | 10.0            | 5.0             | 0              | 0    | 1    |
| Hotels gr.                 | 1,642          | 2,023          | 2,170          | 5,461                       | 10.0             | 70.0            | 20.0            | 5.0              | 65.0            | 30.0            | 5.0              | 55.0            | 40.0            | 31             | 49   | 63   |
| Hotels kl.                 | 25,310         | 31,176         | 33,428         | 1,441                       | 70.0             | 25.0            | 5.0             | 60.0             | 30.0            | 10.0            | 45.0             | 40.0            | 15.0            | 27             | 53   | 84   |
| Büro gr.                   | 6,657          | 8,199          | 8,792          | 2,537                       | 30.0             | 40.0            | 30.0            | 15.0             | 50.0            | 35.0            | 5.0              | 50.0            | 45.0            | 142            | 216  | 288  |
| Büro kl.                   | 18,632         | 22,949         | 24,608         | 875                         | 65.0             | 30.0            | 5.0             | 45.0             | 40.0            | 15.0            | 30.0             | 50.0            | 20.0            | 42             | 109  | 155  |
| Büro Whg                   | 8,215          | 10,118         | 10,850         | 1,729                       | 65.0             | 30.0            | 5.0             | 52.5             | 40.0            | 7.5             | 30.0             | 60.0            | 10.0            | 46             | 82   | 129  |
| Handel gr.                 | 16,555         | 20,391         | 21,864         | 648                         | 35.0             | 40.0            | 25.0            | 15.0             | 55.0            | 30.0            | 10.0             | 55.0            | 35.0            | 49             | 79   | 97   |
| Handel kl.                 | 41,663         | 51,318         | 55,026         | 324                         | 55.0             | 40.0            | 5.0             | 40.0             | 50.0            | 10.0            | 40.0             | 40.0            | 20.0            | 26             | 50   | 74   |
| Energiebedarf gesamt (GWh) |                |                |                |                             |                  |                 |                 |                  |                 |                 |                  |                 |                 | 420            | 883  | 1438 |

Die Daten, die in diesem Projekt dem Modell zugrunde liegen, sind in Tabelle 4 dargestellt. Der daraus resultierende Energiebedarf steigt von 420 GWh im Jahr 2007 auf 883 GWh 2020 und 1438 GWh im Jahr 2030 an. Die getroffenen Annahmen unterstellen ein Sättigungsniveau von 4 TWh. Dieses Szenario ist somit als ein tendenziell klimatisierungsintensives Szenario zu sehen. In Kranzl et al (2010) sind weitere Szenarien zur Diffusion klimatisierter Gebäudeflächen sowie entsprechende Maßnahmen zur Reduktion dieses Trends beschrieben und diskutiert.

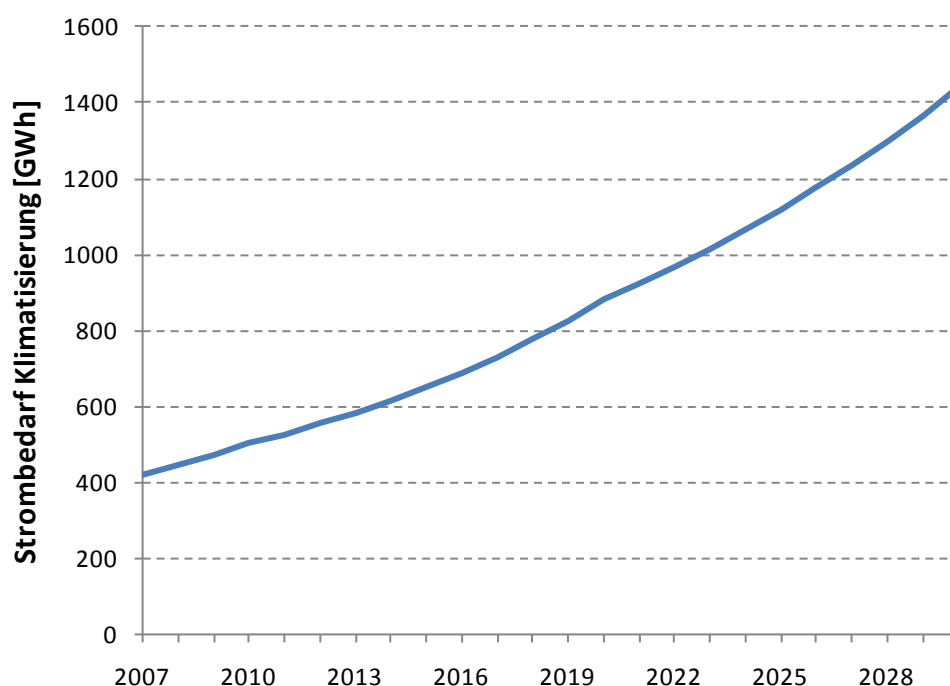


Abbildung 4: Stromeinsatz für Kühlen in Österreich

Aus den oben dargestellten Ergebnissen für den Strombedarf zur Raumklimatisierung kann abgeleitet werden, dass der Energiebedarf zur Raumklimatisierung auch 2020 im Vergleich zum Energieeinsatz zur (Raum-) Wärmebereitstellung gering (siehe Abbildung 5) sein wird. Gemessen am Endenergieeinsatz zur Raumwärme- und Warmwasserbereitstellung steigt der Stromeinsatz zur Klimatisierung in den von uns durchgeführten Analysen auf 2% bis 2030. Zieht man nur den Stromeinsatz heran, ist die Raumklimatisierung in 2020 für 16% des Verbrauches verantwortlich und 2030 für knapp 39%. Vergleicht man den Strombedarf für Raumkühlung mit dem Strombedarf für Raumheizung ergibt sich ein noch schärferes Bild: derzeit ist der Strombedarf zur Raumheizung etwa 10 mal höher als zur Raumkühlung, im Jahr 2020 wird er nur noch 3 mal so hoch sein und bis 2030 wird der Strombedarf für Raumkühlung schon eineinhalb mal so hoch sein, wie der Strombedarf zur Raumheizung.

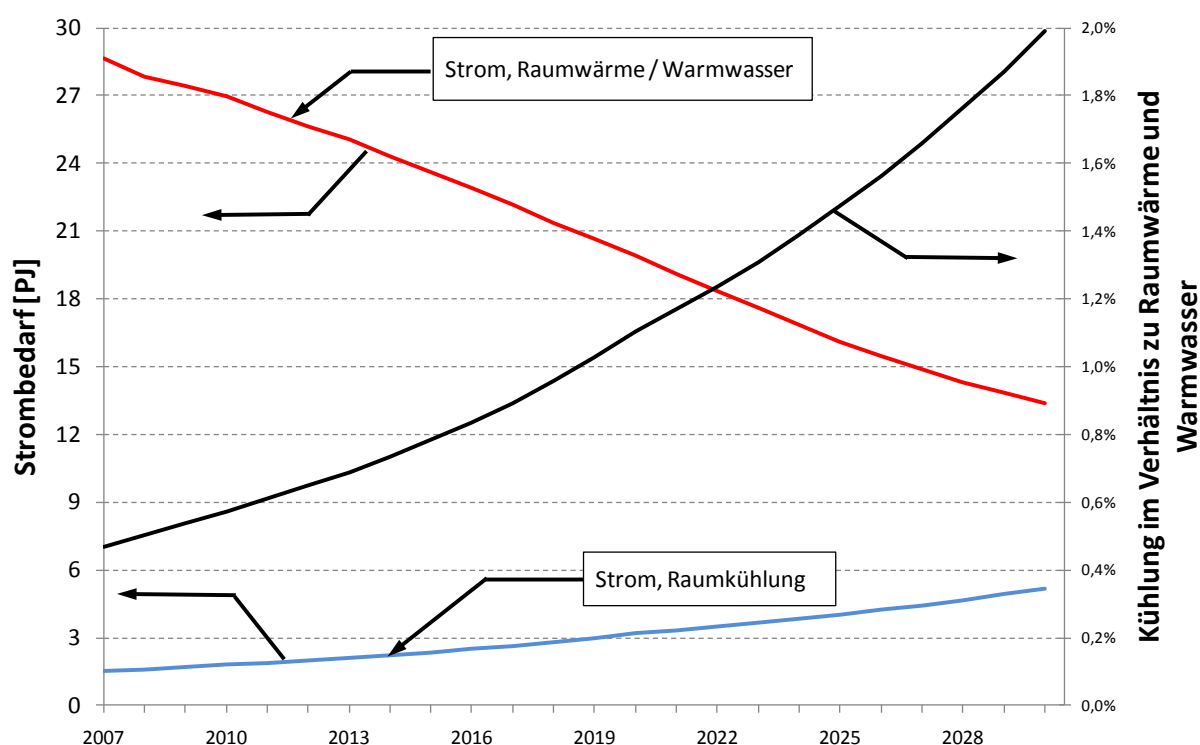


Abbildung 5: Gegenüberstellung: Energiebedarf für Raumwärme und Klimatisierung (Raumkühlung).

## Sanierungs- und Kesseltauschraten

Ausgehend von einer derzeitigen Kesseltauschraterate von etwa 1,5% steigt diese bis 2020 auf etwa 3,6% und bis 2030 auf gut 4% p.a. an. Die in Abbildung 6 dargestellten Sanierungsraten beziehen sich auf Maßnahmenbündel, die einer umfassenden Sanierung entsprechen, und liegen daher unter den üblicherweise kolportierten Zahlen (etwa 1% p.a.). Diese beziehen sich allein auf die Anzahl der Gebäude bei denen Maßnahmen vorgenommen werden, berücksichtigen aber den Renovierungsgrad nicht. Im WM 2011 Szenario steigen die Sanierungen, in umfassenden Sanierungsäquivalenten ausgedrückt, von etwa 0,6% p.a. auf 1,2% (2020) bzw. 1,3% (2030) bei Wohngebäuden und auf 1,2% (2020) bzw. 1,6% (2030) bei Dienstleistungsgebäuden an.

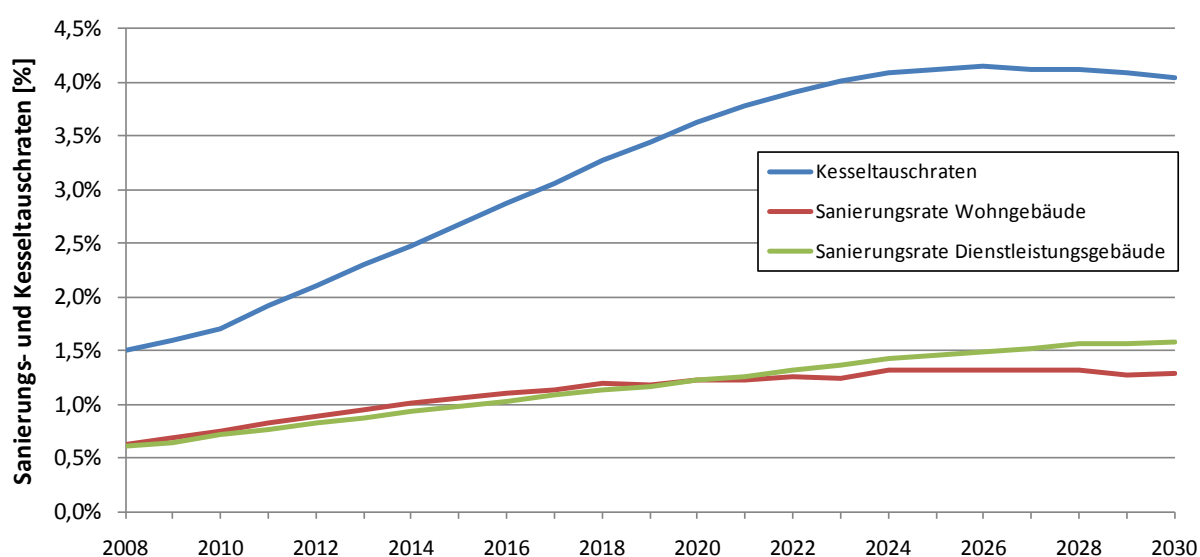


Abbildung 6: Sanierungs- und Kesseltauschraten im WM 2011 Szenario

### 4.3 Das Szenario „WM sens 2011“

In diesem Szenario wurden gegenüber dem oben dargestellten WM 2011 Szenario die folgenden Änderungen vorgenommen:

- Energiepreise
  - Der Rohölpreis steigt im Szenario WM sens 2011 in etwas geringerem Ausmaß.
  - Kohle und Gaspreise (Großhandel) steigen um dieselben %-Sätze wie der Rohölpreis.
  - Die Umrechnung in Endverbraucherpreise erfolgt analog zu WM, woraus die Endverbraucherpreise gemäß Abbildung 7 resultieren.
- Geringeres Wirtschaftswachstum: Während im Szenario WM 2011 eine mittlere jährliche Wachstumsrate von 2,08% unterstellt wurde, liegt diese im Szenario WM sens 2011 bei 1,51%.
  - Das geringere Wirtschaftswachstum bewirkt eine entsprechende Reduktion der Haushaltseinkommen, die sich in leicht reduzierten Service-Faktoren (d.h. verringertem Energiebedarf aufgrund der unterstellten Budgetrestriktion) niederschlagen.
  - Das niedrigere Wirtschaftswachstum bewirkt im Dienstleistungsbereich einen geringeren Anstieg der Gebäudeanzahl und verringert damit den Wärme- und Klimatisierungsbedarf.

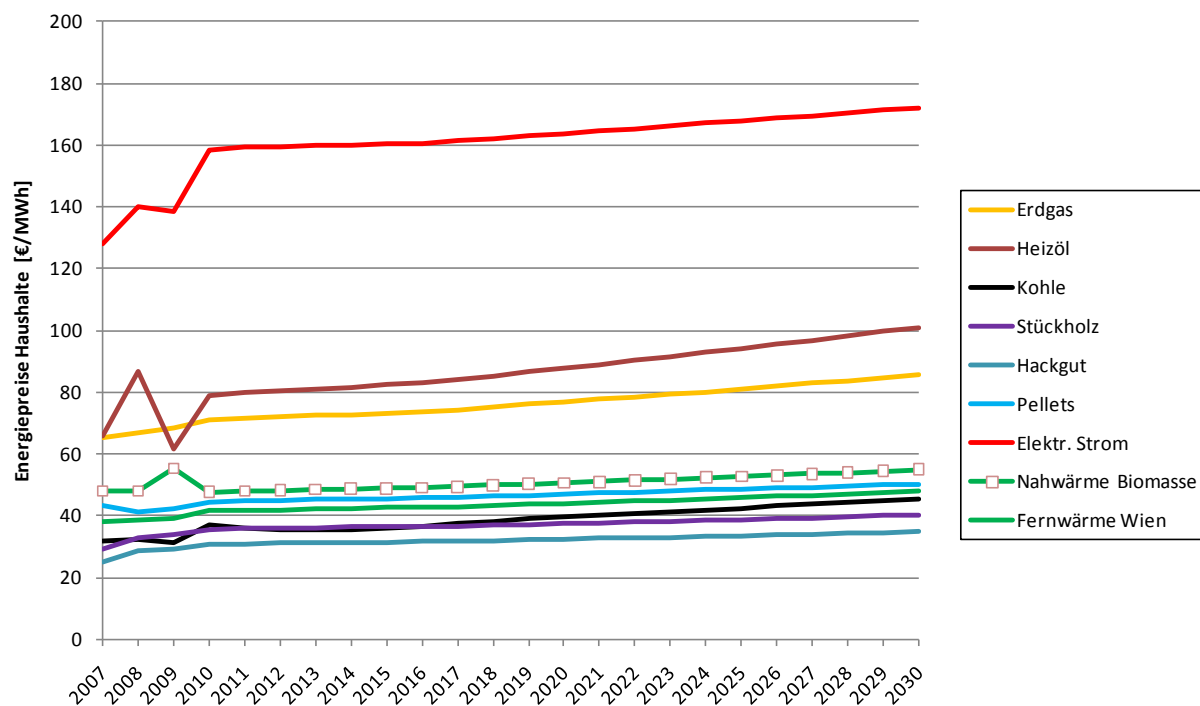


Abbildung 7: Energiepreisentwicklung für Haushalte (Preise in €08)

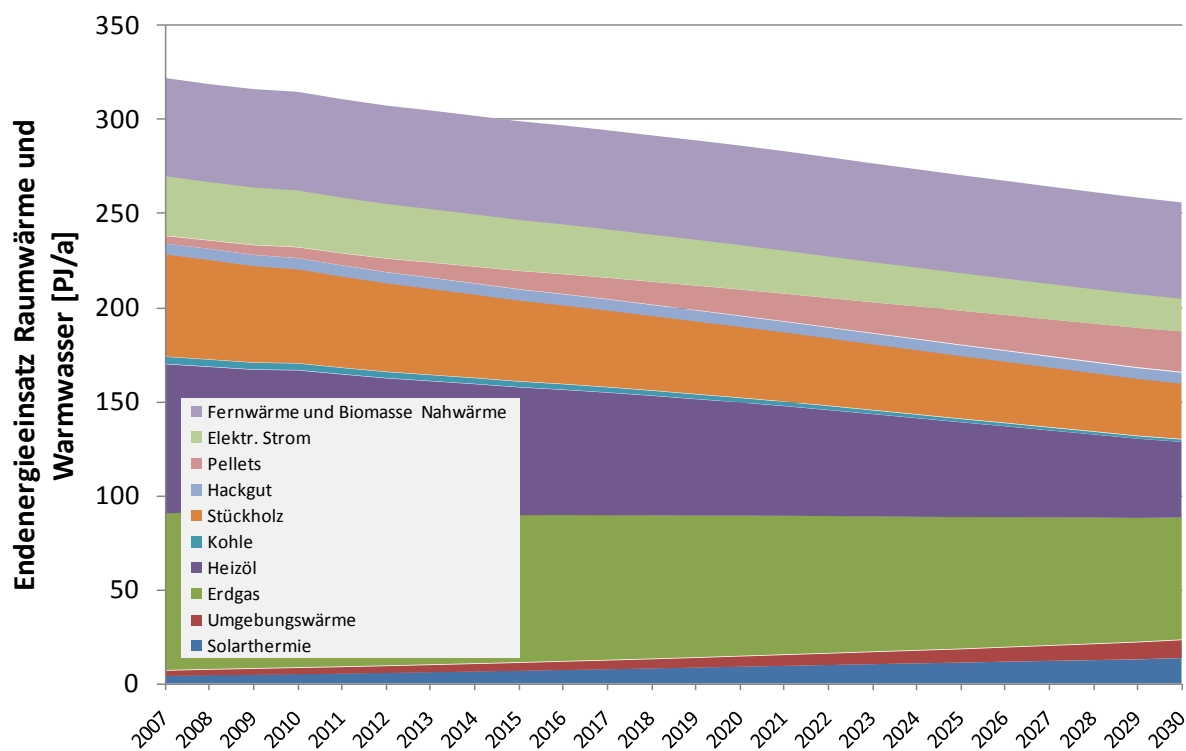


Abbildung 8: Energieeinsatz für Raumwärme und Warmwasserbereitstellung im Szenario WM-sens 2011 nach Energieträgern

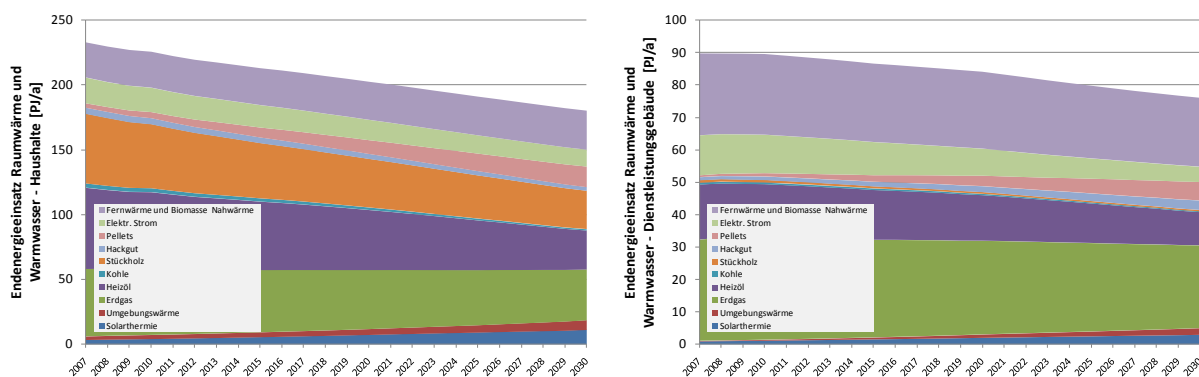


Abbildung 9: Energieeinsatz für Raumwärme und Warmwasserbereitstellung im WM-sens 2011 Szenario nach den Gebäudetypen: Wohngebäude sowie private und öffentliche Dienstleistungsgebäude

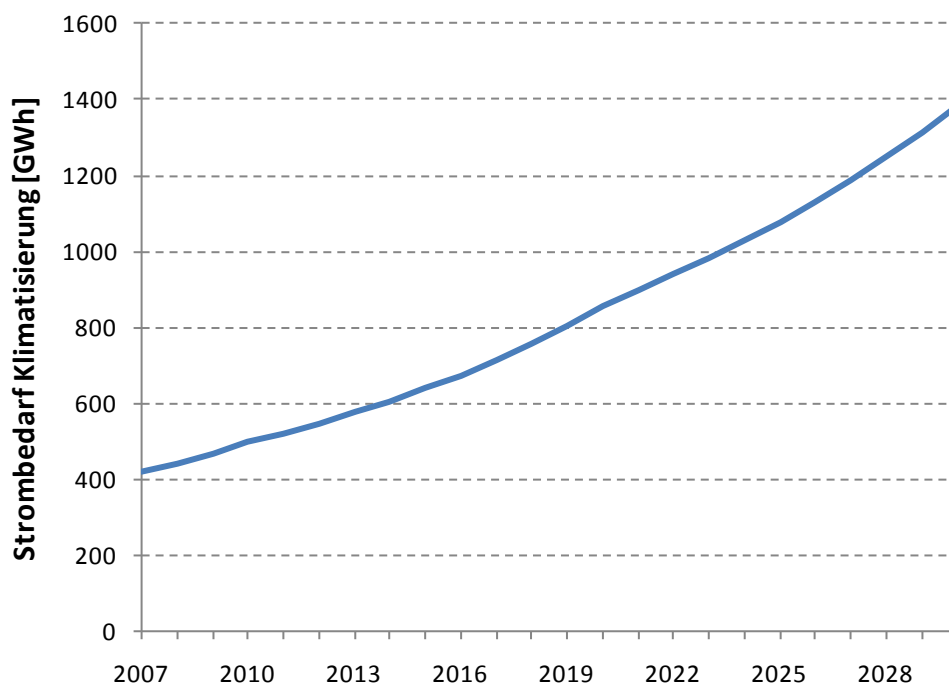


Abbildung 10: Stromeinsatz für Kühlen in Österreich im Szenario WM sens 2011

Die Wirkung der geänderten exogenen Rahmenbedingungen wirken zum Teil in entgegengesetzte Richtungen: Der im Vergleich zum WM sens 2011 Szenario geringere Ölpreis führt zu einem höheren Energieeinsatz, v.a. bei Heizöl aber auch bei den anderen Energieträgern. Nur die Nachfrage nach effizienten Technologien mit geringem Energieträgereinsatz sinkt leicht. Das geringere Wirtschaftswachstum bewirkt hingegen eine sinkende Nachfrage nach Energiedienstleistungen. Dies macht sich vor allem im Dienstleistungssektor bemerkbar. Insgesamt heben sich diese beiden Wirkungen damit zum Teil auf, so dass die Differenz zwischen WM sens 2011 und

WM 2011 generell relativ gering ist und am ehesten im Dienstleistungssektor ins Gewicht fällt.

#### 4.4 Sensitivitätsanalysen

Zusätzlich zu den im vorigen Kapitel dargestellten Analysen des Szenarios WM-sens, wurde eine Variation folgender Inputvariablen durchgeführt:

- Kein Anstieg der Energiepreise ab 2011
- Verdopplung der Preisanstiegsraten ab 2011. Das führt zu Energiepreisen, die je nach Energieträger im Jahr 2020 um 8-18% und im Jahr 2030 um 15-37% über dem Referenz-Energiepreisniveau liegen.
- Reduktion der Förderhöhen um 20%<sup>5</sup>
- Erhöhung der Förderhöhen um 20%

Die Auswirkungen auf den Energieeinsatz im Jahr 2020 sind im Anhang tabellarisch dargestellt und lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Konstante Energiepreise führen im Vergleich zum Referenz-Energiepreis-Szenario zu einem um mehr als 5PJ (2020) bzw. mehr als 15PJ (2030) höheren Energieeinsatz fossiler Energieträger, da der Preisanstieg fossiler Energieträger höher ist als bei Strom, Fernwärme und biogenen oder aufgrund der Kostenstruktur weniger stark ins Gewicht fällt (Solarthermie, Wärmepumpe, Biomasse, Fernwärme).
- Der gegenteilige Effekt ist bei Verdopplung der Preissteigerungsraten beobachtbar. Allerdings ist die absolute Höhe der Preiswirkung etwas geringer als im Fall konstanter Energiepreise. Der Preiseffekt ist also nicht-linear, d.h. dass mit steigenden Energiepreisen die Reaktion auf den Ausbau erneuerbarer und effizienterer Technologien zunehmend langsamer wird. Das kann unter anderem mit Diffusionsrestriktionen und anderen Barrieren erklärt werden.
- Preiseffekte zeigen in der Praxis vor allem dann eine Wirkung, wenn Preise sich sprunghaft und stark volatil verhalten (wie dies z.B. in den Jahren 2007 und 2008 beobachtbar war). Erstens wurde in diesem Projekt keine innerjährliche Variation des Energiepreises unterstellt. Zweitens wurde das Verhalten verschiedener Akteure auf derartige Preissprünge nicht abgebildet. Generell ist damit zu rechnen, dass durch stark volatile Preisentwicklungen sich das Bewußtsein der Akteure für Energiekosten erhöht.

---

<sup>5</sup> Bei der Sensitivitätsanalyse hinsichtlich Förderung wurden nur technologierelevante öffentliche Mittel zur Förderung erneuerbarer Heiz- und Warmwassersysteme um +/- 20 % variiert. Das heißt, dass weder die Förderung von Ölkesseln (Förderung durch OMV/IWO) noch die Fördermittel für die thermische Sanierung von Gebäudehüllen variiert wurden.



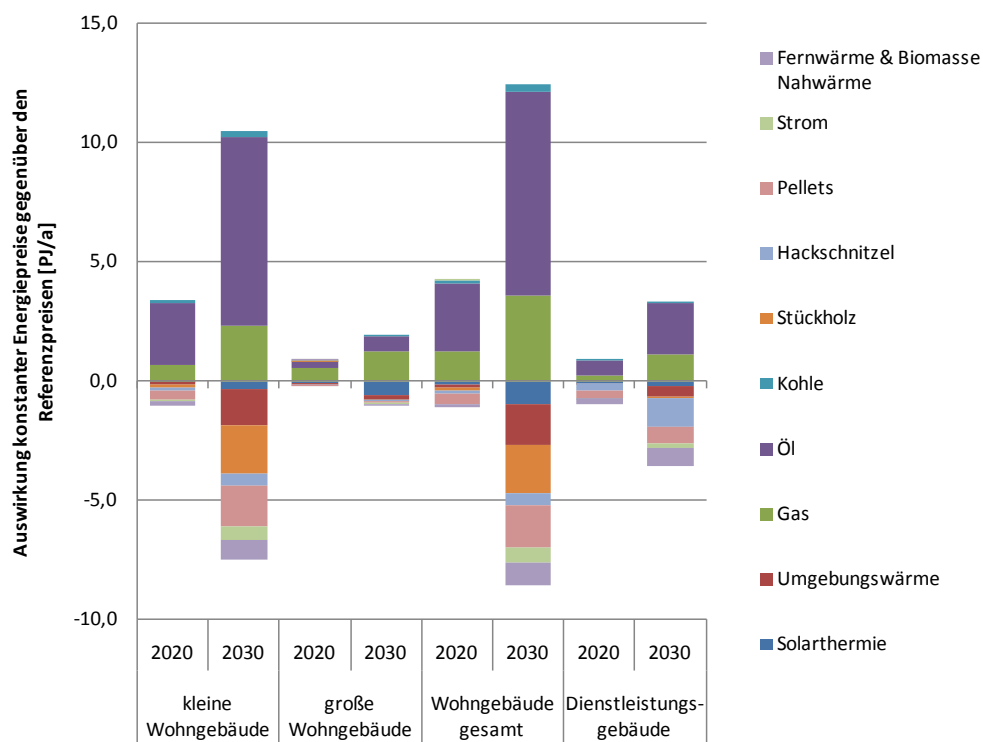


Abbildung 11: Auswirkung konstanter Energiepreise im WM 2011-Szenario im Vergleich zu Referenz-Energie-Preisen

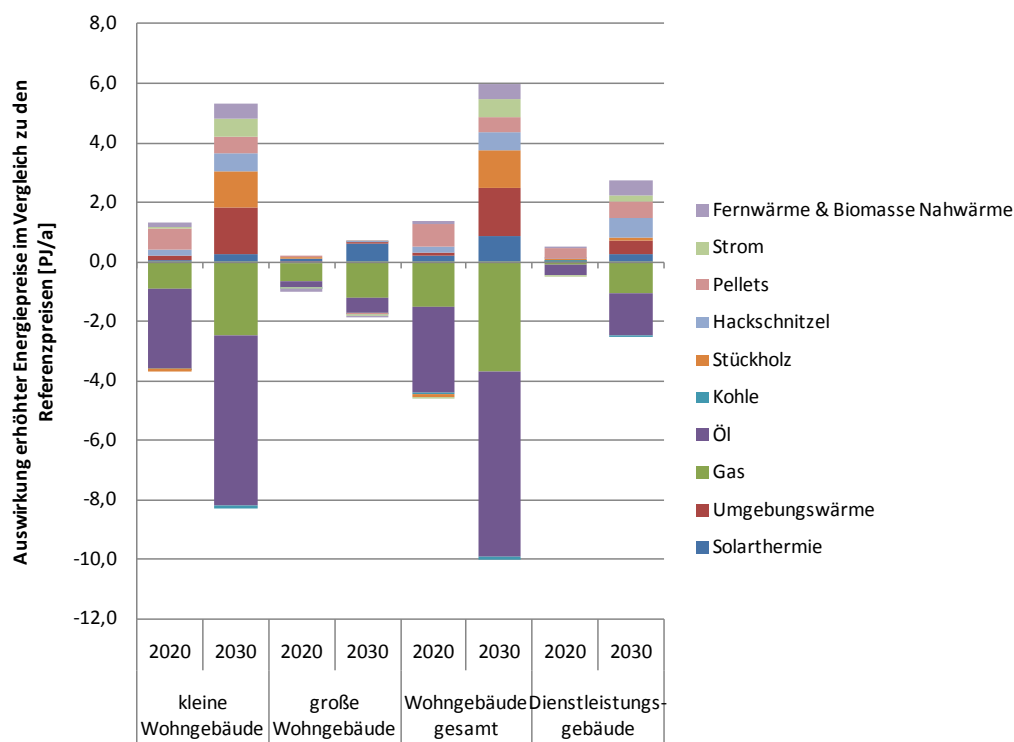


Abbildung 12: Auswirkung hoher Energiepreise im WM 2011-Szenario im Vergleich zu Referenz-Energie-Preisen

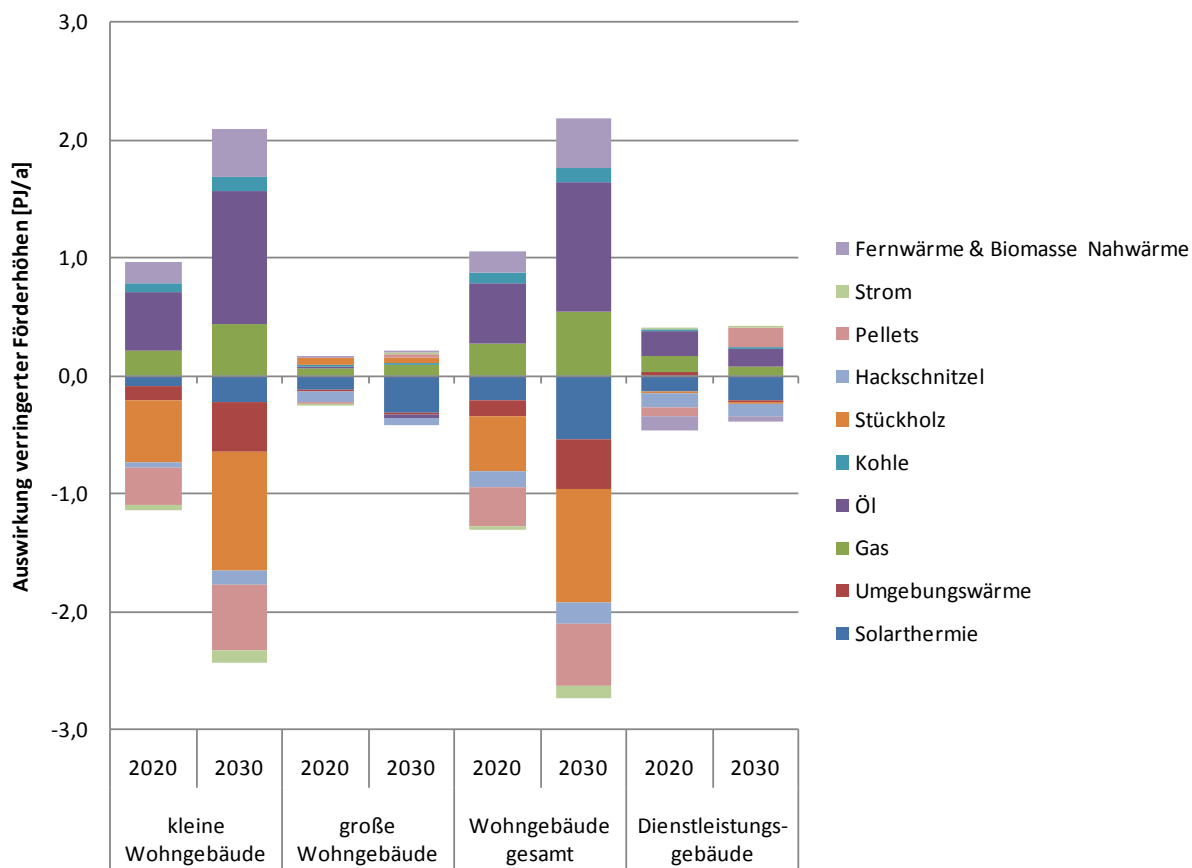


Abbildung 13: Auswirkung verringerter Förderhöhen um 20% im WM 2011-Szenario im Vergleich zu Referenz-Förderhöhen

Die Reduktion der Förderhöhen um 20% führt zu einem erhöhten fossilen Energieeinsatz von ca. 1 PJ im Jahr 2020 und 1,6 PJ im Jahr 2030. Die Ergebnisse zur Fernwärme sind vorsichtig zu interpretieren, da sich hier die Effekte konventioneller und biogener Fernwärme überlagern und die Unterscheidung dieser beiden Typen nicht innerhalb dieses Projekts, sondern im Parallel ablaufenden Projekt der AEA zur Energieversorgungsstruktur analysiert wurde. Darüber hinaus ergeben sich auch geringfügige Verschiebungen zwischen den verschiedenen erneuerbaren Energieträgern.

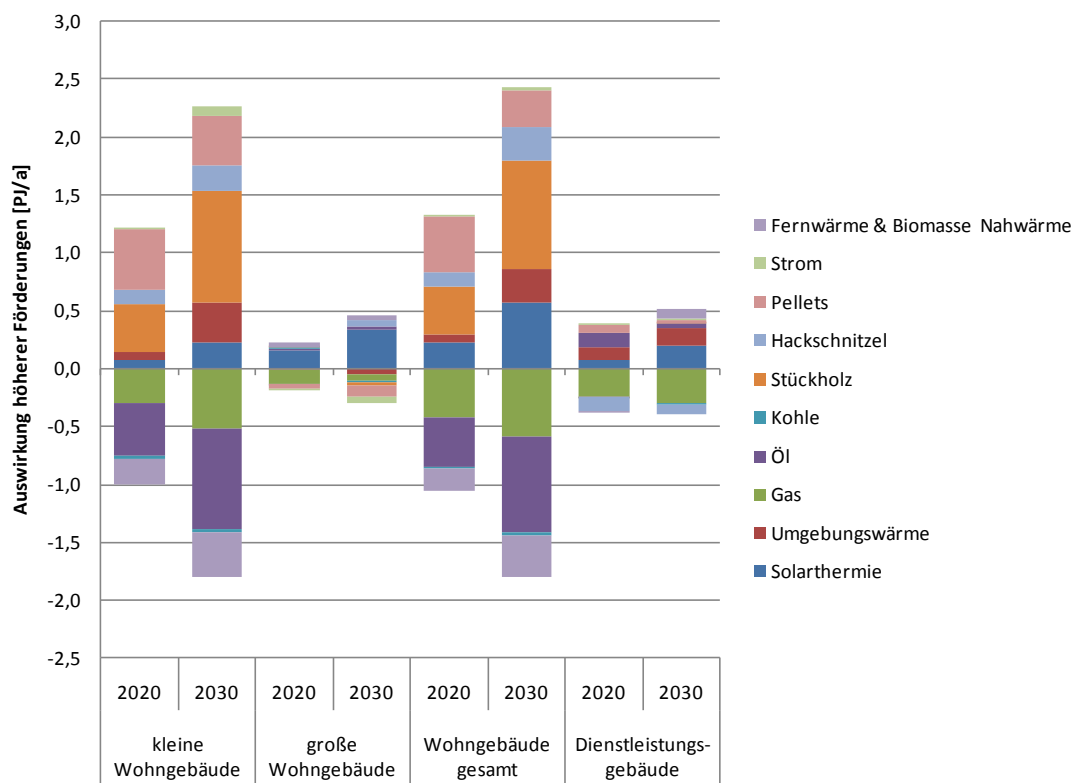


Abbildung 14: Auswirkung gesteigerter Förderhöhen um 20% im WM 2011-Szenario im Vergleich zu Referenz-Förderhöhen

Die Steigerung der Förderhöhen um 20% führt zu einem verringerten fossilen Energieeinsatz von 0,5 PJ im Jahr 2020 und 1,1 PJ im Jahr 2030. Analog zu oben ergeben sich darüber hinaus auch geringfügige Verschiebungen zwischen den verschiedenen erneuerbaren Energieträgern.

Generell ist zu betonen, dass Förderungen auch eine starke Signalwirkung besitzen. Diese wird in dem Modell zur Zeit nicht abgebildet, da keine verlässlichen Daten zur genauen Wirksamkeit dieses Effekts verfügbar sind. Es ist zu vermuten, dass diese Signalwirkung insbesondere sich auch bei der Veränderung von Förderhöhen zeigt: eine verringerte Förderung würde damit zu einer stärkeren Abschwächung des Ausbaus erneuerbarer führen, als die Modellergebnisse zeigen.

## 5 Szenario “with additional measures“: WAM 2011 Szenario

Im WAM 2011 Szenario sind auch Maßnahmen integriert, die noch nicht umgesetzt aber bereits beschlossen wurden, beziehungsweise deren Umsetzung als gesichert anzusehen ist. Es ist an dieser Stelle darauf hinzuweisen, dass das WAM 2011 Szenario bei weitem nicht alle möglichen Maßnahmen enthält. Daher ist das WAM 2011 Szenario keinesfalls als eine Obergrenze für Sanierungspotenziale oder den Einsatz an erneuerbaren Energieträgern zu interpretieren.

### 5.1 Annahmen im WAM 2011 Szenario

Im Vergleich zum WM 2011-Szenario wurden im WAM 2011-Szenario die folgenden Anpassungen durchgeführt, die im Wesentlichen auf der Energiestrategie Österreich bzw. dem Nationalen Aktionsplan für erneuerbare Energie sowie der Sanierungsoffensive der Bundesregierung basieren.

- Höhere Sanierungsraten: (Maßnahme 85, 89, 88, 12, 70, 86, Änderungen WBF, ...)
  - In der Energiestrategie wird die Zielsetzung eines Anstiegs der Sanierungsrate von 1% auf 3% in 2020 zu erreichen.
  - Im Modell ERNSTL/EE-Lab wird von umfassenden Sanierungen ausgegangen; mit den angenommenen WAM-Maßnahmen würde so ein Anstieg von derzeit etwa ~0,7% auf 1,8%p.a. in 2020 (WM: ~1,3%), und ein anschließender leichter Rückgang auf ca. 1,6% bis 2030.
  - Zur Umsetzung dieses Anstiegs würden umfangreiche zusätzliche Maßnahmen und Budgetmittel benötigt (u.a. die veranschlagten 400 Mio. Euro aus dem BMLFUW).
- Höhere Sanierungsqualitäten (~ -5 kWh/m<sup>2</sup> HWB) (Maßnahmen 88, 70, 86, Änderungen WBF, ...)

Es werden höhere Sanierungsqualitäten als im WM2011 Szenario angenommen, die zu einer zusätzlichen Reduktion des Heizwärmebedarfs von etwa 5 kWh/m<sup>2</sup>/a führen. Nach 2020 kommt es zu einer weiteren zusätzlichen Steigerung der Sanierungsqualität.
- Verbesserter Gebäudestandard im Neubau (~ -5-10 kWh/m<sup>2</sup> HWB) (Maßnahmen 85, 86, Änderungen WBF, ...)

Der verbesserte Gebäudestandard im Neubau führt zu einer Verringerung des Heizwärmebedarfs neu errichteter Gebäude zwischen 5 und 10 kWh/m<sup>2</sup>/a. Nach 2020 kommt es zu einem weiteren zusätzlich verbesserten Gebäudestandard im Neubau (gemäß Gebäuderichtlinie)
- Bei fossilen Energieträgern nur Brennwertgeräte erlaubt (Maßnahme 15)

Maßnahme 15 wird im Modell implementiert, indem neue fossile Heizkessel nur mehr als Brennwertkessel installiert werden. Ob dies in der Realität durch Zwangsmaßnahmen/Vorschriften oder andere Maßnahmen erfolgt, wird im Modell nicht näher analysiert.
- Keine IWO Förderung nach 2016

Es wird angenommen, dass die Förderung von Ölkesseln ab 2016 ausläuft, da zum Beispiel eine entsprechende Vereinbarung zwischen den Betreibern und dem BMLFUW geschlossen wird.

- Einsatzpflicht erneuerbarer im Neubau (ab 2012) und bei umfassenden Sanierungen (ab 2016) (Maßnahme Gebäuderichtlinie, Änderungen WBF)  
Ab dem Jahr 2012 gilt im Neubau eine Einsatzpflicht erneuerbarer Wärmesysteme, die einen Anteil erneuerbarer Energie am gesamten Heizenergieeinsatz vorschreibt. Ab 2016 gilt dies auch für umfassend sanierte Gebäude. Im Modell werden jene Gebäude als umfassend saniert betrachtet, die zumindest drei Gebäudeelemente thermisch sanieren. Die genaue Definition dieser Maßnahme und der betroffenen Gebäude ist entscheidend für die exakte Wirkungsweise des Instruments.
- Zusätzliche Förderungen für erneuerbare Heizungssysteme (Maßnahmen 79, 90a, 90b)  
Die Höhe der Zuschüsse wird so festgelegt, dass die Ergebnisse in etwa konsistent mit Energiestrategie bzw. Aktionsplan erneuerbare Energie ist .

Die Annahmen bezüglich der Förderungen von Heizungssystemen sind in Tabelle 5 dargestellt.

Analog zur Diskussion der Sensitivität auf die Förderhöhe (siehe 4.4) ist auch hier anzumerken, dass die Erhöhung der Förderung auch eine Signalwirkung hat, die hier nicht adäquat abgebildet werden kann. Darüber hinaus ist bei der Interpretation der Förderhöhen auch der moderate Energiepreisanstieg zu berücksichtigen: Je höher die Energiepreise, desto geringer das benötigte Förderniveau, um ein gewisses Ziel zu erreichen.

Tabelle 5: Förderzuschüsse für Heizanlagen im Szenario WAM 2011

| Heizungsart                        | Zuschuß | Maximaler Zuschuß         |
|------------------------------------|---------|---------------------------|
| Stückholzkessel                    | 35%     | 4000 €                    |
| Hackgutkessel                      | 38%     | 10000 €                   |
| Pelletsessel                       | 38%     | 6000 €                    |
| Fernwärme                          | 15%     | -                         |
| Biomasse Nahwärme                  | 23%     | -                         |
| Wärmepumpe                         | 20-40%  | 2000 – 8000 €             |
| Solartherm. Warmwasseraufbereitung | 30%     | 3500 € (max. 2000 € / WE) |
| Solartherm. Kombianlagen           | 38%     | 5000 €                    |

Für thermischen Sanierungsmaßnahmen, die die Gebäudehülle umfassen, führen zu folgender Verbesserung der U-Werte:

Tabelle 6: Verbesserung der U-Werte nach Sanierung verschiedener Gebäudeelemente in verschiedenen Gebäudeklassen

| Verbesserung der U-Werte bei Renovierung |             | Oberste<br>Geschoß-<br>decke | Fassade              | Fenster              | Keller               |
|------------------------------------------|-------------|------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| <i>Szenario WAM 2011</i>                 | Baujahr     | [W/m <sup>2</sup> K]         | [W/m <sup>2</sup> K] | [W/m <sup>2</sup> K] | [W/m <sup>2</sup> K] |
| Wohngebäude                              | 1890 - 1919 | 0,2 - 0,8                    | 0,1 - 0,5            | 0,8 - 2,2            | 0,2 - 0,9            |
|                                          | 1919 - 1944 | 0,1 - 1,0                    | 0,1 - 0,7            | 0,8 - 2,3            | 0,2 - 0,8            |
|                                          | 1945 - 1960 | 0,1 - 1,0                    | 0,2 - 1,1            | 0,7 - 2,4            | 0,6 - 0,8            |
|                                          | 1961 - 1970 | 0,1 - 1,0                    | 0,2 - 1,0            | 0,8 - 2,1            | 0,6 - 0,8            |
|                                          | 1971 - 1980 | 0,1 - 0,2                    | 0,3 - 0,5            | 1,1 - 1,3            | 0,4 - 0,6            |
|                                          | 1981 - 1990 | 0,1 - 0,2                    | 0,3 - 0,4            | 1,0 - 1,2            | 0,2 - 0,4            |
|                                          | 1991 - 2006 | 0,0 - 0,1                    | 0,1 - 0,3            | 0,8 - 1,0            | 0,2 - 0,3            |
| Dienstleistungsgebäude                   | 1940 - 2006 | 0,3 - 1,0                    | 0,4 - 1,1            | 0,5 - 2,4            | 0,4 - 0,8            |

## Klimatisierung

In der OIB Richtlinie 6 sowie in der europäischen Gebäuderichtlinie ist verankert, dass neue Gebäude keinen Kühlbedarf – der nicht durch passive Maßnahmen gedeckt wird – aufweisen dürfen<sup>6</sup>. Des Weiteren sieht die EU Gebäuderichtlinie vor, dass bei Klimaanlage mit einer Nennleistung von mehr als 12 kW in regelmäßigen Zeiträumen Inspektionen durchzuführen sind. Diese Vorgaben stellen einen wichtigen Grundstein für die Eindämmung des Energieeinsatzes für Raumklimatisierung dar.

Die Entwicklung des Energiebedarfes für diese Verbraucherklasse ist jedoch ganz wesentlich vom zukünftigen Klimatisierungsgrad (Anteil der Gebäude die klimatisiert werden) des bereits bestehenden Gebäudebestandes abhängig und ist mit großen Unsicherheiten behaftet. Wie im Kapitel 4 aufgezeigt wurde, existieren einerseits nur wenige fundierte Studien, die diesem Thema gewidmet sind. Andererseits ist der Energiebedarf für die Raumklimatisierung im Vergleich zum Energiebedarf zur Raumwärmebereitstellung gering. Deshalb wird im WAM Szenario vom selben Aufwand wie im WM Szenario ausgegangen.

## Energiepreise, CO<sub>2</sub>-Zertifikate und Pelletspotenziale

Die den Berechnungen zugrunde liegenden Primärenergiepreise wurden im WAM Szenario gegenüber dem WM Szenario nicht verändert. Bei der hier betrachteten Energieverbrauchergruppe handelt es sich um kleine Emittenten, daher hat der CO<sub>2</sub>-Preis lediglich auf die Strom- und Fernwärmepreise einen Einfluss. Der dadurch induzierte Anstieg auf den Fernwärme und Strompreis (+8% im Jahr 2020) wurde vernachlässigt. Die Pelletspotenziale wurden gegenüber dem WM Szenario nicht verändert.

<sup>6</sup> Siehe dazu auch: Energieeffizienzaktionsplan der Republik Österreich, Maßnahmen: pWs\_01\_03

## 5.2 Ergebnisse des WAM 2011 Szenarios

Abbildung 15 zeigt die Entwicklung des Energieverbrauches im WAM 2011 Szenario aufgeschlüsselt nach Energieträgern.

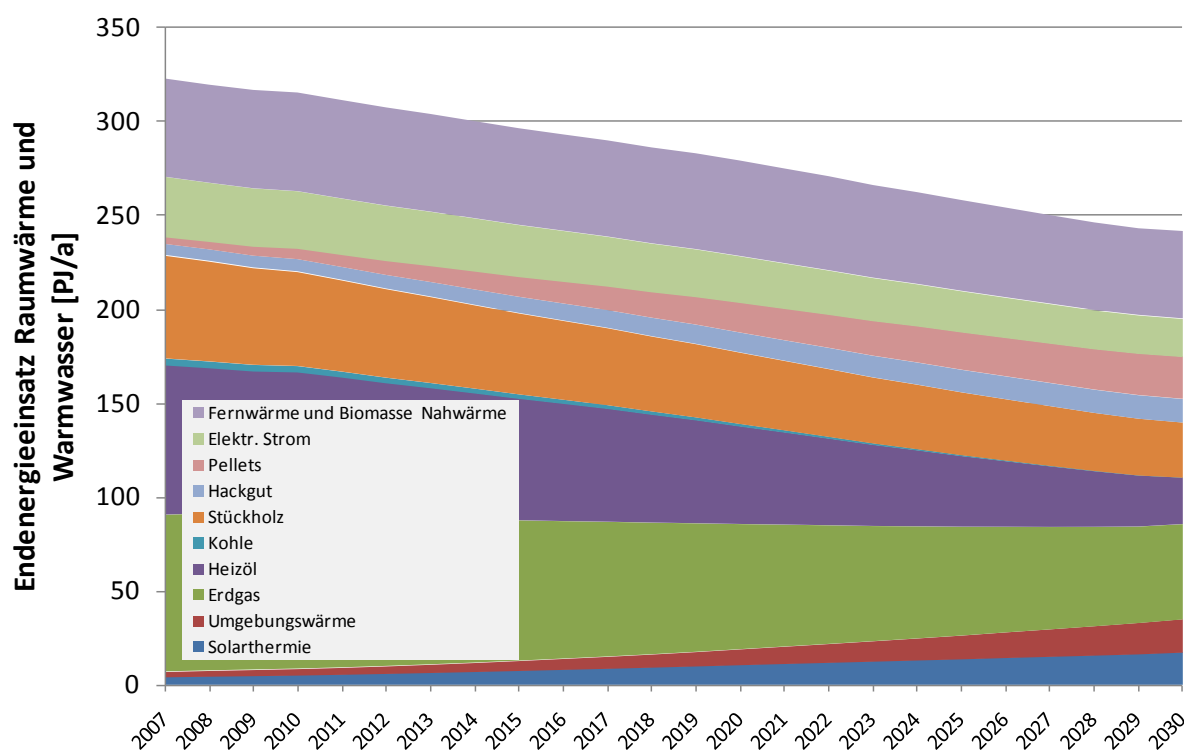


Abbildung 15: Energieeinsatz für Raumwärme und Warmwasserbereitstellung im WAM 2011 Szenario

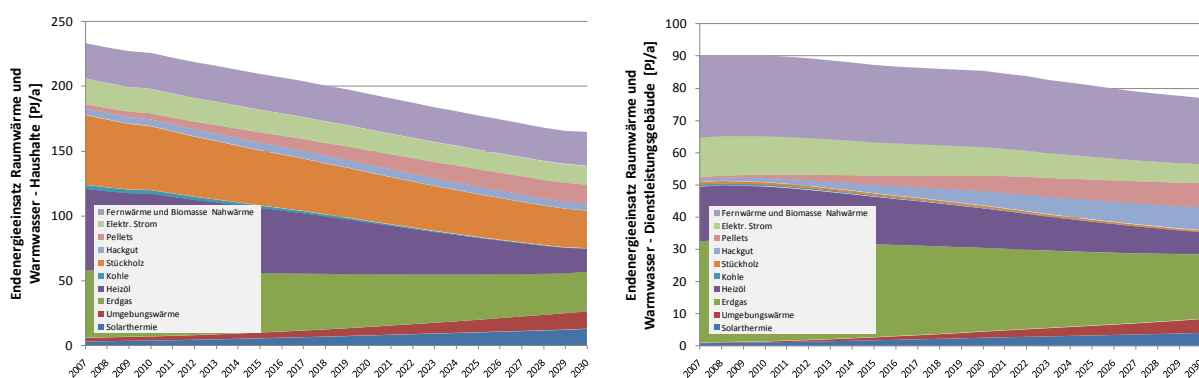


Abbildung 16: Energieeinsatz für Raumwärme und Warmwasserbereitstellung im WAM 2011 Szenario nach den Gebäudetypen: Wohngebäude sowie private und öffentliche Dienstleistungsgebäude

- Ausgelöst durch die zusätzlichen Maßnahmen zur Aktivierung thermischer Gebäudesanierung sinkt der gesamte Energieverbrauch um im WAM2011 – Szenario gegenüber dem WM2011-Szenario um 7,8 PJ (2020) und 18 PJ (2030).
- Die Förderung erneuerbarer Heiz- und Warmwassersysteme führt zu einem entsprechenden Ausbau, der sich in absolut steigendem Energieeinsatz, und noch stärker steigenden Marktanteilen bemerkbar macht. Der Anteil Erneuerbarer und Fernwärme am gesamten Endenergieeinsatz steigt von 44% (WM2011) auf über 48% (WAM2011) im Jahr 2020 und von 55% (WM2011) auf 63% (WAM2011) im Jahr 2030.

Vor allem die Einsatzpflicht erneuerbarer Energie wirkt effektiv, aber mit einer starken Verzögerung, sodass sich erst nach 2020 eine signifikante Wirkung dieses Instruments einstellt. Beide Effekte bewirken einen sinkenden Endenergieeinsatz von fossilen Energieträgern. Gegenüber dem WM-2011 Szenario (173 PJ 2020 und 127 PJ 2030) reduziert sich der Verbrauch im WAM-2011 Szenario auf etwa 157 PJ (2020) und 99 PJ (2030).

### Sanierungs- und Kesseltauschraten

Ausgehend von einer derzeitigen Kesseltauschraten von etwa 1,5% steigt diese bis 2020 auf etwa 3,6% und bis 2030 auf gut 4% p.a. an. Die in Abbildung 17 dargestellten Sanierungsraten beziehen sich auf Maßnahmenbündel, die einer umfassenden Sanierung entsprechen, und liegen daher unter den üblicherweise kolportierten Zahlen (etwa 1% p.a.). Diese beziehen sich allein auf die Anzahl der Gebäude bei denen Maßnahmen vorgenommen werden, berücksichtigen aber den Renovierungsgrad nicht. Im WAM 2011 Szenario steigen die Sanierungen, in umfassenden Sanierungsäquivalenten ausgedrückt, von etwa 0,6% p.a. auf 1,8% (2020) bzw. 1,6% (2030) bei Wohngebäuden und auf 1,1% (2020) bzw. 1,3% (2030) bei Dienstleistungsgebäuden an.

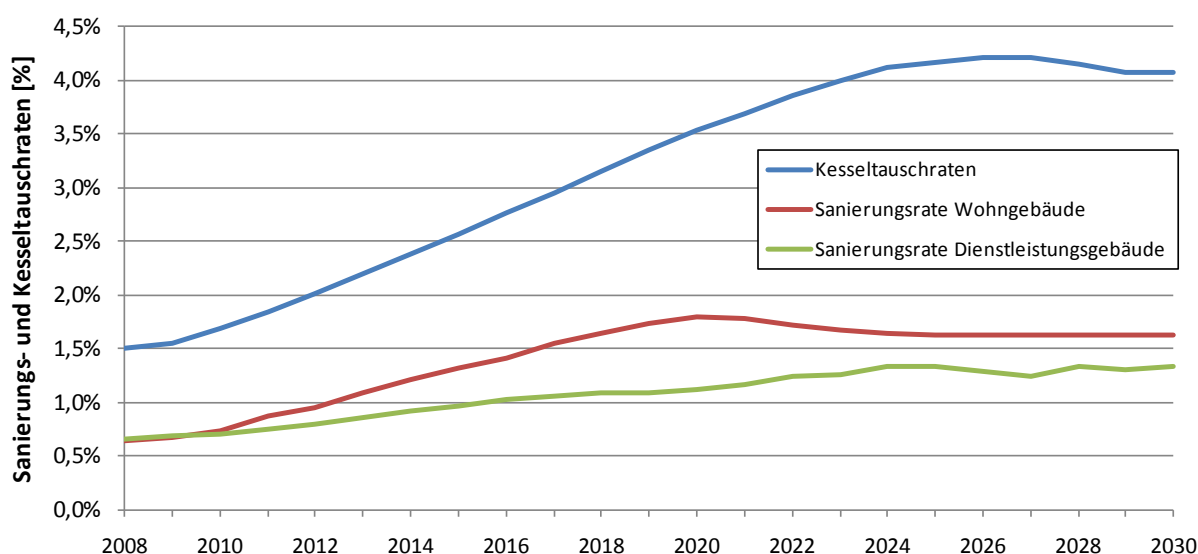


Abbildung 17: Sanierungs- und Kesseltauschraten im WAM 2011-Szenario



### 5.3 Das Szenario „WAM sens 2011“

In diesem Szenario wurden gegenüber dem oben dargestellten WAM 2011 Szenario die folgenden Änderungen vorgenommen. Diese entsprechen den Änderungen von WM 2011 auf WM sens 2011:

- Energiepreise
  - Der Rohölpreis steigt im Szenario WM sens 2011 in etwas geringerem Ausmaß.
  - Kohle und Gaspreise (Großhandel) steigen um die selben %-Sätze wie der Rohölpreis.
  - Die Umrechnung in Endverbraucherpreise erfolgt analog zu WM, woraus die Endverbraucherpreise gemäß Abbildung 7 resultieren.
- Geringeres Wirtschaftswachstum: Während im Szenario WM 2011 eine mittlere jährliche Wachstumsrate von 2,08% unterstellt wurde, liegt diese im Szenario WM sens 2011 bei 1,51%.
  - Das geringere Wirtschaftswachstum bewirkt eine entsprechende Reduktion der Haushaltseinkommen, die sich in leicht reduzierten Service-Faktoren (d.h. verringertem Energiebedarf aufgrund der unterstellten Budgetrestriktion) niederschlagen.
  - Das niedrigere Wirtschaftswachstum bewirkt im Dienstleistungsbereich einen geringeren Anstieg der Gebäudeanzahl und verringert damit den Wärme- und Klimatisierungsbedarf.

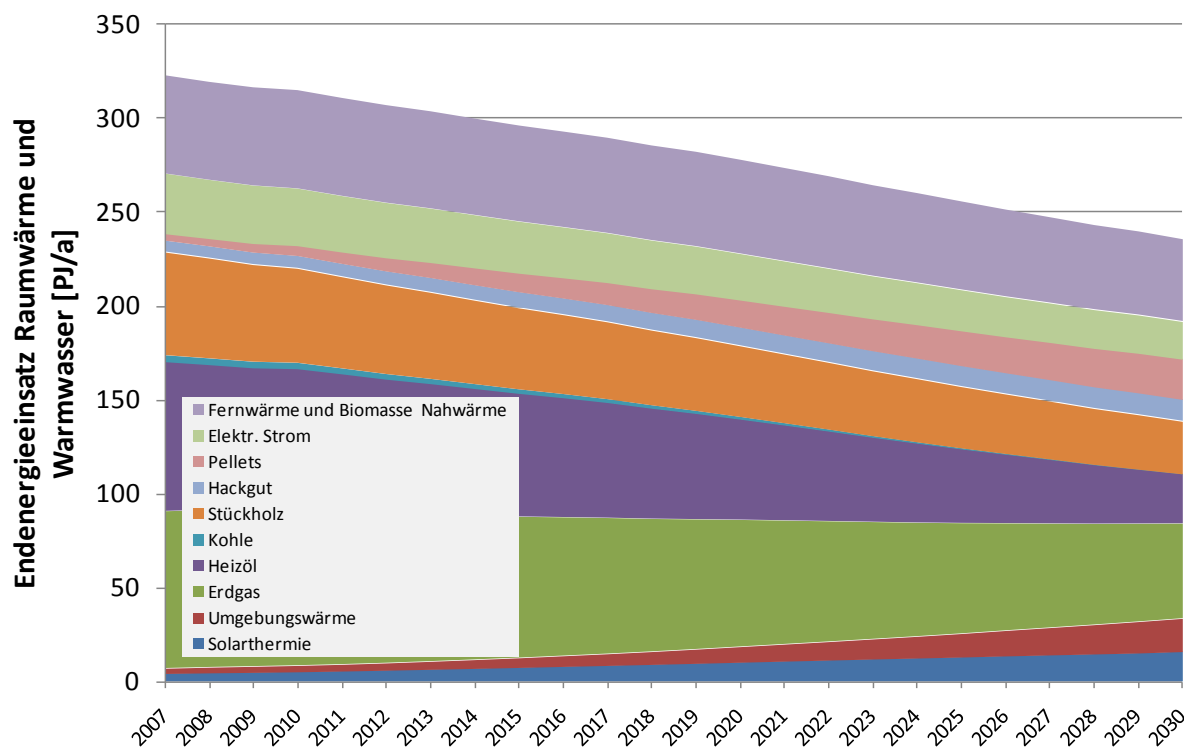


Abbildung 18: Energieeinsatz für Raumwärme und Warmwasserbereitstellung im Szenario WAM-sens 2011 nach Energieträgern

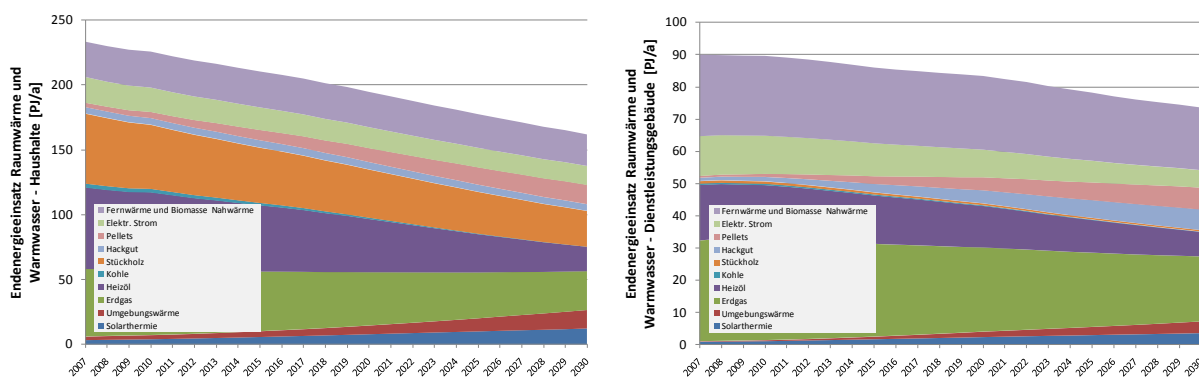


Abbildung 19: Energieeinsatz für Raumwärme und Warmwasserbereitstellung im WAM-sens 2011 Szenario nach den Gebäudetypen: Wohngebäude sowie private und öffentliche Dienstleistungsgebäude

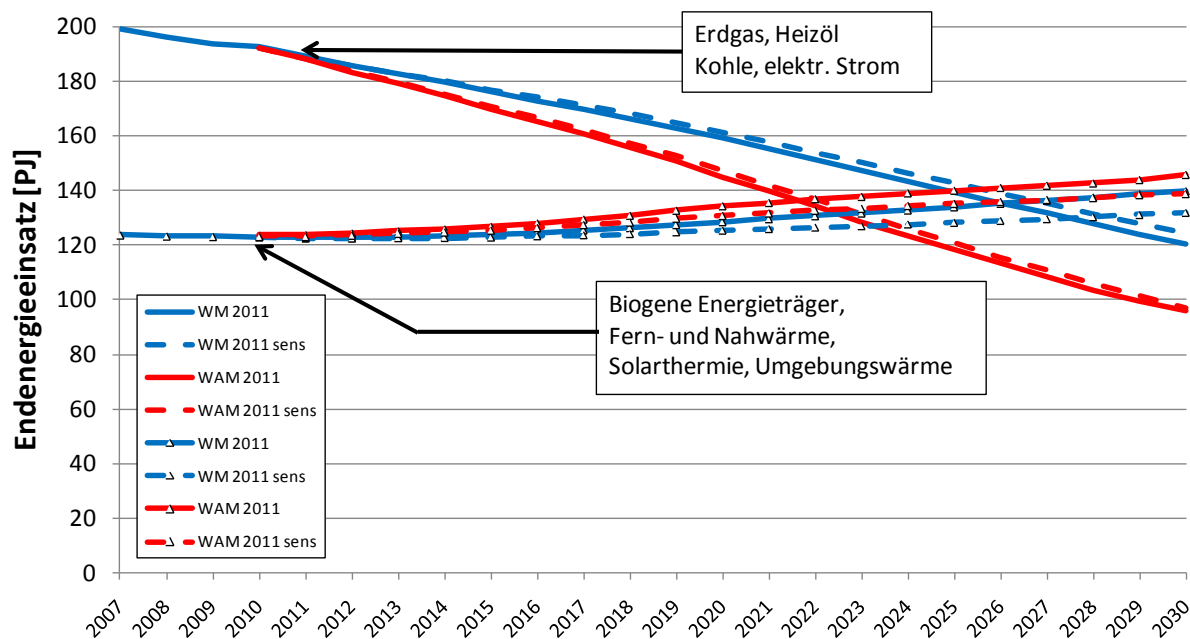


Abbildung 20: Entwicklung des Endenergiebedarfs für Raumwärme und Warmwasser in den Szenarien „With measures“ (WM 2011), WM sens 2011, „With additional measures“ (WAM 2011) und WAM sens 2011

Die Gegenüberstellung der Ergebnisse aller vier Szenarien (WM 2011, WM sens 2011, WAM 2011, WAM sens 2011) zeigt die Effekte der verstärkten Reduktion des Einsatzes fossiler Energieträger in den WAM-Szenarien, die mit einem Ausbau der Erneuerbaren einhergehen. Da der gesamte Energiebedarf in den WAM-Szenarien sinkt, ist der Ausbau erneuerbarer schwächer als die Reduktion fossiler Energieträger. Die „sens“-Szenarien zeigen eine leicht höhere Nachfrage nach fossilen (aufgrund des geringeren Ölpreises) und einen geringeren Ausbau erneuerbarer (aufgrund des geringeren Ölpreises und des geringeren Wirtschaftswachstums, das sich v.a. im Dienstleistungssektor bemerkbar macht).

#### 5.4 Das Szenario „WAM 2011“ mit CO<sub>2</sub>-Steuer

In diesem Abschnitt wird dargestellt, welche Auswirkungen eine geringe CO<sub>2</sub>-Steuer in der Höhe von 10€/t CO<sub>2</sub> zur Gegenfinanzierung der implementierten Maßnahmen auf die Ergebnisse des WAM 2011-Szenarios hätte. Diese Steuer wird ab dem Jahr 2013 implementiert.

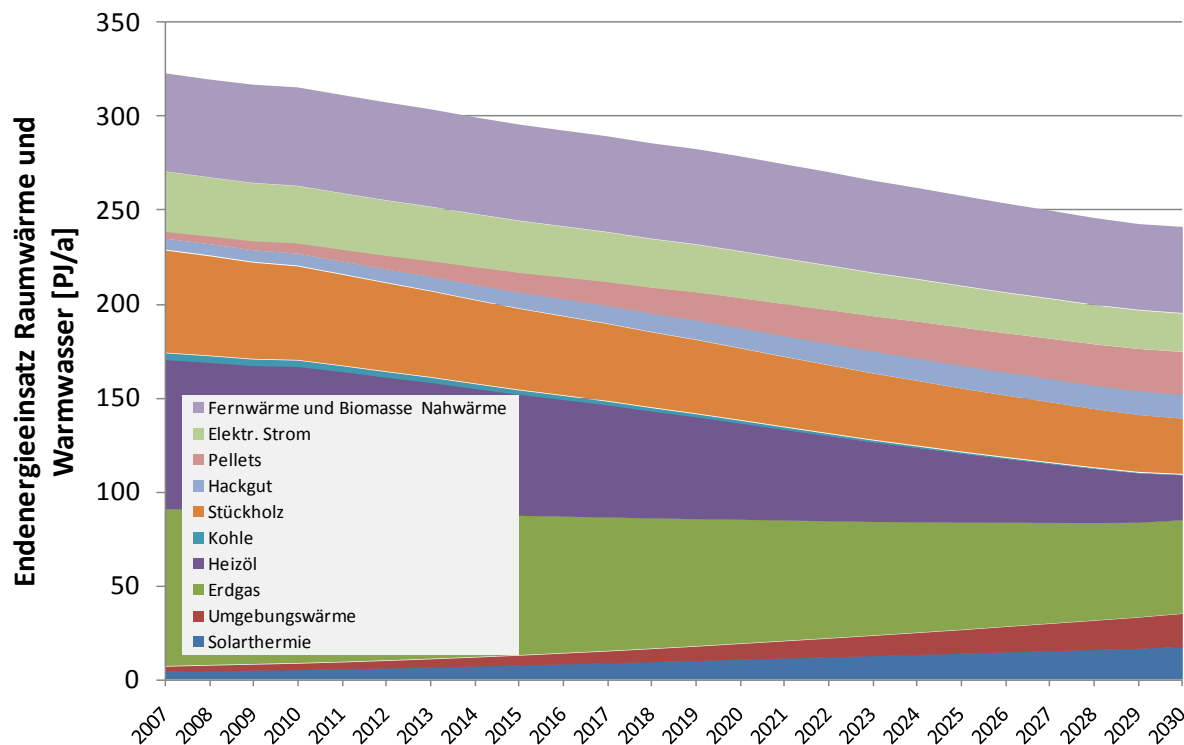


Abbildung 21: Energieeinsatz für Raumwärme und Warmwasserbereitstellung im Szenario WAM 2011 mit CO<sub>2</sub>-Steuer nach Energieträgern

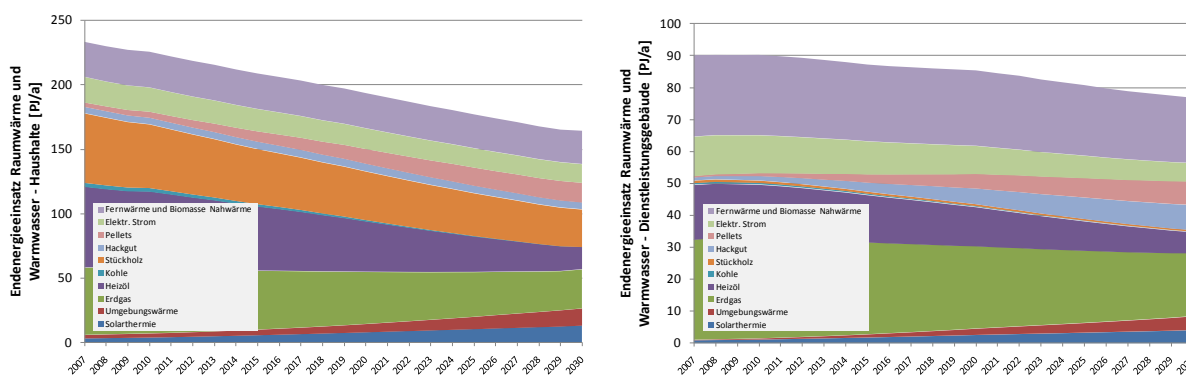


Abbildung 22: Energieeinsatz für Raumwärme und Warmwasserbereitstellung im Szenario WAM 2011 mit CO<sub>2</sub>-Steuer nach den Gebäudetypen: Wohngebäude sowie private und öffentliche Dienstleistungsgebäude

Mit einer geringeren Höhe von 10€/t hat die CO<sub>2</sub>-Steuer praktisch keine lenkende Wirkung sondern dient in erster Linie zur teilweisen Finanzierung der Fördermaßnahmen. Das Steueraufkommen sinkt von etwa 140 M€ im Jahr der Einführung (2013) auf unter 120 M€ im Jahr 2020 und etwa 80 M€ im Jahr 2030. Damit kann bei weitem nicht der gesamte Förderbedarf für erneuerbare Energie und thermische Sanierung im Gebäudebereich gedeckt werden.

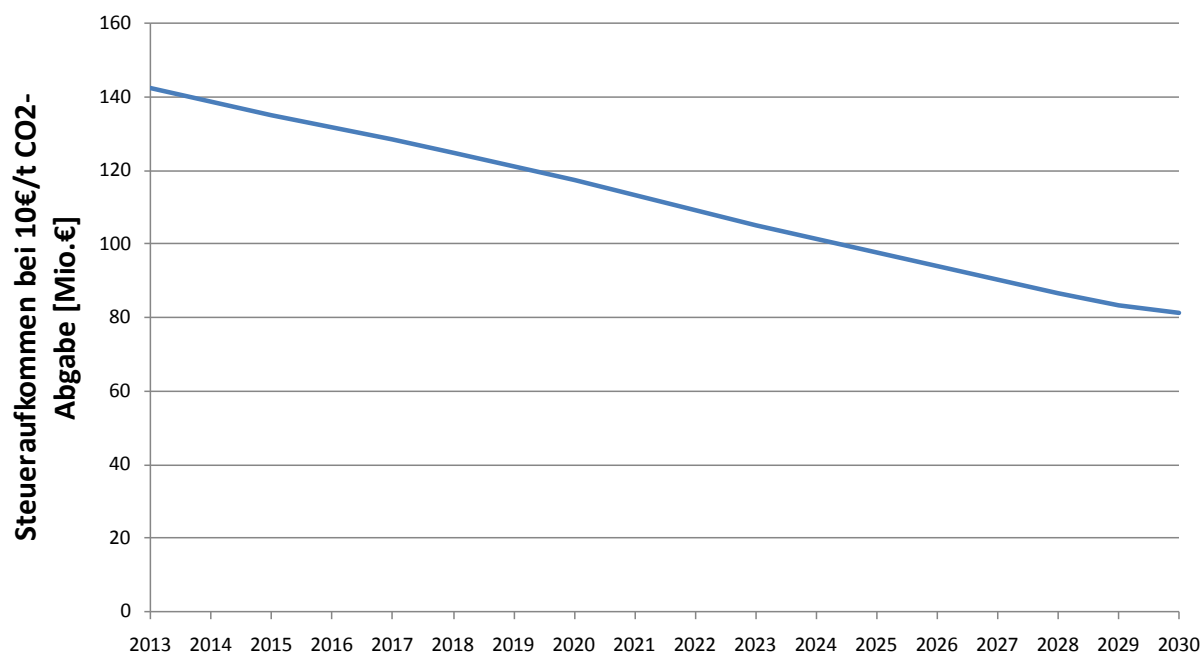


Abbildung 23. Steueraufkommen aus einer CO<sub>2</sub>-Steuer von 10€/t aus dem Raumwärme- und Warmwasser-Sektor

Die Auswirkungen der CO<sub>2</sub>-Steuer auf den Stromeinsatz für Kühlen wurden im Rahmen dieses Projekts nicht ermittelt.

## 6 Quantifizierung der Maßnahmenwirkungsfelder im WM 2011 Szenario

Um die Auswirkungen der unterschiedlichen Maßnahmenwirkungsfelder im WM-Szenario zu bestimmen, wurden die folgenden Wirkungsfelder definiert und deren Wirkungen anhand eines jeweils fiktiven Referenz-Szenarios quantifiziert:

- Neubau
- Gebäudesanierung
- Kesseltausch

Die Ergebnisse werden jeweils getrennt für kleine und große Wohngebäude, Wohngebäude gesamt sowie Dienstleistungsgebäude dargestellt.

Es wird darauf hingewiesen, dass die für die Quantifizierung der Veränderung der einzelnen Wirkungsfelder benötigten Referenzszenarien kein neues WM Szenario ohne die Maßnahmen des jeweiligen Maßnahmenbündels darstellen. Das heißt, dass die fiktiven Referenz-Szenarien nicht als WOM (without measure) Szenarien verstanden werden sollten, da immer nur einzelne Wirkungsfelder „eingefroren“ wurden. Wechselwirkungen zwischen Wirkungsfeldern werden dabei berücksichtigt, da methodisch richtig konsistente Szenarien verglichen werden.

Im Anhang sind die Auswirkungen tabellarisch dargestellt.

### 6.1 Maßnahmenwirkungsfeld effizienter Neubau

Untersucht wurden die Auswirkungen der im Vergleich zum Bestand höheren thermischen Qualität des Neubaus sowie der im Neubau eingesetzten erneuerbaren Energieträger.

Zu diesem Zweck wurde ein fiktives Referenzszenario entworfen, mit den folgenden Charakteristika:

- Neubau-Qualität auf Stand 1990-2000 festgehalten bis 2030
- Keine Förderungen für erneuerbare Energieträger im Neubau
- Keine Präferenzen für erneuerbare Technologien im Neubau

Die Maßnahmen im Neubaubereich führen zu einer Reduktion des Energiebedarfes um 5,9 PJ bis 2020 und um 8,6 PJ bis 2030. Gegenüber einem Szenario ohne Maßnahmen sinkt der Einsatz von Öl, Kohle, Gas und Strom um 5,3 PJ (2020) bzw. 7,6 PJ (2030). Abbildung 24 zeigt die Auswirkungen aufgeschlüsselt nach den Gebäudegruppen: kleine und große Wohngebäude sowie Nicht-Wohngebäude.

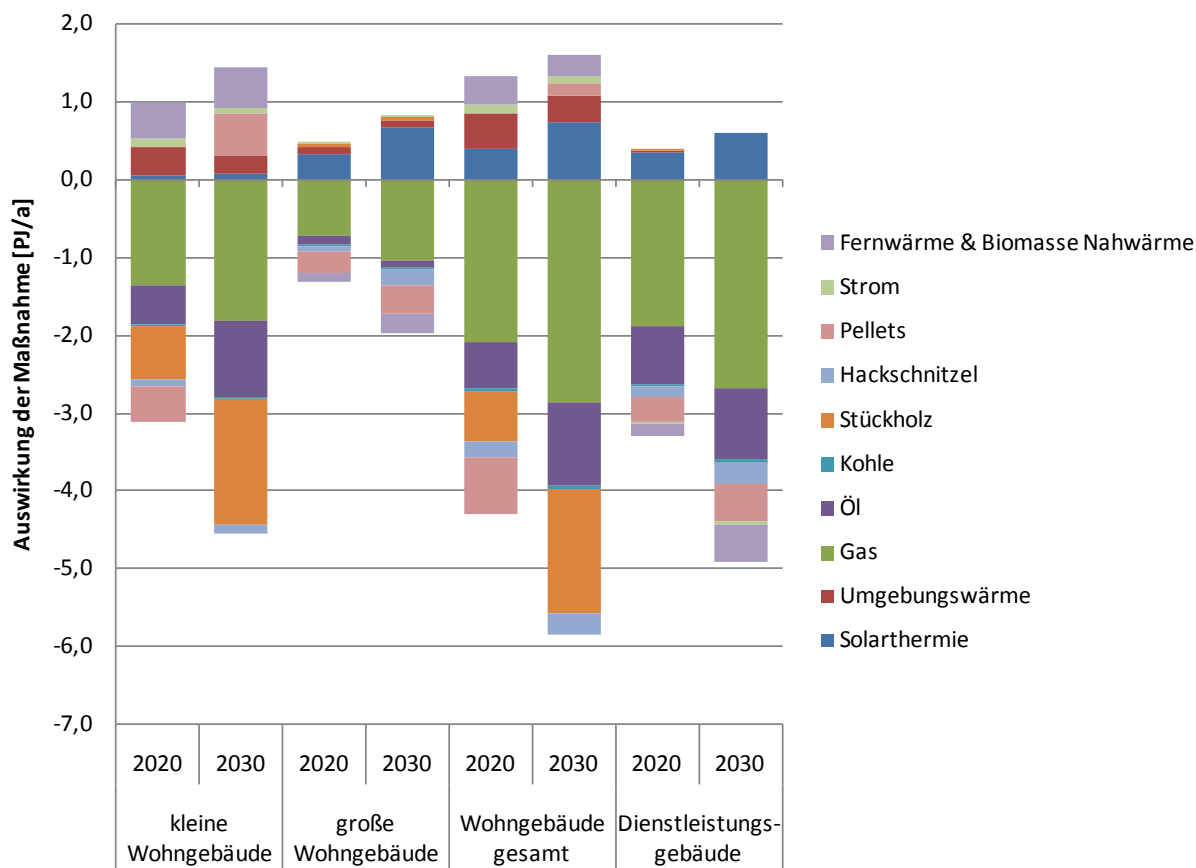


Abbildung 24: Quantifizierung des Maßnahmenwirkungsfelds effizienter Neubau

## 6.2 Maßnahmenwirkungsfeld: Gebäudesanierung thermisch

Dieses Wirkungsfeld untersucht die Auswirkungen der forcierten, thermischen Gebäudesanierung. Als fiktives Referenzszenario ohne Maßnahmen wurde ein Szenario herangezogen, in dem die Gebäudesanierungen keinerlei thermische Auswirkungen haben.

Die Maßnahmen zur thermischen Gebäudesanierung führen demnach zu einer energetischen Einsparung von 21 PJ im Jahr 2020 und 37 PJ im Jahr 2030. Erneuerbare Energieträger und Fernwärme werden im Ausmaß von 9,6 PJ (2020) bzw. 20,4 PJ (2030) eingespart. Der Einsatz von Erdgas, Heizöl, Kohle und Strom reduziert sich um 11,1 PJ (2020) und 16,8 PJ (2030) (siehe Abbildung 25).

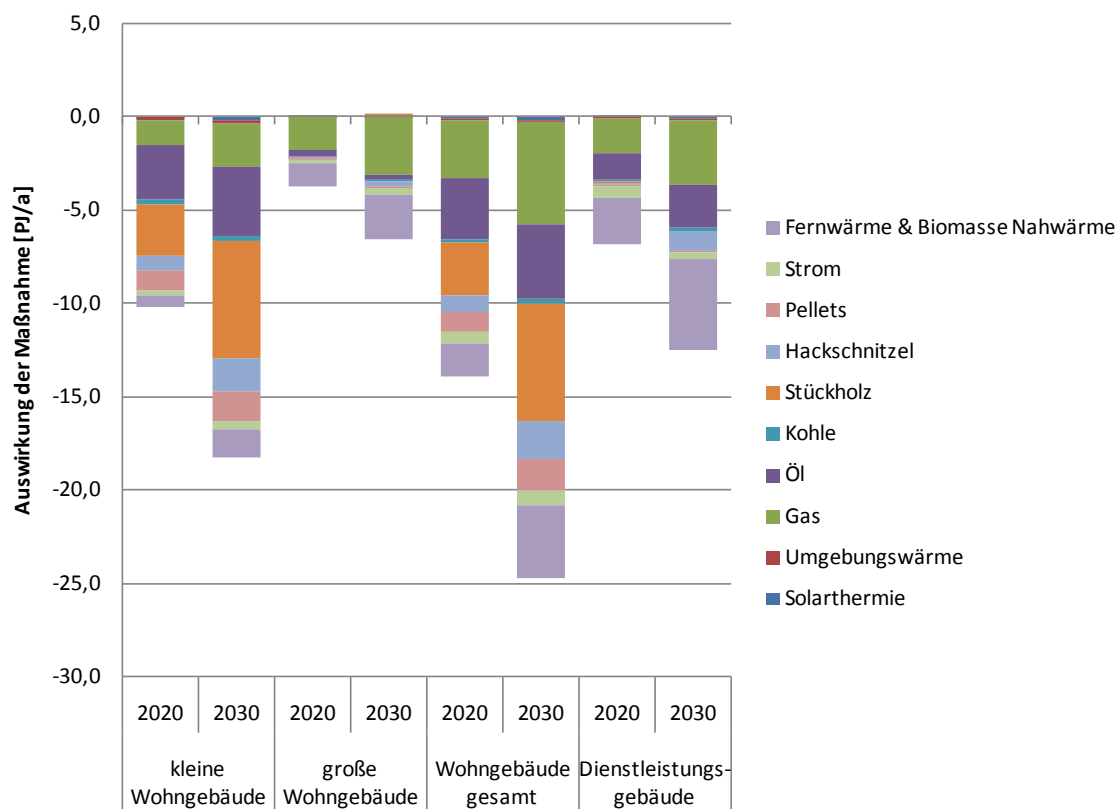


Abbildung 25: Quantifizierung des Maßnahmenwirkungsfelds „thermische Gebäudesanierung“

### 6.3 Maßnahmenwirkungsfeld: Heizsystemerneuerung

Dieses Wirkungsfeld untersucht die Auswirkungen der Erneuerung von Heizsystemen im WM-Szenario gegenüber einem fiktiven Szenario ohne Erneuerung. Im Szenario ohne Maßnahmen werden keinerlei Aktivitäten zum Heizsystemtausch durchgeführt, was durch eine fiktive Lebensdauer der Anlagen von 150 Jahren implementiert wurde. Die im Referenzszenario beim Heizkesseltausch angesetzte Lebensdauer von 150 Jahren anstatt unendlicher Lebensdauer ist aus modelltechnischen Gründen notwendig um die Kesseltauschrates näherungsweise gegen Null gehen zu lassen.

Durch die Erneuerung von Heizsystemen (und der damit verbundenen höheren Effizienz sowie dem Trend zu erneuerbaren Systemen der Anlagen) ergibt sich im Jahr 2020 eine energetische Einsparung von 4,4 PJ und von 9,3 PJ im Jahr 2030. Erdgas, Heizöl, Kohle und elektr. Strom werden im Ausmaß von 15,4 PJ (2020) bzw. 35,5 (2030) eingespart. Der Einsatz von Stückholz reduziert sich durch die gesetzten Aktivitäten um 6,3 PJ (2020) bzw. 7,6 PJ (2030). Dem steht ein Anstieg der verbleibenden Energieträger um 17,3 PJ (2020) und 33,4 PJ (2030) gegenüber (siehe Abbildung 26). Darüber hinaus sinkt Umgebungswärme bis 2020 leicht, weil durch thermische Sanierungsmaßnahmen der gesamte Energiebedarf der mit Wärmepumpen beheizten Gebäude sinkt.



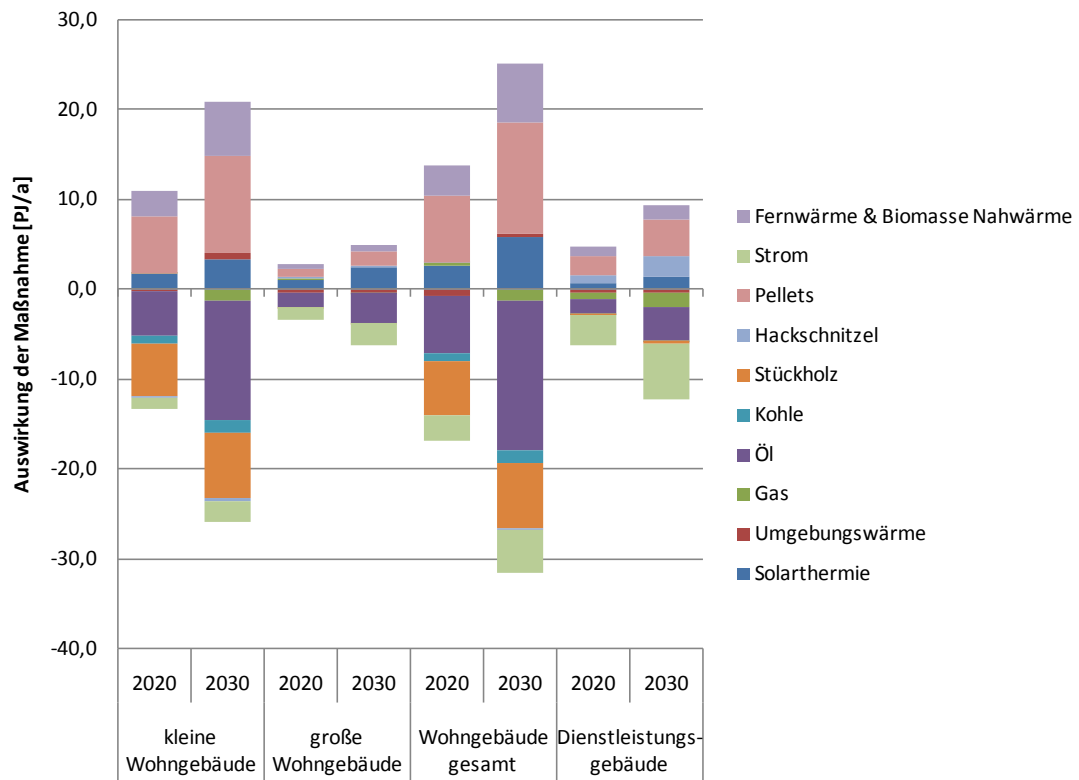


Abbildung 26: Quantifizierung des Maßnahmenwirkungsfeld „Heizsystemerneuerung“

## 7 Literaturverzeichnis

Adnot et al., 2002, "Energy Efficiency and Certification of Central Air Conditioners (EECCAC)", Endbericht zum gleichnamigem Projekt für die Europäische Generaldirektion Verkehr und Energie (DGTREN) der Europäischen Kommission.

Blümel E., Sumann M., Fink F., Heimrath R., Puschnig P., 2002. „COOLSAN, Kältetechnische Sanierungskonzepte für Büro- und Verwaltungsgebäude“, Endbericht zum gleichnamigen Projekt in der Forschungsausschreibung „Haus der Zukunft“ im Auftrag des BMVIT, AEE INTEC, Institut für Nachhaltige Technologien, Gleisdorf.

BMLFUW 2007, „Treibhausgas-Emissionsreduktionen durch Wohnbauförderung (2005-2006)“, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.

[https://www.bmf.gv.at/Budget/Finanzbeziehungenzu\\_658/UnterlagenzumFinanz\\_5364/Klimabericht.pdf](https://www.bmf.gv.at/Budget/Finanzbeziehungenzu_658/UnterlagenzumFinanz_5364/Klimabericht.pdf)

BMLFUW, 2002-2007, Berichte: „Umweltförderungen des Bundes“ 2002-2007, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.

Dalin, P., Nilsson Joakim, Rubenhag, A., 2006. „ECOHEATCOOL, Work package 2 The European Cold Market“, Endbericht zum Arbeitspakt 2 des gleichnamigen EU-Projektes (Intelligent Energy). <http://www.euroheat.org/ecoheatcool/>

e7 Energie Markt Analyse GmbH, 2008. Fernwärme- und Fernkältepotenzial in Österreich, in Forum Gas, Wasser, Wärme, Fachverband Gas Wärme, 6/2008. [http://www.ovgw.at/de/ufile/6/2106/forum\\_06\\_2008.pdf](http://www.ovgw.at/de/ufile/6/2106/forum_06_2008.pdf)

Haas R., Biermayr P., Kranzl L., Müller A., Schriefl E., 2007, „Wärme und Kälte aus Erneuerbaren 2030“, Studie für den Dachverband Energie-Klima, Maschinen und Metallwaren Industrie und die Wirtschaftskammer Österreich, Abteilung Umwelt- und Energiepolitik, Wien.

Haas, R., Müller, A. & Kranzl, L., 2009. Energieszenarien bis 2020: Wärmebedarf der Kleinverbraucher. Ein Projekt im Rahmen der Erstellung von energiewirtschaftlichen Input-parametern und Szenarien zur Erfüllung der Berichtspflichten des Monitoring Mechanisms. Im Auftrag der Umweltbundesamt GmbH, Wien.

Jauschnegg, H., 2007, „Energetische Biomassenutzung in Österreich. Chance für Land-und Forstwirtschaft vs. Konkurrenz zur stofflichen Nutzung“, [http://www.eeg.tuwien.ac.at/events/egs/pdf/egs070522\\_jauschnegg.pdf](http://www.eeg.tuwien.ac.at/events/egs/pdf/egs070522_jauschnegg.pdf)

L. Kranzl, Reinhard Haas, Gerald Kalt, Andreas Müller, Nebojsa Nakicenovic, Christian Redl, Herbert Formayer, Patrick Haas, Manfred-Josef Lexer, Rupert Seidl, Stefan Schörghuber, Hans-Peter Nachtnebel, Phillip S, Ableitung von prioritären Maßnahmen zur Adaption des Energiesystems an den Klimawandel, Bericht im Rahmen des Programms Energie der Zukunft, 2010.

Proidl, H., 2006, „Daten über erneuerbare Energieträger in Österreich, Stand August 2006“, Austrian Energy Agency.

[http://www.energyagency.at/\(de,publ\)/publ/pdf/res\\_dat06.pdf](http://www.energyagency.at/(de,publ)/publ/pdf/res_dat06.pdf)

Statistik Austria, 2007, „Energiebilanzen Österreich 1970 - 2006“, Statistik Austria, 2007.

Statistik Austria, 2008, „Energiebilanzen Österreich 1970 - 2007“

Statistik Austria, 2010, „Energiebilanzen Österreich 1970 - 2009“

Statistik Austria, 2004, „Gebäude- und Wohnungszählung 2001“; Statistik Austria, 2006, „Wohnungen 2005“; Statistik Austria, 2004, „Arbeitsstättenzählung 2001“.

Windisch, P., 2005, „Prognose für Österreich, Teil II: Haushalte und Wohnbautätigkeit, regionale Trends bis 2031“, Österr. Sparkassenverband.

[https://www.sparkasse.at/sPortal/sparkasseat\\_de\\_0008\\_ACTIVE/Downloads/Branchen/Studie\\_WBF\\_2031.pdf](https://www.sparkasse.at/sPortal/sparkasseat_de_0008_ACTIVE/Downloads/Branchen/Studie_WBF_2031.pdf)

Zoll, R., 2010. Szenarien zur Entwicklung der Gebäudeklimatisierung in Österreich,

## A Anhang

### A.1 WM Szenario: Sensitivitätsanalysen

Die nachfolgenden Tabellen zeigen den Endenergieeinsatz 2020 und 2030 für die durchgeführten Sensitivitätsanalysen und Robustheitsszenarien.

Tabelle 7: WM Sensitivitätsszenario Energiepreise konstant: Abweichung des Endenergieverbrauchs in 2020 und 2030 gegenüber dem WM Szenario (PJ)

|                               | kleine<br>Wohngebäude |      | große<br>Wohngebäude |      | Wohngebäude<br>gesamt |      | Dienstleistungs-<br>gebäude |      |
|-------------------------------|-----------------------|------|----------------------|------|-----------------------|------|-----------------------------|------|
|                               | 2020                  | 2030 | 2020                 | 2030 | 2020                  | 2030 | 2020                        | 2030 |
| Solarthermie                  | -0.1                  | -0.4 | -0.1                 | -0.6 | -0.2                  | -0.9 | -0.1                        | -0.2 |
| Umgebungswärme                | -0.1                  | -1.5 | 0.0                  | -0.2 | -0.1                  | -1.7 | 0.0                         | -0.4 |
| Gas                           | 0.7                   | 2.3  | 0.6                  | 1.2  | 1.3                   | 3.6  | 0.2                         | 1.1  |
| Öl                            | 2.6                   | 7.9  | 0.2                  | 0.7  | 2.8                   | 8.6  | 0.7                         | 2.1  |
| Kohle                         | 0.1                   | 0.2  | 0.0                  | 0.1  | 0.1                   | 0.3  | 0.0                         | 0.1  |
| Stückholz                     | -0.2                  | -2.0 | 0.0                  | 0.0  | -0.2                  | -2.1 | 0.0                         | -0.1 |
| Hackschnitzel                 | -0.1                  | -0.5 | 0.0                  | 0.0  | -0.1                  | -0.5 | -0.3                        | -1.2 |
| Pellets                       | -0.4                  | -1.7 | -0.1                 | -0.1 | -0.5                  | -1.8 | -0.3                        | -0.7 |
| Strom                         | 0.0                   | -0.6 | 0.0                  | -0.1 | 0.0                   | -0.7 | 0.0                         | -0.2 |
| Fernwärme & Biomasse Nahwärme | -0.2                  | -0.9 | 0.1                  | -0.1 | -0.1                  | -0.9 | -0.3                        | -0.8 |

Tabelle 8: WM Sensitivitätsszenario Verdopplung der Energiepreissteigerung: Abweichung des Endenergieverbrauchs in 2020 und 2030 gegenüber dem WM Szenario (PJ)

|                               | kleine<br>Wohngebäude |      | große<br>Wohngebäude |      | Wohngebäude<br>gesamt |      | Dienstleistungs-<br>gebäude |      |
|-------------------------------|-----------------------|------|----------------------|------|-----------------------|------|-----------------------------|------|
|                               | 2020                  | 2030 | 2020                 | 2030 | 2020                  | 2030 | 2020                        | 2030 |
| Solarthermie                  | 0.1                   | 0.3  | 0.1                  | 0.6  | 0.2                   | 0.9  | 0.0                         | 0.3  |
| Umgebungswärme                | 0.1                   | 1.6  | 0.0                  | 0.1  | 0.1                   | 1.6  | 0.0                         | 0.5  |
| Gas                           | -0.9                  | -2.5 | -0.6                 | -1.2 | -1.5                  | -3.7 | -0.1                        | -1.0 |
| Öl                            | -2.7                  | -5.7 | -0.2                 | -0.5 | -2.9                  | -6.2 | -0.3                        | -1.5 |
| Kohle                         | 0.0                   | -0.1 | 0.0                  | 0.0  | 0.0                   | -0.1 | 0.0                         | 0.0  |
| Stückholz                     | -0.1                  | 1.2  | 0.0                  | 0.0  | -0.1                  | 1.3  | 0.0                         | 0.1  |
| Hackschnitzel                 | 0.2                   | 0.6  | 0.0                  | 0.1  | 0.2                   | 0.6  | 0.0                         | 0.6  |
| Pellets                       | 0.7                   | 0.6  | 0.0                  | -0.1 | 0.8                   | 0.5  | 0.3                         | 0.6  |
| Strom                         | 0.0                   | 0.6  | -0.1                 | 0.0  | 0.0                   | 0.6  | 0.0                         | 0.2  |
| Fernwärme & Biomasse Nahwärme | 0.2                   | 0.6  | -0.1                 | 0.0  | 0.1                   | 0.5  | 0.1                         | 0.5  |

Tabelle 9: WM Sensitivitätsszenario um 20% verringerte Förderquote: Abweichung des Endenergieverbrauchs in 2020 und 2030 gegenüber dem WM Szenario (PJ)

|                               | kleine<br>Wohngebäude |       | große<br>Wohngebäude |       | Wohngebäude<br>gesamt |       | Dienstleistungs-<br>gebäude |       |
|-------------------------------|-----------------------|-------|----------------------|-------|-----------------------|-------|-----------------------------|-------|
|                               | 2020                  | 2030  | 2020                 | 2030  | 2020                  | 2030  | 2020                        | 2030  |
| Solarthermie                  | -0.09                 | -0.23 | -0.11                | -0.31 | -0.20                 | -0.53 | -0.14                       | -0.21 |
| Umgebungswärme                | -0.11                 | -0.41 | -0.02                | -0.01 | -0.14                 | -0.43 | 0.04                        | -0.01 |
| Gas                           | 0.21                  | 0.45  | 0.06                 | 0.10  | 0.27                  | 0.55  | 0.12                        | 0.08  |
| Öl                            | 0.50                  | 1.13  | 0.02                 | -0.03 | 0.52                  | 1.10  | 0.21                        | 0.15  |
| Kohle                         | 0.08                  | 0.11  | 0.01                 | 0.01  | 0.09                  | 0.12  | 0.01                        | 0.02  |
| Stückholz                     | -0.52                 | -1.01 | 0.06                 | 0.05  | -0.46                 | -0.96 | -0.01                       | -0.01 |
| Hackschnitzel                 | -0.06                 | -0.12 | -0.08                | -0.06 | -0.14                 | -0.18 | -0.11                       | -0.11 |
| Pellets                       | -0.32                 | -0.55 | -0.02                | 0.03  | -0.33                 | -0.52 | -0.09                       | 0.15  |
| Strom                         | -0.04                 | -0.11 | 0.00                 | 0.01  | -0.04                 | -0.10 | 0.01                        | 0.02  |
| Fernwärme & Biomasse Nahwärme | 0.17                  | 0.40  | 0.00                 | 0.02  | 0.17                  | 0.42  | -0.11                       | -0.05 |

Tabelle 10: WM Sensitivitätsszenario um 20% erhöhte Förderquote: Abweichung des Endenergieverbrauchs in 2020 und 2030 gegenüber dem WM Szenario (PJ)

|                               | kleine<br>Wohngebäude |       | große<br>Wohngebäude |       | Wohngebäude<br>gesamt |       | Dienstleistungs-<br>gebäude |       |
|-------------------------------|-----------------------|-------|----------------------|-------|-----------------------|-------|-----------------------------|-------|
|                               | 2020                  | 2030  | 2020                 | 2030  | 2020                  | 2030  | 2020                        | 2030  |
| Solarthermie                  | 0.08                  | 0.23  | 0.15                 | 0.33  | 0.23                  | 0.57  | 0.08                        | 0.20  |
| Umgebungswärme                | 0.07                  | 0.33  | 0.00                 | -0.04 | 0.07                  | 0.29  | 0.11                        | 0.14  |
| Gas                           | -0.29                 | -0.52 | -0.12                | -0.06 | -0.41                 | -0.59 | -0.24                       | -0.29 |
| Öl                            | -0.46                 | -0.86 | 0.02                 | 0.03  | -0.43                 | -0.82 | 0.12                        | 0.04  |
| Kohle                         | -0.02                 | -0.03 | 0.00                 | -0.01 | -0.02                 | -0.04 | 0.00                        | -0.02 |
| Stückholz                     | 0.40                  | 0.97  | 0.01                 | -0.03 | 0.41                  | 0.94  | 0.00                        | 0.01  |
| Hackschnitzel                 | 0.12                  | 0.23  | -0.01                | 0.06  | 0.12                  | 0.28  | -0.12                       | -0.09 |
| Pellets                       | 0.52                  | 0.42  | -0.03                | -0.10 | 0.49                  | 0.32  | 0.07                        | 0.02  |
| Strom                         | 0.02                  | 0.08  | -0.01                | -0.05 | 0.01                  | 0.03  | 0.00                        | 0.02  |
| Fernwärme & Biomasse Nahwärme | -0.22                 | -0.39 | 0.03                 | 0.03  | -0.19                 | -0.36 | -0.01                       | 0.08  |

## A.6 Quantifizierung von Maßnahmenwirkungsfeldern:

Tabelle 11: Quantifizierung des Maßnahmenwirkungsfelds „effizienter Neubau“: Änderung des Endenergieeinsatzes in 2020 und 2030 im WM- gegenüber dem entsprechenden WOM Szenario (PJ)

|                               | kleine<br>Wohngebäude |      | große<br>Wohngebäude |      | Wohngebäude<br>gesamt |      | Dienstleistungs-<br>gebäude |      |
|-------------------------------|-----------------------|------|----------------------|------|-----------------------|------|-----------------------------|------|
|                               | 2020                  | 2030 | 2020                 | 2030 | 2020                  | 2030 | 2020                        | 2030 |
| Solarthermie                  | 0.1                   | 0.1  | 0.3                  | 0.7  | 0.4                   | 0.7  | 0.4                         | 0.6  |
| Umgebungswärme                | 0.4                   | 0.2  | 0.1                  | 0.1  | 0.5                   | 0.3  | 0.0                         | 0.0  |
| Gas                           | -1.4                  | -1.8 | -0.7                 | -1.1 | -2.1                  | -2.9 | -1.9                        | -2.7 |
| Öl                            | -0.5                  | -1.0 | -0.1                 | -0.1 | -0.6                  | -1.1 | -0.7                        | -0.9 |
| Kohle                         | 0.0                   | 0.0  | 0.0                  | 0.0  | 0.0                   | 0.0  | 0.0                         | 0.0  |
| Stückholz                     | -0.7                  | -1.6 | 0.0                  | 0.0  | -0.7                  | -1.6 | 0.0                         | 0.0  |
| Hackschnitzel                 | -0.1                  | -0.1 | -0.1                 | -0.2 | -0.2                  | -0.3 | -0.1                        | -0.3 |
| Pellets                       | -0.5                  | 0.5  | -0.3                 | -0.4 | -0.7                  | 0.2  | -0.3                        | -0.5 |
| Strom                         | 0.1                   | 0.1  | 0.0                  | 0.0  | 0.1                   | 0.1  | 0.0                         | 0.0  |
| Fernwärme & Biomasse Nahwärme | 0.5                   | 0.5  | -0.1                 | -0.3 | 0.4                   | 0.3  | -0.1                        | -0.5 |

Tabelle 12: Quantifizierung des Maßnahmenwirkungsfelds „thermische Gebäudesanierung“: Änderung des Endenergieeinsatzes in 2020 und 2030 im WM- gegenüber dem entsprechenden WOM-Szenario (PJ)

|                               | kleine<br>Wohngebäude |      | große<br>Wohngebäude |      | Wohngebäude<br>gesamt |      | Dienstleistungs-<br>gebäude |      |
|-------------------------------|-----------------------|------|----------------------|------|-----------------------|------|-----------------------------|------|
|                               | 2020                  | 2030 | 2020                 | 2030 | 2020                  | 2030 | 2020                        | 2030 |
| Solarthermie                  | 0.0                   | -0.2 | 0.0                  | 0.0  | -0.1                  | -0.2 | 0.0                         | -0.1 |
| Umgebungswärme                | -0.1                  | -0.2 | 0.0                  | 0.1  | -0.1                  | -0.1 | -0.1                        | -0.1 |
| Gas                           | -1.3                  | -2.3 | -1.8                 | -3.1 | -3.1                  | -5.4 | -1.8                        | -3.4 |
| Öl                            | -3.0                  | -3.7 | -0.3                 | -0.3 | -3.3                  | -4.0 | -1.5                        | -2.4 |
| Kohle                         | -0.2                  | -0.2 | 0.0                  | -0.1 | -0.2                  | -0.3 | -0.1                        | -0.1 |
| Stückholz                     | -2.8                  | -6.3 | 0.0                  | 0.0  | -2.8                  | -6.3 | -0.1                        | 0.0  |
| Hackschnitzel                 | -0.8                  | -1.8 | 0.0                  | -0.2 | -0.8                  | -2.0 | -0.2                        | -1.0 |
| Pellets                       | -1.0                  | -1.6 | -0.1                 | -0.1 | -1.1                  | -1.7 | -0.1                        | -0.1 |
| Strom                         | -0.3                  | -0.4 | -0.2                 | -0.3 | -0.6                  | -0.7 | -0.6                        | -0.4 |
| Fernwärme & Biomasse Nahwärme | -0.6                  | -1.5 | -1.2                 | -2.4 | -1.8                  | -3.9 | -2.5                        | -4.8 |

Tabelle 13: Quantifizierung des Maßnahmenwirkungsfelds „Heizsystemerneuerung“: Änderung des Endenergieeinsatzes in 2020 und 2030 im WM- gegenüber dem entsprechenden WOM Szenario (PJ)

|                               | kleine<br>Wohngebäude |       | große<br>Wohngebäude |      | Wohngebäude<br>gesamt |       | Dienstleistungs-<br>gebäude |      |
|-------------------------------|-----------------------|-------|----------------------|------|-----------------------|-------|-----------------------------|------|
|                               | 2020                  | 2030  | 2020                 | 2030 | 2020                  | 2030  | 2020                        | 2030 |
| Solarthermie                  | 1.7                   | 3.4   | 1.0                  | 2.5  | 2.7                   | 5.9   | 0.6                         | 1.4  |
| Umgebungswärme                | -0.3                  | 0.6   | -0.4                 | -0.4 | -0.7                  | 0.2   | -0.4                        | -0.4 |
| Gas                           | 0.0                   | -1.2  | 0.3                  | 0.0  | 0.3                   | -1.3  | -0.6                        | -1.5 |
| Öl                            | -4.9                  | -13.3 | -1.5                 | -3.3 | -6.4                  | -16.6 | -1.6                        | -3.7 |
| Kohle                         | -0.9                  | -1.4  | 0.0                  | 0.0  | -0.9                  | -1.4  | 0.0                         | -0.1 |
| Stückholz                     | -6.0                  | -7.3  | -0.1                 | 0.0  | -6.0                  | -7.3  | -0.2                        | -0.3 |
| Hackschnitzel                 | 0.0                   | -0.3  | 0.1                  | 0.1  | 0.1                   | -0.2  | 0.9                         | 2.3  |
| Pellets                       | 6.4                   | 10.9  | 1.0                  | 1.5  | 7.3                   | 12.4  | 2.1                         | 4.1  |
| Strom                         | -1.4                  | -2.3  | -1.4                 | -2.5 | -2.8                  | -4.8  | -3.4                        | -6.2 |
| Fernwärme & Biomasse Nahwärme | 2.9                   | 5.9   | 0.5                  | 0.7  | 3.4                   | 6.6   | 1.2                         | 1.6  |