



BMVBS-Online-Publikation, Nr. 26/2012

## Entwicklung eines Referenzszenarios im Gebäudebereich für das Gesamtziel „40% CO<sub>2</sub>-Einsparung bis 2020“

### Impressum

#### Herausgeber

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS)

#### Wissenschaftliche Begleitung

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im  
Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)

#### Bearbeitung

Kjell Bettgenhäuser  
Thomas Boermanns  
Jan Grözinger

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Berlin  
Alexander Renner

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, Bonn  
Christian Ahrens

#### Vervielfältigung

Alle Rechte vorbehalten

#### Zitierhinweise

BMVBS (Hrsg.): Entwicklung eines Referenzszenarios im Gebäudebereich  
für das Gesamtziel „40% CO<sub>2</sub>-Einsparung bis 2020“. BMVBS-Online-Publikation 26/2012.

Die vom Auftragnehmer vertretene Auffassung ist nicht unbedingt mit der  
des Herausgebers identisch.

ISSN 1869-9324

© BMVBS Dezember 2012

Ein Projekt des Forschungsprogramms „Zukunft Bau“ des Bundesministeriums für Verkehr,  
Bau und Stadtentwicklung (BMVBS), betreut vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raum-  
forschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR).

# Inhalt

<b>Zusammenfassung</b>	<b>1</b>
<b>Summary</b>	<b>7</b>
<b>Einleitung</b>	<b>13</b>
<b>1. Auswertung und analyse bereits erzielter wirkungen bis 2010</b>	<b>15</b>
1.1    Bereits vorliegende Untersuchungen	15
1.1.1    Nationale Untersuchungen, sektorübergreifend	15
1.1.2    Nationale Untersuchungen, sektorspezifisch	21
1.1.3    Internationale Untersuchungen	27
1.1.4    Historische Endenergieverbräuche	30
1.1.5    Historische CO <sub>2</sub> -Emissionen	31
1.2    Festlegen der Berechnungsbasis 1990	33
1.2.1    Endenergiebedarfe im Gebäudebestand 1990	34
1.2.2    CO <sub>2</sub> -Emissionen im Gebäudebestand 1990	34
1.2.3    Gebäudetypologie der 90er Jahre	35
1.3    Beschreibung der Maßnahmen für das Referenzszenario	39
1.4    Bereits erzielte Wirkungen der Maßnahmen im Referenzszenario	42
1.4.1    Akzeptanz der Förderung durch das KfW CO <sub>2</sub> -Gebäudesanierungsprogramm und das Marktanreizprogramm	43
<b>2. Prognose bis 2020</b>	<b>45</b>
2.1    Methodik	45
2.2    Eingangsdaten in die Modellierung	48
2.2.1    Beheizte Gebäudeflächen	48
2.2.2    Beheizungsstruktur	49
2.2.3    Referenzgebäude	49
2.2.4    Gebäudehülle	51
2.2.5    Definition von Sanierungs- und Neubaustandards	52
2.2.6    Sanierungs-, Neubau- und Abrissraten	53
2.2.7    Anlagentechnik für Sanierungen und Neubauten	55
2.2.8    Primärenergie- und Emissionsfaktoren	57
2.2.9    Gradtagszahlen	58
2.2.10    Energiepreise	59
2.3    Schnittstelle 2010	59
2.3.1    Endenergie	59
2.3.2    CO <sub>2</sub> -Emissionen	59
2.4    Umsetzung der Maßnahmenpakete	61
2.4.1    Maßnahmenpaket „EnEV 2009“	61
2.4.2    Maßnahmenpaket „KfW-Gebäudesanierung“	62
2.4.3    Maßnahmenpaket „Erneuerbare-Energien Wärmegesetz“	62
2.4.4    Maßnahmenpaket „Marktanreizprogramm“	62
2.4.5    Maßnahmenpaket „KfW Energieeffizient Bauen“	62
2.5    Szenario bis 2020	63
2.5.1    Flächenentwicklungen	63
2.5.2    Heizwärmebedarfe	64
2.5.3    Endenergieverbräuche	67
2.5.4    Primärenergieverbräuche	68
2.5.5    CO <sub>2</sub> -Emissionen	70
2.5.6    Minderungspotenziale der Maßnahmenpakete	71
2.5.7    Sensitivitäten	73
2.5.8    Energiekosten	77

<b>3.</b>	<b>Fazit</b>	<b>80</b>
3.1	Bereits erzielte Wirkungen der Maßnahmen im Referenzszenario bis 2008	80
3.2	Zielerreichung in 2020	80
3.3	Vorschlag weiterer Politikmaßnahmen	83
3.4	Weiterer Forschungsbedarf	86
	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>88</b>
	<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>90</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>93</b>
	<b>Tabellenanhang zu Kapitel 1</b>	<b>99</b>
	<b>Tabellenanhang zu Kapitel 2</b>	<b>100</b>

## Abkürzungsverzeichnis

ABL	Alte Bundesländer
AP	Arbeitspaket
EnEV	Energieeinsparverordnung
EPBD	Energy Performance of Buildings Directive (Europäische Gebäuderichtlinie)
GHD-Sektor	Gewerbe, Handel und Dienstleistungssektor
IEKP	Integriertes Energie- und Klimaprogramm
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
NBL	Neue Bundesländer
WSchV	Wärmeschutzverordnung

## Zusammenfassung

### Aufgabenstellung und Vorgehensweise

Ziel der Studie ist die Entwicklung eines Referenzszenarios im Gebäudebereich für das Gesamtziel „40% CO<sub>2</sub>-Einsparung bis 2020“, welches sich auf den deutschen Gebäudebestand und die CO<sub>2</sub>-Emissionen im Jahr 1990 bezieht. Das Referenzszenario stellt die Wirkungen von Politikmaßnahmen für den Gebäudebereich dar, die bis zum 1.1.2010 implementiert worden sind. Grundsätzlich werden alle Gebäude der Sektoren Haushalte, Gewerbe-Handel-Dienstleistung sowie des Sektors Verkehr betrachtet. Industriegebäude werden aufgrund der starken Diversität nicht betrachtet. Die Untersuchung wird wie folgt in zwei Teile geteilt.

In Kapitel 1 werden in einer Ex-post-Evaluation vorhandene Studien ausgewertet und analysiert, sowie die bereits erzielten Wirkungen von Politikmaßnahmen im Gebäudebereich bis zum Jahr 2010 quantifiziert.

In Kapitel 2 wird schließlich eine Szenarienrechnung vom Jahr 2010 bis zum Jahr 2020 vorgenommen, die die Effekte der bis zum 1.1.2010 in Kraft befindlichen Politikmaßnahmen fortschreibt. Neben dem Hauptszenario werden hier auch Sensitivitäten für veränderte Sanierungsraten, die fortschreitende Klimaerwärmung und den Einfluss der Bevölkerungsentwicklung berechnet. Die Berechnungen werden mit dem von Ecofys entwickelten Built-Environment-Analysis-Model BEAM<sup>2</sup> durchgeführt. Wesentliche Ergebnisse der Szenarienrechnung sind Entwicklungen von Flächen, Heizwärmebedarfen, Endenergie- und Primärenergieverbräuchen sowie CO<sub>2</sub>-Emissionen.

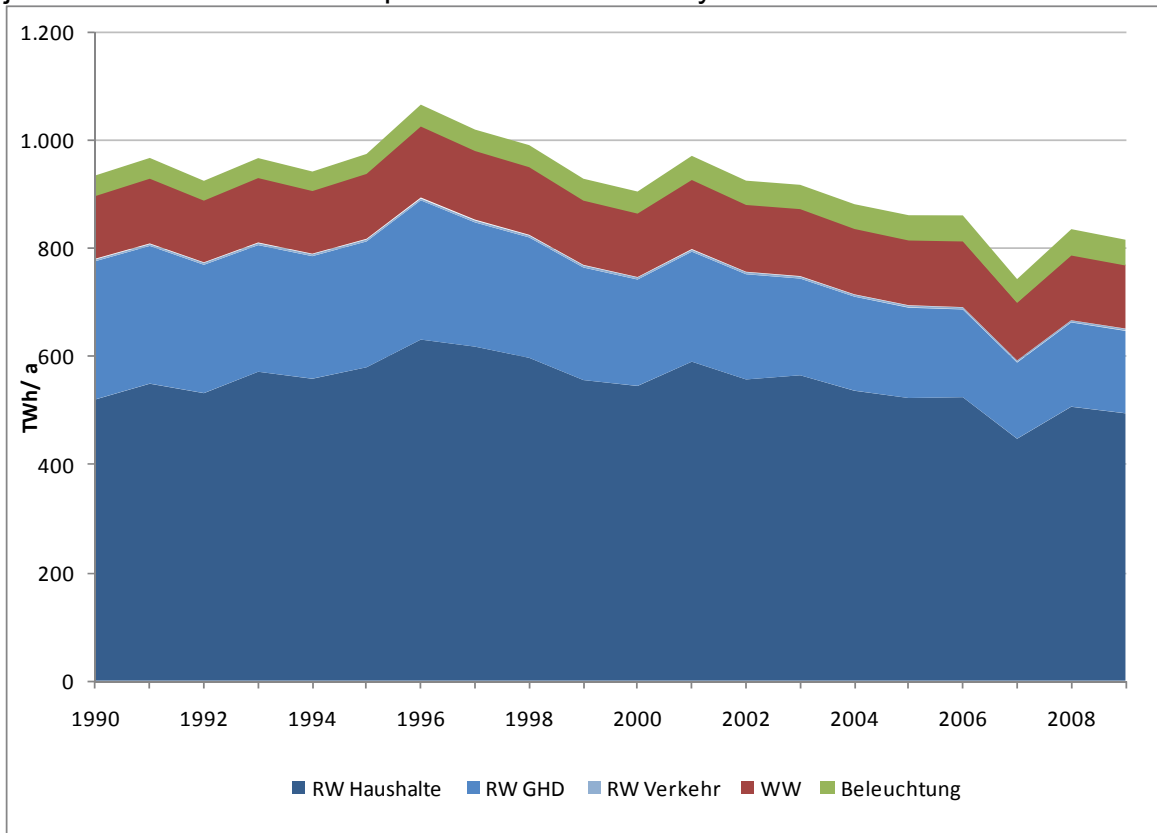
Daran anschließend werden die Zielerreichungen in Bezug auf die Emissionsminderungen im Zeitraum 1990-2020 sowie die Heizwärmebedarfsreduzierung im Zeitraum 2008-2020 erläutert. Weiterhin werden Vorschläge für weitere Politikinstrumente gemacht, die zusätzlich ergriffen werden könnten sowie der weitere Forschungsbedarf skizziert.

### Ergebnisse der Ex-post-Analyse

Folgende Abbildung stellt den historischen Verlauf der Endenergieverbräuche im Gebäudesektor in Deutschland dar. Die Zahlen sind den *BMWi Energiedaten* entnommen und zeigen die Entwicklung für Raumwärme (RW), Warmwasser (WW) und Beleuchtung von 1990 bis 2009.

Ungleich schwieriger als die Darstellung der Endenergieverbräuche ist die Definition der historischen Werte der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Gebäudebereich. Hier kann nicht auf eine amtliche Statistik wie bei der Endenergie zurückgegriffen werden, da eine sektorspezifische Aufteilung in einer amtlichen Statistik nicht vorliegt. Aus den Endenergiekosten werden unter Berücksichtigung der

entsprechenden Energieträger und Emissionsfaktoren die CO<sub>2</sub>-Emissionen berechnet, die hier für den Zeitraum 1990-2010 nicht extra dargestellt werden, jedoch Bestandteil der Graphen zur ex-ante Analyse sind.



Verlauf der historischen Endenergieverbräuche für Raumwärme, Warmwasser und Beleuchtung in den Sektoren Private Haushalte, GHD und Verkehr. Quelle: BMWi Energiedaten.

Die Maßnahmenwirkungen werden für die folgenden Programme getrennt angegeben. Dabei werden die Maßnahmen dahingehend unterschieden, ob Sie im Integrierten Energie- in Klimaprogramm (IEKP) enthalten sind oder nicht. Folgende Maßnahmen sind darin enthalten: Die „Energieeinsparverordnung“, das „KfW Gebäudesanierungsprogramm“, das Programm „Modernisierung der sozialen Infrastruktur“, das „Erneuerbares Energien Wärme Gesetz“, das Programm „Sanierung von Bundesgebäuden“ sowie das „Marktanreizprogramm“, der „Ersatz von Nachtstromspeicherheizungen“.

Weiterhin werden folgende, nicht im IEKP enthaltene Maßnahmen quantifiziert: Das „KfW Energieeffizient Bauen“ Programm, das Programm „Soziale Wohnraumförderung“, der „Energieausweis“ und die „Energieberatung“ sowie das Programm „Stadtumbau Ost“.

Die Quantifizierung der Einzelmaßnahmen kann Tabelle 24 entnommen werden.

## Ergebnisse der Ex-ante-Analyse

Die Berechnungen zum Referenzszenario für den Zeitraum 2010 bis 2020 werden mit dem Built-Environment-Analysis-Modell BEAM<sup>2</sup> durchgeführt. Eine Beschreibung dieses Modells ist in Abschnitt 1.5 zu finden. Nach der Definition von repräsentativen Referenzgebäuden für Wohn- und Nichtwohngebäude

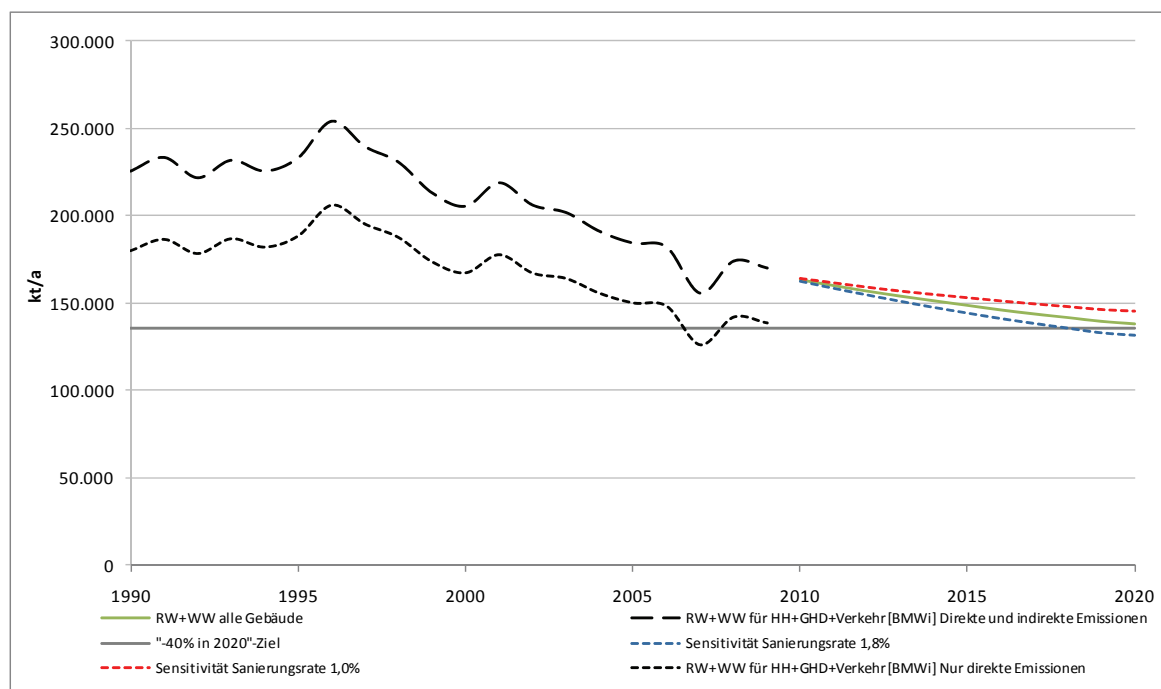
werden Eingangsdaten wie Gebäudeflächen, Energiestandards, Beheizungsstruktur, Sanierungs- und Neubaustandards sowie Gradtagzahlen erläutert. Die Effekte werden in folgenden Maßnahmenpaketen quantifiziert: „KfW-Gebäudesanierungsprogramm“, „Erneuerbares-Energien-Wärme Gesetz“, „Marktanreizprogramm“ und „KfW Energieeffizient Bauen“ Programm. Alle darin aus modelltechnischen Gründen nicht enthaltenen Einzelmaßnahmen werden der Maßnahme „Energieeinsparverordnung“ zugerechnet.

Die wesentlichen Ergebnisse dieser Studie sind die Entwicklungen der CO<sub>2</sub>-Emissionen bis zum Jahr 2020. Im Folgenden werden diese jeweils anhand der drei berechneten Sensitivitäten aufgezeigt.

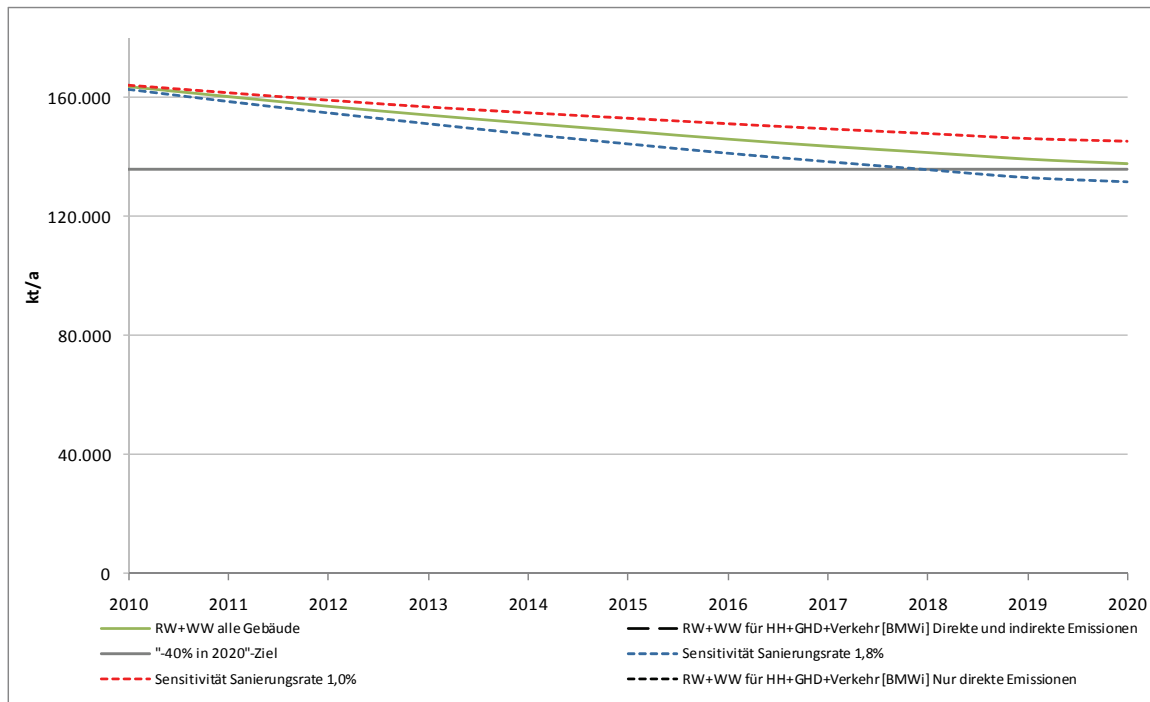
### Veränderte Sanierungsraten

Die Sanierungsrate wird im Referenzszenario mit 1,4% angesetzt. Da diese sich jedoch generell nicht statistisch erfasst wird, sondern aus verschiedenen Teilerhebungen und Indikatoren abgeleitet werden muss, unterliegen die vorliegenden Schätzungen einer gewissen Unsicherheit. Als Sensitivitäten werden daher für das Referenzszenario Varianten gerechnet mit Sanierungsraten von 1,0% bzw. 1,8%, was der Schwankungsbreite der verschiedenen verfügbaren Angaben entspricht.

Den Einfluss der Sensitivitätsanalyse auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen ist in den nachfolgenden Grafiken dargestellt.



CO<sub>2</sub>-Emissionen in Abhängigkeit verschiedener Sanierungsraten, Jahre 1990-2020.



CO<sub>2</sub>-Emissionen in Abhängigkeit verschiedener Sanierungsraten, Jahre 2010-2020.

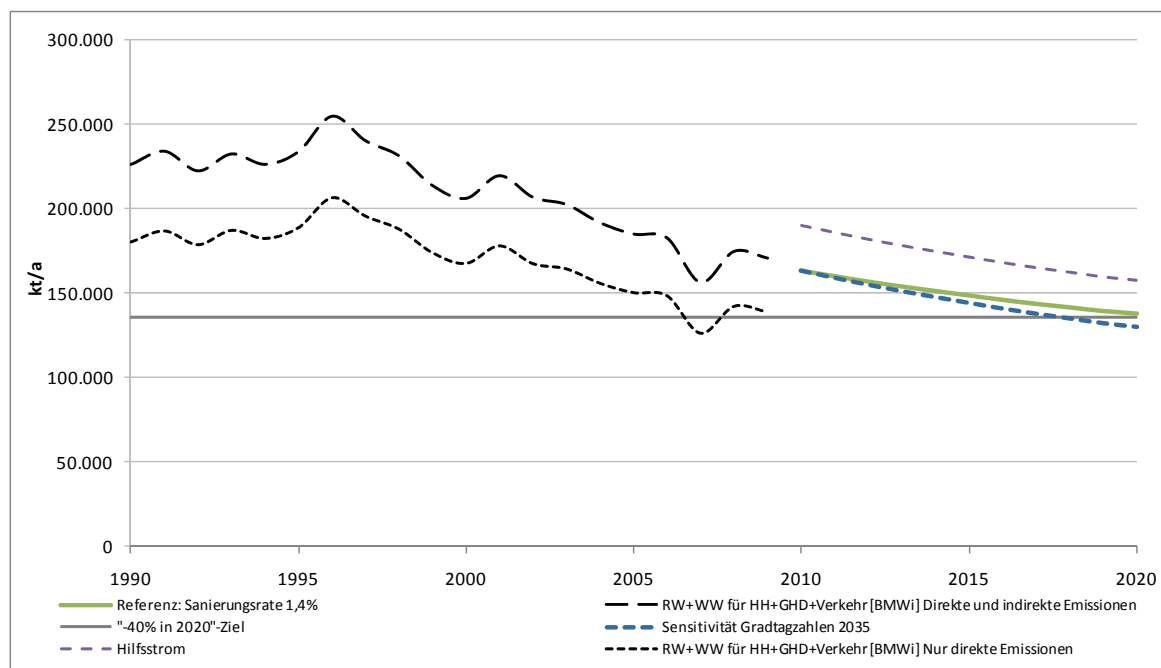
Es zeigt sich, dass die Sanierungsrate einen wichtigen Faktor darstellt und die untersuchte Schwankungsbreite zu einem deutlichen Verfehlen (1% Sanierungsrate) bzw. Erreichen des CO<sub>2</sub>-Emissionszieles (1,8% Sanierungsrate) führt. Hierbei ist zu beachten, dass z.B. ein Sprung von 1,4 auf 1,8% auch einer deutlich höheren Sanierungsaktivität entspricht (Verstärkung der Aktivität um knapp 30%).

### *Fortschreitende Klimaerwärmung*

Sensitivitäten in Bezug auf die fortschreitende Klimaerwärmung sind mit Daten aus einem Zukunftsszenario des Deutschen Wetterdienstes [DWD2010] berechnet, das von einer fortschreitenden Erwärmung des Klimas bis 2035 ausgeht.

Das Ergebnis der Sensitivitätsanalyse auf CO<sub>2</sub>-Emissionen ist in der nachfolgenden Graphik dargestellt.





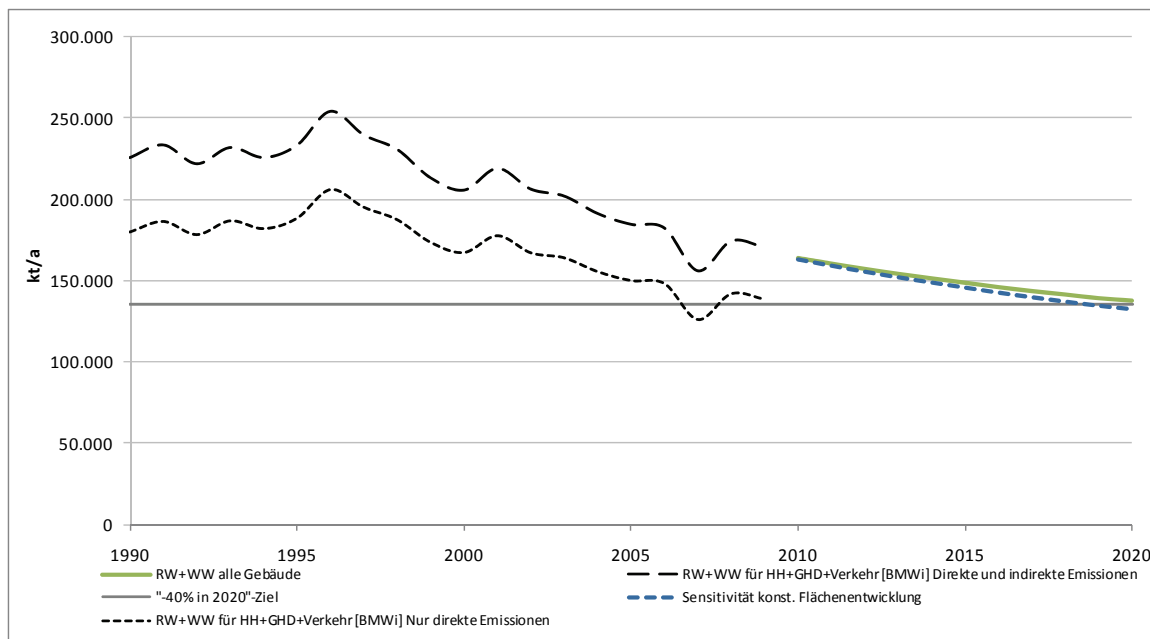
CO<sub>2</sub>-Emissionen in Abhängigkeit unterschiedlicher Klimaentwicklung.

Die Ergebnisse zeigen erwartungsgemäß, dass eine Erwärmung des Klimas den Energieverbrauch und damit verbundene Emissionen für Raumwärme verringert und im Fall einer Klimaerwärmung paradoxer Weise das Klimaschutzziel scheinbar besser erreicht wird. Allerdings ist zu erwarten, dass mit einem wärmeren Klima auch höhere Kühllasten auftreten, die bzgl. der Emissionen aufgrund des in der Regel eingesetzten Stroms insgesamt eher zu einem Anstieg der Gesamtemissionen führen werden. Während der Strombedarf für Kühlung im Referenzszenario für Nichtwohngebäude mit berücksichtigt wurde, wurde der erwartete Anstieg der Kühlenergie bei wärmerem Klima nicht mit berechnet, da dafür notwendige Szenarien für Kühlgradtage im DWD Szenario (bisher) nicht enthalten sind.

### *Konstante Bevölkerungsentwicklung*

Ein wesentlicher Eingangsparameter für Zukunftsszenarien im Gebäudebereich ist auch die Bevölkerungsentwicklung, die sich im Gebäudesektor im Wesentlichen in der Neubaurate niederschlägt. So wird neben dem Referenzszenario eine Variante berechnet, in der die Neubaurate bis 2020 der aktuellen Abrissrate gleichgesetzt ist und somit kein weiterer Zuwachs der Flächen erfolgt.

Das Ergebnis der Sensitivitätsanalyse auf Endenergieverbräuche und CO<sub>2</sub>-Emissionen ist in den nachfolgenden Graphiken dargestellt.



Einfluss konstanter Flächen bis 2020 (Neubau=Abriss) auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen

Ein gestopptes Flächenwachstum zeigt wie erwartet eine stärkere Abnahme des Endenergieverbrauchs und damit verbundener Emissionen, das voraussichtlich zu einer Zielerreichung bzgl. der CO<sub>2</sub>-Emissionen führen würde.

Um das Ziel in Bezug auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen zu erreichen (-40% gegenüber 1990), dürften maximal 135.700 kt CO<sub>2</sub> in 2020 (gesamte Emissionen, inklusive Fernwärme und Strom) emittiert werden. Das Referenzszenario in BEAM<sup>2</sup> ergibt Emissionen von rund 138.000 kt CO<sub>2</sub> in 2020.

Betrachtet man den Zeitraum 2010 bis 2020, so müssen zur Erreichung des Ziels in 2020 noch 27.700 kt CO<sub>2</sub> eingespart werden, wovon im Referenzszenario Einsparungen von 25.600 kt CO<sub>2</sub> (also ca. 90% der verbleibenden Lücke im Zeitraum 2010 bis 2020) erreicht werden.

In Bezug auf den Heizwärmebedarf schreibt das Energiekonzept der Bundesregierung zudem die Verringerung des Energiebedarfs für Heizwärme im Gebäudesektor auf -20% in 2020 gegenüber der Situation in 2008 fest. Gemäß den Berechnungen im Referenzszenario wird der Bedarf für Raumwärme im Zeitraum 2008 bis 2020 um 12% gesenkt. Hier wird das Ziel also voraussichtlich deutlich verfehlt.

## Summary

### Research task and approach

Subject of this study is to develop a Reference Scenario for the German building stock for the overall aim of 40% CO<sub>2</sub>-emission reduction until 2020, based on 1990 values. The Reference Scenario quantifies the impact of policy measures in the building sector, which have been implemented until January 1<sup>st</sup> 2010. All buildings in the sectors households, trade and retail, services and transport are covered. Buildings in the industry sector are due to their high heterogeneity not within the scope. The investigation consists of the following two parts:

Chapter 1 comprises the ex-post evaluation of existing studies and analyzes the effects of policy measures from 1990 up to 2010.

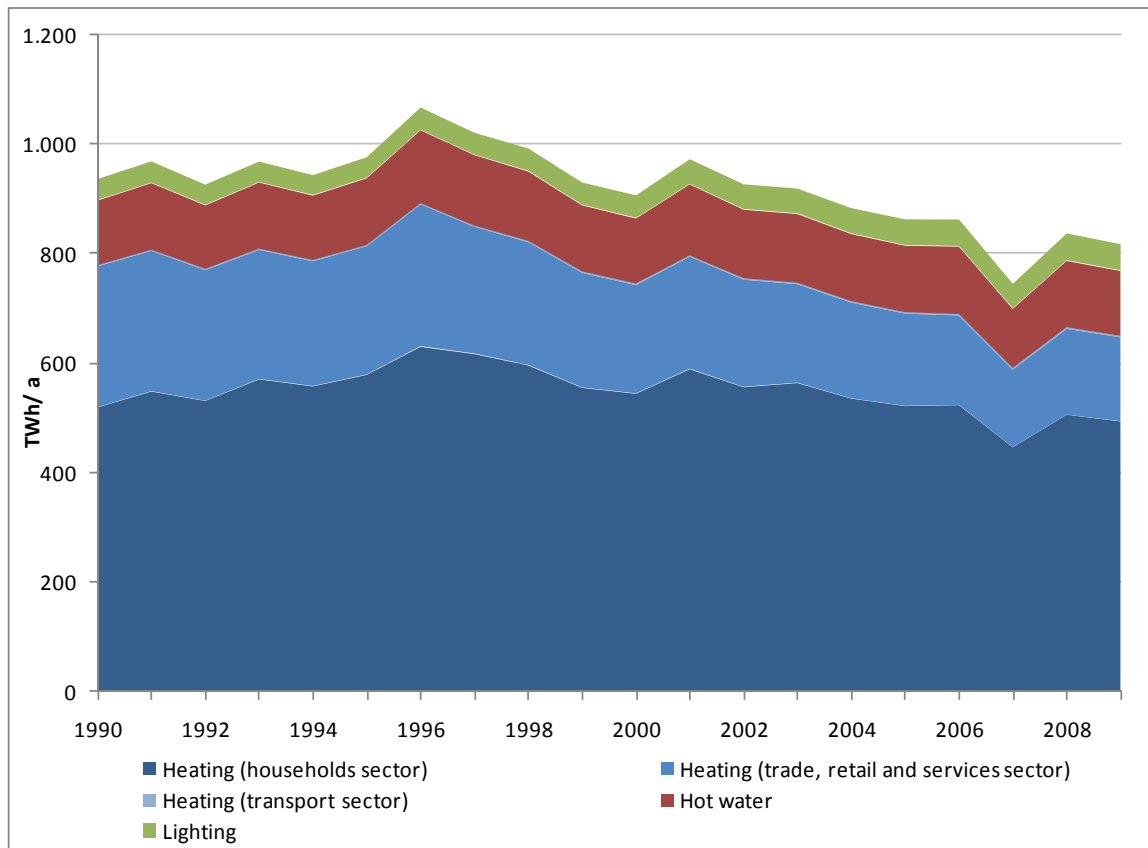
In chapter 2 a scenario calculation for the years 2010 to 2020 is been done in order to forecast the future effects of the policy measures, which have been in force until January 1<sup>st</sup> 2010. Beside the main results sensitivity analysis are done concerning retrofit rates, increasing climate change and the impact of population development. The scenario calculation is done using the Ecofys Built-Environment-Analysis-Model BEAM<sup>2</sup>. Main results are developments of conditioned floor areas, heating demand, end- and primary energy demand and CO<sub>2</sub>-emissions.

Afterwards the achievement of the aims is discussed, looking at the one hand at the CO<sub>2</sub>-emissions reductions from 1990 to 2020 and on the other hand at the heating demand reductions from 2008 to 2020. Apart from that suggestions for additional policy measures are formulated and further research issues are outlined.

### Results of the ex-post evaluation

The following figure gives an historic overview on the end energy consumption in the German building sector. The values are form the *“BMW<sub>i</sub> Energiedaten“* (Federal Ministry of Economics and Technology) and show the development for heating, hot water and Lighting from 1990 to 2009.

The historic development of the CO<sub>2</sub>-emissions for the building sector cannot just be taken from a statistic (as the end energy consumption), because there is no sector-specific numbers available. Therefore the CO<sub>2</sub>-emissions for this study are calculated based on the end energy consumptions from *“BMW<sub>i</sub> Energiedaten“*, taking into account the split of the energy carriers and emissions factors. The CO<sub>2</sub>-emissions are not shown explicitly here, but are part of the figures for the ex-ante evaluation.



Historic overview on energy consumptions for heating, hot water and lighting in the sectors private households, trade and retails, services and transport. Source: BMWi Energiedaten.

The effects of the following packages of measures are given separately. It's distinguished, whether a measure is covered by the Integrated Energy and Climate Program (IEKP) of the German Government. The following measures are part of the Program:

The „Energy Saving Ordinance“, the „KfW Building Retrofit Program“, the program „Modernization of Social Infrastructure“, the „Renewable Energy Heat Law“, the program „Retrofit of Federal Buildings“ as well as the „Market Stimulation Program“ for renewable energy technologies and the „Replacement of electrical heating systems“.

Furthermore the following policy measures are addressed, which are not part of the IEKP:

The KfW program „Energy Efficient New Buildings“, the program to support „Social Housing“, the „Energy Performance Certificate“ and the „On-Site Energy Advice as well as the program „Urban Restructuring in Eastern Germany“.

The quantification of all measures is shown in tableTabelle 24.

## Results of the Ex-ante-Analysis

The calculations for the reference scenario for the period 2010 to 2020 are done with the Built-Environment-Analysis-Model BEAM<sup>2</sup>. A description of the model can be found in section 1.5. After having defined representative reference buildings for both residential and non-residential buildings, input data like heated floor areas,

energy standards, mixes of energy carriers, retrofit and new building standards as well as the heating degree days are explained in further detail.

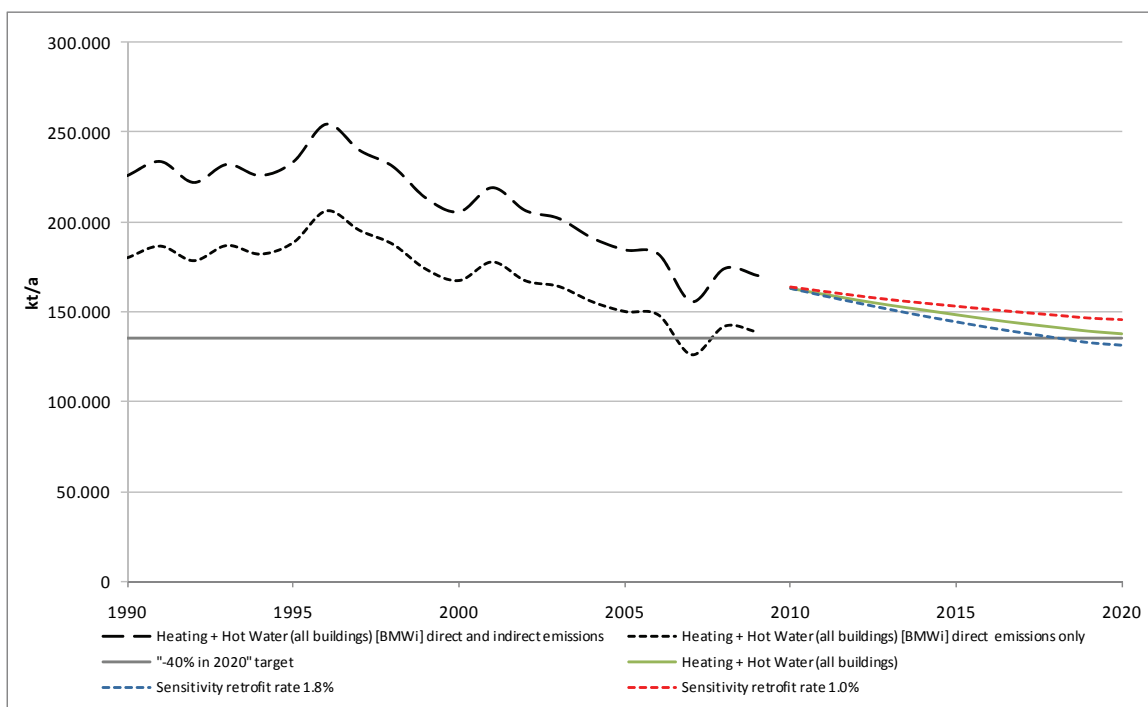
The following packages of policy measures are quantified: “KfW Building Retrofit Program”, “Renewable Energy Heat Law”, “Market Stimulation Program“ for renewable energy technologies and the KfW program „Energy Efficient New Buildings“. The reminding effects, which are not part of these packages, are assigned to the measure “Energy Saving Ordinance”.

The main results of the study are the historic development and the forecast of CO<sub>2</sub>-emissions until 2020. In the following they are shown together with the sensitivity analysis.

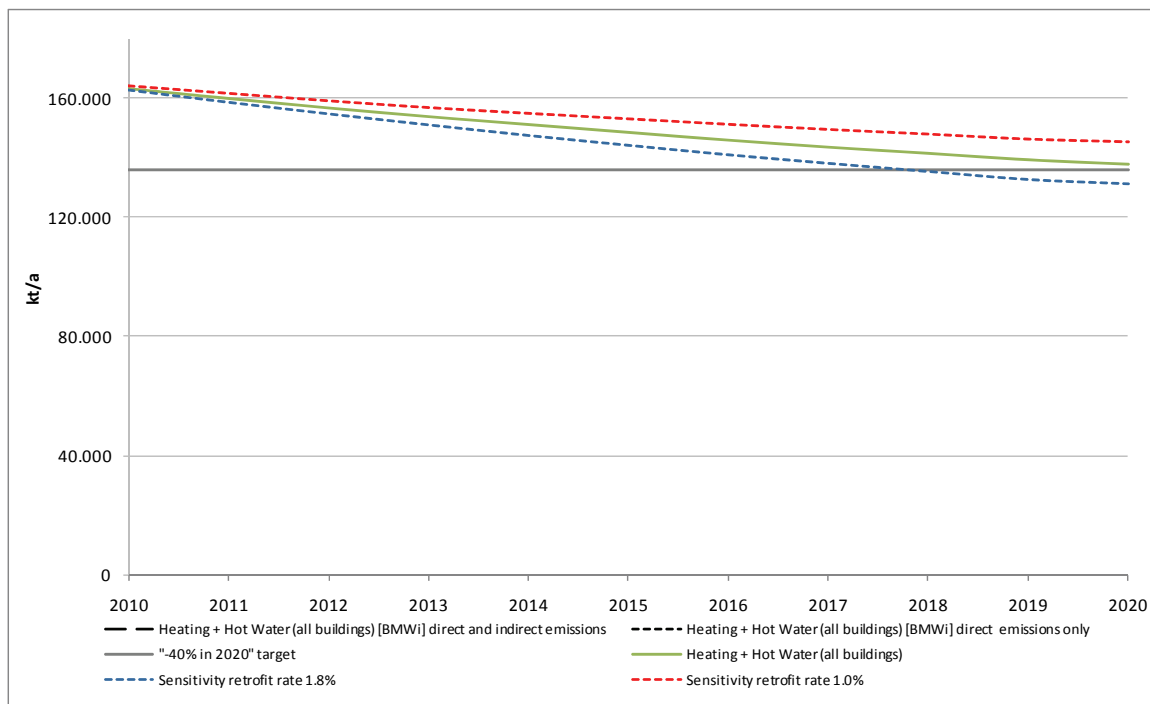
### Sensitivity for Retrofit Rates

The retrofit rate is assumed with 1.4% per year. Due to the fact that it's not result of a statistical survey, but is set together out of different partial surveys and indicators, it's subject of a specific uncertainty. Therefore a sensitivity range of +/- 0.4% has been set to cover the bandwidth of the existing numbers in literature, resulting in 1.0% and 1.8% per year.

The impact on the CO<sub>2</sub>-emissions for the sensitivities is shown in the following figures.



CO<sub>2</sub>-Emissions for different retrofit rates, years 1990-2020



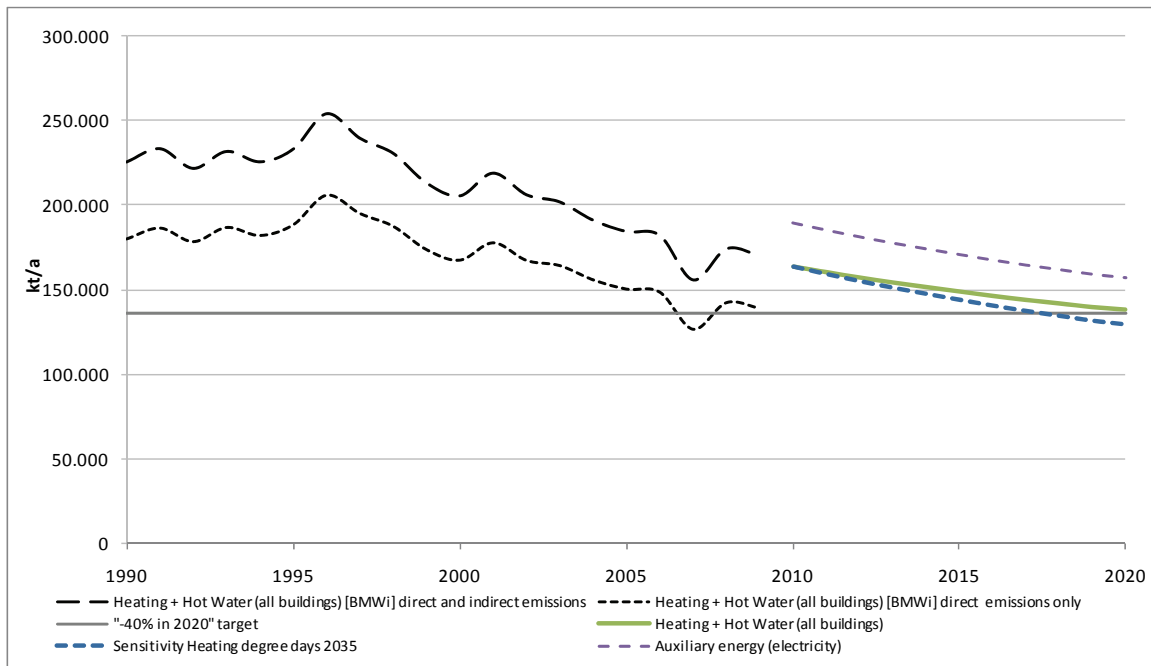
CO<sub>2</sub>-Emissions for different retrofit rates, years 2010-2020

As shown in the figures, the retrofit rate is an important input for scenario calculation. The lower rate of 1.0% per year leads to clearly missing the target, while the target is achieved for the higher rate of 1.8% per year. It's to bear in mind, that increasing the retrofit rate from 1.4% to 1.8% means approx. 30% increase in activities.

### Sensitivity of ongoing Climate Change

The sensitivity of ongoing climate change is been calculated using data from a recent study of Germany's National Meteorological Service [DWD2010], showing the future impact of climate change in a scenario for 2035.

The impact from the sensitivity analysis on the CO<sub>2</sub>-emissions is shown in the following figure.



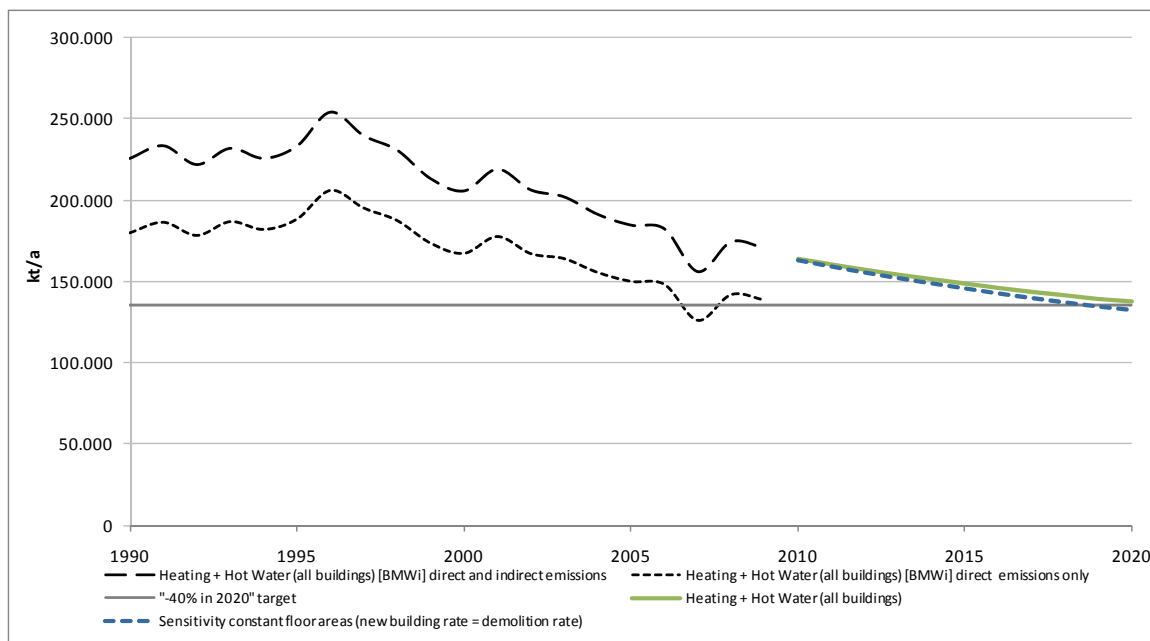
CO<sub>2</sub>-Emissions for future climate change

The results show as expected, that climate change and a warmer climate lowers the energy demand and therefore CO<sub>2</sub>-emissions for heating purposes, which leads to a better chance to reach the target in 2020. On the other side it is expected, that lower heating demands are overcompensated by increasing cooling demands for buildings, which are usually supplied by electricity and therefore have negative effect on the CO<sub>2</sub>-emissions. While general cooling demands for non-residential buildings are taken into account at the auxiliary energy demands, the increasing effect for ongoing climate change has not been considered.

#### *Sensitivity of constant population development*

Apart from climate change and retrofit rates, the future population and floor-space development has major impact on the energy demand for buildings. The parameters are the new building and demolition rate. Therefore a scenario is calculated, where the new building rate is set to the demolition rate and therefore overall floor area remains constant.

The impact of a constant floor area development with respect to CO<sub>2</sub>-emissions is shown in the following figure.



CO<sub>2</sub>-Emissions for constant floor areas (new building rate = demolition rate)

A constant floor area development shows as expected a stronger decreasing energy demand and emission path, which will most probably lead to an achievement of the targets.

To achieve the target with respect to the CO<sub>2</sub>-emissions (-40% related to 1990 level), a maximum of 135,700 kt CO<sub>2</sub> in 2020 (overall emissions, including district heat and electricity) can be emitted. The reference scenario calculation with BEAM<sup>2</sup> results at approx. 138,000 kt CO<sub>2</sub> in 2020.

During the years 2010-2020, 27,700 kt CO<sub>2</sub> needs to be conserved according to the target, while the reference scenario comes up with 25,600 kt CO<sub>2</sub> (approx. 90% of the remaining gap from 2010-2020)



## Einleitung

Deutschlandweit wird circa ein Drittel der gesamten Endenergie in Gebäuden genutzt. Sollen die nationalen und internationalen Klimaziele erreicht werden, so ist ein wesentlicher Beitrag im Gebäudebereich zu leisten. Dabei zeigen verschiedene, unabhängige Studien, dass der Gebäudesektor nicht nur einen großen *Anteil* an den Gesamtemissionen stellt, sondern auch über ein erhebliches und zudem kosteneffektiv zu mobilisierendes Energie und CO<sub>2</sub>-*Einsparpotential* verfügt. Zudem bestehen für weitere politische Zielsetzungen, wie den vermehrten Einsatz erneuerbarer Energien und der Kraft-Wärme-Kopplung, im Gebäudesektor sehr gute Umsetzungsmöglichkeiten.

Neben klimapolitischen Zielsetzungen sind mit entsprechenden Maßnahmen (ambitionierter Neubau und insbesondere eine konsequente Altbausanierung) auch weitere positive Effekte verbunden, wie die verringerte Abhängigkeit von Energie(-Importen), geringere Kostenbelastung, besserer Komfort und Steigerung der Lebensqualität. Politikmaßnahmen für den Gebäudebereich sind daher ein multifunktionales Werkzeug für die Erreichung verschiedener wichtiger gesellschaftlicher Zielsetzungen.

Folgerichtig betreffen verschiedene Politikinstrumente in Deutschland konkret den Gebäudesektor, wie beispielsweise die EnEV oder das EEWärmeG und entfalten speziell dort ihre Wirkung. Andere Politikmaßnahmen bzw. Ziele sind jedoch auch Sektor-übergreifend zu verstehen und ihre Wirkung im Gebäudesektor weniger klar umrissen, wie z.B. Ziele zum Einsatz der Kraft-Wärmekopplung, die sowohl im Gebäudesektor, als auch im Industriebereich Anwendung findet. Zudem werden die Effekte verschiedener politischer Instrumente durch Klimaveränderungen (insbesondere über veränderte Heiz- und Kühlgradtage) sowie die Bevölkerungsentwicklung überlagert.

Bei der Frage, wie sich die CO<sub>2</sub>-Emissionen speziell im Gebäudesektor entwickeln, inwieweit Sie zum Ziel „CO<sub>2</sub>- Emissionsminderung in Deutschland um 40%“ bis zum Jahr 2020 beitragen können und welche weiteren Einsparpotentiale erschlossen werden können, müssen diese verschiedenen Rahmenbedingungen und Einflussgrößen also berücksichtigt werden.

Ziel des Projektes und der zu leistenden Forschungsarbeit ist daher die Bewertung der Anteile und des Zusammenspiels dieser verschiedenen Faktoren bezüglich der Entwicklung des Energieverbrauchs und der CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Vergangenheit (1990 – 2010) sowie eine Prognose zur zukünftigen Entwicklung (bis 2020) für die Gebäude der Sektoren Haushalte, Gewerbe-Handel-Dienstleistung und Verkehr.

Dieser Endbericht dient neben der Dokumentation des Projektfortschritts dazu, den Handlungsbedarf in Bezug auf weitere Maßnahmen zur Erreichung des Emissionsminderungsziels von -40% bis 2020 im Gebäudebereich aufzuzeigen.

Hierzu werden neben einer Analyse bereits erzielten Wirkungen der Politikmaßnahmen bis zum Jahr 2010 auch die prognostizierten Wirkungen ebendieser Maßnahmen bis ins Jahr 2020 vorgenommen.

## Auswertung und Analyse bereits erzielter Wirkungen bis 2010

### 1.1 Bereits vorliegende Untersuchungen

In diesem Abschnitt wird eine Auswertung vorliegender Studien in Bezug auf Energie- und Emissionsminderungen im Zeitraum 1990-2010 vorgenommen, die entweder Szenarien für Energiebedarfe bzw. Emissionen im Gebäudebereich oder Quantifizierungen von Maßnahmen in diesem Bereich enthalten. In diesem Zwischenbericht sind zunächst nur die Emissionsminderungen dargestellt. Eine Übersicht der in Bezug auf die tatsächlich bis zum 1.1.2010 implementierten Maßnahmen relevanten Szenarien zu historischen Verläufen von Emissionen findet sich in Abschnitt 1.1.4.

Die Emissionsminderungen werden für den Gebäudebereich pro Studie aufgezeigt und eine kurze Beschreibung gegeben. Eine Einordnung soll dabei helfen, die Relevanz der jeweiligen Studie für die Untersuchung zu bewerten.

Um die unterschiedlichen Betrachtungsrahmen der Studien zu verdeutlichen werden diese in „*Nationale sektorübergreifende Untersuchungen*“, „*Nationale sektorspezifische Untersuchungen*“ und „*Internationale Untersuchungen*“ unterteilt.

#### 1.1.1 Nationale Untersuchungen, sektorübergreifend

(Schlesinger, Hofer et al. 2007): *Energieszenarien für den Energiegipfel 2007 – Endbericht*

Basierend auf dem Referenzjahr 2005 werden Entwicklungen der Emissionen sektorübergreifend von 1990-2020 dargestellt. Die Studie untersucht in drei Szenarien die Konsequenzen unterschiedlicher energie- und klimapolitischer Optionen für Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen. Das Szenario „Koalitionsvertrag (Szenario KV)“ geht von der Umsetzung der im Koalitionsvertrag getroffenen Vereinbarungen aus. Dazu zählt insbesondere die Verdoppelung der gesamtwirtschaftlichen Energieproduktivität (gemessen als Mrd EUR Bruttoinlandsprodukt je PJ Primärenergieverbrauch) zwischen 1990 und 2020. Das setzt eine durchschnittliche Steigerung der Energieproduktivität um 3 % p.a. zwischen 2005 und 2020 voraus. Im Szenario „Stärkerer Ausbau erneuerbarer Energien (Szenario EE)“ erfolgt der Ausbau erneuerbarer Energie schneller als im Szenario KV, das Ziel einer Verdoppelung der Energieproduktivität bleibt bestehen. Im Szenario „Längere Laufzeiten von Kernkraftwerken (Szenario KKW)“ werden gegenüber dem Szenario KV die Laufzeiten der Kernkraftwerke um 20 Jahre verlängert. Ergänzend wurde eine „2%-Variante zum Szenario KV (2%-Variante)“ gerechnet. In dieser Variante wurde die jährliche Steigerungsrate der Energieproduktivität zwischen 2005 und 2020 von 3 % auf gut 2 % verringert.

Tabelle 1: Übersicht Minderungspotentiale für den Betrachtungszeitraum 1990-2010 für das Erneuerbare Energien (EE) Szenario.

	Emissionsminderung gegenüber 1990 im Gebäudebereich	Minderung Endenergie gegenüber 1990 im Gebäudebereich (mit Strom und Fernwärme)	Minderung Endenergie gegenüber 1990 im Gebäudebereich (nur Raumwärme und Warmwasser)
Einheit	Mio. t CO <sub>2</sub> /a	PJ/a	PJ/a
Wohngebäude	k.A.	203	265
Nichtwohngebäude <sup>1</sup>	k.A.	115	211
Gesamt	51	318	476

<sup>1</sup> errechnete Werte, auf Basis der Verhältnisse im Wohnbereich, da keine Angaben in der Studie

Besondere Merkmale der Studie:

- Bilanziert CO<sub>2</sub> – Emissionseinsparungen
- Beitrag der erneuerbaren Energiequellen zur Wärme-, Strom und Kraftstoffversorgung betrachtet
- Endenergiebedarf für Raumwärme und Warmwasser extra betrachtet
- Sanierungsraten und Sanierungseffizienz in Abhängigkeit von Gebäudealter und Gebäudetyp betrachtet
- Struktur der Beheizung und der Warmwasserversorgung untersucht
- Elektrogeräte: Entwicklung spezifischer Verbräuche bis 2020 angenommen

(Matthes, Gores et al. 2008): Politiksznarien für den Klimaschutz IV - Szenarien bis 2030

Basierend auf dem Referenzjahr 2005 werden Entwicklungen der Emissionen sektorübergreifend von 1990-2020 dargestellt

Als Hintergrundstudie für die Erstellung des deutschen Projektionsberichtes 2007 sowie für andere klimapolitische Vorhaben werden im Projekt „Politiksznarien für den Klimaschutz IV“ Szenarien für die Entwicklung der Treibhausgasemissionen aus deutschen Quellsektoren für den Zeitraum 2000 bis 2030 erarbeitet:

- ein *Mit-Maßnahmen-Szenario* (MMS), in dem die im Zeitraum 2000 bis Mitte 2006 ergriffenen klima- und energiepolitischen Maßnahmen berücksichtigt werden und dem eine hohe prognostische Relevanz zukommt;
- ein *Ohne-Maßnahmen-Szenario* (OMS), in dem eine hypothetische Entwicklung für den Fall abgebildet wird, dass diese Maßnahmen nicht ergriffen worden wären;
- ein *Mit-Weiteren-Maßnahmen-Szenario* (MWMS), in dem zusätzlich die Wirkung weiterer – in Abstimmung mit dem Auftraggeber definierter – klima- und energiepolitischer Instrumente (oder entsprechender Zielvorgaben) für die Szenarientwicklung berücksichtigt wird.

Relevant für die Studie ist nur das *mit Maßnahmen* Szenario, das *ohne-Maßnahmen* Szenario ist fiktiv und das *mit-weiteren-Maßnahmen* Szenario wurde bis 2010 nicht implementiert.

Tabelle 2: Übersicht Minderungspotentiale für den Betrachtungszeitraum 1990-2010 für das *mit-Maßnahmen* und *mit-weiteren Maßnahmen* Szenario.

	Emissionsminderung gegenüber 1990 im Gebäudebereich	Minderung Endenergie gegenüber 1990 im Gebäudebereich (mit Strom und Fernwärme)	Minderung Endenergie gegenüber 1990 im Gebäudebereich (nur Raumwärme und Warmwasser)
Einheit	Mio. t CO <sub>2</sub> /a	PJ/a	PJ/a
<b>Mit-Maßnahmen</b>			
Wohngebäude	10	135	214
Nichtwohngebäude	12	15	83
Gesamt	32	140	297

Besondere Merkmale der Studie:

- CO<sub>2</sub> Emissionen werden nach dem Quellenprinzip bilanziert und beinhalten Emissionen aus Raumwärme- und Warmwassererzeugung
- Flächen der Wohngebäude, Projektionen für Wohnflächen, inklusive Neubaurate bis 2030 angenommen
- Leitparameter aus der Bau- und Heizungspraxis (Renovierungszyklen der Gebäudehülle und der Heizungen; Ausschöpfung der Sanierungspotentiale im Altbaubereich, Mehrverbrauch im Neubaubereich aufgrund Nutzerverhalten und abweichenden Gebäudeeigenschaften)
- Quantifizierung des Emissionsminderungspotential aufgelöst nach der Einzelmaßnahmen
- Elektrische Geräte separat

(Matthes, Gores et al. 2009): Politikszenerarien für den Klimaschutz V – auf dem Weg zum Strukturwandel – Treibhausgas-Emissionsszenarien bis zum Jahr 2030

Für das Projekt „Politikszenerarien für den Klimaschutz V“ (Politikszenerarien V) wurden Szenarien für die Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Deutschland für den Zeitraum 2005 bis 2030 erarbeitet:

- ein *Mit-Maßnahmen-Szenario* (MMS), in dem die im Zeitraum 2000 bis 2007 (in besonderen Einzelfällen auch noch im Verlauf des Jahres 2008) in den verschiedenen Sektoren neu eingeführten oder maßgeblich geänderten klima- und energiepolitischen Maßnahmen berücksichtigt werden und dem eine hohe prognostische Relevanz zukommt;
- ein *Strukturwandel-Szenario* (SWS), in dem zusätzlich die Wirkung weiterer klima- und energiepolitischer Instrumente für die Szenarienentwicklung berücksichtigt wird.

Für die Studie sind beide Szenarien relevant; die Emissionsminderungen pro Szenario sind in folgender Tabelle dargestellt.

Tabelle 3: Übersicht Minderungspotentiale für den Betrachtungszeitraum 1990-2010 für das *mit-Maßnahmen* und *Strukturwandel* Szenario.

	Emissionsminderung gegenüber 1990 im Gebäudebereich	Minderung Endenergie gegenüber 1990 im	Minderung Endenergie gegenüber 1990 im

		Gebäudebereich (mit Strom und Fernwärme)	Gebäudebereich(nur Raumwärme und Warmwasser)
Einheit	Mio. t CO <sub>2</sub> /a	PJ/a	PJ/a
<b>Mit-Maßnahmen</b>			
Wohngebäude	15,5	94	k.A.
Nichtwohngebäude	37,5	k.A.	k.A.
Gesamt	52		
<b>Strukturwandel</b>			
Wohngebäude	16,5	85	k.A.
Nichtwohngebäude	38,5	k.A.	k.A.
Gesamt	53		

Besondere Merkmale der Studie:

- CO<sub>2</sub> -äquivalente Emissionen werden nach dem Quellenprinzip bilanziert und beinhalten Emissionen aus Raumwärme- und Warmwassererzeugung
- Flächen der Wohngebäude, Projektionen für Wohnflächen, inklusive Neubaurate bis 2030 angenommen
- Quantifizierung des Emissionsminderungspotential aufgelöst nach der Einzelmaßnahmen

(Lindenberger, Bartels et al. 2006): Auswirkungen höherer Ölpreise auf Energieangebot und -nachfrage - Ölpreisvariante der Energiewirtschaftlichen Referenzprognose 2030

Basierend auf dem Referenzjahr 2002 werden 2 Szenarien bis 2030 entwickelt: die Referenzprognose und eine Ölpreisvariante, die einen Ölpreis in 2030 60% über dem Referenzszenario annimmt.

Tabelle 4: Übersicht Minderungspotentiale für den Betrachtungszeitraum 2002-2010 für die Referenzprognose und die Ölpreisvariante.

	Emissionsminderung gegenüber 1990 im Gebäudebereich	Minderung Endenergie gegenüber 1990 im Gebäudebereich (mit Strom und Fernwärme)	Minderung Endenergie gegenüber 1990 im Gebäudebereich (nur Raumwärme und Warmwasser)
Einheit	Mio. t CO <sub>2</sub> /a	PJ/a	PJ/a
<b>Referenzprognose</b>			
Wohngebäude	Nicht sektorspezifisch	66	90
Nichtwohngebäude		94	96 (nur Raumwärme)
Gesamt		160	186
<b>Ölpreisvariante</b>			
Wohngebäude	Nicht sektorspezifisch	80	103
Nichtwohngebäude		133	121 (nur Raumwärme)
Gesamt		213	224

Besondere Merkmale der Studie:

- Bilanziert CO<sub>2</sub> – Emissionseinsparungen
- Endenergiebedarfe werden aufgelöst nach Wohn- und Nichtwohngebäuden und pro Szenario dargestellt.
- Emissionen werden nicht pro Sektor ausgewiesen.
- Emissionen werden nicht pro Maßnahme ausgewiesen

(Kirchner and Matthes 2009): Modell Deutschland - Klimaschutz bis 2050

Basierend auf dem Referenzjahr 2005 werden 2 Szenarien bis 2050 entwickelt: das Referenzszenario und das Innovationsszenario. Das Referenzszenario und das Innovationsszenario gehen grundsätzlich von identischen Annahmen für die Entwicklung der sozioökonomischen Parameter, der Energiepreise und der Klimafaktoren aus. Im Referenzszenario wird angenommen, dass Energie- und Klimaschutzpolitik weiterhin etwa im Rahmen der bisherigen Bemühungen angegangen und betrieben werden. Bei den Abwägungen über Investitionen im energiewirtschaftlichen Zieldreieck zwischen Versorgungssicherheit, Wirtschaftlichkeit und Umweltverträglichkeit/ Nachhaltigkeit wird den beiden erstgenannten Aspekten ein sehr hoher Wert beigemessen. Die unterschiedlichen Akteure werden Effizienzmaßnahmen insbesondere dann umsetzen, wenn sie sich für sie in ihrem jeweiligen Kalkül unmittelbar durch die direkten Energiekosteneinsparungen „rechnen“. Das Wirtschaftlichkeitsgebot ist breiter Konsens.

Im Innovationszenario geht es darum, ein ambitioniertes Emissionsziel zu erreichen, ohne das System so weit zu verändern, dass man sich im Bereich der Utopie bewegen würde. Es wird davon ausgegangen, dass es einen internationalen Konsens zu gemeinsamen und verstärkten Klimaschutzanstrengungen gibt, der zu arbeitsteiliger Technologieentwicklung führt. Es wird davon ausgegangen, dass es ein weltweites völkerrechtlich



verbindliches Abkommen über Klimaschutzverpflichtungen mit funktionierenden Instrumenten gibt. Dabei spielt der grenzüberschreitende Handel mit Emissionsrechte eine bedeutende Rolle. Außerdem wird angenommen, dass Kompensationssysteme verhindern, dass Entwicklungs- und Schwellenländer über Gebühr belastet und in ihren Entwicklungsmöglichkeiten eingeschränkt werden. Dies kann z. B. durch den Transfer von Effizienz- und Regenerativtechnologien und/oder durch finanzielle Ausgleichszahlungen geschehen. Es wird angenommen, dass es keine oder nur sehr stark verringerte Leakage-Effekte gibt.

Die Emissionsminderungen der jeweiligen Szenarien werden bezogen auf das Referenzjahr 2005 für 2020, 2030, 2040 und 2050 berechnet.

Besondere Merkmale der Studie:

- CO<sub>2</sub>-äquivalente Emissionen werden nach dem Quellenprinzip bilanziert und beinhalten Emissionen aus Raumwärme- und Warmwassererzeugung
- Minderungsmaßnahmen werden nicht quantifiziert
- Kosten werden als Gesamtkosten dargestellt, nicht Gebäude- oder Maßnahmenspezifisch, erforderliche Investitionen werden aufgeteilt nach Warmwasser und Raumwärme dargestellt

Studie 40: (Doll, Eichhammer et al. 2008): Wirtschaftliche Bewertung von Maßnahmen des integrierten Energie- und Klimaprogramms (IEKP)

Das Hauptziel der Untersuchung durch das Projektteam bestand daher darin, die Maßnahmen des Energie- und Klimaprogramms im Hinblick auf ihre ökologischen und ökonomischen Wirkungen zu analysieren. Hierbei konzentriert sich die Untersuchung auf ein Bündel von besonders wichtigen Maßnahmen im integrierten Energie- und Klimapaket (IEKP). Die Einsparungen werden aus einer Gesamtkostenperspektive beziffert, in der zusätzlichen Investitionen für (eventuell) teurere Effizienztechnologien und Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien die eingesparten Kosten für fossile Energie gegenübergestellt werden. Diese Kosten-Nutzen-Betrachtung bezieht sich auf 2020.

(BMWI 2007): Eckpunkte für ein integriertes Energie- und Klimaprogramm

Beschreibung der Eckpunkte für ein integriertes Energie- und Klimaprogramm zur Umsetzung der europäischen Richtungsentscheidungen auf nationaler Ebene durch ein konkretes Gesetzgebungs- und Maßnahmenprogramm. Alle Maßnahmen des IEKP werden aufgelistet. Ist- Zustand, Ziel und die Maßnahmen und Federführung werden benannt.

(BMU and BMWI 2007): Bericht zur Umsetzung der in der Kabinettsklausur am 23./24.08. 2007 in Meseberg beschlossenen Eckpunkte für ein Integriertes Energie-und Klimaprogramm



Der Bericht zur Umsetzung der in der Kabinettsklausur am 23./24.08.2007 in Meseberg beschlossenen Eckpunkte für ein Integriertes Energie- und Klimaprogramm erläutert Ziel, Sachstand und Zeitplan der einzelnen Maßnahmen des IEKP.

(Trautmann, Barzantny et al. 2007): Bewertung und Vergleich mit dem Greenpeace Energiekonzept „Plan B“: Das integrierte Energie- und Klimaprogramm der Bundesregierung (Meseberger - Beschlüsse)

Im Auftrag von Greenpeace e.V. analysiert EUTech die Maßnahmen des IEKP hinsichtlich ihrer Wirkungen. Dabei wurde der Stand der Umsetzung bis November 2007 (soweit bekannt) berücksichtigt. Gleichzeitig wurden die Maßnahmen der Bundesregierung mit den von Greenpeace im März 2007 vorgelegten Forderungen im Energiekonzept „Klimaschutz – Plan B“ verglichen. Eine Bewertung der Zielsetzung und der Umsetzungsinstrumente werden vorgenommen.

(Kleißmann 2008): Kurzgutachten: Erreicht das integrierte Klima- und Energiepaket Der Bundesregierung die Gesetzen Einsparziele?

Das Kurzgutachten von Ecofys schätzt im Auftrag der Bundestagsfraktion BÜNDNIS 90 / DIE GRÜNEN ab, inwieweit die Bundesregierung mit den von ihr bisher initiierten Maßnahmen ihre selbstgesteckten Klima- und Energieeffizienzziele erreichen wird. Dabei werden insbesondere zwei Zielwerte der Regierungserklärung vom 26.04.2007 überprüft; a) die Senkung des deutschen CO<sub>2</sub>-Ausstoßes um 40% gegenüber 1990, d.h. Einsparung von 270 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> 2006-2020 und b) die Reduktion des Stromverbrauchs um 11 Prozent (Einsparung von 40 Mio. t CO<sub>2</sub> 2006-2020). Zur Beurteilung der Zielerreichung wird auf vorhandene Studien zurückgegriffen, d.h. insbesondere UBA (2007a), UBA (2007b), EUTech (2007) und Matthes et al. (2008). Diese werden durch Abschätzungen von Ecofys zu neueren Entwicklungen ergänzt. Da viele der angekündigten Maßnahmen noch ausstehen, wird unterschieden, welche Einsparungen als relativ gesichert gelten können und welche bisher offen bleiben oder nicht erreicht werden.

(Altgeld, Dürnhöfer et al. 2008): Energie 2020 für St. Ingbert - Endbericht (Kapitel 1); Energie 2020 für St. Ingbert - Endbericht (Kapitel 2)

Beschreibung des IEKP und weiterer Maßnahmen.

### 1.1.2 Nationale Untersuchungen, sektorspezifisch

(Kleemann and Hansen 2005) „Evaluierung der CO<sub>2</sub>-Minderungsmaßnahmen im Gebäudebereich“

Basierend auf dem Referenzjahr 2005 werden Entwicklungen der Emissionen im Wohn- und Nichtwohngebäudebereich von 1990-2020 dargestellt. Es wird in ein "Nullszenario", ein "Trendszenario", ein Szenario "Verbesserte Sanierung", ein Szenario "Subventionsabbau" und ein Szenario "Kalte Winter" unterschieden. Für die vorliegende Studie relevant ist das Trendszenario, das die Auswirkungen der heutigen (Stand 2005) Sanierungspraxis zeigt. Im Nullszenario werden keine Maßnahmen fortgeschrieben, bei *verbesselter Sanierung* ist die Potentialausnutzung größer.

In diesem Szenario werden die Trends der laufenden staatliche initiierten Minderungsmaßnahmen und sonstiger autonomer Maßnahmen fortgeschrieben. Die finanzielle Förderung wird unter Berücksichtigung der angestrebten Umstrukturierungsprogramme im Wesentlichen auf dem Niveau von 2005 fortgesetzt. Des Weiteren werden die Trends der technologischen Entwicklung extrapoliert, wie z.B. die Verbesserung der Wirkungsgrade der Heizungsanlagen.

Es wird von einer politisch gewollten und auch geförderten Energiespar- und Klimaschutzpolitik im Gebäudebereich ausgegangen. Der Altbausanierung kommt in diesem Zusammenhang eine Schlüsselrolle zu. Die Potenzialausnutzung, die das Sanierungsverhalten der Gebäudebesitzer beschreibt, wird im Trendszenario für das Ausgangsjahr 2005 auf den Wert von 32 % gesetzt und bis 2020 fort geschrieben.

Tabelle 5: Übersicht Minderungspotentiale für den Betrachtungszeitraum 1990-2010 für das Trendszenario.

	Emissionsminderung zu 1990 im Gebäudebereich	Minderung Endenergie Gebäudebereich
Einheit	Mio. t CO <sub>2</sub> /a	MWh/a
Wohngebäude	6	k.A.
Nichtwohngebäude	16	k.A.
Gesamt	22	k.A.

Besondere Merkmale der Studie:

- CO<sub>2</sub> Emissionen werden nach dem Quellenprinzip bilanziert und beinhalten Emissionen aus Raumwärme- und Warmwassererzeugung
- Untersucht Einfluss kalter Winter
- Untersucht Einfluss einer Streichung finanzieller Förderung
- Typologie und flächenspezifische Verbräuche für Nichtwohngebäude nach Branchen (aus Ikarus Datenbank)
- Benennt Soll- und Ist-Sanierungsraten

(Friedrich, Becker et al. 2008): CO<sub>2</sub> Gebäudereport 2007

Basierend auf dem Referenzjahr 2005 werden in vier verschiedenen Szenarien untersucht, welche Maßnahmen bis 2020 in welchem Umfang zur Minderung des Energiebedarfs und der CO<sub>2</sub>-Emissionen beitragen. Den Untersuchungen liegen

die Typgebäude der IKARUS-Datenbank von 1995 zugrunde, die an den Gebäudebestand von 2005 angepasst wurde. Der Ist-Zustand des Gebäudebestands im Jahr 2005 stellt das Ausgangsszenario dar. Ergänzend zur Ist-Situation 2005 wurde im Szenariozustand 1995 die gleiche Gebäudesubstanz wie im Ist-Zustand betrachtet, allerdings unter der Annahme, dass zwischen 1995 und 2005 keine Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle und keine Ersatzmaßnahmen an der Heiztechnik des Gebäudebestands durchgeführt wurden. Die Neubautätigkeit erfüllte wie im Ist-Zustand die Anforderungen der jeweiligen Wärmeschutz-/ Energieeinsparverordnung. So konnte ermittelt werden, welches Sparpotenzial mit den Sanierungsmaßnahmen im Gebäudebestand zwischen 1995 und 2005 bereits erschlossen wurde. Die erschließbaren Potenziale bis zum Jahr 2020 werden in vier Szenarien betrachtet.

Das erste Szenario beschreibt ein Stagnationsszenario, welchem die Annahme zugrunde liegt, dass Sanierungsquote und Heizungserneuerung in der gleichen Größenordnung und Qualität wie in den Jahren 2003 bis 2005 bis ins Jahr 2020 fortgeführt werden und Neubauten die derzeit (Stand 2007) gültige EnEV einhalten. Im zweiten Szenario wurde eine zweistufige Verschärfung der Energieeinsparverordnung, für Neubauten, unter Beibehaltung der Sanierungsquote und Qualität des Bestandes, wie in Szenario eins, angenommen. Im dritten Szenario wurde eine höhere Sanierungsrate angenommen und im vierten Szenario wurden eine sofortige Umsetzung aller Maßnahmen und eine Verschärfung der EnEV zugrunde gelegt.

Emissionsminderung in privaten Haushalten von 129 Mio tCO<sub>2</sub> in 1990 auf 113 in 2005 (S. 24)

Tabelle 6: Übersicht CO<sub>2</sub> Minderungspotentiale und Endenergiebedarf für den Wohngebäudebereich für den Betrachtungszeitraum 2005-2020. **(Im Vergleich zum Ist-Zustand in 2005: 191 Mio. t CO<sub>2</sub>/a und 690 TWh/a Endenergiebedarf.**

	Emissionsminderung zu 2005 im Gebäudebereich	Minderung Endenergie Gebäudebereich (Basis Ist Zustand)
Einheit	Mio. t CO <sub>2</sub> /a	TWh/a
1. Fortschreibung bis 2020	32	90
2. Verschärfte EnEV für Neubau (IKEP Szenario 30/30)	35	103,8
3. Zuwachs auf 3% Vollsanierung per annum	46	140
4. Maßnahmenbündel „CO <sub>2</sub> minus 40%“	77	210

Besondere Merkmale der Studie:

- CO<sub>2</sub> -äquivalente Emissionen werden nach dem Quellenprinzip bilanziert und beinhalten Emissionen aus Raumwärme- und Warmwassererzeugung
- Kosten für Maßnahmen benannt

(Nitsch 2008): Weiterentwicklung der „Ausbaustrategie Erneuerbare Energien“ vor dem Hintergrund der aktuellen Klimaschutzziele Deutschlands und Europas.

Basierend auf dem Leitszenario 2008 werden zwei Gruppen von Szenariovarianten bis 2050 entwickelt. Das Leitszenario 2008 orientiert sich an den Ausbauzielen 2020 der Bundesregierung bzw. der EU für EE, sowie dem Ziel bis 2020 jährlich eine Steigerung der (Primär-) Energieproduktivität von 3%/a zu erreichen. Die CO<sub>2</sub> Minderung gegenüber dem Basisjahr erreicht so 36% und verfehlt das 40% Ziel. Die Szenariovarianten unterteilen sich in die Gruppe Szenario E („Effizienz“), die das Umsetzen der Effizienzziele unterstellt und die Gruppe Szenario D („Defizit“), die das Verfehlen der Effizienzziele annimmt.

Szenario E wird unterteilt in:

- Szenario E1: EE Ausbau wie in Leitszenario 2008, jedoch noch erfolgreichere Effizienzsteigerungen, insbesondere im Strombereich und Ausbau der KWK.
- Szenario E2: wie Szenario E1, zusätzlich weiterer Ausbau einzelner EE-Technologien.
- Szenario E3: wie Szenario E2, jedoch nach 2020 zusätzlich deutlich stärkere Nutzung von EE im Verkehrsbereich

Tabelle 7: Übersicht CO<sub>2</sub> Minderungspotentiale und Endenergiebedarfe für den Gebäudebereich für den Betrachtungszeitraum 1995-2020 für das Leitszenario 2008

	Emissionsminderung zu 2005 im Gebäudebereich	Minderung Endenergie Gebäudebereich (Raumwärme)	Minderung Endenergie Gebäudebereich (Warmwasser)
Einheit	Mio. t CO <sub>2</sub> /a	PJ/a	
Leitszenario 2008	Nicht Sektorspezifisch	556	451

(Nitsch and Wenzel 2009): Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland unter Berücksichtigung der europäischen und globalen Entwicklung

Leitszenario 2009 entspricht in seiner Struktur noch weitgehend dem Leitszenario 2008, greift jedoch die neuesten Entwicklungen beim Ausbau erneuerbarer Energien auf sowie berücksichtigt die energiepolitischen Rahmenbedingungen bis Mitte 2009 berücksichtigt.

Tabelle 8: Übersicht CO<sub>2</sub> Minderungspotentiale und Endenergiebedarfe für den Gebäudebereich für den Betrachtungszeitraum 2005-2020 für das Leitszenario 2008.

	Emissionsminderung zu 2005 im Gebäudebereich	Minderung Endenergie Gebäudebereich (Raumwärme)	Minderung Endenergie Gebäudebereich (Warmwasser)
Einheit	Mio. t CO <sub>2</sub> /a	PJ/a	
Leitszenario 2008	Nicht Sektorspezifisch	576	k.A.

(Markewitz and Stein 2003): Das IKARUS-Projekt: Energietechnische Perspektiven für Deutschland. Forschungszentrums Jülich

Tabelle 9: Übersicht CO<sub>2</sub> Minderungspotentiale und Endenergiebedarfe für den Gebäudebereich für den Betrachtungszeitraum 1995-2020 für das Leitszenario 2008.

	Emissionsminderung zu 2005 im Gebäudebereich	Minderung Endenergie Gebäudebereich (Raumwärme und Warmwasser)
Einheit	Mio. t CO <sub>2</sub> /a	TWh/a
EnEV Trend 50% Szenario	Nicht Sektorspezifisch	120

(Kleemann, Heckler et al. 2000): Die Entwicklung des Energiebedarfs zur Wärmebereitstellung in Gebäuden (Ergebnisse & Materialien)

Kleemann et al. definieren zwei Szenarien definiert, die sich an bestehenden und an weiteren verschärften Energie- und Klimaschutzmaßnahmen orientieren:

- EnEV Trendszenario (mit 0%, 25%, 50%, 75% Sanierungseffizienz)
- Reduktionsszenario (100% Sanierungseffizienz)

Das EnEV Szenario zeigt v.a. die Auswirkungen der EnEV. Bestehende Trends werden fortgeschrieben, es wird im Vergleich zur vergangenen Dekade von einer verstärkten Klimaschutz- und Energiepolitik ausgegangen. Im verschärften Reduktionsszenario wird mittel- bis langfristig eine stringenter Klimaschutzpolitik unterstellt. Zusätzlich zur EnEV werden weitere Maßnahmen angenommen. Die Sanierungseffizienz wird mit 100% angenommen.

Tabelle 10: Übersicht Endenergiebedarfe für den Wohn- und Nichtwohngebäudebereich für den Betrachtungszeitraum 1995-2020 für die Szenarien.

	Emissionsminderung zu 2005 im Gebäudebereich	Minderung Endenergie Wohngebäudebereich (Raumwärme und Warmwasser)	Minderung Endenergie Wohngebäudebereich (Raumwärme und Warmwasser)	Minderung Endenergie Gebäude (gesamt) (Raumwärme und Warmwasser)
Einheit	Mio. t CO <sub>2</sub> /a	TWh/a	TWh/a	TWh/a
EnEV 0%	k.A.	50	27	77
EnEV 25%		85	29	114
EnEV 50%		120	39	159
EnEV 75%		160	41	201
Reduktion 100%		220	47	267

Besondere Merkmale der Studie:

- Sensitivitätsanalyse für die EnEV (verschiedene Sanierungseffizienz angenommen)

(Schulz, Bartels et al. 2005): Energiereport IV: Die Entwicklung der Energiemärkte bis zum Jahr 2030 - Energiewirtschaftliche Referenzprognose (Kurzfassung)

Die Referenzprognose ermöglicht einen analytischen Ausblick auf die energiewirtschaftliche Entwicklung in Deutschland bis 2030. Sie verknüpft dazu langfristige Entwicklungstrends von Bevölkerung, Wirtschaft, Technik und Umwelt. Grundlegende energiepolitische Weichenstellungen, die im Prognosezeitraum wirksam oder wahrscheinlich sind, werden berücksichtigt

Tabelle 11: Übersicht Emissionen für den Wohngebäudebereich für den Betrachtungszeitraum 1995-2020.

	Emissionsminderung zu 2005 im Gebäudebereich	Abnahme Endenergie Gebäudebereich (Raumwärme)	Abnahme Endenergie Gebäudebereich (mit Strom)
Einheit	Mio. t CO <sub>2</sub> /a	PJ	PJ
Wohngebäude	k.A.	180	250
Nichtwohngebäude	k.A.	280	315
Alle Gebäude	k.A.	460	565

Besondere Merkmale der Studie:

- Die Emissionen für den Gebäudebereich werden nicht explizit ausgewiesen.

Studie 50: (Clausnitzer, Gabriel et al. 2007): Effekte des KfW-CO<sub>2</sub>-Gebäudesanierungsprogramms 2005 und 2006 (Ermittlung von Effekten des KfW-CO<sub>2</sub>-Gebäudesanierungsprogramms, Entwicklung der Methodik und Ergebnisse der Berichtsperioden 2005 und 2006)

Die von der Arbeitsgemeinschaft Bremer Energie Institut, Institut Wohnen und Umwelt und dem Institut für Statistik der Universität Bremen durchgeführte Studie entwickelt ein Modell zur Abschätzung der positiven Effekte, die durch die im KfW-CO<sub>2</sub>-Gebäudesanierungsprogramm geförderten Modernisierungsvorhaben bewirkt werden, und zwar bezüglich a) der CO<sub>2</sub> Reduktion, b) der Endenergieeinsparung, c) der Beschäftigung d) des Modernisierungsfortschritts und e) der Heizkostensparnis.

Zur Abschätzung der CO<sub>2</sub>-Reduktions- und Endenergieeinsparungseffekte wurde ein gestuftes Verfahren entwickelt. Dieses wurde so gestaltet, dass es auch bei künftigen Änderungen von Programmbedingungen und künftig anderen Ausgangszuständen der Gebäude (Modernisierungsfortschritt) anwendbar ist. Im Kern wird für Gebäude einer geschichteten Zufallsstichprobe von Darlehensfällen der Endenergiebedarf vor und nach der Modernisierung berechnet und die CO<sub>2</sub>-Emission über Emissionsfaktoren der eingesetzten Energieträger abgeschätzt.

In folgen Studien werden die Effekte für Darlehens- und Zuschussfälle des Jahres 2007, bzw. 2008 und 2009 mit der gleichen Methodik, wie (Clausnitzer, Gabriel et al. 2007) berechnet.



- (Clausnitzer, Fette et al. 2010): Effekte der Förderfälle des Jahres 2009 des CO<sub>2</sub>-Gebäudesanierungsprogramms und des Programms „Energieeffizient Sanieren“
- (Clausnitzer, Gabriel et al. 2009): Effekte des CO<sub>2</sub>-Gebäudesanierungsprogramms 2008;
- (Clausnitzer, Gabriel et al. 2008): Effekte des CO<sub>2</sub>-Gebäudesanierungsprogramms 2007;

### 1.1.3 Internationale Untersuchungen

Bettgenhäuser, K., Boermans, T., et al. (2009). Sectoral Emission Reduction Potentials and Economic Costs for Climate Change (SERPEC-CC) - Residential buildings and service sector.

Basierend auf einem Referenzszenario (*frozen technology*) von PRIMES wurden die bottom-up identifizierten Reduktionspotentiale (Basisjahr 2005) verglichen. Die betrachteten Maßnahmen beziehen sich auf Heizbedarf, Strombedarf und verbesserte Heizsysteme und PV und werden gesplittet nach Wohn- und Nichtwohngebäude und nach indirekten und direkten Emissionen. Folgende Tabelle gibt die gesamtübersicht des Einsparpotentials für den gesamten Gebäudesektor an.

Tabelle 12: Übersicht Emissionen für den Gebäudebereich für den Betrachtungszeitraum 1995-2020.

	Emissionsminderung zu 2005 im Gebäudebereich direkt; Raumwärme und Warmwasser, weitere)	Emissionsminderung zu 2005 im Gebäudebereich indirekt; Strom, Fernwärme)	Emissionsminderung zu 2005 im Gebäudebereich (direkt und indirekt)	Minderung Endenergie Gebäudebereich
Einheit	Mio. t CO <sub>2</sub> /a	Mio. t CO <sub>2</sub> /a	Mio. t CO <sub>2</sub> /a	PJ/a
Wohngebäude (direkt)	306	257	563	k.A.
Nichtwohngebäude (direkt)	101	150	251	k.A.
Alle Gebäude (direkt)	407	407	814	k.A.

Besondere Merkmale der Studie:

- Emissionsreduktion disaggregiert nach Wohn- und Nichtwohngebäude, nach indirekten und direkten Emissionen
- Einzelne Maßnahmen Einsparpotential quantifiziert

Uihlein, A., Eder, P. (2009a+b). Towards additional policies to improve the environmental performance of buildings

In der Studie werden ein Referenzszenario und 9 verschiedene Szenarien für Wohngebäude entwickelt. Im Referenzszenario werden die historischen

Energieeffizienzentwicklungen bis 2008 zugrunde gelegt, der Stand von 2008 wird unverändert bis 2020 fortgeschrieben. Die anderen Szenarien werden im Folgenden zusammengefasst:

1. Szenario: *Energy efficiency boundary high scenario*: Energieeffizienzscenario mit Barrieren (hoch)
2. Szenario: *Full cost optimal scenario*: Kostenoptimiertes Szenario
3. Szenario: *Full cost optimal accelerated scenario*: Beschleunigtes kostenoptimiertes Szenario
4. Szenario: *EPBD recast scenario*: überarbeitete Gebäuderichtlinie Szenario
5. Szenario: *Cost optimal retrofitting windows and roofs*: Kostenoptimiertes Fenster- und Dächererneuerung Szenario
6. Szenario: *Accelerated cost optimal retrofitting of roofs*: Beschleunigtes kostenoptimiertes Dächererneuerung Szenario
7. Szenario: *Accelerated cost optimal retrofitting of windows*: Beschleunigtes kostenoptimiertes Fenstererneuerung Szenario
8. Szenario: *Accelerated cost optimal retrofitting of roofs and windows*: Beschleunigtes kostenoptimiertes Fenster- und Dächererneuerung Szenario
9. Szenario: *Energy efficiency boundary low scenario*: Energieeffizienzscenario mit Barrieren (niedrig)

Tabelle 13: Übersicht Emissionen für den Wohngebäudebereich für den Betrachtungszeitraum 2000-2060.

	Emissionsminderung zu 2005 im Gebäudebereich	Minderung Endenergie Gebäudebereich (Raumwärme)
Einheit	Mio. t CO <sub>2</sub> /a	PJ/a
2. Szenario	9,7	204,1
3. Szenario	k.A.	225,1
4. Szenario	7,5	157,3
5. Szenario	k.A.	176,6
6. Szenario	k.A.	166,6
7. Szenario	k.A.	184,5
8. Szenario	10,7	193,9

Besondere Merkmale der Studie:

- Betrachtungszeitraum bis 2060
- Viele Szenarien
- Kosten der Maßnahmen angegeben



(Mantzou, Capros et al. 2007): European Energy And Transport Trends to 2030 — Update 2007

The PRIMES model, run by the E3MLab of National Technical University of Athens (NTUA), has been used to quantify the Baseline scenario for all the EU-27 Member-States up to the year 2030. PRIMES is a partial equilibrium model of the EU energy system providing projections for the medium and long term starting from 2010 and running up to 2030 with results for every fifth year. The PRIMES model was complemented by a series of specialised models and databases, including the POLES world energy model and the GEM-E3 macroeconomic model. Main assumptions for the PRIMES model are:

- Technical-economic parameters
- Policy assumptions
- CO<sub>2</sub> prices
- Degree days
- Discount rates
- Population and household size
- GDP and sectoral production
- Energy import prices
- Tax rates

Tabelle 14: Übersicht Emissionen für den Wohngebäudebereich für den Betrachtungszeitraum 1990-2020.

	Emissionsminderung zu 2005 im Gebäudebereich	Zunahme Endenergie Gebäudebereich (Raumwärme)	Zunahme Endenergie Gebäudebereich (mit Strom)
Einheit	Mio. t CO <sub>2</sub> /a	Ktoe	Ktoe
Wohngebäude	25,5	4533	7926
Nichtwohngebäude	36,7	-9106 (Abnahme)	-6115 (Abnahme)
Alle Gebäude	62,2	-4573 (Abnahme)	1811

Besondere Merkmale der Studie:

- Wichtige top down berechnete baseline
- EU weite Projektionen
- Sektorunterteilung
- Indirekte und direkte Emissionen werden unterschieden

### 1.1.4 Historische Endenergieverbräuche

Folgende Abbildung 1 stellt den historischen Verlauf der Endenergieverbräuche im Gebäudesektor in Deutschland dar.

*In dieser Studie werden alle beheizten Gebäude der Sektoren Haushalte, Gewerbe-Handel-Dienstleistung und Verkehr als Gebäudesektor bezeichnet. Industriegebäude werden aufgrund Ihrer Heterogenität in Bezug auf Geometrie, Lüftungswärmeverluste, Abwärme-Nutzung und Fremdbeheizung nicht betrachtet.*

Die Zahlen sind den *BMW Energie* Daten entnommen und zeigen die Entwicklung für Raumwärme (RW), Warmwasser (WW) und Beleuchtung von 1990 bis 2009.

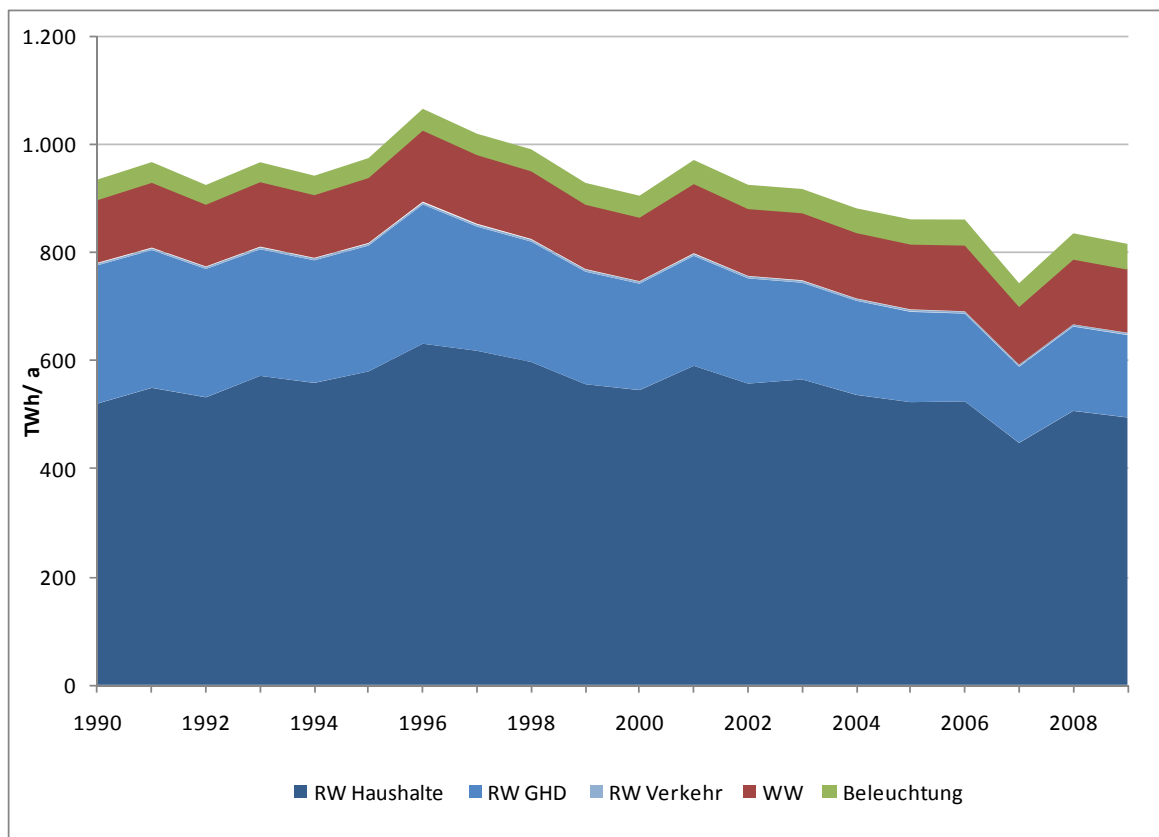


Abbildung 1: Verlauf der historischen Endenergieverbräuche für Raumwärme, Warmwasser und Beleuchtung in den Sektoren Private Haushalte, GHD und Verkehr. Quelle: BMWi Energiedaten<sup>1</sup>, Stand 07.09.2010.

<sup>1</sup> Die Berechnung erfolgte auf Grundlage der Endenergieverbräuche im Sektor sowie der Anteile für RW, WW und Beleuchtung am Gesamtendenergieverbrauch der Sektoren Haushalte, GHD und Industrie. Letztere sind für die Jahre 1996 und 2007 bekannt und für den Zeitraum 1996-2007 linear entwickelt (Tabellen 7 und 7a), um auf die Endenergieverbräuche pro Sektor angewendet zu werden (Tabelle 6a).

Diese Werte stellen die Grundlage für weitere Rechnungen dar und dienen gleichzeitig zur Definition der Schnittstelle im Jahr 2010 zwischen historischen Daten und der Prognose mit dem Berechnungsmodell BEAM<sup>2</sup> (siehe hierzu Abschnitt 1.7).

### 1.1.5 Historische CO<sub>2</sub>-Emissionen

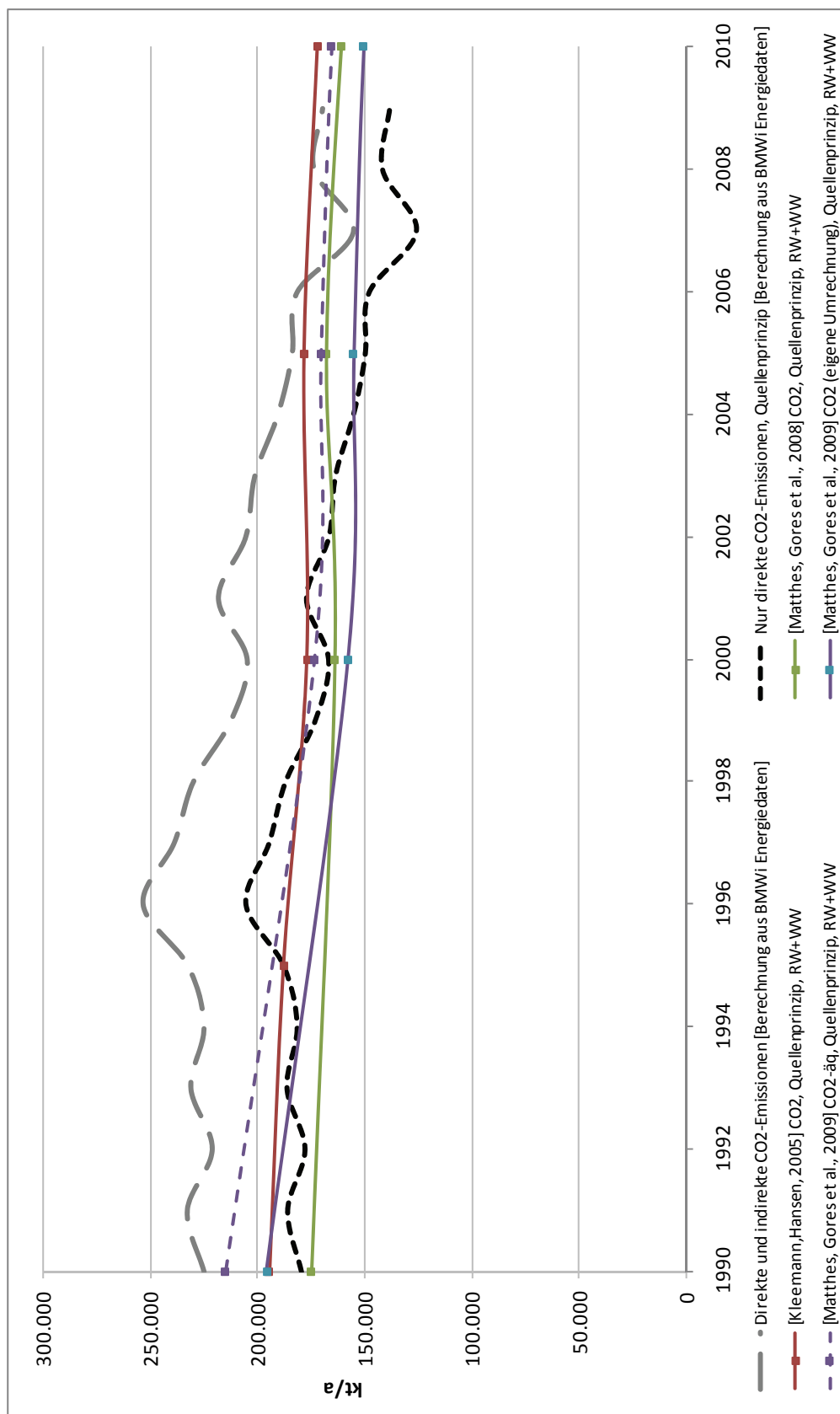
Ungleich schwieriger als die Darstellung der Endenergieverbräuche ist die Definition der historischen Werte der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Gebäudebereich. Hier kann nicht auf eine amtliche Statistik wie bei der Endenergie zurückgegriffen werden, da eine sektorspezifische Aufteilung in einer amtlichen Statistik nicht vorliegt.

Zur Erfassung der historischen Entwicklung im zurückliegenden Zeitraum 1990 bis 2008 eignet sich folgende Vorgehensweise:

- Erfassung statistischer Daten des BMWI zum Endenergieverbrauch für Raumwärme und Warmwasser (unterteilt nach Energieträgern)
- Festlegung von CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren für die jeweiligen Energieträger (bei Strom: Berücksichtigung der Änderung des Emissionsfaktors für Strom. Quelle: [UBA 2010]. Nach dem international üblichen Quellprinzip werden Emissionen aus Fernwärme und Strom dem Energiesektor und nicht dem Gebäudesektor zugerechnet. Zunächst werden hier sowohl die Emissionen nach dem Quellprinzip, als auch die gesamten Emissionen (inklusive Emissionen durch Fernwärme und Strom) dargestellt.
- Berechnung der Emissionen für Raumwärme und Warmwasser für den Zeitraum 1990 – 2008.

Nach entsprechendem Vorgehen zeigt sich folgendes Bild:

Abbildung 2: CO<sub>2</sub>-Emissionen berechnet auf Basis von BMWI-Energiedaten im Vergleich zu Szenarien aus den untersuchten Studien



Die dargestellten Szenarien aus den untersuchten Studien unterscheiden sich bezüglich der Zusammenstellung der Szenarien sowie der gewählten CO<sub>2</sub>-Bilanzierungsmethode (jeweils nach dem Quellprinzip, also exklusive Emissionen aus Fernwärme und Strom, aber teils als CO<sub>2</sub>-Emissionen, teils in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten). Insofern ist hierbei kein deckungsgleicher Verlauf der Szenarien untereinander und mit den nach oben erläuterten Methodik berechneten historischen CO<sub>2</sub>-Emissionen (dunkle, gestrichelte Linie) zu erwarten. Generell zeigen die aus den BMWI-Daten heraus berechneten Emissionen aber insbesondere mit dem Szenario aus [Matthes, Gores et al., 2009] gute Übereinstimmungen bzgl. dem Gesamtverlauf (Ausprägung der Abwärtsbewegung) und Höhe der Emissionen (nach eigener Umrechnung der Daten von [Matthes, Gores et al., 2009] von CO<sub>2</sub>-Äquivalenten auf CO<sub>2</sub>-Emissionen).

Als Festlegung für den historischen Verlauf der CO<sub>2</sub>-Emissionen werden im Folgenden die aus den BMWI-Daten berechneten Werte herangezogen.

Zur besseren Einordnung des Verlaufs der historischen Emissionen ist in nachfolgender Abbildung 3 die historische Entwicklung der Heizgradtage gegeben.

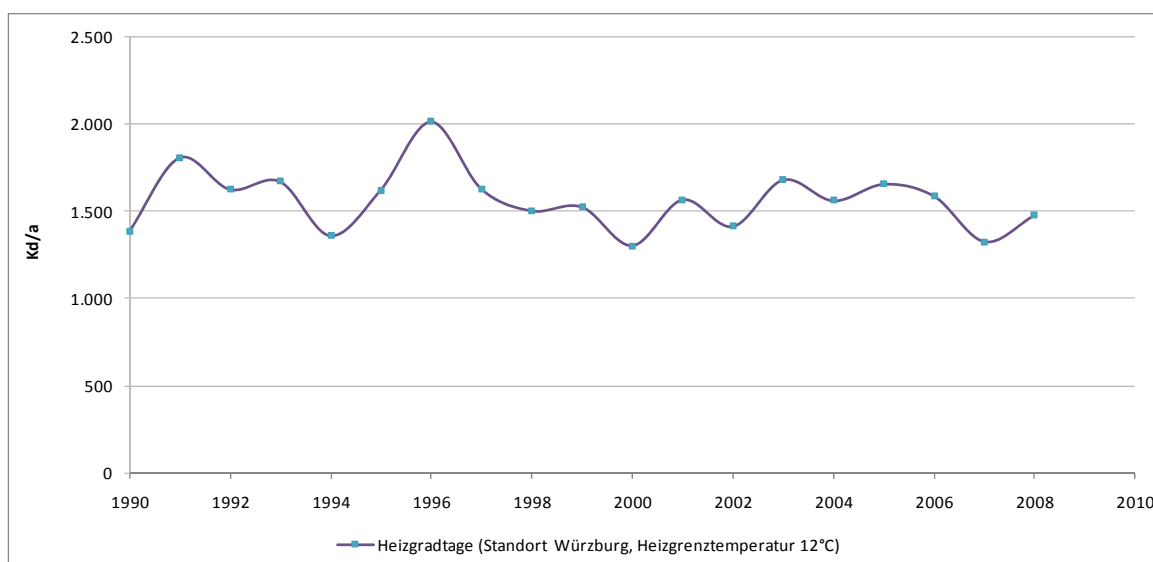


Abbildung 3: Historische Entwicklung der Heizgradtage für den Standort Würzburg (Heizgrenztemperatur 12°C). Quelle: IWU 2010.

Im Abgleich mit dem oben dargestellten Verlauf der Emissionen zeigt sich, dass die CO<sub>2</sub>-Emissionen den Schwankungen der Heizgradtage folgen, insbesondere aber ab dem Jahr 2000 ein deutlicher Rückgang der Emissionen erfolgt, der sogar im Gegensatz zum Verlauf der Heizgradtage steht und den Erfolg von Einsparmaßnahmen verdeutlicht.

## 1.2 Festlegen der Berechnungsbasis 1990

In diesem Abschnitt wird die Ausgangsbasis des zu definierenden Referenzszenarios für das Jahr 1990 in Bezug auf CO<sub>2</sub>-Emissionen und Energiebedarfe getrennt nach Wohn- und Nichtwohngebäuden zusammengestellt.

Weiterhin ist eine Gebäudetypologie Mitte der 90er Jahre angegeben, die die Flächenverteilung zu Beginn des Referenzszenarios verdeutlicht.

### 1.2.1 Endenergiebedarfe im Gebäudebestand 1990

Die Endenergiebedarfe im Jahr 1990 für Raumwärme, Warmwasser und Beleuchtung sind in Tabelle 15 dargestellt. Ein detailliertes Inventar der Heizungssysteme und Energieträger für das Jahr 2010 zu Beginn der Modellierung des Referenzszenarios ist in Abschnitt 1.6.2 gegeben.

Tabelle 15: Endenergieverbrauch 1990. Quelle: BMWi Energiedaten.

TWh/a	Haushalte	GHD	Verkehr
Raumwärme	520,3	256,0	2,9
Warmwasser	70,8	46,6	0
<i>Summe RW+WW</i>	<i>591,1</i>	<i>302,6</i>	<i>2,9</i>

Die Aufteilung der Energieträger zur Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser im Jahr 1990 ist in Tabelle 16 gegeben.

Tabelle 16: Energieträger-Mix in 1990. Quelle: Berechnet aus den BMWi Energiedaten.

RW+WW	Private HH	GHD	Verkehr
- davon Öl	37.7%	44.7%	75.0%
- davon Gas	43.4%	33.9%	0.0%
- davon Strom	4.1%	5.4%	25.0%
- davon Fernwärme	6.6%	12.8%	0.0%
- davon Kohle	4.3%	2.9%	0.0%
- davon Sonstige	3.8%	0.3%	0.0%

### 1.2.2 CO<sub>2</sub>-Emissionen im Gebäudebestand 1990

Die Ausgangsbasis in Bezug auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen für das Jahr 1990 ist in Tabelle 16 dargestellt. Dabei werden sowohl die gesamten Emissionen, als auch die Emissionen nach dem Quellprinzip (ohne Emissionen aus Fernwärme und Strom) dargestellt.

Tabelle 17: CO<sub>2</sub>-Emissionen 1990. Quelle: [Eigene Berechnungen aus BMWi Energiedaten].

Mt/a	Haushalte	GHD	Verkehr
<i>Direkte und Indirekte Emissionen RW+WW</i>	<i>145,5</i>	<i>79,6</i>	<i>1,1</i>
<i>Nur direkte Emissionen RW+WW (Quellenprinzip)</i>	<i>119,8</i>	<i>59,6</i>	<i>0,6</i>

Dabei wurden die Emissionsfaktoren nach Tabelle 18 angewendet.

Tabelle 18: CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren 1990. Quelle: [Umweltbundesamt].

CO <sub>2</sub> -Emissionsfaktoren	
kg/ kWh	1990
Öl	0,266
Gas	0,202
Strom	0,744
Fernwärme	0,200
Kohle	0,335
Biomasse	0,000

In Bezug auf die Endenergie und die CO<sub>2</sub>-Emissionen kann auf Grund der Datenlage leider nicht zwischen privaten und öffentlichen Gebäuden unterschieden werden.

### 1.2.3 Gebäudetypologie der 90er Jahre

Eine vollständige Gebäudetypologie ist für 1990 nicht verfügbar. Daher werden die Flächenverteilungen anhand von verfügbaren Gebäudebestandsuntersuchungen der 90er Jahre aufgezeigt. Allerdings ist in AP2 eine genaue Bestandsaufnahme für das Jahr 2010 notwendig, da für den Zeitraum 2010 bis 2020 eine Prognose basierend auf dem heutigen Gebäudebestand stattfindet, siehe Abschnitt 1.6.1.

#### Wohngebäudetypologie

Einen Anhaltspunkt der Wohnflächenverteilung gibt die Übersicht aus [Kleemann 2000] für das Jahr 1995, s. Tabelle 19. Von den insgesamt 3.005 Mio. m<sup>2</sup> entfallen ca. 84% der Flächen auf die alten Bundesländer und 16% auf die neuen Bundesländer.

Die Flächen im Nichtwohngebäudebereich machen mit 926 Mio. m<sup>2</sup> rund 24% an den gesamten Gebäudeflächen im Wohn- und Nichtwohngebäudebereich aus.

Tabelle 19: Entwicklung des Gebäudebestandes (Wohn- und Nichtwohngebäude) in Mio. m<sup>2</sup>.  
Quelle: [Kleemann 2000].

		Bestand	Veränderung	Bestand	Veränderung	Bestand
		1995	1995-2020	2020	2021-2050	2050
Altbau ABL	W <sup>1)</sup>	2.510	-176	2.334	-334	2.000
Altbau NBL	W <sup>1)</sup>	495	-83	412	-147	265
Neubau BRD	W <sup>1)</sup>		588	588	652	1.240
Gesamt BRD	W <sup>1)</sup>	3.005	-	3.334	-	3.505
Gesamt BRD	NW <sup>2)</sup>	926	-297	989	-280	1.035
			360		326	

1) W = Wohnbereich (Haushalte), 2) NW = Nichtwohnbereich (Kleinverbrauch)

In Tabelle 20 sind die Wohnflächen (ohne Wohnheime) Ende 1995 nochmals anhand der Wohnungen pro Gebäude aufgeteilt. Es ist zu erkennen, dass ein

Schwerpunkt (bezogen auf die Flächen) bei Wohngebäude mit entweder einer Wohnung oder mehr als 2 Wohnungen liegt.

Tabelle 20: Bestand an Wohngebäuden Ende 1995. Quelle: [Kleemann 2000].

Region ↓	Wohngebäudezahlen ohne Wohnheime										
	Gesamt			mit 1 Wohnung		mit 2 Wohnungen			mit 3 oder mehr Wohnungen		
	Gebäude 1000	Wohn- fläche Mio m <sup>2</sup>	Woh- ngn. 1000	Ge- bäude 1000	Wohn- fläche Mio m <sup>2</sup>	Ge- bäude 1000	Wohn- fläche Mio m <sup>2</sup>	Woh- ngn. 1000	Ge- bäude 1000	Wohn- fläche Mio m <sup>2</sup>	Woh- ngn. 1000
ABL	13.199	2.462	28.338	8.192	984,7	2.765	488,5	5.529	2.242	989,0	14.617
NBL	2.534	482,6	6.928	1.497	147,8	445,1	65,8	890,2	592,2	269,0	4.542
BRD	15.732	2.945	35.267	9.688	1.132	3.210	554,3	6.420	2.834	1.258	19.159

Ein Vergleich dreier Studien (Prognos 1999, DIW 1999, SBA 1999) in [Kleemann 2000] gibt nähere Informationen zu den Baualtersklassen für Wohngebäude in den alten Bundesländern, siehe Tabellen Tabelle 21 und



Tabelle 22.

Tabelle 21: Bestandsveränderungen (in 1.000m<sup>2</sup>) der Wohngebäude in den ABL (Gebäude mit 1 und 2 Wohnungen). Quelle: [Kleemann 2000].

		Entwicklung 1996 bis 2005:		2006 bis 2020:		2021 bis 2050:		
Gesamtabgang Prognos (1995):		Null.		176.400 [1.000 m <sup>2</sup> ]		Erläuterung siehe Text		
1 Wohnung		Ist-Bestand	Abriss	Prognose Bestand 2005	Abriss	Prognose Bestand 2020	Abriss	Prognose Bestand 2050
EFHWB	bis 1918	147.900	0	147.900	39.721	108.179	79.443	28.736
EFHWC	1919-48	124.700	0	124.700	26.901	97.799	53802	43.997
EFHWD	1949-57	125.500	0	125.500	8696	116.804	17.391	99.413
EFHWE	1958-68	153.300	0	153.300	10.628	142672	21.256	121.416
EFHWF	1969-78	209.200	0	209.200	4.311	204889	8.623	196.266
EFHWG	1979-83	96.600	0	96.600	0	96.600	0	96.600
EFHWH	1984-95	160.200	0	160.200	0	160.200	0	160.200
<b>EFHW Gesamt</b>		<b>1.017.400</b>	<b>0</b>	<b>1.017.400</b>	<b>90.257</b>	<b>927.143</b>	<b>180.515</b>	<b>746.628</b>
<b>2 Wohnungen</b>							<b>Anteil A/B</b>	
RDHWA	bis 1900	48.100	0	48.100	8.451	39.649	59,51%	16.902
RDHWB	1901-18	32.700	0	32.700	5.745	26.955	40,49%	11.491
RDHWC	1919-48	67.100	0	67.100	11.303	55.797		22.606
RDHWD	1949-57	69.500	0	69.500	3.472	66.028		6.944
RDHWE	1958-68	85.000	0	85.000	4.243	80.757		8.487
RDHWF	1969-78	81.800	0	81.800	1.440	80.360		2.880
RDHWG	1979-83	34.600	0	34.600	0	34.600		0
RDHWH	1984-95	54.600	0	54.600	0	54.600		0
<b>RDHW Gesamt</b>		<b>473.400</b>		<b>473.400</b>	<b>34.655</b>	<b>438.745</b>		<b>69.310</b>
								<b>369.435</b>

Tabelle 22: Bestandsveränderungen (in 1.000m<sup>2</sup>) der Wohngebäude in den ABL (Gebäude mit 3 und mehr Wohnungen). Quelle: [Kleemann 2000].

3 oder mehr Wohnungen	Ist-Bestand	Prognose		Prognose		Prognose		
		Abriss	Bestand 2005	Abriss	Bestand 2020	Abriss	Bestand 2050	
KMHW A	bis 1900	45.584	0	45.584	4.732	40.852	9.463	31.389
KMHW B	1901-18	46.956	0	46.956	4.874	42.082	9.748	32.334
KMHW C	1919-48	66.582	0	66.582	7.429	59.154	14.857	44.296
KMHW D	1949-57	78.295	0	78.295	2.495	75.800	4.989	70.811
KMHW E	1958-68	95.705	0	95.705	3.075	92.631	6.149	86.481
KMHW F	1969-78	79.455	0	79.455	697	78.759	1.393	77.365
KMHW G	1979-83	23.425	0	23.425	0	22.200	0	22.200
KMHW H	1984-95	54.448	0	54.448	0	51.600	0	51.600
GMHW B	bis 1918	66.899	0	66.899	6.944	59.955	13.888	46.067
GMHW C	1919-48	40.836	0	40.836	4.556	36.280	9.112	27.168
GMHW D	1949-57	87.475	0	87.475	2.787	84.688	5.574	79.114
GMHW E	1958-68	73.124	0	73.124	2.349	70.775	4.699	66.077
GMHW F	1969-78	57.613	0	57.613	505	57.108	1.010	56.098
GMHW G	1979-83	30.811	0	30.811	0	29.200	0	29.200
GMHW H	1984-95	70.592	0	70.592	0	66.900	0	66.900
HOHW E	1958-68	32.100	0	32.100	1.031	31.69	2.063	29.006
HOHW F	1969-78	70.100	0	70.100	615	69.485	1.229	68.256
<b>GESAMT</b>	<b>1.020.000</b>		<b>1.020.000</b>	<b>42.088</b>	<b>968.537</b>	<b>84.175</b>	<b>884.361</b>	
		<b>1995</b>		<b>2005</b>		<b>2020</b>		<b>2050</b>
		1.017.400		1.017.400		927.143		746.628
		473.400		473.400		438.745		369.435
		1.020.000		1.020.000		968.537		884.361
<b>Summe Bestandsflächen:</b>	<b>2.510.800</b>		<b>2.510.800</b>		<b>233.4424</b>		<b>2.000.424</b>	

Zur aktuellen Verteilung der Wohnflächen in Deutschland sei an dieser Stelle auf die IWU-Gebäudetypologie [Diefenbach, Born 2007] verwiesen, die einen detaillierten Überblick der Bestandsgebäude im Wohngebäudebereich bis zu Jahr 2006 gibt.

### Nichtwohngebäudetypologie

Für den Bereich der Nichtwohngebäude ist in [Kleemann 2003] eine Typologie mit Flächenverteilung nach Branchen gegeben. Diese wurde ursprünglich vom Fraunhofer-Institut für Bauphysik in Stuttgart entwickelt und im Rahmen des IKARUS-Projektes erweitert.

In Tabelle 23 sind die Gewerbeflächen nach Subsektoren im Sektor Gewerbe-Handel-Dienstleistung (GHD) u.a. für das Jahr 2000 gegeben. Hier wird zwischen öffentlichen und privaten Gebäuden unterschieden.

Tabelle 23: Gewerbeflächen nach Subsektoren. Quelle: [Kleemann 2003].

Hauptsektoren	Untersektoren	2000	2010	2020	Veränderung	Anteil
					2000-2020	2020
		Mic. m <sup>2</sup>			%	%
Öffentl. DL	Öffentliche Dienstleistungen (Gesamt)	443	462	457	3	40
Öffentl. DL	davon Organisationen ohne Erwerbszwecke	95,2	112	121		
Öffentl. DL	davon Gebietskörperschaften	85,2	88,2	88,7		
Öffentl. DL	davon Krankenhäuser	112	110,6	105		
Öffentl. DL	davon Schulen	129	128,2	122		
Öffentl. DL	davon Post	14,5	15,2	15,2		
Öffentl. DL	davon Bade- und Sportanlagen	7,5	7,9	7,9		
Private DL	Private Dienstleistungen (Gesamt)	380	409	422	11	37
Private DL	davon Handel	214	211	203		
Private DL	davon Gastgewerbe	74,7	84,4	96,6		
Private DL	davon Banken und Versicherungen	30,3	30,7	30,1		
Private DL	davon Verlagsgewerbe	4,8	4,9	4,8		
Private DL	davon sonstige Dienstleistungen	57,4	79,1	87,6		
Militär, Sonst.	Militär und Sonstige	80,3	80,4	75,5	-6	
Militär, Sonst.	davon Militär	16,4	16,7	16,4		
Militär, Sonst.	davon Rest Kleinverbrauch	63,8	63,7	59,2		
Handwerk/Ind.	Handwerk und Kleinindustrie	133	139	151		13
Handwerk/Ind.	Bäckereien, Konditoreien	5,3	5,6	5,9		
Handwerk/Ind.	Fleischereien	2,5	2,4	2,3		
Handwerk/Ind.	Friseure	4,1	4,2	4,3		
Handwerk/Ind.	Wäschereien	1,6	1,7	1,8		
Handwerk/Ind.	KFZ-Gewerbe	30,1	32,4	33,5		
Handwerk/Ind.	Holzbearbeitung	16,9	19,2	23,8		
Handwerk/Ind.	Metallbearbeitung, Elektrotechnik	52,1	55,5	61,5		
Handwerk/Ind.	übriges Gewerbe	20,6	17,9	18,0		
Baugewerbe	Baugewerbe	29,7	28,1	24,6	-17	2
Landw., Garten	Landwirtschaft, Gartenbau	22,0	19,7	19,7	-11	2
Gesamt	Summe	1.089	1.139	1.150	6	100

Quelle: IKARUS-Datenbank

### 1.3 Beschreibung der Maßnahmen für das Referenzszenario

Im Folgenden sind die von 1990 bis 1.1.2010 in Kraft getretenen Maßnahmen mit Relevanz für den Gebäudebereich aufgelistet, die sich aus den in Abschnitt 1.1. aufgeführten Untersuchungen ergeben. Dabei sind die Sektoren Haushalte, Gewerbe-Handel-Dienstleistung sowie Verkehr berücksichtigt. Die Maßnahmen sind unterteilt nach „Maßnahmen im IEKP enthalten“ und „Maßnahmen nicht im IEKP enthalten“.

Es sind nur diejenigen Politikmaßnahmen einbezogen, zu denen Minderungspotentiale in den vorliegenden Studien angegeben sind. Weiterhin gibt es Maßnahmen, die aus methodischen Gründen bisher nicht quantifiziert worden

sind, oder die im Vergleich zu anderen Instrumenten sehr geringe Effekte haben. Diese sind entsprechend nicht einbezogen.

*Hinweis zur Überschneidung und zur Doppelbilanzierung von Maßnahmen:*  
Wo immer möglich sind die Effekte von Maßnahmen überschneidungsfrei quantifiziert. Eine Erläuterung, welche nationalen Maßnahmen basierend auf europäischen Verordnungen erlassen wurden wird für den Endbericht hinzugefügt.

#### **Maßnahmen im IEKP enthalten**

- Energieeinsparverordnung (EnEV)
  - o Heizungsanlagenverordnung
  - o Wärmeschutzverordnung
- KfW „Gebäudesanierungsprogramm“ und „Energieeffizient Sanieren“
- Modernisierung der sozialen Infrastruktur
- Erneuerbares Energien Wärme Gesetz (EEWärmeG)
- Sanierung von Bundesgebäuden
- MAP: Solarthermie
- MAP: Biomasse-Heizanlagen
- MAP: Wärmepumpen
- Ersatz von Nachtstromspeicherheizungen (EL): Unter „EnEV“
- Energieeffiziente HH-Geräte (EL): Unter „Energieeffiziente Produkte“

#### **Maßnahmen nicht im IEKP enthalten**

- KfW „Energieeffizient Bauen“
- Soziale Wohnraumförderung
- Energieausweis und Energieberatung
- Stadtumbau Ost
- Maßnahmen im Nichtwohngebäudebereich (Teilweise innerhalb des IEKP, z.B. „Energiemanagementsystemen“ oder „ Förderprogramme außerhalb des Gebäudebereichs“).

Nicht alle Politikmaßnahmen im Zeitraum 1990 bis 2010 aus den vorliegenden Studien sind dezidiert quantifiziert worden. Da eine nachträgliche Quantifizierung im Rahmen dieses Projektes nicht stattfindet, können hierfür keine Minderungspotentiale ausgewiesen werden. Gründe hierfür können die schwierige Erfassbarkeit sein, oder das gemeinsame Wirken von mehreren Maßnahmen.

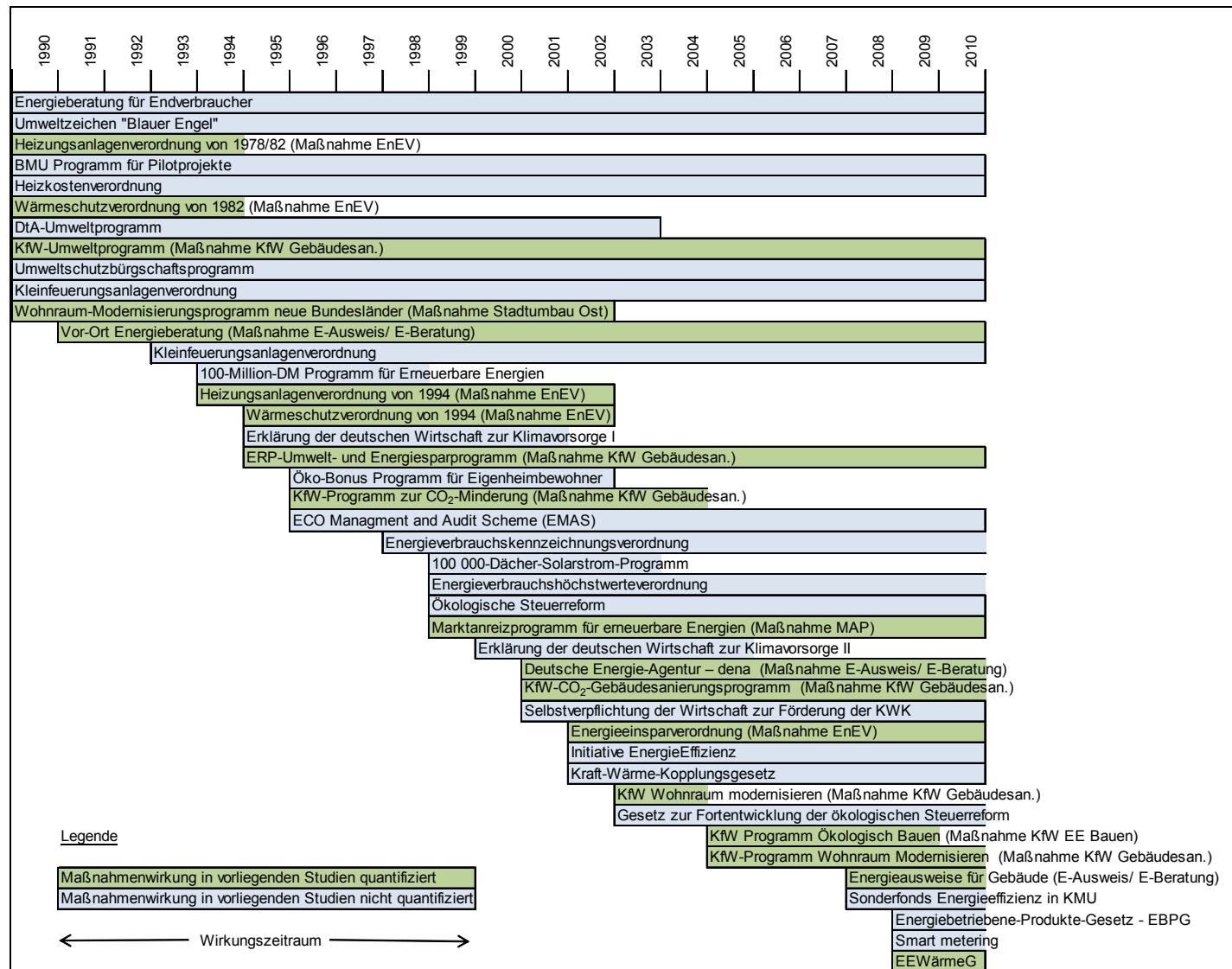


Abbildung 4: Zeitlich Abfolge der Maßnahmen zur Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Gebäudebereich von '90 bis '10. Quelle: [Mure II database].

## 1.4 Bereits erzielte Wirkungen der Maßnahmen im Referenzszenario

Die bereits erzielten Wirkungen der im Zeitraum 1990 bis 1.1.2010 implementierten Maßnahmen nach Abschnitt 1.3 werden im Folgenden quantifiziert.

Die Emissionsminderungen der Maßnahmen sind in Tabelle 24 dargestellt. Die durch Strom verursachten Emissionen werden im weiteren Projektverlauf zum „Emissionsszenario“ hinzugefügt. Weiterhin sind die bereits erzielten Emissionsminderungen durch die oben aufgeführten Politikmaßnahmen auf das Emissionsszenario gelegt.

An dieser Stelle hat ein Abgleich der Emissionsdaten mit den Energiedaten des BMWi stattgefunden und die Werte bestätigt.

Zur Bewertung der Zielerreichung in Bezug auf das 40%ige Emissionsreduktionsziel in 2020 sei auf Abschnitt 1.11 hingewiesen. Hier ist ebenfalls das Emissionsszenario bis 2010 dargestellt, erweitert um einen Pfad zur gleichzeitigen Erreichung der Ziele in 2020 (-40%) und 2050 (-80%).

Es ist ersichtlich, dass weitere Anstrengungen zur Erreichung des 2020-Ziels notwendig sind. Unter der Prämisse der Erreichung des 2050 Ziel muss jedoch ein voller Sanierungszyklus von 30-40 Jahren ausgenutzt werden. Die bedeutet zeitnahe und vor allem sehr ambitionierte energetische Sanierungen durchzuführen. Entsprechendes gilt für den Neubau. Da im Allgemeinen (aufgrund der Größe der erschließbaren Einsparpotentiale) eine überproportionale Partizipation des Gebäudebereichs am Emissionsminderungsziel in 2050 erwartet wird (etwa 90% bis 95%), erscheint dies noch wichtiger.

Die Wirkungen der in Abbildung 4 dargestellten Maßnahmen sind in Abbildung 23 aufgelistet.

Tabelle 24: Maßnahmenwirkungen im Jahr 2010 [Mt CO<sub>2</sub>/a].

EnEV <sup>1)</sup>	1.75
EEWärmeG <sup>1)</sup>	0.31
KfW Gebäudesan./ EE San <sup>1)</sup>	3.00
KfW EE Bauen <sup>1)</sup>	0.40
Soziale Wohnraumförderung <sup>1)</sup>	0.04
E-Ausweis/ E-Beratung <sup>1)</sup>	0.18
Stadtumbau Ost <sup>1),4)</sup>	0.00
MAP EE-Sonnenkollektoren <sup>1)</sup>	0.56
MAP EE-Biomasse <sup>1)</sup>	0.82
MAP EE-Wärmepumpen <sup>1)</sup>	0.10
Maßnahmen NWG - Wärme <sup>2)</sup>	2.00
Ersatz Nachtstromspeicherheizungen <sup>3)</sup>	1.50
Sanierung Bundesgebäude <sup>3)</sup>	0.11
Modernisierung soziale Infrastruktur <sup>3)</sup>	0.32

Anm.: Gesamte Maßnahmenwirkung, nicht gegenüber Vorjahr!

Quellen: <sup>1)</sup> [Matthes, Gores 2008], <sup>2)</sup> [Kleemann, Hansen 2005],

<sup>3)</sup> [Doll, Eichhammer 2008]

<sup>4)</sup> Stadtumbau Ost: Bis 2030 wird eine Wirkung von 0,2 Mt erwartet.

Bei Fortschreibung der Maßnahmenwirkungen bis 2020 und ohne das Einführen von weiteren Politikmaßnahmen sind je nach Studie CO<sub>2</sub>-Emissionen von 130 bis 150 MtCO<sub>2</sub>/a für Raumwärme und Warmwasserbereitung zu erwarten. Soll basierend auf den CO<sub>2</sub>-Emissionen von 1990 (200 MtCO<sub>2</sub>/a) eine Reduktion von 40% erfolgen, so müsste mindestens ein Niveau von 120 MtCO<sub>2</sub>/a in 2020 erreicht werden. Eine entsprechende Reduzierung müsste dann ebenfalls für die Strom-bedingten Emissionen stattfinden.

#### 1.4.1 **Akzeptanz der Förderung durch das KfW CO<sub>2</sub>-Gebäudesanierungsprogramm und das Marktanreizprogramm**

Für die privaten Haushalte sind die Unabhängigkeit von Energiepreisen, die Substanzerhaltung der Objekte, die Möglichkeit, Energiekosten einzusparen und der Beitrag zum Umweltschutz die wichtigsten Motive für die energetische Sanierung.

Die Steigerung des Verkaufswerts sowie die Mitnahme von staatlichen Förderungen spielen bei privaten Haushalten hingegen eine geringere Rolle. Dennoch werden staatliche Förderungen als wesentliche Anreize für weiter gehende energetische Sanierungen genannt.

Dazu sind hier exemplarisch das CO<sub>2</sub>-Gebäudesanierungsprogramm der KfW (heute Energieeffizientes Sanieren) und das Marktanreizprogramm (MAP) näher betrachtet worden.

##### KfW CO<sub>2</sub>-Gebäudesanierungsprogramm

Eine zentrale Rolle nimmt die KfW Bankengruppe als Förderbank des Bundes und der Länder im Schutz des Klimas, die Sicherung der Energieversorgung und sozial tragbare Energiepreise ein. Sie fördert seit 1990 die Energieeinsparung und CO<sub>2</sub>-Minderung im Gebäudebereich. Seither wurden bei mindestens 3,1 Mio. Wohnungen (1990 bis Ende 2009) zinsgünstige Darlehen und seit Anfang 2007 auch Zuschüsse für Maßnahmen der Energieeinsparung und CO<sub>2</sub> Reduktion eingesetzt. Innerhalb der Programme nehmen das „CO<sub>2</sub>-Gebäudesanierungsprogramm“ bzw. seit 1.4.2009 das dieses ersetzende neue Programm „Energieeffizient Sanieren“ Schlüsselstellungen ein. Mit ihnen wird die energetische Modernisierung von Gebäuden gefördert. Mit Hilfe des „CO<sub>2</sub>-Gebäudesanierungsprogramms“ und des Programms „Energieeffizient Sanieren“ wurden im Jahre 2009 ca. 0,9 % der Wohnungen in Wohn- und Nichtwohngebäuden in Deutschland modernisiert. Diese Tendenz war in den letzten Jahren steigend (siehe untenstehende Tabelle), wobei die kurze Aufhebung der Förderung im Jahre 2010 für einige Unsicherheit sorgte. Weiterhin erachten viele private Hauseigentümer den Informationsfluss und die Beratung durch die Hausbanken als verbesserungswürdig. Des Weiteren werden allgemeinweniger Bürokratie und weniger Auflagen erwünscht.

Tabelle 25: Wirkungen des CO<sub>2</sub> Gebäudesanierungsprogramms (KfW). Quelle: [IWU, BEE 2010]

	2005	2006	2007	2008	2009
<b>Betroffene Wohneinheiten</b>	70.088	155.404	88.590	134.331	363.049
<b>CO<sub>2</sub>-Reduktion [t/a]</b>	340.000	700.000	333.000	546.000	955.000
<b>Endenergieeinsparung [GWh/a]</b>	670	1.520	940	1.530	2.679

### Marktanreizprogramm (MAP)

Das MAP hat in den letzten Jahren wesentlich zur Verbreitung und Bekanntheit erneuerbarer Energien sowie zu einem grundsätzlich investitionsfreundlichen Klima beigetragen. Rund 80 % der befragten Förderempfänger der BAFA-Förderung weisen dem MAP eine sehr wichtige oder wichtige Rolle für den Bau der Anlage zu. Aber auch die Energiepreisentwicklung im Jahr 2008 hat die Investitionsentscheidung maßgeblich geprägt. In vielen Fällen hat das MAP zu einer Steigerung der Qualität, des Innovationsgrades und der Größe der Anlage geführt. Der Mitnahmeeffekt ist technologieabhängig. So lassen Umfrageergebnisse auf höhere Mitnahmeeffekte bei Wärmepumpen (wohl aufgrund der guten Wirtschaftlichkeit insbesondere von Luft-Wasser Wärmepumpen), bei handbeschickten Scheitholz- und Hackschnitzelkesseln sowie bei Trinkwasser- Solaranlagen sowie allgemein bei Anlagen im Neubau schließen. Es bleibt festzuhalten dass das MAP nach wie vor eine überragende Bedeutung für den Markt erneuerbarer Wärme hat. Ein sehr großer Anteil aller installierten Anlagen wurde durch das MAP gefördert. Gleichzeitig steigt der Anteil von Heizungen mit erneuerbaren Energien, welche keine Förderung in Anspruch nehmen.



## Prognose bis 2020

Die im Kapitel 1 dargestellten Verläufe der CO<sub>2</sub>-Emissionen sowie der Endenergie für den Zeitraum 1990 bis 2010 werden in diesem Kapitel für den Zeitraum 2010 bis 2020 fortgeschrieben. Dabei ist neben einheitlichen Bewertungsmaßstäben für beide Zeiträume die Schnittstelle genau zu definieren.

### 1.5 Methodik

Die Berechnungen zum Business-as-usual Szenario für den Zeitraum 2010 bis 2020 wurden mit dem Modell BEAM<sup>2</sup> durchgeführt. Nachfolgend werden Hintergrund und Funktionsweise des Modells erläutert.

#### Das BEAM<sup>2</sup>-Modell

Prognosen zur Entwicklung des Gebäudesektors (Nutzflächen, Energieverbrauch, Energiekosten, CO<sub>2</sub>-Emissionen etc.) können mit Hilfe von Modellen analysiert werden. Speziell für diese Aufgaben hat die Ecofys Germany GmbH ein integriertes Analysemodell für den Gebäudebestand entwickelt, das Built-Environment-Analysis-Model (BEAM). Dieses Bottom-up Modell berechnet, basierend auf einer Vielzahl definierter Referenzgebäude, neben Energiebedarfen für Heizwärme, Warmwasser und Hilfsenergie (Heizungspumpen und -steuerung, Lüftungsanlagen, Strom für Klimaanlage in Nichtwohngebäuden) die damit verbundenen CO<sub>2</sub>-Emissionen sowie Energie- und Kapitalkosten. Diese werden für verschiedene Gebäudetypen, Baualtersklassen, Energiestandards und Energieträger in Zeitreihen (z.B. bis 2020) berechnet. Unter Angabe von Neubau-, Abriss- und Sanierungsraten können beliebige Szenarien modelliert werden, in denen die Effekte einzelner Maßnahmen oder gesamter Maßnahmenbündel quantifiziert werden können, siehe auch Abbildung 5.

Auf diese Weise lassen sich die Folgen politischer und technischer Maßnahmen zur Energieeinsparung in Ihrer Auswirkungen auf den Gebäudebestand darstellen. Entwickelt für Fragestellungen rund um die EU-Richtlinie „Energieeffizienz von Gebäuden“ (EPBD) hat sich das Modell bereits bei weiteren Analysen zur Größe von Marktsegmenten und -potentialen bewährt. So wurde es z.B. für das „Klimaschutzkonzept für den Hamburger Gebäudebestand (Wärmekonzept)“ oder das „Impact assessment of a revised Energy Performance of Buildings Directive“ der Europäischen Kommission genutzt.

Seit Sommer 2010 steht als Weiterentwicklung das Modell BEAM<sup>2</sup> zur Verfügung, das gegenüber dem Vorgängermodell noch flexibler ist bzgl. der Gestaltung von Szenarien (z.B. Anpassung an Evaluierungsergebnisse der KfW-Programme).

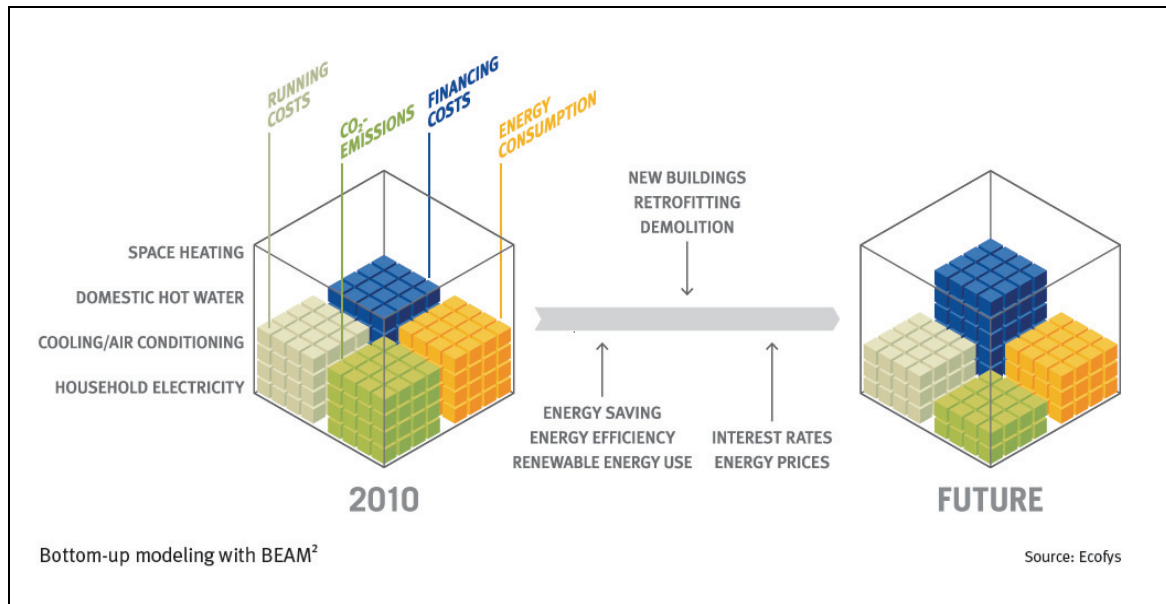


Abbildung 5: Funktionsweise des BEAM<sup>2</sup>-Modells

## **Beschreibung der Modellierung**

### **Software**

Die Anwendung ist in einer professionellen Software auf Basis einer Oracle Datenbank-Applikation realisiert. Dies erleichtert das Kopieren und Modifizieren von vorhandenen Datensätzen und Szenarien und sorgt für eine klare Trennung zwischen Datengrundlage und Rechenkern.

### **Status-quo**

Zunächst wird der Gebäudebestand im Modell abgebildet. Hierzu werden Referenzgebäude in Bezug auf ihre Geometrie definiert. Der Bestand wird diesen Referenzgebäuden zugeordnet und es werden darüber hinaus verschiedene Baualtersklassen, Qualitäten der Gebäudehülle (U-Werte der Bauteile) und Anlagentechnikvarianten pro Referenzgebäude definiert (z.B. bereits teilsaniertes Einfamilienhaus mit Baujahr zwischen 1949 und 1978 mit Öl-Niedertemperaturkessel). Hier können alle Parameter an die spezifische Situation angepasst werden. Durch die Zuordnung wird gleichzeitig die Verteilung der Gebäude festgelegt. Pro Referenzgebäude können darüber hinaus Hilfsenergiebedarfe definiert werden (z.B. für Beleuchtung und Hilfsenergie). Die Angabe von TopDown Daten aus der Energiebilanz dient der Kalibrierung des Modells für den Startpunkt.

### **Definition der Szenarien**

Es werden Sanierungs-, Abriss- und Neubauprogramme definiert, die zunächst Einfluss auf die zukünftigen Verteilungen der Gebäudeflächen nach Sanierungsstandards und Anlagentechnik haben. Für ein Szenario werden weiterhin Gradtagzahlen und Strahlungswerte definiert.

- Sanierungsprogramme

Für die Sanierungsprogramme können Prioritäten in Bezug auf die zu sanierende Altersgruppe und Anlagentechnik vergeben werden (beispielsweise zunächst die Gebäude aus dem Baujahr X – Y mit Öl-Niedertemperaturkessel sanieren, danach erst Brennwertgeräte). Die Zielstandards für die Sanierung können frei definiert werden, gemäß der angestrebten U-Werte für die Gebäudehülle nach der Sanierung, Art der Anlagentechnik etc. Weiterhin besteht die Möglichkeit, Zielverteilungen der Anlagentechnik anzugeben (beispielsweise 50% Gas-Brennwerttechnik und 50% Wärmepumpen). An dieser Stelle können auch Lüftungsanlagen in die Anlagentechnik mit einbezogen werden.

- Neubauprogramme

Für Neubauprogramme können ähnlich wie für Sanierungsprogramme genaue Zielvorgaben und - Verteilungen definiert werden.

- Abrissprogramme

Der Abriss findet in den definierten Klassen anhand einer Prioritätenliste in Bezug auf Anlagentechnik pro Baualterklasse und Referenzgebäude statt.

### **Ergebnisberechnung**

Auf Basis der eingegebenen Daten können dann Szenarien berechnet werden. Zunächst werden die zukünftigen Flächenverteilungen basierend auf den Eingangsdaten und den definierten Programmen berechnet. Hieran schließt sich die Berechnung der Heizwärmebedarfe nach EN-832 pro Sanierungsstandard an, die unter Hinzunahme der Heizungssysteme dann in die Berechnung der Endenergiebedarfe für Heizwärme mündet. Hierzu werden noch die Endenergiebedarfe für die Warmwasserbereitung und Hilfsenergie addiert, um darauf aufbauend mittels Emissionsfaktoren und Primärenergiefaktoren die CO<sub>2</sub>-Emissionen und Primärenergiebedarfe zu berechnen.

Neben den energetischen Berechnungen werden unter Annahme von Energiepreisen die jährlichen Energiekosten basierend auf den Endenergiebedarfen berechnet. Diese können für verschiedene Szenarien dann den ebenfalls berechneten jährlich notwendigen Investitionen (Gesamtkosten und energetische Mehrkosten) bzw. deren Annuitäten gegenübergestellt werden, um Aussagen bezüglich der Wirtschaftlichkeit von Maßnahmenpaketen im Vergleich zu erhalten.

### **Flexibilität**

Grundsätzlich können alle Parameter dynamisch verändert werden, die Anzahl der Einträge (beispielsweise Referenzgebäude, Heizungssysteme, Energieträger) ist nicht begrenzt und kann somit der Datenlage angepasst werden. Hier können vor allem schon vorhandene Teilsanierungen zu Beginn berücksichtigt werden. Alle zeitabhängigen Eingaben (z.B. Energiepreise, CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren, Primärenergiefaktoren etc.) können als Werte pro Jahr oder als Funktion hinterlegt werden. Die Sanierungs-, Abriss- und Neubauprogramme sind in der Anzahl nicht beschränkt und können zeitlich beliebig definiert werden. Somit lässt sich eine zeitliche und qualitative Differenzierung der Maßnahmenwirkungen abbilden.

## 1.6 Eingangsdaten in die Modellierung

Für die Berechnungen im Modell BEAM<sup>2</sup> sind umfangreiche Eingangsdaten in Bezug auf den Gebäudebestand notwendig. Diese werden im Folgenden beschrieben. Grundsätzlich werden die beheizten Gebäude der Sektoren Haushalte, Gewerbe-Handel-Dienstleistung und Verkehr abgebildet und die Maßnahmenwirkungen hierfür quantifiziert. Die Industriegebäude bleiben aufgrund ihrer Heterogenität und schwierig zu erfassender Randbedingungen unberücksichtigt.

### 1.6.1 Beheizte Gebäudeflächen

Anhand der vorhandenen Flächenverteilungen im Bestand sind folgende repräsentative Baualtersklassen nach Tabelle 26 angenommen.

Tabelle 26: Baualtersklassen

Klasse 1	bis 1948
Klasse 2	1949 - 1978
Klasse 3	1979 - 1994
Klasse 4	1995 - 2009

Neben der IWU-Gebäudetypologie [Diefenbach, N., Born, R. 2007] für Wohngebäude wurden die im Angebot aufgeführten Studien zu Nichtwohngebäude als Grundlage herangezogen, im Wesentlichen [Schloman, B., Gruber, E., et al. 2004], [Schloman, B., Gruber, E., et al. 2009] und [Kleemann, Hansen 2005]. Hieraus ergibt sich die Verteilung der beheizten Wohn- und Nutzflächen aus Tabelle 27. Es werden nur die Sektoren Haushalte und Gewerbe, Handel, Dienstleistung betrachtet, keine Industrie.

Tabelle 27: Beheizte Flächen 2009 in Wohn- und Nichtwohngebäuden.

	Wohngebäude				Nichtwohngebäude			
	EFH	RH	MFH	GMH	Büro, Verw. Schule	Krankenhaus Heime	Handel Gewerbe	Hotels
<b>Klasse 1</b>								
Mio. m <sup>2</sup>	399,2	46,0	277,1	41,7	227	90,6	254,3	52,3
Summe	22,9%	17,2%	26,1%	14,8%	32,4%	40,4%	30,5%	38,6%
<b>Klasse 2</b>								
Mio. m <sup>2</sup>	632,8	119,5	428,6	198,0	161	56,8	185,5	39,3
Summe	36,4%	44,6%	40,3%	70,3%	22,9%	25,3%	22,2%	29,0%
<b>Klasse 3</b>								
Mio. m <sup>2</sup>	349,1	57,5	179,1	42,1	249	56,6	246,6	40,6
Summe	20,1%	21,4%	16,8%	14,9%	35,4%	25,2%	29,6%	29,9%
<b>Klasse 4</b>								
Mio. m <sup>2</sup>	358,5	45,0	179,0	0,0	66	20,4	148,0	3,3
Summe	20,6%	16,8%	16,8%	0,0%	9,3%	9,1%	17,7%	2,5%
Summe	1.740	268	1.064	282	703	224	834	136
	3.353				1.897			
	33,1%	5,1%	20,3%	5,4%	13,4%	4,3%	15,9%	2,6%

## 1.6.2 Beheizungsstruktur

Art und Verteilung der Heizungssysteme und Energieträger ist für Wohngebäude ist vornehmlich aus dem Entwurf des Endberichts zum IWU/BEI-Projekt „Datenbasis Gebäudebestand“ [Diefenbach, N, Clausnitzer, K.-D., et al. 2010] entnommen.

Für Nichtwohngebäude wird auf vorhergehende Ecofys-Projekte zurückgegriffen. Für diese können aufgrund mangelnder Daten keine pro Referenzgebäude spezifischen Verteilungen der Heizungssysteme angegeben werden. Es ergibt sich die Verteilung der Heizungssysteme nach Tabelle 28.

Tabelle 28: Verteilung der Heizungssysteme nach Baualtersklasse und Referenzgebäude.

	Wohngebäude				Nichtwohngebäude
	EFH	RH	MFH	GMH	
Klasse 1					
Gas-NT	29%	29%	32%	32%	25%
Gas-BW	20%	20%	22%	22%	26%
Öl-NT	35%	35%	29%	29%	20%
Öl-BW	2%	2%	2%	2%	5%
Pellets/ Biomasse	6%	6%	4%	4%	3%
WP-Sole/Wasser	1%	1%	1%	1%	4%
Strom	3%	3%	2%	2%	1%
Fernwärme	3%	3%	8%	8%	16%
	100%	100%	100%	100%	100%
Klasse 2					
Gas-NT	29%	29%	32%	32%	25%
Gas-BW	20%	20%	22%	22%	26%
Öl-NT	35%	35%	29%	29%	20%
Öl-BW	2%	2%	2%	2%	5%
Pellets/ Biomasse	6%	6%	4%	4%	3%
WP-Sole/Wasser	1%	1%	1%	1%	4%
Strom	3%	3%	2%	2%	1%
Fernwärme	3%	3%	8%	8%	16%
	100%	100%	100%	100%	100%
Klasse 3					
Gas-NT	33%	33%	35%	35%	25%
Gas-BW	22%	22%	24%	24%	26%
Öl-NT	31%	31%	25%	25%	20%
Öl-BW	2%	2%	2%	2%	5%
Pellets/ Biomasse	4%	4%	2%	2%	3%
WP-Sole/Wasser	2%	2%	1%	1%	4%
Strom	3%	3%	2%	2%	1%
Fernwärme	3%	3%	8%	8%	16%
	100%	100%	100%	100%	100%
Klasse 4					
Gas-NT	33%	33%	35%	35%	25%
Gas-BW	23%	23%	24%	24%	26%
Öl-NT	20%	20%	14%	14%	20%
Öl-BW	1%	1%	1%	1%	5%
Pellets/ Biomasse	8%	8%	6%	6%	3%
WP-Sole/Wasser	11%	11%	10%	10%	4%
Strom	2%	2%	1%	1%	1%
Fernwärme	3%	3%	8%	8%	16%
	100%	100%	100%	100%	100%

## 1.6.3 Referenzgebäude

Bei der Definition der Referenzgebäude (s.

Tabelle 29) wird für die Wohngebäude auf die IWU-Gebäudetypologie zurückgegriffen. Für Nichtwohngebäude wird auf Daten vorhergehender Ecofys-Projekte zurückgegriffen, u.a. auf [Bettgenhäuser, K., Offermann, M. et. al 2010].

	Wohngebäude				Nichtwohngebäude				Hotels	
	EFH		RH		MFH		GMH			Handel Gewerbe
	IWU EFH_F	IWU RH_E	IWU MFH_E	IWU GMH_E	Büro, Verw. Schule	Krankenhaus Heime				
Luftwechselrate	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Infiltration	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Fenster Nord	7,6	5,4	219,8	14,3	245,0	50,0	48,0	48,0	245,0	245,0
Fenster Ost	5,0	1,3	22,3	323,1	762,0	33,0	193,0	193,0	762,0	762,0
Fenster Süd	16,6	8,1	243,2	26,6	245,0	50,0	48,0	48,0	245,0	245,0
Fenster West	5,0	1,3	22,3	323,1	762,0	33,0	193,0	193,0	762,0	762,0
Fenster Horizontal	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Außenwand belüftet	170,6	42,4	2.041,0	3.249,8	682,0	502,0	1.208,0	682,0	682,0	682,0
Außenwand Erdreich	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bodenplatte/ Kellerdecke	78,3	46,2	971,1	459,2	507,0	3.139,0	529,0	507,0	507,0	507,0
Dach	183,1	46,2	971,1	479,6	507,0	3.139,0	529,0	507,0	507,0	507,0
Außentüren	2,5	2,5	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
<b>Nutzfläche</b>	<b>157,5</b>	<b>106,7</b>	<b>2.844,6</b>	<b>3.534,0</b>	<b>2.434,0</b>	<b>6.280,0</b>	<b>1.500,0</b>	<b>2.434,0</b>	<b>2.434,0</b>	<b>2.434,0</b>
Raumhöhe	2,6	2,5	2,6	2,5	3,0	2,6	3,0	3,0	3,0	3,0
Interne Lasten	5,0	5,0	5,0	5,0	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
U-Wert Tür	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Äußeres Gebäudevolumen	606,0	374,2	10.397,0	13.165,7	9.500,0	18.000,0	7.000,0	9.500,0	9.500,0	9.500,0
Außenflächen										
AV	0,77	0,41	0,43	0,37	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39
Inneres Gebäudevolumen	409,5	267,8	7.424,4	8.835,0	7.302,0	16.328,0	4.500,0	7.302,0	7.302,0	7.302,0
Summe Fenster										
Wärmwasserbedarf	12,5	12,5	12,5	12,5	0,0	12,5	0,0	0,0	12,5	12,5
Hilfsenergie (Strom)	3,0	3,0	3,0	3,0	22,6	29,3	13,3	28,0	28,0	28,0

Tabelle 29: Verteilung der Heizungssysteme nach Baualtersklasse und Referenzgebäude.

### 1.6.4 Gebäudehülle

Bereits sanierte Gebäudebestände sind bezüglich der thermischen Hülle entsprechend der IWU-Studie „Datenbasis Gebäudebestand“ [Diefenbach, N, Clausnitzer, K.-D., et al. 2010] für Wohngebäude definiert.

Für bereits sanierte Gebäude im Bereich der Nichtwohngebäude sind Informationen aus der Euroconstruct-Studie des ifo-Instituts [IFO 1999] zu Grunde gelegt. Daraus ergeben sich die Qualitäten nach Tabelle 30.

Tabelle 30: Qualitäten der Gebäudehülle.

		Wohngebäude	Nichtwohngebäude
Klasse 1			
Wand	W/(m <sup>2</sup> K)	1,70	1,10
Dach/ Decke	W/(m <sup>2</sup> K)	1,10	0,50
Boden	W/(m <sup>2</sup> K)	1,11	1,00
Fenster	W/(m <sup>2</sup> K)	2,80	3,00
Fenster	g-Wert [-]	0,76	0,70
Klasse 2			
Wand	W/(m <sup>2</sup> K)	1,44	1,10
Dach/ Decke	W/(m <sup>2</sup> K)	1,23	0,50
Boden	W/(m <sup>2</sup> K)	0,97	1,00
Fenster	W/(m <sup>2</sup> K)	2,57	3,00
Fenster	g-Wert [-]	0,76	0,70
Klasse 3			
Wand	W/(m <sup>2</sup> K)	0,77	1,00
Dach/ Decke	W/(m <sup>2</sup> K)	0,30	0,50
Boden	W/(m <sup>2</sup> K)	0,55	1,00
Fenster	W/(m <sup>2</sup> K)	2,57	4,30
Fenster	g-Wert [-]	0,76	0,35
Klasse 4			
Wand	W/(m <sup>2</sup> K)	0,49	0,35
Dach/ Decke	W/(m <sup>2</sup> K)	0,22	0,25
Boden	W/(m <sup>2</sup> K)	0,32	0,16
Fenster	W/(m <sup>2</sup> K)	1,60	1,70
Fenster	g-Wert [-]	0,63	0,35

### 1.6.5 Definition von Sanierungs- und Neubaustandards

Im Berechnungsmodell werden neben Sanierungsaktivitäten im Gebäudebestand auch Neubauten und Abrisse berücksichtigt. In diesem Abschnitt werden die Standards erläutert, während die Umsetzungsraten im Abschnitt 1.6.6 erläutert werden. Die Standards basierend auf umfangreichen Recherchen und sind folgendermaßen definiert.

#### Sanierungsstandards

Die Standard-Sanierung erfolgt nach **EnEV 2009**. Die Gebäudehülle ist anhand der Ausführungen des Referenzgebäudes (im Sanierungsfall) in der EnEV09 für Wohn- und Nichtwohngebäude ausgeführt, es wurden keine Optimierungen der Hülle in Abhängigkeit des Heizungssystems vorgenommen

Darüber hinaus werden ambitioniertere Sanierungen berücksichtigt, die anhand der KfW-Sanierungsprogramme definiert sind. Die Evaluierungen der KfW-Programme aus dem KfW-Förderreport [KfW 2010] hat gezeigt, dass durchschnittlich 40% der Sanierungen auf KfW100-Standard (EnEV09), ca. 30% auf KfW85-Standard, ca. 20% auf KfW70-Standard und 10% auf KfW55 Standard stattfinden. Hierauf basierend ist als gewichtetes Mittel eine **KfW-85** Sanierung berücksichtigt.

Weiterhin sind Sanierungsprogramme für das **Marktanreiz-Programm** (MAP) implementiert, soweit diese Maßnahmen im Bestand umgesetzt werden (keine Neubauten). Hierbei handelt es sich um die Umsetzung der Technologien Wärmepumpen, Biomasse-Heizungen sowie Solarthermie-Kollektoren. Die genaue Verteilung sowie die Umsetzungsraten sind den Evaluierungen des MAP [Nast 2009] entnommen. Daraus geht hervor, dass ca. 90% der Solarthermie-Anlagen im Bestand und ca. 10% im Neubau eingesetzt werden. Die Biomasse Heizungsanlagen (Scheitholz-, Hackschnitzel- und Pelletkessel) werden zu ca. 85% im Bestand erneuert, ca. 15% gehen in den Neubau. Bei Wärmepumpen fließen ca. 55% in den Bestand, ca. 45% fördern Systeme im Neubau.

#### Neubaustandards

Analog zur Standard-Sanierung nach **EnEV 2009** wird der Standard-Neubau in Bezug auf die Hülle ebenfalls nach den Ausführungen des Referenzgebäudes definiert. Was die Erfüllung des Erneuerbaren-Energien-Wärme Gesetzes (EEWärmeG) angeht, so wird der Nachweis in 40% der Fälle mit einer solarthermischen Anlage, in 30% mit einer entsprechenden Wärmepumpe und in 30% mit einer verbesserten thermischen Hülle (in Form der Ersatzmaßnahme) erbracht. Dies ergibt sich aus der Evaluierung zum EEWärmeG [AEE 2010].



Aus den Evaluierungen der KfW-Programme [KfW 2010] geht hervor, dass verbesserte Neubau zu ca. 50% im KfW70-Standard, zu ca. 30% im KfW55 und zu ca. 20% im KfW40 Standard realisiert werden. Hierzu wird als gewichtetes Mittel der **KfW55** Neubau im Modell abgebildet. MAP Maßnahmen (außerhalb EEWärmeG)

Maßnahmen des **Marktanreiz-Programms** (MAP) sind ebenfalls berücksichtigt.

### Überlappungen der Programme

Zwischen den KfW-Förderprogrammen, dem Marktanreiz-Programm und dem Erneuerbaren-Energien-Wärme Gesetz bestehen Überlappungen. Beispielsweise kann eine über die KfW geförderte Maßnahme zur Erreichung der Anforderungen des EEWärmeG (Ersatzmaßnahme Dämmung) im Falle eines Neubaus führen. Diese Maßnahme wird bei der KfW und in der Evaluierung des EEWärmeG gezählt. Um Doppelzählungen zu vermeiden, werden diese Überlappungen wie berücksichtigt.

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass die Annahmen hinsichtlich der Überlappung der Maßnahmen Expertenschätzungen sind, da hier keine genaueren Daten vorliegen.

Bei **Sanierungen** besteht einer *Überschneidung* zwischen KfW-Förderung und Marktanreiz-Programm.

- Dies wird durch einen Abschlag von 20% beim KfW-Gebäudesanierungsprogramm in der Sanierungsrate berücksichtigt, um die im MAP geförderte Einzelmaßnahmen nicht doppelt zu zählen.

Für **Neubauten** bestehen *Überlappungen* zwischen dem Erneuerbaren-Energien-Wärme Gesetz, der KfW-Förderung und dem Marktanreiz-Programm.

- Dies führt zu einem 25%igen Abschlag beim EEWärmeG (EnEV09 Neubau) in der Sanierungsrate, um im MAP geförderte Solarthermie-Anlagen zur kombinierten Warmwasser- und Heizungsunterstützung zu berücksichtigen.
- Ein Abschlag von 20% beim KfW-Gebäudesanierungsprogramm in der Sanierungsrate berücksichtigt die im MAP geförderten Einzelmaßnahmen.

## 1.6.6 Sanierungs-, Neubau- und Abrissraten

In dieser Studie werden folgende Definitionen verwendet:

Sanierungsrate: Die Sanierungsrate ist eine prozentuale Angabe, welcher Anteil pro Jahr in Bezug auf alle Flächen im Wohn- bzw. Nichtwohngebäudebereich saniert wird.

- Vollsanierungsrate:** Als Vollsanierungen gelten nur solche Sanierungen, bei denen sämtliche Bauteile der Gebäudehülle energetisch saniert werden und zusätzlich die Anlagentechnik ausgetauscht wird.
- Sanierungseffizienz:** Die Sanierungseffizienz gibt an, wie umfänglich eine energetische Sanierung durchgeführt wird. Dabei reicht die Skala von 0% (bedeutet nur Instandhaltung, kein energetischer Effekt) bis 100% (bedeutet energetische Sanierung aller Bauteile).

Aus der Evaluation des KfW-Förderungen für Bestands- und Neubauten [KfW 2010] sowie der Evaluation zum MAP [Nast 2009] sind folgende Sanierungs- und Neubauraten abgeleitet worden, vgl. Tabelle 31.

Grundsätzlich wird eine Vollsanierungsrate angesetzt, die in der Sanierung jedoch mit einer Sanierungseffizienz von 70% für die Gebäudehülle (mit Ausnahme der Fenster) kombiniert wird. Dies Annahme bildet das in der Praxis auftretende Vollzugsdefizit vor allem bei EnEv09-Sanierungen ab. Ausnahme ist die Umsetzung von Maßnahmen im Rahmen des Marktanzreiz-Programms.

An dieser Stelle sei angemerkt, dass die bereits stattgefundenen Teilsanierungen im Bestand allerdings Berücksichtigung finden, siehe Abschnitt 1.6.4.

Die Sanierungsrate von 1,4% und der obere bzw. untere Pfad für die Sensitivitätsbetrachtung (+/- 0,4%) wurde aus folgenden Literaturangaben abgeleitet:

- In Gebäudereport von 2007 [Friedrich, Becker 2008] wird eine Sanierungsrate von 2,2% angegeben.
- In der WWF-Studie Modell Deutschland [Kirchner, Matthes 2009] wird je nach Altersklasse eine Sanierungsrate von 0,5-1,4% angenommen.
- Der KfW-Infodienst hat in „Energieeffizientes Sanieren“ [KfW 2009] eine Sanierungsrate von 2,0% ermittelt.
- Im Energiekonzept der Bundesregierung [BMW, BMU 2010] ist die Sanierungsrate mit 1,0% angenommen.
- Die Dena hat in „Energieeffizientes Bauen und Sanieren“ [Discher 2010] einen Wert von 0,9% bis 1,3% angegeben.
- Aus der IWU-Studie zur Datenbasis im Gebäudebestand [Diefenbach, N, Clausnitzer, K.-D., et al. 2010] geht eine Sanierungsrate von etwa 0,8% hervor. Diese erscheint im Hinblick auf die konjunkturelle Lage der Bezugsjahre 2005-2008 jedoch im unteren Bereich angesiedelt zu sein.

Weiterhin wurde angenommen, dass die zu sanierenden Wohngebäude zu 1/3 aus der Baualtersklasse 1 (vor 1948) und zu 2/3 aus der Baualtersklasse 2 (1949-1978) stammen. Bei Nichtwohngebäuden sind die zu sanierenden Gebäuden jeweils zur Hälfte den oben genannten Baualtersklassen zugeordnet.

Die Neubauraten basieren auf Zahlen der Jahre 2002-2009 aus der Fachserie 5 Reihe 1 von Destatis [Destatis 2010], vgl. Tabelle 31.

Tabelle 31: Sanierungs- und Neubauraten.

	Wohngebäude		Nichtwohngebäude	
	Sanierung	Neubau	Sanierung	Neubau
EnEV 2009 Sensitivität	1,20% +/- 0,4%	0,42%	1,40% +/- 0,4%	0,70%
KfW-Gebäudesanierungsprogramm	0,20%	-	-	-
KfW-Energieeffizient bauen	-	0,28%	-	-
<b>Gesamt</b> Sensitivität	<b>1,40%</b> +/- 0,4%	<b>0,70%</b>	<b>1,40%</b> +/- 0,4%	<b>0,70%</b>

Die Abgänge werden durch die Abrissrate bestimmt, die sich analog zur Neubaurate aus der Fachserie 5 Reihe 1 des Statistischen Bundesamtes ergibt und 0,1% für Wohngebäude und 0,35% für Nichtwohngebäude beträgt.

### 1.6.7 Anlagentechnik für Sanierungen und Neubauten

Die Sanierungsraten aus Abschnitt 1.6.6 geben in erster Linie Auskunft über den Zielstandard der thermischen Hülle. Was die Auswahl der Anlagentechnik, insbesondere der Heizungsanlage im Sanierungs- und Neubaufall angeht, so sind folgende Verteilungen der Anlagentechnik angenommen, vgl.

**Tabelle 32.**

Die Warmwassererzeugung wird in allen Fällen mit dem Wärmeerzeuger bereitgestellt, ggf. unterstützt durch eine solarthermische Anlage.

Für Neubauten im Wohngebäudebereich nach EnEV09 ist eine Abluftanlage nach Referenzgebäude berücksichtigt, während für Nichtwohngebäude eine Lüftungsanlage mit einem Wärmerückgewinnungsgrad von 60% einbezogen wird. Für KfW55 Neubauten bzw. KfW85 Sanierungen ist sowohl für Wohn- als auch Nichtwohngebäude eine Lüftungsanlage mit einem Wärmerückgewinnungsgrad von 80% berücksichtigt.

**Tabelle 32: Verteilung der Heizungssysteme für Sanierungen und Neubauten.**

	Neubau Wohngebäude			Sanierung Wohngebäude					
	EnEV 2009	EnEV 2009	KfW55/PH	EnEV 2009	EnEV 2009	KfW85	Marktanreiz-		
	Ersatzmaßnahme			bis 1948 Öl-NT	bis 1948 Gas-NT	bis 1948 FW	bis 1948 Strom	Programme	
Gas-Brennwert Kessel			60%	55%	100%		20%	45%	100%
Öl-Brennwert Kessel	10%	90%		10%					
Pellets-/ Biomasse Kessel		10%	10%	10%			5%	10%	
Wärmepumpe S/W	40%		25%	20%			75%	40%	
Strom									
Fernwärme	10%		5%			100%		5%	
Gas-Brennwert Kessel + ST	40%								

	Neubau Nichtwohngebäude		Sanierung Nichtwohngebäude
	EnEV 2009	EnEV 2009	EnEV 2009
	Ersatzmaßnahme		
Gas-Brennwert Kessel	50%	70%	55%
Öl-Brennwert Kessel	10%	5%	10%
Pellets-/ Biomasse Kessel	10%	5%	10%
Wärmepumpe S/W	20%	5%	20%
Strom	5%	5%	
Fernwärme	5%	10%	5%

### 1.6.8 Primärenergie- und Emissionsfaktoren

Neben der Endenergie werden in Abschnitt 1.9.4 auch die Primärenergieverbräuche und die CO<sub>2</sub>-Emissionen dargestellt. Die hierfür notwendigen Faktoren sind in Tabelle 33 gegeben.

Tabelle 33: Emissions- und Primärenergiefaktoren. Quelle: DIN 4701-10, [Bettgenhäuser, K.; Offermann, M., et. al 2010], PE-Faktor Strom 2020: Annahme.

CO <sub>2</sub> -Emissionsfaktoren		Primärenergiefaktoren	
	kg/ kWh		
Gas	0,202	Gas	1,1
Öl	0,266	Öl	1,1
Pellets	0,000	Pellets	0,2
Strom	0,590	Strom 2010	2,6
Fernwärme	0,200	Strom 2020	2,4
		Fernwärme	1,0

Die Emissionen im Gebäudesektor werden häufig nach dem international üblichen Quellprinzip dargestellt, so auch in allen untersuchten Studien, siehe Abschnitt 1.1.5. Dabei werden die Emissionen der Energieträger Fernwärme und Strom dem Energiesektor zugerechnet und nicht dem Gebäudesektor. Dies vermeidet, insbesondere bei Sektor-übergreifenden Studien, Doppelzählungen und reflektiert

auch die Verantwortung des Energiesektors zur möglichst CO<sub>2</sub>-armen Erzeugung dieser Energieträger.

Allerdings erzielen Politikmaßnahmen im Gebäudesektor regelmäßig auch Einsparungen bei diesen Energieträgern, beispielsweise durch die Reduktion des Energiebedarfs durch Verbesserungen der Gebäudehülle und entsprechenden Energieeinsparungen bei Gebäuden mit Fernwärme- oder (Direkt-) Strombeheizung. Um ein möglichst ganzheitliches Bild der bisherigen Auswirkungen von Politikmaßnahmen im Gebäudebereich und Möglichkeiten zur weiteren Gestaltung zu zeichnen, werden im Rahmen der Berechnungen mit dem BEAM<sup>2</sup>-Modell und Darstellung des Gesamtszenarios 1990 – 2010 die **gesamten Emissionen, inklusive Emissionen aus Fernwärme und Strom**, dargestellt.

Die Bilanzierungsmethode beeinflusst auch den Grad der Zielerreichung (-40% CO<sub>2</sub> in 2020 gegenüber 1990). Aufgrund von Verbesserungen des Emissionsfaktors für Strom seit 1990 und beispielsweise einer realistischeren Darstellung der Emissionseinsparungen beim Ersatz von Strom-Nachtspeicherheizungen durch z.B. Gas-Brennwerttechnik ergeben sich hier Verschiebungen (nach dem Quellprinzip werden in diesem Fall die Emissionen aus dem Energiesektor in den Gebäudesektor verschoben und führen bilanztechnisch zu einem Anstieg der Emissionen im Gebäudesektor).

Die Wichtigkeit einer Bilanzierung der direkten und indirekten Emissionen ergibt sich insbesondere auf längere Sicht, da bei der erwartenden wachsenden Bedeutung von Strom im Gebäudesektor (z.B. durch stromgetriebene Wärmepumpen, mechanische Lüftungsanlagen etc.) eine Bilanzierung nach dem Quellprinzip (ohne Berücksichtigung der Emissionen aus Strom und Fernwärme) bilanztechnisch zu einem stärkeren Abfall der Emissionen führen würde, der nicht der Verantwortung für und den Handlungsmöglichkeiten im Gebäudesektor entsprechen würde.

### 1.6.9 Gradtagszahlen

Die klimatischen Verhältnisse werden anhand von Gradtagszahlen im Modell abgebildet. Neben der aktuellen Situation (2010) wird ein zukünftiges Szenario berechnet. Für beide werden TRY einer aktuellen Untersuchung des Deutschen Wetterdienstes zur Entwicklung neuer Test-Reference-Years [DWD 2010] zu Grunde gelegt. Hieraus ergeben sich für den Referenzstandort Würzburg (Standardannahme für Deutschland) unter Berücksichtigung einer Heizgrenztemperatur von 12°C die Gradtagszahlen nach Tabelle 34.

Tabelle 34: Aktuelle und zukünftige Gradtagszahlen.

Jahr	Gradtagzahlen		Quelle
2010	3685 Kd/a	88,4 kWh/a	DWD TRY für 2010
Prognose 2020	3348 Kd/a	80,4 kWh/a	DWD TRY für 2035

### 1.6.10 Energiepreise

Für die Berechnung der Energiekosten wurden für das Jahr 2010 die Energiepreise nach Tabelle 35 angenommen und im Weiteren eine Preissteigerung von 1% p.a. zu Grunde gelegt.

Tabelle 35: Energiepreisannahmen (2010).

	€/ kWh
Gas	0,07
Öl	0,05
Strom	0,18
Pellets	0,05
Fernwärme	0,09

Quelle: [Bettgenhäuser, Boermans 2010]

## 1.7 Schnittstelle 2010

Um ein nahtloses Referenzszenario für den Gebäudebereich von 1990 bis 2020 zu bekommen, muss die Schnittstelle im Jahr 2010 zwischen recherchierten und erhobenen Daten genau definiert werden. Dies geschieht in Form einer Kalibrierung des Modells für den Endenergieverbrauch zur Heizwärmeerzeugung für den Startzeitpunkt, in diesem Falls das Jahr 2008 in Bezug auf die Endenergie. Diese Kalibrierung dient dazu, leichte Unterschiede in den Endenergieverbräuchen anzugleichen, die auf Unterschiede in Geometrie, Zuordnung zu Referenzgebäuden oder der Anlagentechnik zwischen Modell und Realität zurückzuführen sind.

### 1.7.1 Endenergie

Der Startpunkt für die Berechnungen im Modell BEAM<sup>2</sup> in 2010 bzgl. der Endenergie im Gebäudesektor ist gemäß Tabelle 36 bestimmt. Hier liegt die Energiestatistik des BMWi für das Jahr 2008 zu Grunde, aus der sich ein Endenergieverbrauch von 707,6 TWh ergibt.

Tabelle 36: Endenergieverbräuche für Heizwärme.

	TWh
BMW- Energiestatistik, Stand 07.09.2010.	<b>662,5</b> (2008)

### 1.7.2 CO<sub>2</sub>-Emissionen

Die in BEAM<sup>2</sup> ermittelten CO<sub>2</sub> Emissionen in 2010 schließen an die Entwicklung der Emissionen nach Berechnung auf Basis von BMWI-Energiedaten an, sodass

ein durchgängiges Szenario für den Zeitraum 1990 – 2020 erstellt werden kann, vgl. Tabelle 37. Die Emissionen umfassen die gesamten Emissionen die sich aus der Bereitstellung von Heizwärme und Warmwasser ergeben und beinhalten Emissionen aus den Energieträgern Fernwärme und Strom, siehe auch Erläuterungen in Kapitel 1.6.8.

Tabelle 37: CO<sub>2</sub>-Emissionen im Jahr 2010.

Mt/ a	1990	
Eigene Berechnung aus der BMWi-Energiestatistik, Direkte und indirekte Emissionen, Stand 07.09.2010.	225,9	<b>(2009) 170,5</b>
BEAM <sup>2</sup> Modell, Direkte und indirekte Emissionen.		<b>(2010) 164,0</b>



## 1.8 Umsetzung der Maßnahmenpakete

Bei der Modellierung von Politikmaßnahmen ist es notwendig, die Wirkung einzelner Vorgaben bzw. Regularien in konkrete Eingangsparameter für die Szenarien-Berechnung im Modell zu „übersetzen“. Im Folgenden werden daher Erläuterungen zur Modellierung der jeweiligen Maßnahmenpakete gegeben. Die Zuordnung zu Maßnahmenpaketen ist immer da sinnvoll, wo Effekte der Einzelmaßnahmen oft nicht quantifizierbar sind bzw. deren Erfolg vom abgestimmten Zusammenspiel verschiedener Maßnahmen abhängt.

An dieser Stelle sei nochmals darauf hingewiesen, dass lediglich die bis zum 01.01.2010 implementierten Politikmaßnahmen in die Untersuchung mit einbezogen wurden.

### 1.8.1 Maßnahmenpaket „EnEV 2009“

Das umfänglichste Maßnahmenpaket ist das zur Energieeinsparverordnung 2009. Es bildet den Mindeststandard bei Sanierungen und Neubauten ab und ist für einen Großteil der Sanierungen und Neubauten maßgebend, die auf dem EnEV 2009-Niveau ausgeführt werden. Hierfür werden die in Abschnitt 1.6.6 definierten Sanierungs- und Neubauraten angewendet.

Für Neubauten ist ebenfalls das **Erneuerbare-Energien-Wärme Gesetz** sowie das **Marktanreizprogramm** mit abgedeckt, s.u.

In dem Maßnahmenpaket „EnEV 2009“ ist weiterhin die **Sanierung von Bundesgebäuden** enthalten, die auf Grundlage des Evaluierungsberichts vom BBSR genauer beziffert werden kann.

Darüber hinaus ist die Maßnahme **Modernisierung der sozialen Infrastruktur** mit Inbegriffen, da hierzu kein getrennter Ansatz zur Quantifizierung vorliegt. Gleiches gilt für den **Ersatz von Nachtstromspeicherheizungen**. Darüber hinaus müssen diese erst ab dem Jahr 2019 ersetzt werden und fallen somit höchstens im letzten Jahr in den Betrachtungszeitraum.

Für das Programm **Soziale Wohnraumförderung** ist wie beim Programm **Stadtumbau Ost** keine getrennte Quantifizierung möglich.

Die Effekte aus Energieausweis und Energieberatung sind eng mit den Wirkungen von Energieeinsparverordnung und Marktanreiz-Programm, aber auch der KfW-Förderung verknüpft. Eine klare Zuordnung der Effekte ist im Rahmen dieses Forschungsvorhabens nicht möglich. Daher sind diese Programme ebenfalls im Paket „EnEV 2009“ enthalten.

Diese Maßnahmen sind nicht explizit im Modell abgebildet, sind jedoch in den Grundannahmen der EnEV09 Sanierung so gut möglich enthalten (z.B. Sanierung von Bundesgebäuden in EnEV 2009 Standard).

### 1.8.2 **Maßnahmenpaket „KfW-Gebäudesanierung“**

Das Maßnahmenpaket „KfW-Gebäudesanierung“ bildet die Sanierung von Gebäuden ab, die über die gesetzlichen Anforderungen der EnEV 2009 hinausgehen. Basis hierfür ist eine Auswertung der Statistiken der KfW [KfW 2010], die Eingang in die Bestimmung der Sanierungsrate für die KfW-Sanierungen finden, vgl. Abschnitt 1.6.6.

Diese auf einem höheren Niveau stattfindenden Sanierungen werden dann von den Sanierungen nach EnEV 2009 abgezogen, sodass die Summe aus beiden die Sanierungsrate ergibt.

### 1.8.3 **Maßnahmenpaket „Erneuerbare-Energien Wärmegesetz“**

Das Erneuerbare-Energien-Wärme Gesetz ist im Maßnahmenpaket „EnEV 2009“ mit eingeschlossen. An dieser Stelle wird trotzdem kurz die Methodik beschrieben.

Bei Neubauten wird entweder ein Anteil der Erneuerbaren Wärmebereitstellung nach EEWärmeG berücksichtigt, oder die entsprechende Ersatzmaßnahme verbesserte Dämmung. Die genauen Zahlen werden anhand einer aktuellen Ennid/AEE-Umfrage zur Umsetzung des EEWärmeG [AEE 2010] eingesetzt.

### 1.8.4 **Maßnahmenpaket „Marktanreizprogramm“**

Das Paket „Marktanreizprogramm“ umfasst die geförderten Maßnahmen für Neubauten als auch den Bestand.

Für Neubauten sind die MAP-Maßnahmen bereits vollständig in der Maßnahme „EnEV 2009“ analog zum EEWärmeG enthalten.

Der größte Teil der MAP-Förderungen geht allerdings in Bestandsgebäude. Dieser Effekt kann hier basierend auf den Evaluierungsberichten des MAP [Nast 2009] separat quantifiziert werden.

Neben solarthermischen Anlagen und Biomasse-Heizungen werden auch Wärmepumpen gefördert.

### 1.8.5 **Maßnahmenpaket „KfW Energieeffizient Bauen“**

Besonders energieeffiziente Neubauten sind im Maßnahmenpaket „KfW Energieeffizientes Bauen“ abgebildet. Umsetzung dieser Programme und die damit verbundenen Qualitäten sind dem KfW-Förderreport [KfW 2010] entnommen. Der Anteil dieser Neubauten ist entsprechend bei den Neubauten nach EnEV 2009 abgezogen.

## 1.9 Szenario bis 2020

Mithilfe des BEAM<sup>2</sup> Modells wurde eine Business-as-usual Szenario für den Zeitraum 2010 -2020 berechnet. Dabei wurden bis zum 01.01.2010 implementierte Politikmaßnahmen berücksichtigt.

Nachfolgend sind die Ergebnisse für diesen Zeitraum, jeweils getrennt ausgewiesen nach Gebäudetypen und Baualtersklassen, für folgende Parameter dargestellt:

- Flächenentwicklung (Nutzfläche)
- Nutzenergie
- Endenergie (getrennt nach Heizwärme, Warmwasser, Elektrizität)
- CO<sub>2</sub>-Emissionen

Weiterhin wurde die Sensitivität der Ergebnisse bzgl. des Einflusses der Klimaerwärmung, Bevölkerungsentwicklung und unterschiedlicher Sanierungsraten sowie die Entwicklung der Energiekosten untersucht.

### 1.9.1 Flächenentwicklungen

Die nachfolgenden Graphiken zeigen die Entwicklung der Nutzflächen im Zeitraum 1990 – 2020 (ab 2010: Modellierung mit BEAM<sup>2</sup>) nach Gebäudetypen bzw. Baualtersklassen. Die im Modell angesetzten Neubau und Abrissraten bilden dabei eine Fortschreibung des bisherigen langfristigen Trends ab.

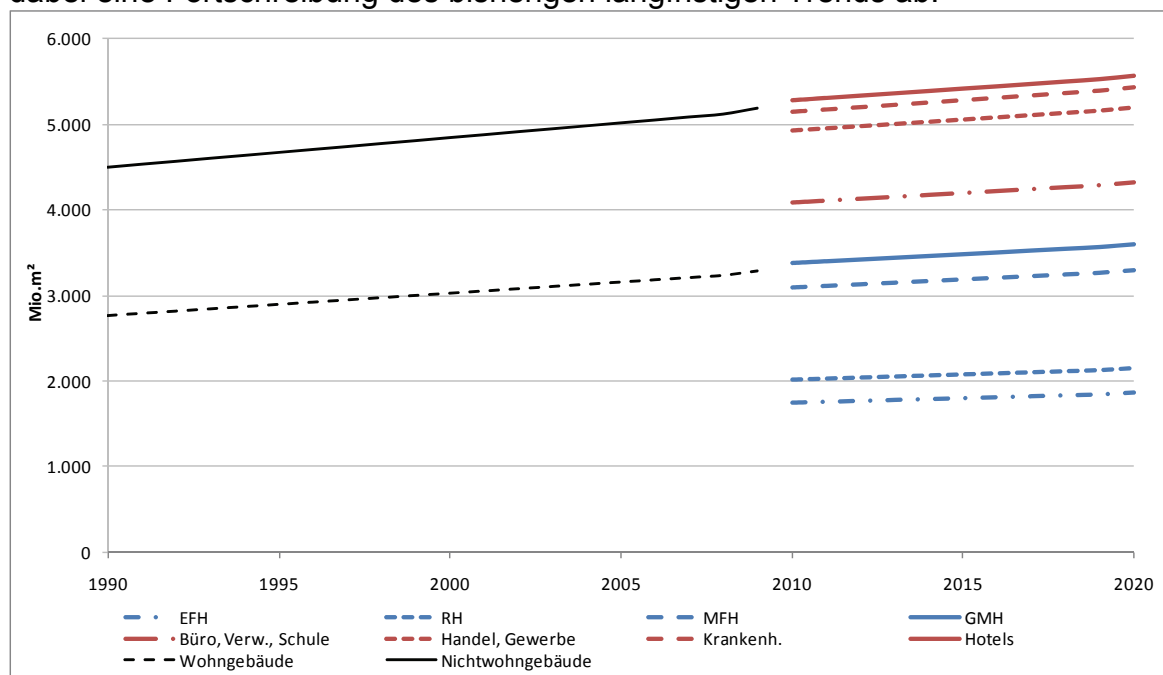


Abbildung 6: Kumulierte Entwicklung der beheizten Wohn- und Nutzflächen von 1990 bis 2020 in Deutschland nach Gebäudetypen. Quelle: Destatis Fachserie 5 Reihe 3, eigene Berechnungen. Randbedingungen: Sanierungsrate 1,4%, Klimadaten DWD 2010.

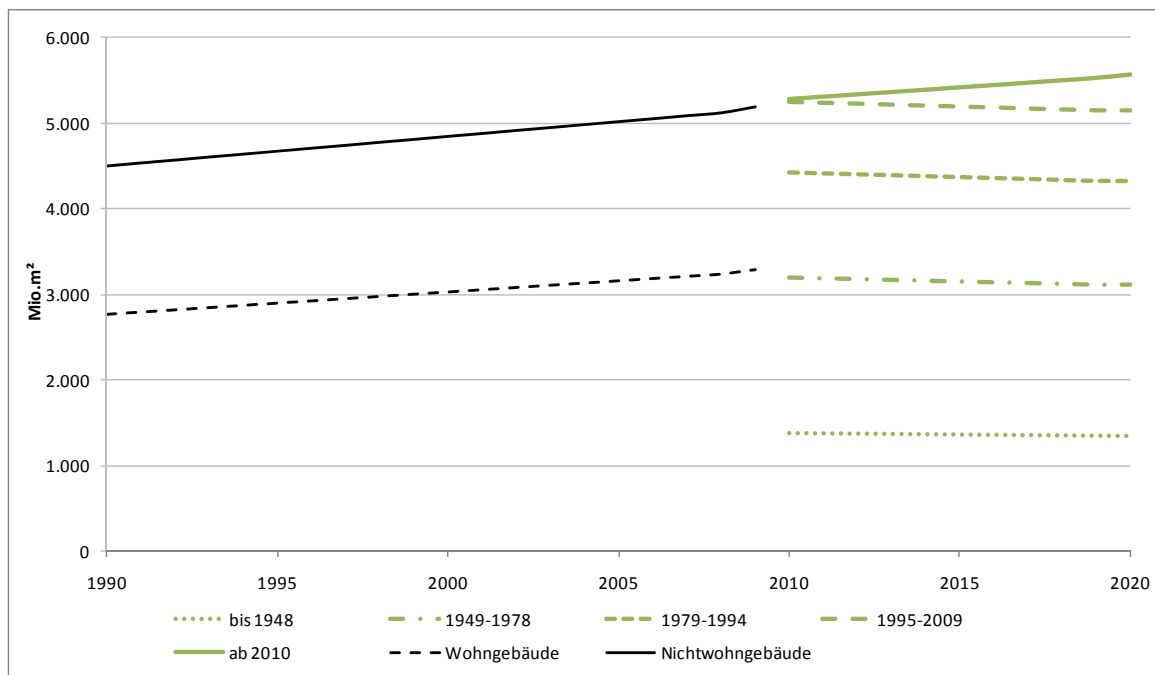


Abbildung 7: Kumulierte Entwicklung der beheizten Wohn- und Nutzflächen von 1990 bis 2020 in Deutschland nach Baualtersklassen. Quelle: Destatis Fachserie 5 Reihe 3, eigene Berechnungen. Randbedingungen: Sanierungsrate 1,4%, Klimadaten DWD 2010.

## 1.9.2 Heizwärmebedarfe

Die nachfolgenden Abbildungen stellen die Entwicklung des Heizwärmebedarfs nach Gebäudetypen bzw. Baualtersklassen von 2010 – 2020 dar. Die historische Entwicklung von 1990 – 2010 ist hier nicht abgebildet, da (im Unterschied zum Energieverbrauch) keine Statistiken zum Energiebedarf erhoben werden.

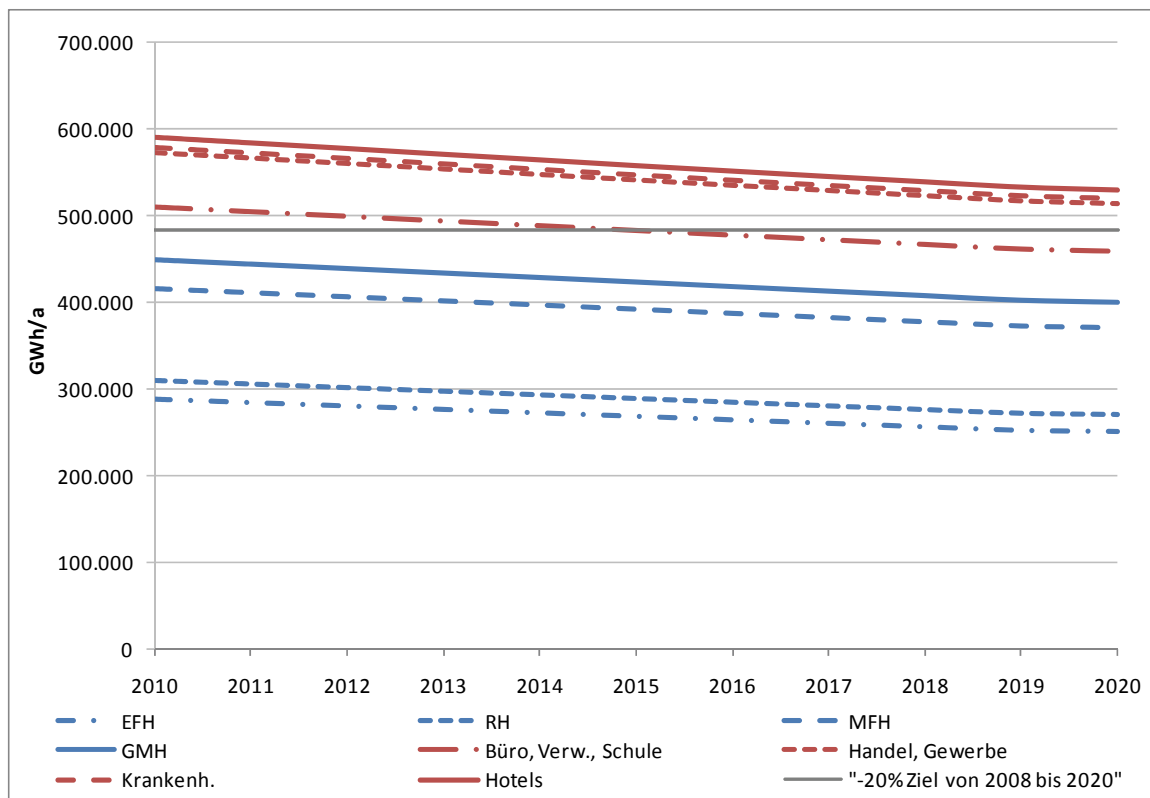


Abbildung 8: Entwicklung des kumulierten Heizwärmebedarfs für beheizten Wohn- und Nutzflächen von 2010 bis 2020 in Deutschland nach Gebäudetypen. Randbedingungen: Sanierungsrate 1,4%, Klimadaten DWD 2010.

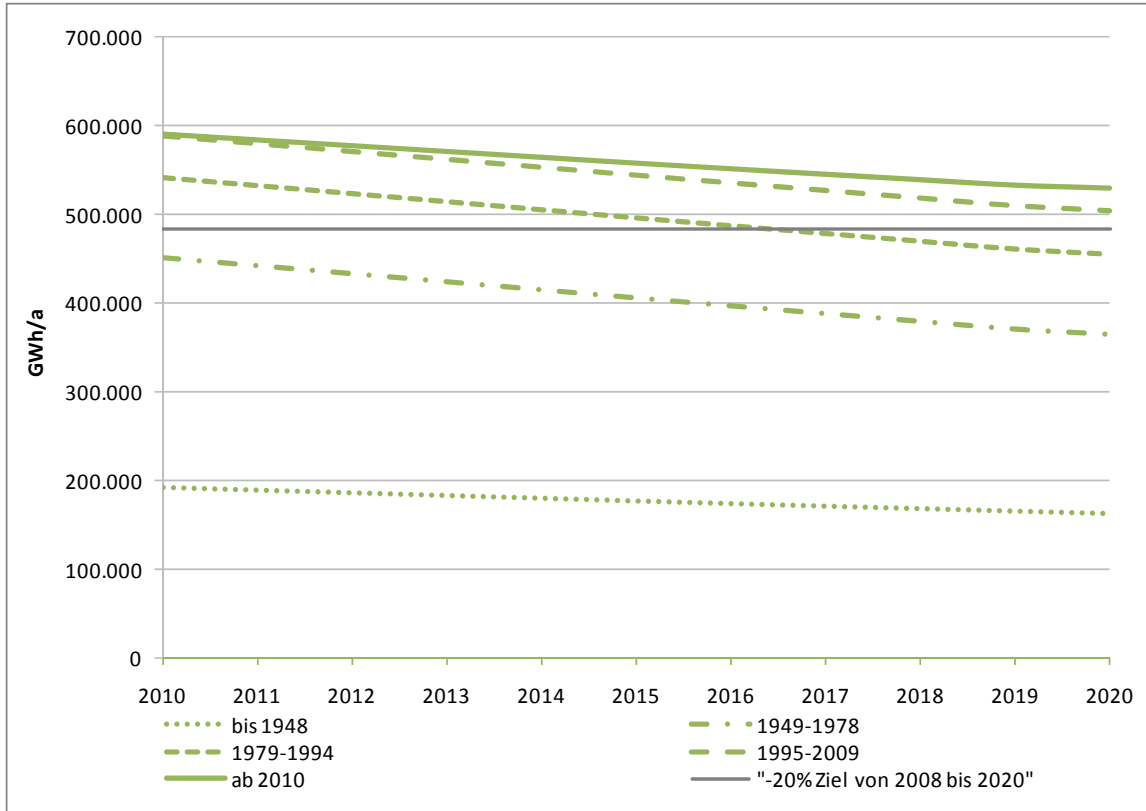


Abbildung 9: Entwicklung des kumulierten Heizwärmebedarfs für beheizten Wohn- und Nutzflächen von 2010 bis 2020 in Deutschland nach Baualtersklassen. Randbedingungen: Sanierungsrate 1,4%, Klimadaten DWD 2010.

Der Nutzenergiebedarf für Heizwärme sinkt von 2010 bis 2020 um 12%. Vergleicht man dieses Ergebnis mit der Zielsetzung aus dem Energiekonzept der Bundesregierung (Reduzierung des Wärmebedarfs von 2008 – 2020 um 20%), so wird dieses Ziel voraussichtlich verfehlt.

### 1.9.3 Endenergieverbräuche

Nachfolgend ist die Entwicklung der Endenergieverbräuche nach Gebäudetypen bzw. Baualtersklassen von 1990 – 2020 beschrieben.

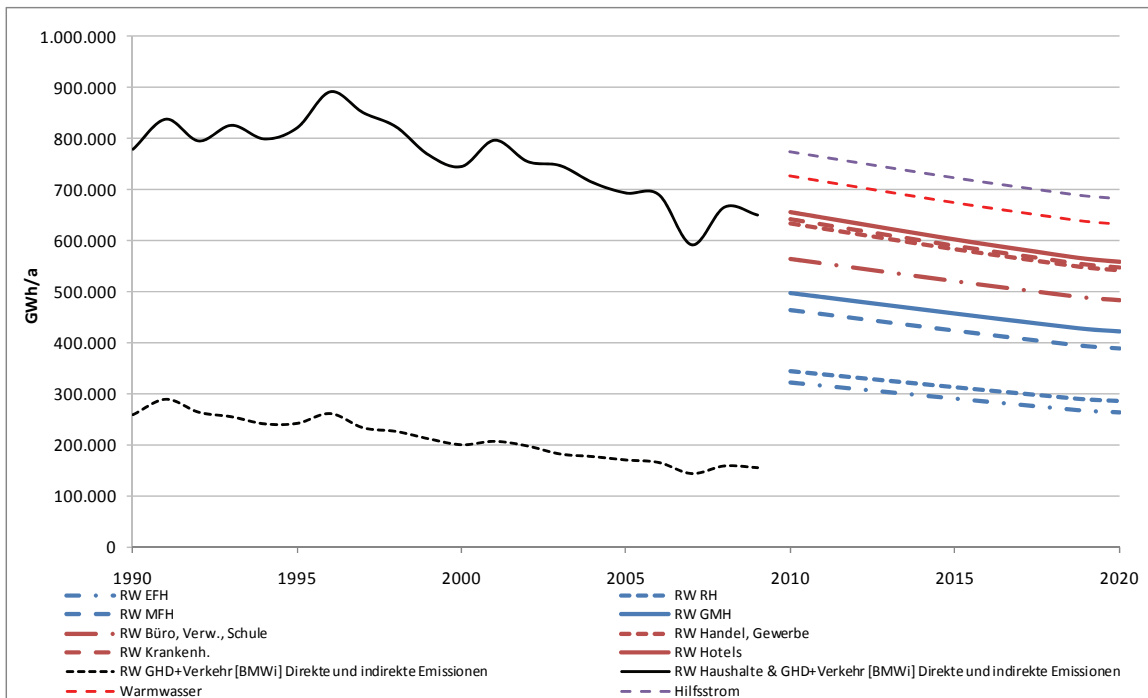


Abbildung 10: Entwicklung des kumulierten Endenergieverbrauchs für beheizten Wohn- und Nutzflächen von 2010 bis 2020 in Deutschland nach Gebäudetypen. Quelle: BMWi Energiestatistik, Stand 07.09.2010, eigene Berechnungen. Randbedingungen: Sanierungsrate 1,4%, Klimadaten DWD 2010.

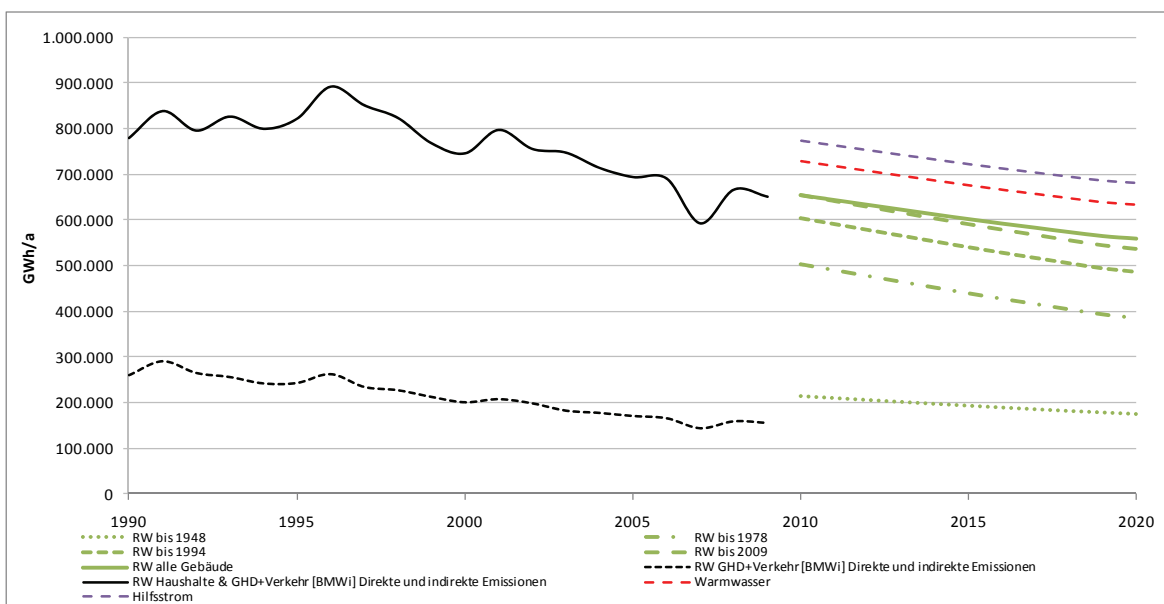


Abbildung 11: Entwicklung des kumulierten Endenergieverbrauchs für beheizten Wohn- und Nutzflächen von 2010 bis 2020 in Deutschland nach Baualterklassen. Quelle: BMWi Energiestatistik, Stand 07.09.2010, eigene Berechnungen. Randbedingungen: Sanierungsrate 1,4%, Klimadaten DWD 2010.

Der Endenergiebedarf für Heizwärme verringert sich von 1990 - 2020 um 28% bzw. um 15% von 2010 – 2020.

### 1.9.4 Primärenergieverbräuche

Neben der Darstellung der Nutz- und Endenergiebedarfe werden auch die Primärenergiebedarfe berechnet.

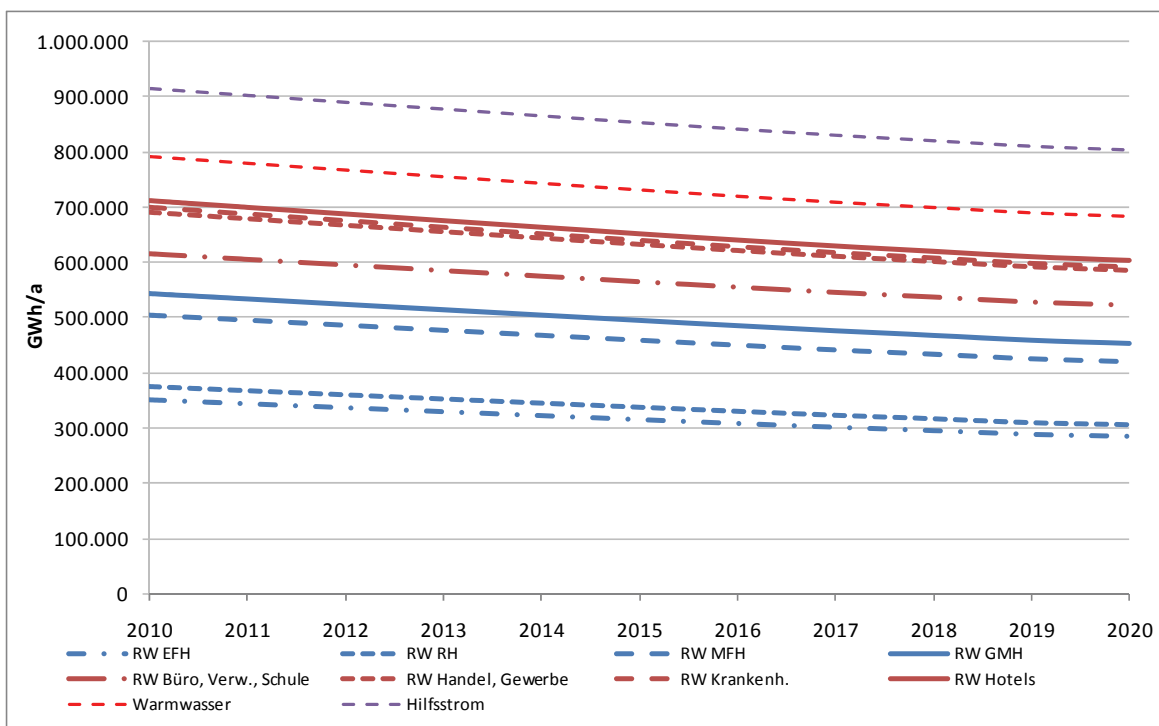


Abbildung 12: Entwicklung des Primärenergieverbrauchs für beheizten Wohn- und Nutzflächen von 2010 bis 2020 in Deutschland nach Gebäudetypen. Quelle: eigene Berechnungen. Randbedingungen: Sanierungsrate 1,4%, Klimadaten DWD 2010.



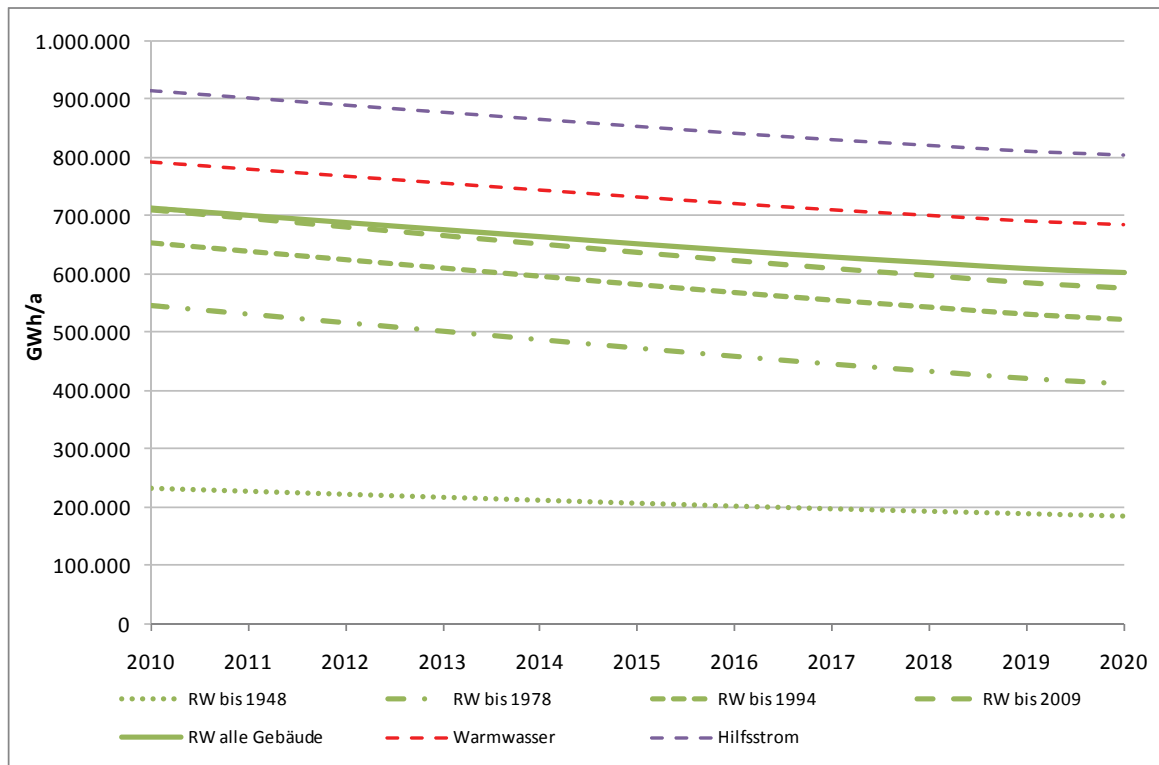


Abbildung 13: Entwicklung des Primärenergieverbrauchs für beheizten Wohn- und Nutzflächen von 2010 bis 2020 in Deutschland nach Baualterklassen. Quelle: eigene Berechnungen. Randbedingungen: Sanierungsrate 1,4%, Klimadaten DWD 2010.

### 1.9.5 CO<sub>2</sub>-Emissionen

Die nachfolgenden Graphiken zeigen die Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Zeitraum 1990 – 2020.

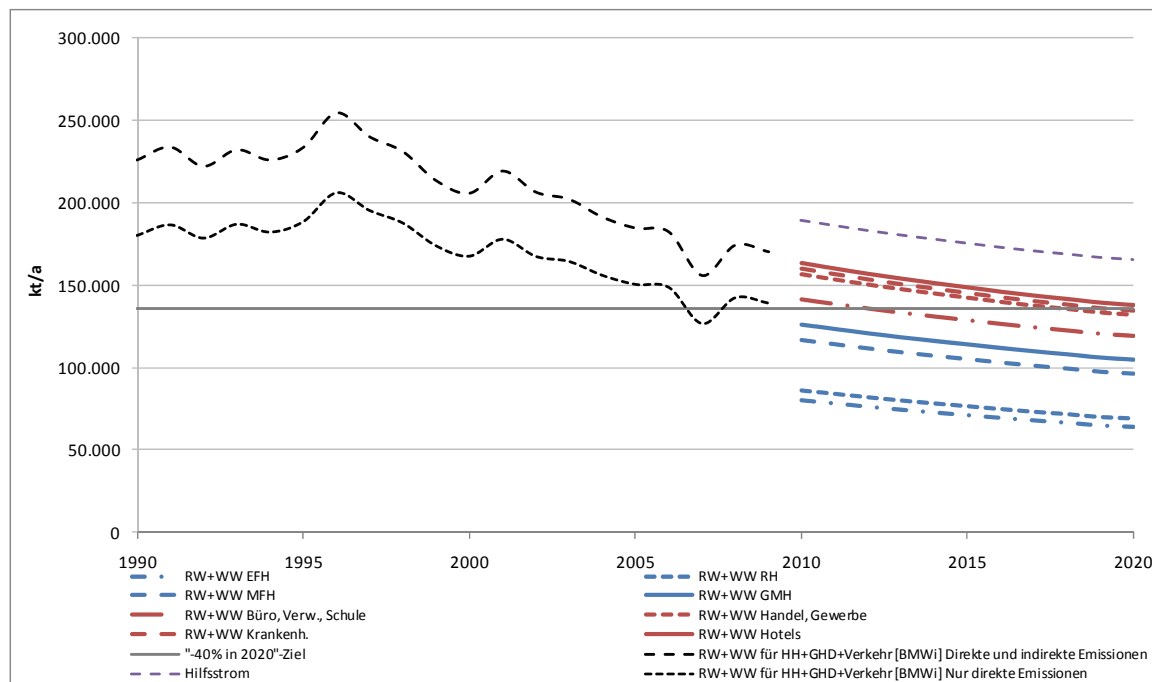


Abbildung 13: Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen für beheizten Wohn- und Nutzflächen von 1990 bis 2020 in Deutschland nach Gebäudetypen. Emissionen für Heizwärme, Warmwasser und betriebsnotwendige Elektrizität. Quelle: BMWi Energiestatistik, Stand 07.09.2010, eigene Berechnungen. Randbedingungen: Sanierungsrate 1,4%, Klimadaten DWD 2010.

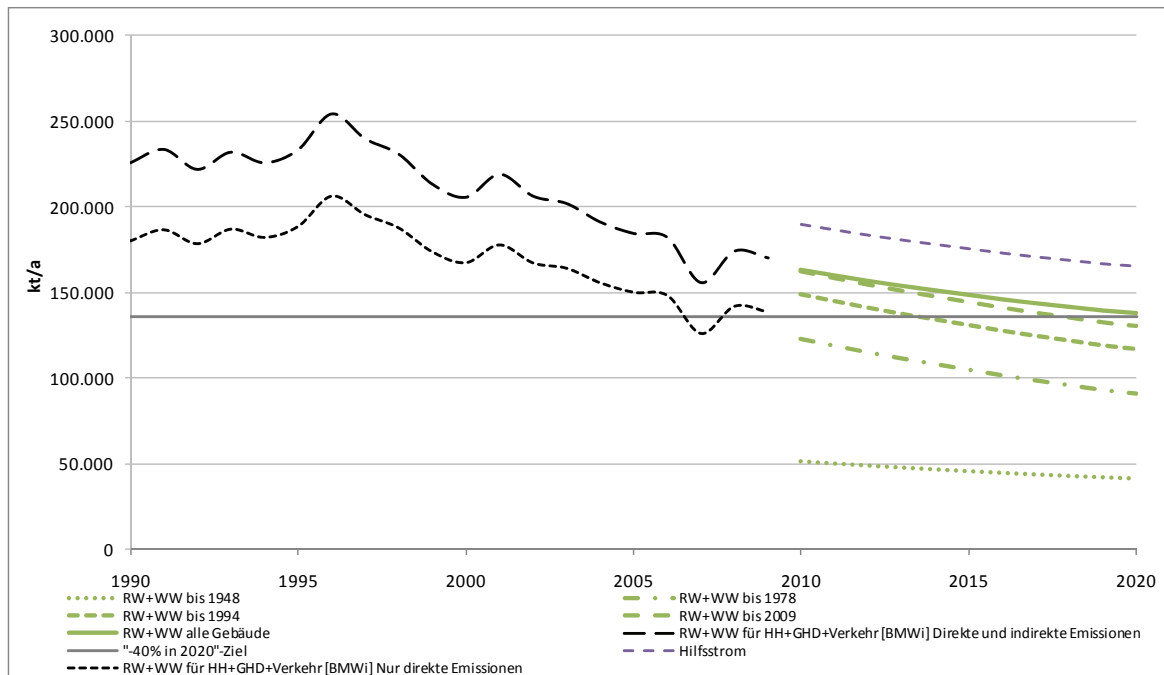


Abbildung 14: Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen für beheizten Wohn- und Nutzflächen von 2010 bis 2020 in Deutschland nach Baualtersklassen. Emissionen für Heizwärme, Warmwasser und betriebsnotwendige Elektrizität. Quelle: BMWi Energiestatistik, Stand 07.09.2010, eigene Berechnungen. Randbedingungen: Sanierungsrate 1,4%, Klimadaten DWD 2010.

Unterstellt man, dass der Gebäudesektor **mindestens** in gleichem Umfang zu den Emissionszielen in 2020 beitragen soll (-40% gegenüber 1990) so ergibt sich ein CO<sub>2</sub>-Emissionsziel (gesamte Emissionen, inklusive Fernwärme und Strom) von 135,7 Mt CO<sub>2</sub> (226,2 Mt - 40%) in 2020. Das Referenzszenario in BEAM<sup>2</sup> ergibt Emissionen von rund 138 Mt CO<sub>2</sub> in 2020.

Betrachtet man den Zeitraum 2010 bis 2020, so müssen zur Erreichung des Ziels in 2020 noch 27,7 Mt CO<sub>2</sub> eingespart werden, wovon im Referenzszenario Einsparungen von 25,6 Mt CO<sub>2</sub> (also ca. 90% der verbleibenden Lücke im Zeitraum 2010 bis 2020) erreicht werden.

### 1.9.6 Minderungspotentiale der Maßnahmenpakete

Die Minderungspotentiale der im Abschnitt 0 definierten Maßnahmenpakete wurden mit dem BEAM<sup>2</sup> Modell quantifiziert. Dabei sind folgende Randbedingungen zu beachten:

Das Maßnahmenpaket „**KfW-Sanierungen**“ gibt die Emissionseinsparungen der entsprechenden Maßnahmen an und bezieht sich auf die unsanierte Alternative.

Das Maßnahmenpaket „**KfW-Energieeffizient Bauen**“ quantifiziert die durch KfW-Neubauten im Vergleich zu EnEV09 Neubauten eingesparten Emissionen.

Im „**Marktanreizprogramm**“ werden Solarthermie-Anlagen, Biomasse-Heizungen und Wärmepumpen finanziell gefördert. Um diesen Effekt zu

quantifizieren, sind alternative Heizungssysteme für diese Fälle angenommen, s. vgl. Tabelle 38. Hieraus ergeben sich entsprechend höhere Emissionen, die als Differenz berechnet werden.

Tabelle 38: Veränderte Verteilung der Heizungssysteme zur Berücksichtigung der MAP-Maßnahmen in Neubauten. **Angaben in Prozentpunkten.**

	Neubau Wohngebäude	
	EnEV 2009 KfW55/PH	
Gas-Brennwert Kessel	-40%	-15%
Öl-Brennwert Kessel	-	-
Pellets-/ Biomasse Kessel	-	+5%
Wärmepumpe S/W	+20%	+10%
Strom	-	-
Fernwärme	-	-
Gas-Brennwert Kessel + ST	+20%	-

Die Effekte des Maßnahmenpaketes „**EEWärmeG**“ werden in diesem Rahmen lediglich für die Ersatzmaßnahme quantifiziert, da ein getrenntes Szenario für EnEV09-Neubauten ohne Erfüllung des EEWärmeG nicht gerechnet wurde. Der Anteil der Sanierung von **Bundesbauten** wird in [BBSR 2010] mit 150,5 kt/a angegeben. Dieser Anteil wird jedoch der EnEV09-Sanierung zugeschrieben und wird somit nicht näher quantifiziert.

Aus diesen Annahmen ergeben sich die in Tabelle 39 angegebenen Emissionsminderungspotentiale sowie die in Tabelle 40 dargestellten Minderungspotentiale des Endenergieverbrauchs. Diese sind in allen Emissionsminderungspfaden bereits enthalten.

Tabelle 39: Emissionsminderungspotentiale der Maßnahmenpakete (in kt CO<sub>2</sub> pro Jahr).

kt/ a	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Maßnahmenpaket "KfW Gebäudesan."	818	1.640	2.466	3.297	4.131	4.970	5.814	6.661	7.513	8.369	9.230
Maßnahmenpaket "KfW EE Bauen"	87	175	264	352	442	531	622	712	803	895	987
Maßnahmenpaket "MAP"	83	167	251	335	420	505	591	677	763	851	938
Maßnahmenpaket "EEWärmeG"	12	23	35	47	59	71	83	95	107	119	132

Tabelle 40: Minderungspotentiale des Endenergieverbrauchs der Maßnahmenpakete (in GWh pro Jahr).

GWh/ a	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Maßnahmenpaket "KfW Gebäudesan."	3.471	6.960	10.467	13.992	17.534	21.095	24.674	28.271	31.886	35.520	39.172
Maßnahmenpaket "KfW EE Bauen"	308	618	930	1.243	1.558	1.874	2.192	2.512	2.833	3.156	3.481
Maßnahmenpaket "MAP"	411	825	1.241	1.659	2.078	2.501	2.925	3.351	3.780	4.210	4.643
Maßnahmenpaket "EEWärmeG"	53	106	159	213	267	321	375	430	485	540	596

## 1.9.7 Sensitivitäten

Um ein Gefühl für den Einfluss von Schwankungen bei wesentlichen Eingangsparametern auf die Szenario-Ergebnisse zu erhalten, wurden die folgenden Sensitivitäten untersucht.

### 1.9.7.1. Veränderte Sanierungsraten

Im Referenzszenario wird eine Sanierungsrate (%-Satz der Gebäude, die pro Jahr einer Vollsanierung mit umfangreichen Effizienzmaßnahmen unterzogen werden) von 1,4% pro Jahr angenommen, was dem Durchschnitt der Daten aus verschiedenen Informationsquellen entspricht (siehe Erläuterung in Abschnitt 1.6.6). Da die Sanierungsrate an sich jedoch generell nicht statistisch erfasst wird, sondern aus verschiedenen Teilerhebungen und Indikatoren abgeleitet werden muss, unterliegen die vorliegenden Schätzungen einer gewissen Unsicherheit. Als Sensitivitäten wurden daher für das Referenzszenario Varianten gerechnet mit Sanierungsraten von 1,0% bzw. 1,8%, was der Schwankungsbreite der verschiedenen verfügbaren Angaben entspricht.

Das Ergebnis der Sensitivitätsanalyse auf Endenergieverbräuche und CO<sub>2</sub>-Emissionen ist in den nachfolgenden Graphiken dargestellt.

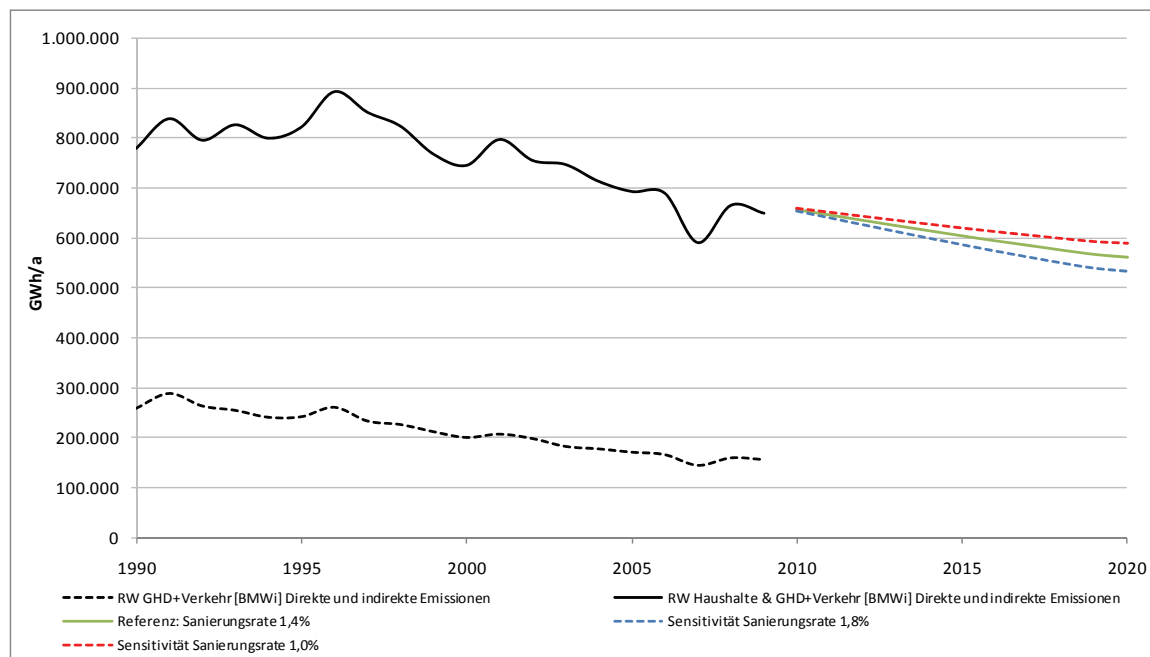


Abbildung 15: Endenergieverbräuche in Abhängigkeit verschiedener Sanierungsraten.

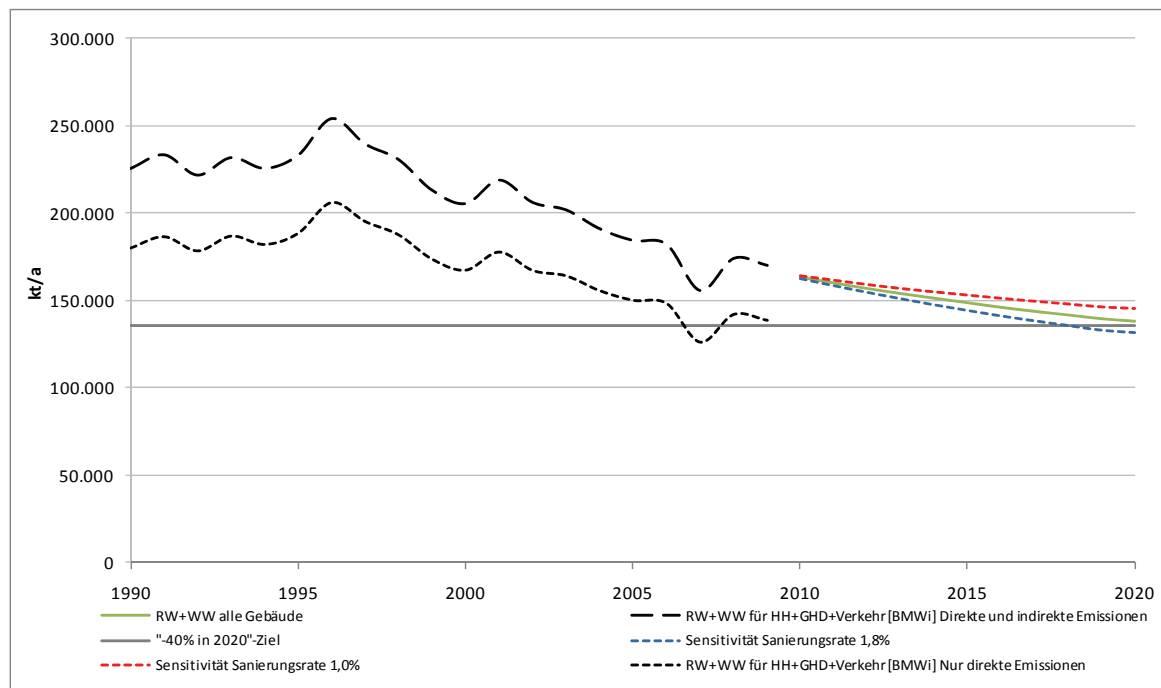


Abbildung 16: CO<sub>2</sub>-Emissionen in Abhängigkeit verschiedener Sanierungsraten

Es zeigt sich, dass die Sanierungsrate einen wichtigen Faktor darstellt und die untersuchte Schwankungsbreite zu einem deutlichen Verfehlen (1% Sanierungsrate) bzw. Erreichen des CO<sub>2</sub>-Emissionszieles (1,8% Sanierungsrate) führt. Hierbei ist zu beachten, dass z.B. ein Sprung von 1,4 auf 1,8% auch einer deutlich höheren Sanierungsaktivität entspricht (Verstärkung der Aktivität um knapp 30%).

### 1.9.7.2. Einfluss vorschreitender Klimaerwärmung

Auch wenn eine fortschreitende Klimaerwärmung durch die weltweiten Bemühungen zur Vermeidung von Treibhausgasen vermieden werden soll, so ist doch in den nächsten Jahren mit einem gewissen Temperaturanstieg zu rechnen. Es wurden daher Sensitivitäten berechnet mit Daten aus einem Zukunftsszenario des Deutschen Wetterdienstes [DWD2010], das von einer fortschreitenden Erwärmung des Klimas bis 2035 ausgeht. Das Ergebnis der Sensitivitätsanalyse auf Endenergieverbräuche und CO<sub>2</sub>-Emissionen ist in den nachfolgenden Graphiken dargestellt.

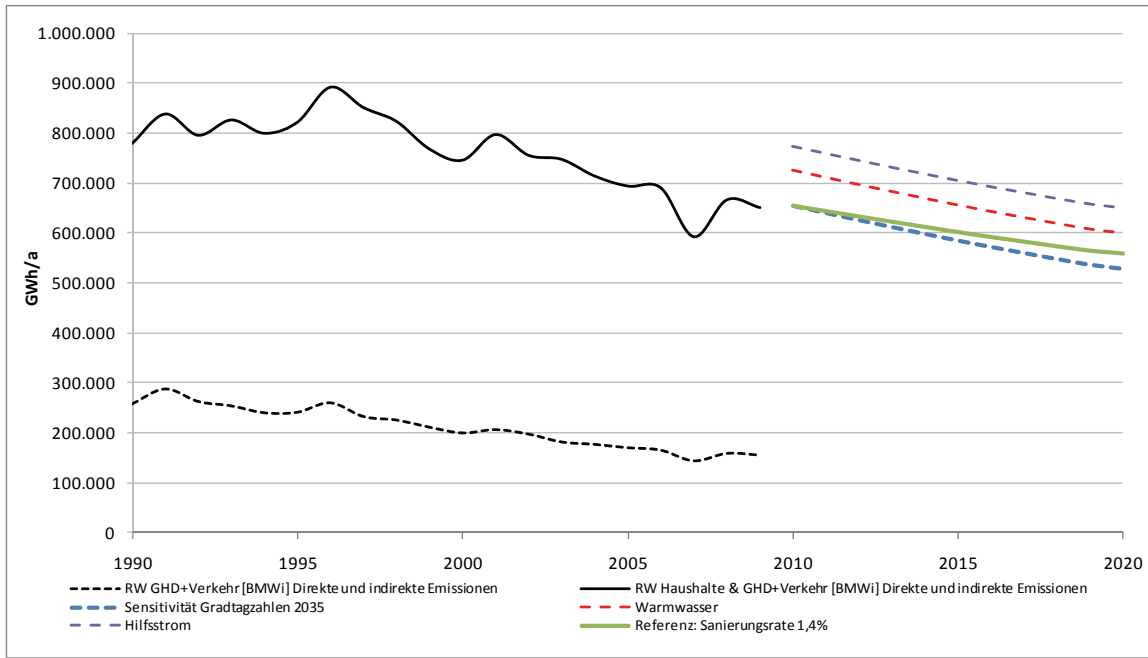


Abbildung 17: Endenergieverbräuche in Abhängigkeit unterschiedlicher Klimaentwicklung

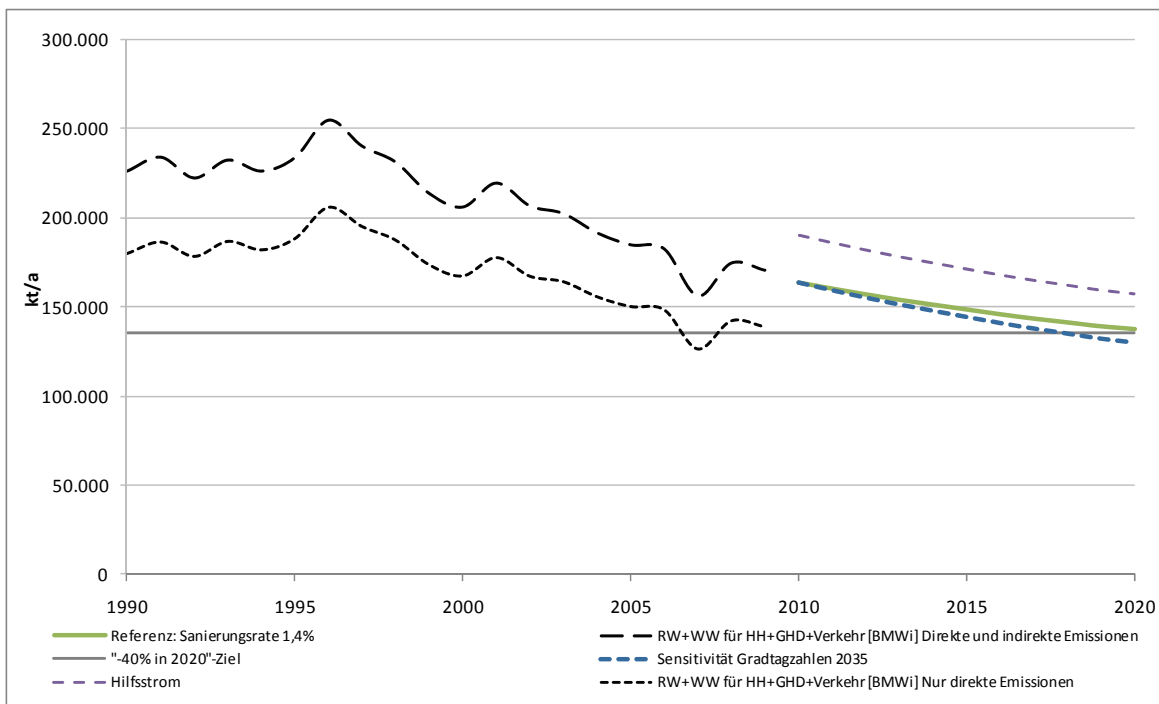


Abbildung 18: CO<sub>2</sub>-Emissionen in Abhängigkeit unterschiedlicher Klimaentwicklung

Die Ergebnisse zeigen erwartungsgemäß, dass eine Erwärmung des Klimas den Energieverbrauch und damit verbundene Emissionen für Raumwärme verringert und im Fall einer Klimaerwärmung paradoxer Weise das Klimaschutzziel scheinbar besser erreicht wird. Allerdings ist zu erwarten, dass mit einem wärmeren Klima auch höhere Kühllasten auftreten, die bzgl. der Emissionen aufgrund des in der Regel eingesetzten Stroms insgesamt eher zu einem Anstieg der Gesamtemissionen führen werden. Während der Strombedarf für Kühlung im Referenzszenario mit berücksichtigt wurde, wurde der erwartete Anstieg der

Kühlenergie bei wärmerem Klima nicht mit berechnet, da dafür notwendige Szenarien für Kühlgradtage im DWD Szenario (bisher) nicht enthalten sind.

### 1.9.7.3. Einfluss der Bevölkerungsentwicklung

Ein wesentlicher Eingangsparameter für Zukunftsszenarien im Gebäudebereich ist auch die Bevölkerungsentwicklung, die sich im Gebäudesektor im Wesentlichen in der Neubaurate niederschlägt.

So wurde neben dem Referenzszenario eine Variante berechnet, in der die Neubaurate bis 2020 der aktuellen Abrissrate gleichgesetzt wurde und somit kein weiterer Zuwachs der Flächen erfolgt.

Das Ergebnis der Sensitivitätsanalyse auf Endenergieverbräuche und CO<sub>2</sub>-Emissionen ist in den nachfolgenden Graphiken dargestellt.

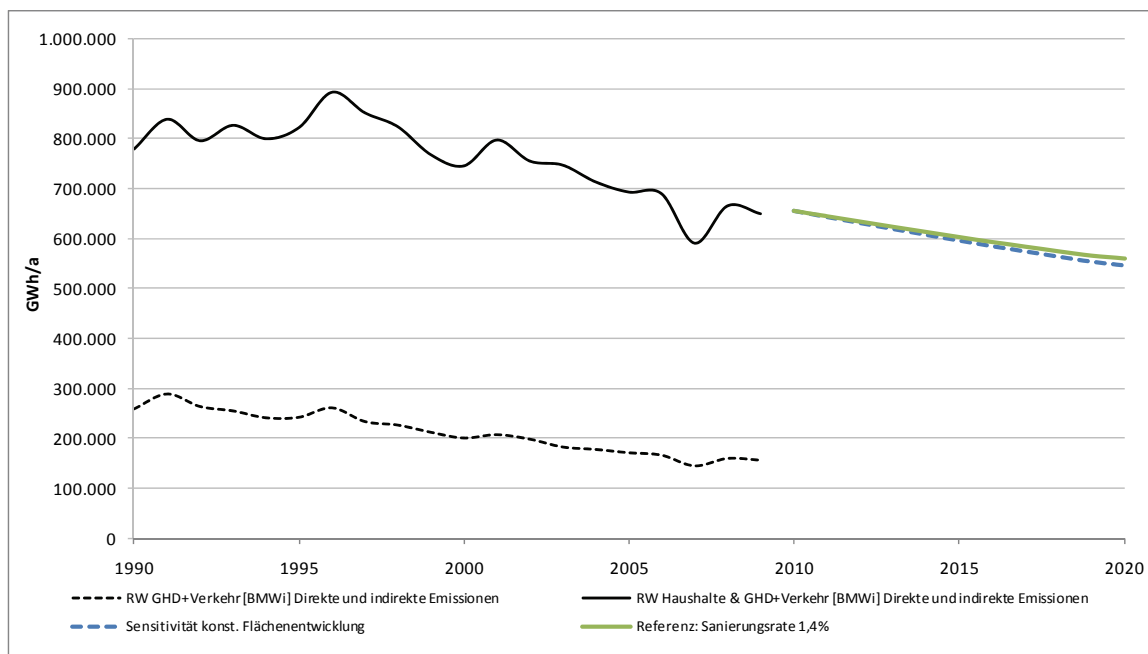


Abbildung 19: Einfluss konstanter Flächen bis 2020 (Neubau=Abriss) auf die Endenergie



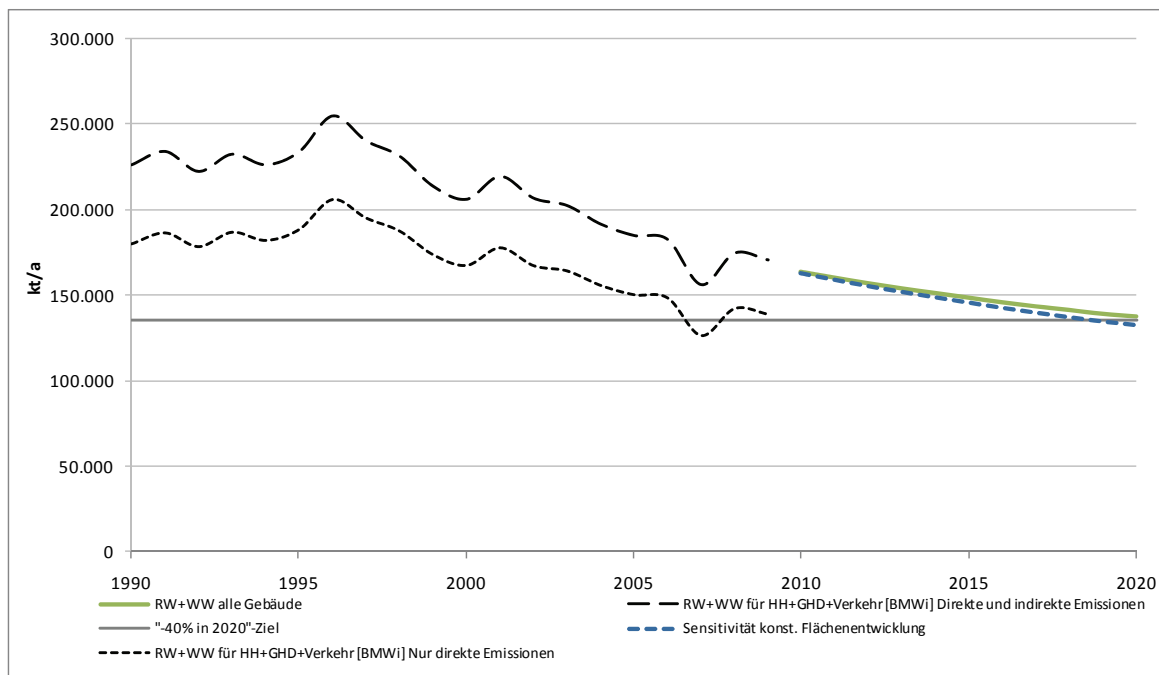


Abbildung 20: Einfluss konstanter Flächen bis 2020 (Neubau=Abriss) auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen

Ein gestopptes Flächenwachstum zeigt wie erwartet eine stärkere Abnahme des Endenergieverbrauchs und damit verbundener Emissionen, das voraussichtlich zu einer Zielerreichung bzgl. der CO<sub>2</sub>-Emissionen führen würde.

### 1.9.8 Energiekosten

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die Aufteilung und Entwicklung der Energiekosten für den Zeitraum 2010 – 2020 nach Gebäudetypen und Baualterklassen.

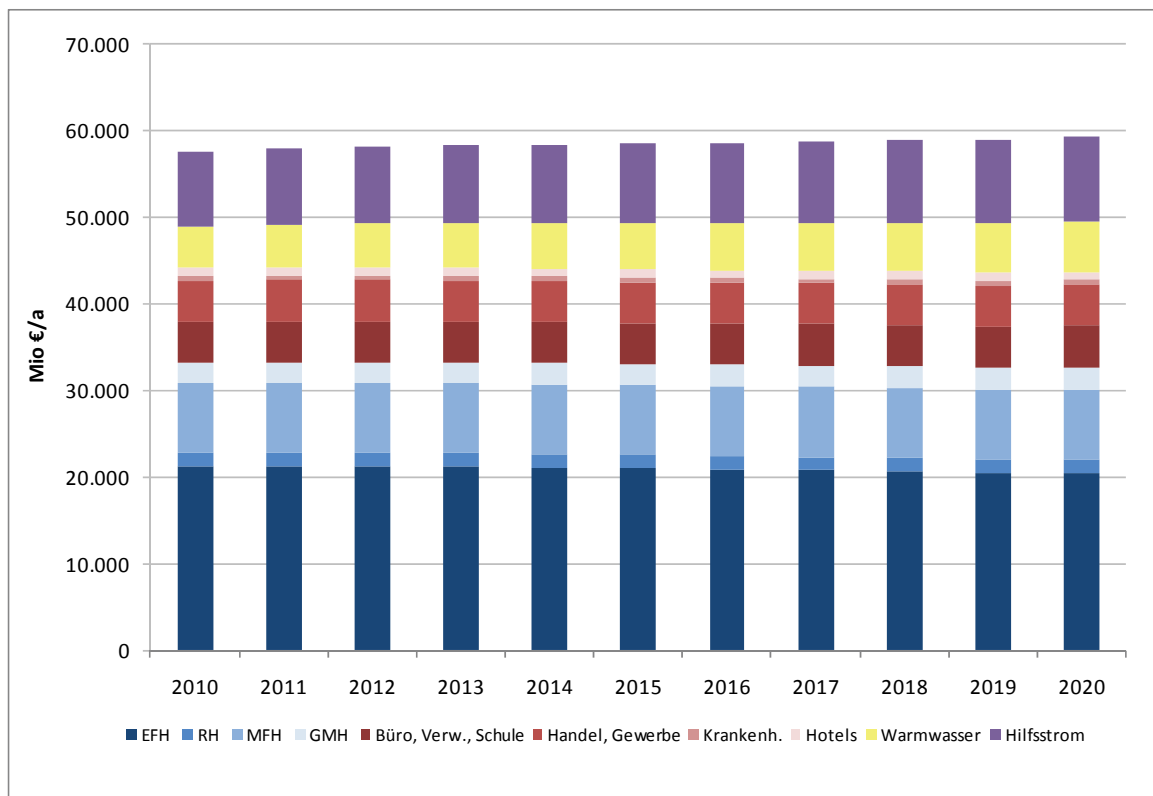


Abbildung 21: Entwicklung der Energiekosten für beheizten Wohn- und Nutzflächen von 2010 bis 2020 in Deutschland nach Gebäudetypen für Heizwärme, Warmwasser und betriebsnotwendige Elektrizität. Randbedingungen: Sanierungsrate 1,4%, Klimadaten DWD 2010.

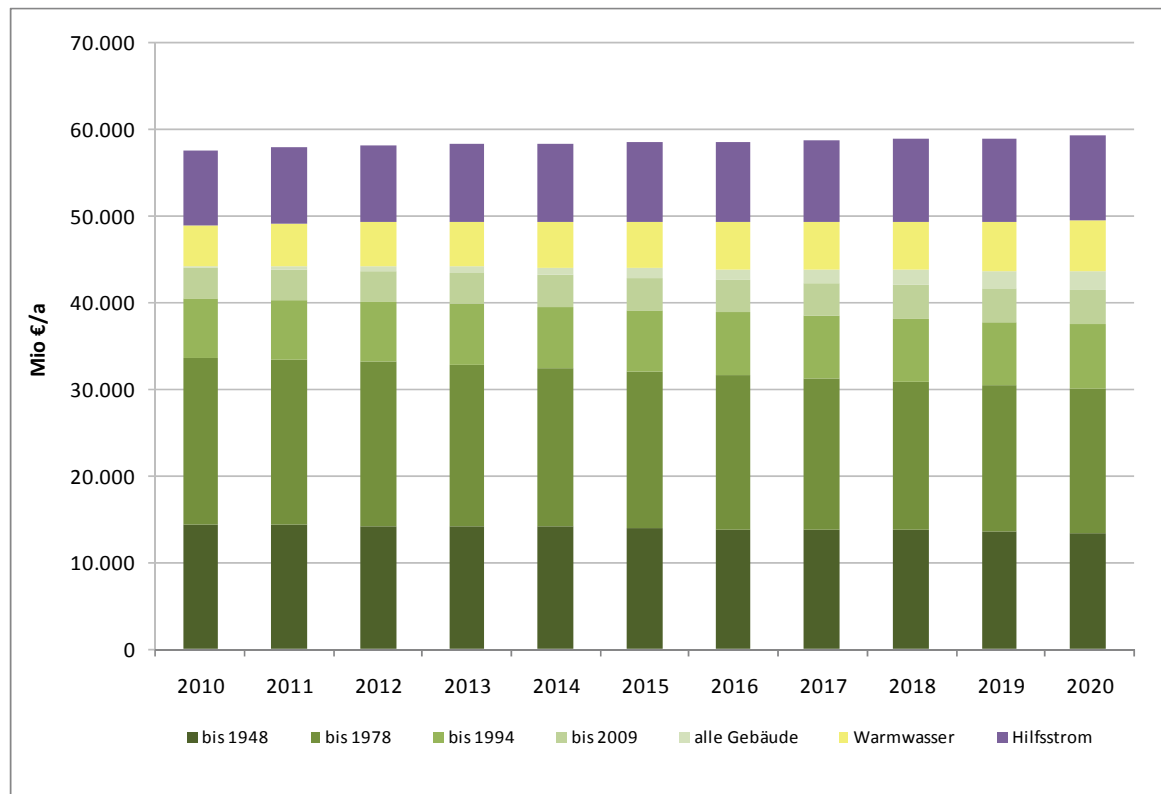


Abbildung 22: Entwicklung der Energiekosten für beheizten Wohn- und Nutzflächen von 2010 bis 2020 in Deutschland nach Baualtersklassen für Heizwärme, Warmwasser und betriebsnotwendige Elektrizität. Randbedingungen: Sanierungsrate 1,4%, Klimadaten DWD 2010.

Die Abnahme des Endenergiebedarfs spiegelt sich nur teilweise in der Energiekostenentwicklung wieder, da der angenommene Preisanstieg hier in die entgegengesetzte Richtung wirkt. Insgesamt ergibt sich ein leichter Nettokosten-Anstieg.

Eine Darstellung von Investitionskosten und Wirtschaftlichkeiten findet an dieser Stelle nicht statt, da insbesondere die Wirtschaftlichkeit stets vom Vergleich verschiedener Szenarien abhängt. Da hier nur ein Referenzszenario entwickelt wird lässt sich dieser Vergleich nicht anstellen, siehe auch Hinweise in Abschnitt 0.

## Fazit

### 1.10 Bereits erzielte Wirkungen der Maßnahmen im Referenzszenario bis 2008

Die auf Basis von BMWI-Energiedaten unter Berücksichtigung von spezifischen Emissionsfaktoren ermittelten Emissionen für die Jahre 1990-2008 zeigen einen abnehmenden Trend bezüglich der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Gebäudesektor. Insgesamt haben die verschiedenen politischen Maßnahmen (EnEV etc.) offensichtlich verhindern können, dass der Neubau von Gebäuden, der generell zu einem Anstieg der Wohn- und Nutzfläche in Deutschland führt, auch mit einem Anstieg der Emissionen einhergeht.

Insgesamt verringerten sich die Emissionen von 1990 bis 2010 um 27% (gesamte Emissionen inklusive Fernwärme und Strom).

### 1.11 Zielerreichung in 2020

#### Ziel bezüglich CO<sub>2</sub>-Emissionen

Unterstellt man, dass der Gebäudesektor **mindestens** in gleichem Umfang zu den Emissionszielen in 2020 beitragen soll (-40% gegenüber 1990) so ergibt sich ein CO<sub>2</sub>-Emissionsziel (gesamte Emissionen, inklusive Fernwärme und Strom) von 135.700 kt CO<sub>2</sub> (226.200 kt - 40%) in 2020. Das Referenzszenario in BEAM<sup>2</sup> ergibt Emissionen von rund 138.000 kt CO<sub>2</sub> in 2020.

Betrachtet man den Zeitraum 2010 bis 2020, so müssen zur Erreichung des Ziels in 2020 noch 27.700 kt CO<sub>2</sub> eingespart werden, wovon im Referenzszenario Einsparungen von 25.600 kt CO<sub>2</sub> (also ca. 90% der verbleibenden Lücke im Zeitraum 2010 bis 2020) erreicht werden. Die nachfolgende Abbildung 23 und Abbildung 24 verdeutlicht dies noch einmal in einer Gesamtübersicht.

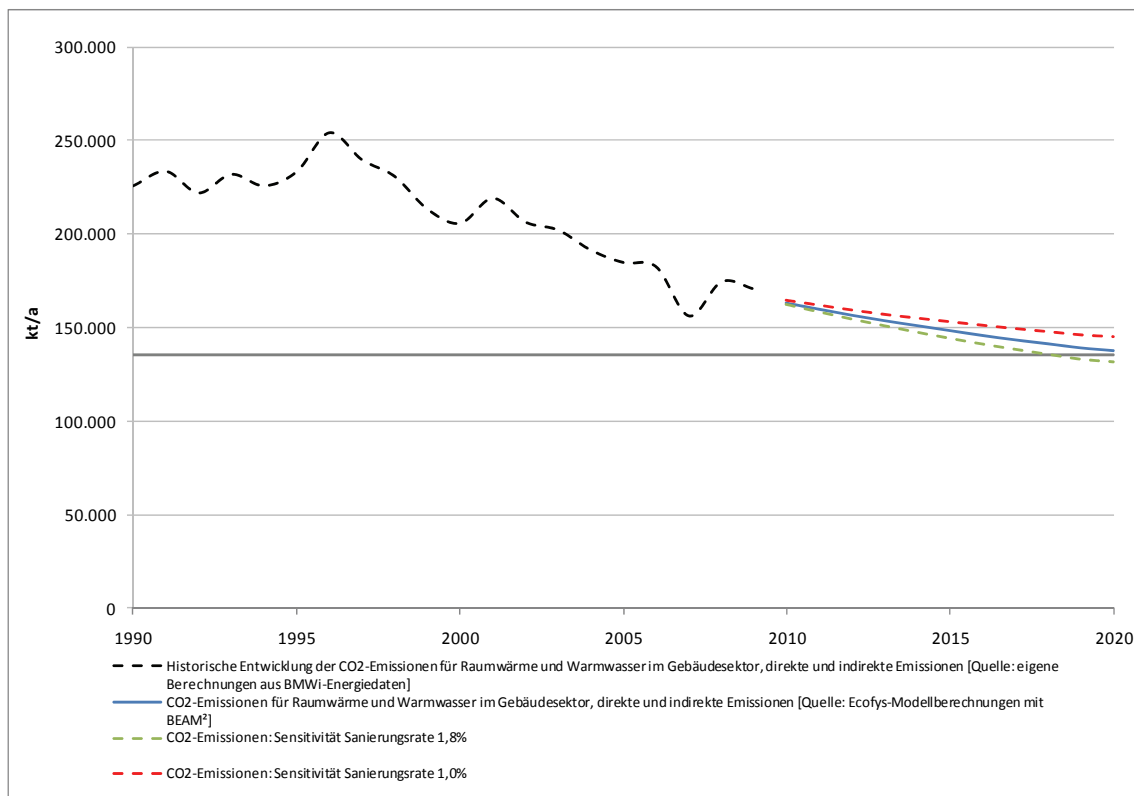


Abbildung 23: CO<sub>2</sub>-Emissionen im Referenzszenario, Zeitraum 1990-2020

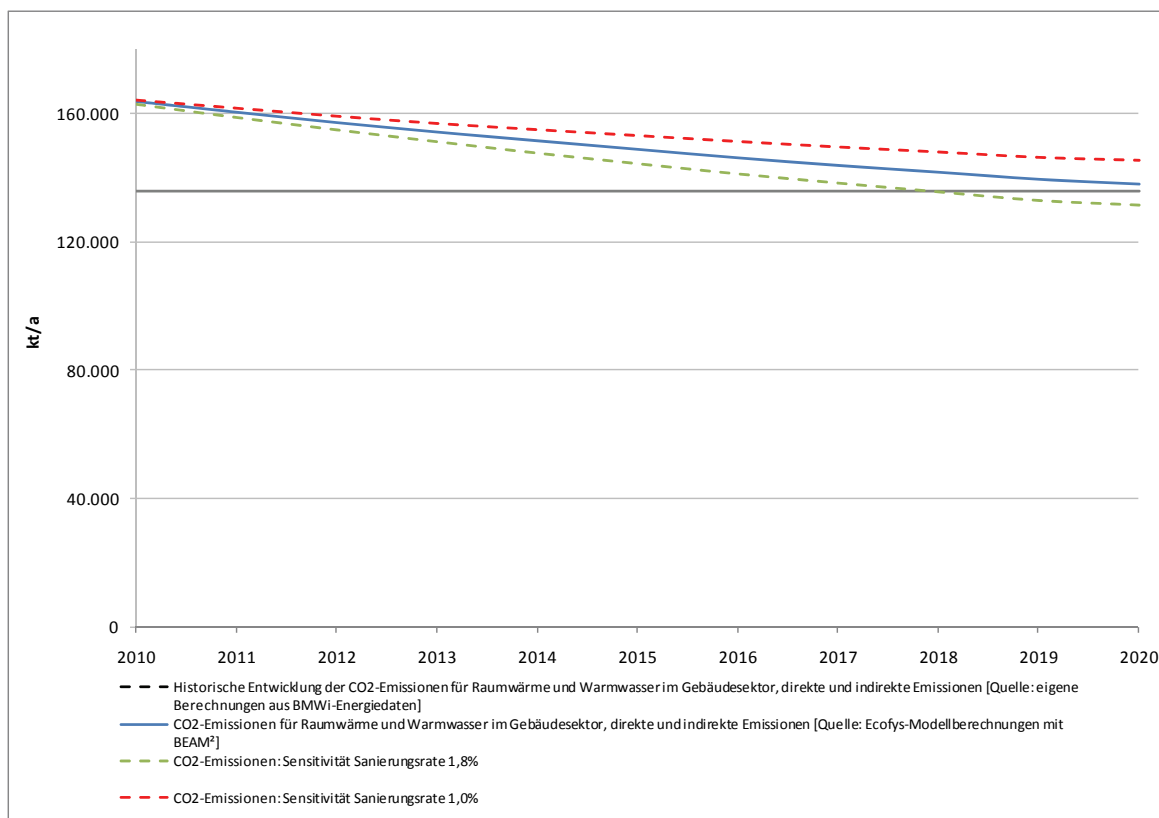


Abbildung 24: CO<sub>2</sub>-Emissionen im Referenzszenario, Zeitraum 2010-2020

Es scheinen also weitere Maßnahmen notwendig, um die 2020 Ziele bzgl. CO<sub>2</sub>-Emissionen sicher zu erreichen. Die Ergebnisse der Sensitivitätsanalysen (siehe

Kapitel 1.9.7) legen aber auch nahe, dass das Ziel bei vermehrten Anstrengungen (z.B. Beschleunigung von Sanierungsaktivitäten) oder, mit einem gewissen Risiko, auch durch einen günstigen Verlauf (In diesem Zusammenhang: Klimaerwärmung oder Stagnation des Neubaus) erreicht werden kann.

#### **Ziel bezüglich Heizwärmebedarf**

Das Energiekonzept der Bundesregierung schreibt zudem die Verringerung des Energiebedarfs für Heizwärme im Gebäudesektor auf -20% in 2020 gegenüber der Situation in 2008 fest. Gemäß den Berechnungen im Referenzszenario wird der Bedarf für Raumwärme im Zeitraum 2010 bis 2020 um 12% gesenkt. Hier wird das Ziel also voraussichtlich deutlich verfehlt.

## 1.12 Vorschlag weiterer Politikmaßnahmen

Das berechnete Referenzszenario lässt erwarten, dass das CO<sub>2</sub>-Einsparziel von 40% gegenüber 1990 (sofern dieser für Deutschland vorgegebene Wert auch für den Gebäudesektor herangezogen wird) bis 2020 voraussichtlich nicht ganz erreicht wird. Dabei ist auch zu beachten, dass die angestrebte Verringerung um 40% ein Sektor übergreifendes Ziel ist und der Gebäudesektor voraussichtlich überproportional beitragen muss. Zudem droht eine deutliche Lücke im Bezug auf das angestrebte Ziel zum Energiebedarf für Raumwärme.

Es stellt sich also die Frage, welche zusätzlichen Politikmaßnahmen ergriffen werden könnten, um die Ziele für 2020 sicher zu erreichen. Hierbei bieten sich im Wesentlichen folgende Optionen an:

Bereich Neubau:

- Vorziehen der Vorgabe im Neubau bzgl. Nahe-Null-Energie Gebäude gemäß nach Definition der Europäischen Gebäuderichtlinie (EPBD). So könnte ein solcher Gebäudestandard z.B. bereits ab 2017 (öffentliche Gebäude ab 2015) verbindlich eingeführt werden. Derzeit sieht die EPBD dies ab 2021 bzw. 2019 vor. Dabei gilt die Vorgabe 2021 bzw. 2019 als spätester Umsetzungszeitpunkt für alle Länder der EU. Geht man davon aus, dass es derzeit Unterschiede in der Marktentwicklung von Nahe-Null-Energie Gebäuden zwischen den Mitgliedstaaten der EU gibt, so gehört Deutschland tendenziell eher zu den Ländern in denen die Markteinführung leichter bzw. früher umsetzbar scheint. Um die gewünschte energetische Qualität in der Umsetzung dann auch zu erreichen, müsste ein solches Vorziehen aber in einem gesellschaftlichen Konsens erfolgen, mit flankierenden Maßnahmen (Finanzierungsprogramme, Förderung) versehen werden und durch geeignete Aus- und Fortbildungsmaßnahmen auf breiter Ebene das nötige technische und planerische Know-How gewährleistet werden.

Bereich Sanierung:

- Das Fokussieren bereits existierender Förderinstrumente (bsp. der KfW-Förderung) auf bestimmte Baualtersklassen mit hohen energetischen Sanierungspotentialen würde zur verbesserten Effektivität der eingesetzten Mittel führen. Hier könnte ein Teil der Mittel an bestimmte Sanierungsrandbedingungen geknüpft werden.
- Festlegung weiter verschärfter Sanierungsstandards in der EnEV 2012. Dies sollte dann sowohl das Ambitionslevel für den maximal zulässigen Primärenergiebedarf, als auch die Mindest-Vorgaben auf Komponenten-Ebene (z.B. maximaler U-Wert der Fassade) betreffen (§9 Absatz 1 EnEV). Zusätzlich könnte die Bagatellgrenze ab der im Bestand energetische Anforderungen gelten (Änderung von mehr als 10% der gesamten jeweiligen Bauteilfläche des Gebäudes, §9 Absatz 3 EnEV) generell oder für einzelne Komponenten (z.B. für

Fensteraustausch) weiter abgesenkt werden. So scheinen auch beim Austausch einzelner Fenster (in der Regel unter 10%) energetische Mindestvorgaben tragbar und gerechtfertigt.

- Abschaffung von Ausnahmeregelungen in der Energieeinsparverordnung bzgl. der Anforderungen zum Kesselaustausch. Nach §10 Absatz 1 der ENEV dürfen Heizkessel, die mit flüssigen oder gasförmigen Brennstoffen beschickt werden und vor dem 1. Oktober 1978 eingebaut oder aufgestellt worden sind, nicht mehr betrieben werden. Allerdings gibt es einige Ausnahmen von dieser Regelung falls
  - o bereits eine neuer Technik verwendet wurde (z.B. Niedertemperatur – kessel)
  - o die Kessel Leistungsgrenzen unterschreiten (< 4 kW) oder überschreiten (> 400 kW)
  - o die eingesetzten Energieträger nicht marktüblich sind, oder
  - o die Kessel nur eingeschränkt genutzt werden (z.B. Kessel die zur ausschließlichen Warmwasserbereitung oder Einzelraumbeheizung dienen)

Eine Abschaffung dieser Ausnahmeregelungen (ggf. kombiniert mit der Regelung in Härtefällen auf Antrag Ausnahmen zuzulassen) könnte weitere Einsparpotentiale erschließen.

- Ausweitung der Vorgaben für den Einsatz Erneuerbarer Energien auf den Sanierungsfall z.B. ab 2014, ggf. im Rahmen der anstehenden Novellierung des EEWärmeG. Dies wurde z.B. bereits auf Länderebene in Baden Württemberg umgesetzt.
- Ausweitung der Vorgabe für Nahe Null Energie Gebäude auf den Sanierungsfall, z.B. ab 2019 (öffentliche Gebäude ab 2017), siehe dazu auch Erläuterungen zu Nahe-Null-Energie Gebäuden im Neubau sowie Hinweise im nachfolgenden Kapitel „Weiterer Forschungsbedarf“.

Bei der Entwicklung und Umsetzung von weiteren Politikmaßnahmen im Gebäudesektor muss auch bedacht werden, dass es ggf. zu einem Zielkonflikt bzgl. des Erreichens von Zielen für 2020 und 2050 geben kann.

So unterstützt z.B. eine rasche aber beispielweise weniger ambitionierte Sanierung des Gebäudebestands zwar die Erreichung von Zielen für 2020, gefährdet aber Ziele für 2050, da zum Beispiel im Jahr 2020 mäßig ambitioniert sanierte Gebäude voraussichtlich erst im Zeitraum 2050-2060 wieder im Rahmen der Sanierungszyklen Chancen zur (weiteren) energetischen Verbesserung bieten. Dazu kommen Probleme bzgl. der Wirtschaftlichkeit, wenn Gebäude die nach einem mittleren Standard saniert wurden, zu einem späteren Zeitpunkt noch einmal verbessert werden sollen.

Auf der anderen Seite hilft ein sehr ambitionierter Sanierungsstandard (z.B. Sanierung zum Passivhaus) bei der Erreichung von Klimaschutzzielen für 2050



(voraussichtlich -90%). Da ein solcher Sanierungsstandard voraussichtlich etwas mehr Anlaufzeit benötigt, muss ggf. mit einem verzögerten Effekt bzgl. dem Ziel für 2020 gerechnet werden.

Der Zusammenhang und mögliche Konflikt zwischen Zielerreichung in 2020 und 2050 ist in nachfolgender Graphik dargestellt.

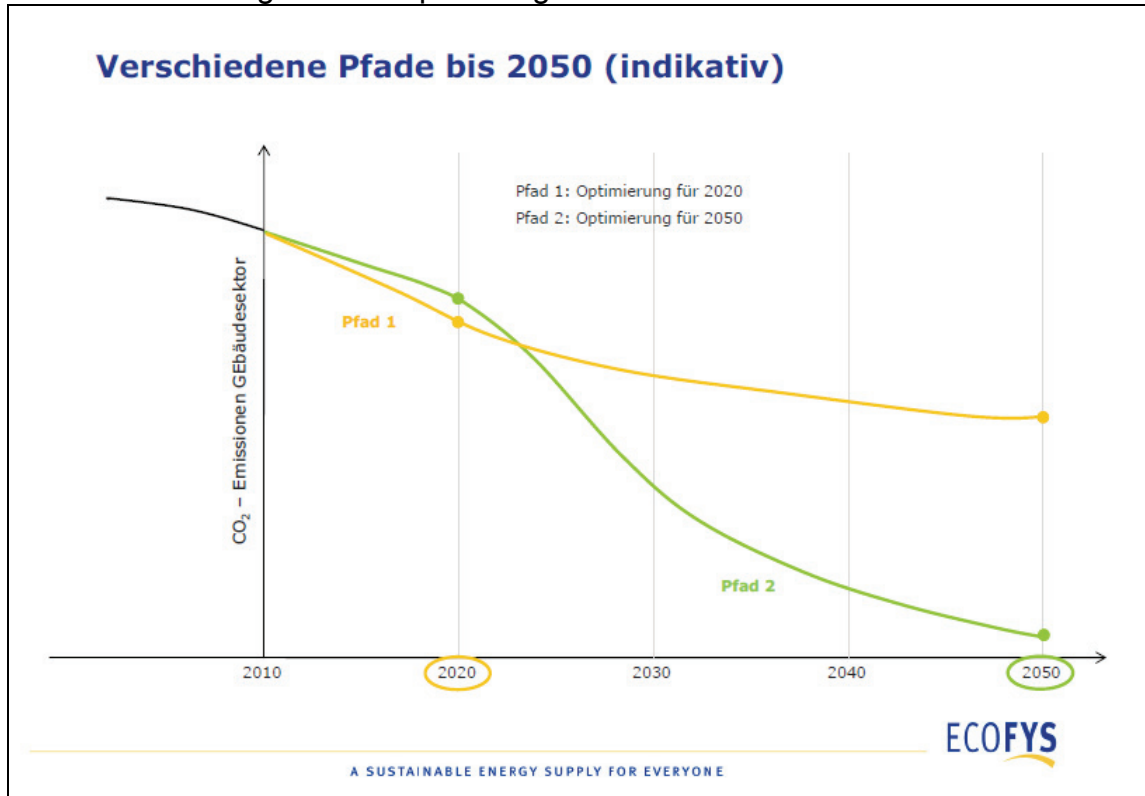


Abbildung 25: Verschiedene Pfade bis 2050 (Schematische Darstellung, indikativ)

Um Ziele für 2020 zu erreichen und **gleichzeitig** Ziele für 2050 nicht zu gefährden ist es also notwendig, dass sowohl beim Neubau als auch bei der Sanierung sehr ambitionierte Standards (Nahe-Null-Energie Gebäude) umgesetzt werden **und** dies möglichst rasch geschieht. Dies könnte voraussichtlich mit einer Kombination der vorangehend beschriebenen Optionen erreicht werden.

Es ist dabei davon auszugehen, dass die vorgezogene Einführung sehr ambitionierter Standards zumindest in den Anfangsjahren neben den entsprechenden rechtlichen Vorgaben auch eine Ausweitung der Förder- und Unterstützungsinstrumente (Zuschüsse, Förderdarlehen, Ausbildungsprogramme für Architekten, Informationskampagnen etc.) erfordert um die Maßnahmen nicht nur aus gesellschaftlicher Sicht (Erreichung von Klimaschutzziele, Schaffung von Arbeitsplätzen, Entwicklung des Technologiestandorts Deutschland, verringerte Abhängigkeit von Energieimporten etc.) sondern auch für den einzelnen Hausbesitzer bzw. Investor gangbar und sinnvoll zu machen. Dabei sind im privaten Kosten/Nutzen Verhältnis allerdings nicht nur Investitionskosten und eingesparte Energiekosten sondern auch weitere Faktoren wie z.B. Wertsteigerung der Immobilie, Vermeidung von Leerstand, Verbesserung von Komfort und Wohnqualität zu berücksichtigen.

### 1.13 Weiterer Forschungsbedarf

Weiterer Forschungsbedarf besteht aus unserer Sicht vor allem bei folgenden Punkten:

- Aufgrund der langen Sanierungszyklen im Gebäudesektor von 30-40 Jahren, stellen die Ziele für das Jahr 2050 schon heute Anforderungen an die aktuelle Weiterentwicklung von Politikinstrumenten. Um hier die Weichen richtig zu stellen und auch Ziele für 2020 richtig zu integrieren, sollten verschiedene Szenarien für den Zeitraum 2010 bis 2050 in einem Zielerreichungs-Szenario untersucht werden. Fragestellungen ergeben sich hier zum Beispiel zum bestmöglichen Zusammenspiel aus Sanierungsgeschwindigkeit und Ambitionslevel (z.B. hohe Sanierungsraten und mittleres Ambitionslevel versus geringere Sanierungsraten bei sehr hohem Ambitionslevel). Weiterhin sollten auch z.B. unterschiedliche Gewichtungen im Zusammenspiel zwischen Energieeffizienz und erneuerbare Energien betrachtet werden. Diese Überlegungen sollten in die Entwicklung eines konkreten Sanierungsfahrplans münden.
- Die im Rahmen des Energiekonzepts der Bundesregierung diskutierten Ersatzneubauten (Abriss mit anschließendem Neubau als Alternative zur energetischen Sanierung) stellen ebenfalls ein Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparpotential dar, das mit ganzheitlicher Sichtweise, unter Berücksichtigung aller relevanter technischer, stadtplanerischer, rechtlicher und sozialer Gesichtspunkte untersucht werden sollte.
- Zu einem optimierten Szenario bis 2050 stellt sich dann auch die Frage, wie rechtliche Vorgaben sowie Förder- und Unterstützungsinstrumente im Detail gestaltet werden sollten, um das 2020 Ziel (-40%) im Gebäudebestand zu erreichen und gleichzeitig die Erreichbarkeit der 2050 Ziele (-80%) nicht zu gefährden? Wie wirkt sich dabei ein möglicherweise notwendiger überproportionaler Beitrag des Gebäudebereichs im Jahr 2050 von z.B. 90%-95% statt der 80% aus?
  -
- Die Wirtschaftlichkeit von Maßnahmen kann sinnvoll nur aus dem Vergleich verschiedener Optionen abgeleitet werden. Hier bietet sich an, alternative Szenarien (siehe Punkt1) zu entwickeln und deren Wirtschaftlichkeit im Vergleich mit dem in dieser Studie entwickelten Referenzszenario zu berechnen.
  -
- Die Europäische Gebäuderichtlinie enthält bereits Vorgaben zum Nahe-Null-Energie Standards für neue Gebäude ab 2021 (öffentliche Gebäude ab 2019). Zur Erreichung der Klimaschutzziele in 2050 muss unter Berücksichtigung der Länge der Sanierungszyklen (ca. 30-40 Jahre) im Grunde ab heute, spätestens aber ab 2020 die Sanierung von Gebäuden zu Nahe-Null-Energie Gebäuden erfolgen. Die Frage ist, wie ein solcher Standard (unter Berücksichtigung technischer, wirtschaftlicher, rechtlicher etc. Aspekte) im Sanierungsbereich definiert

werden kann. Dabei ist zu berücksichtigen, dass bereits bisher oder in Zukunft getätigte Teilsanierungen (z.B. Austausch der Fenster und des Heizungssystems ohne weitere Maßnahmen) den Referenzfall für die Berechnungen zur Energieeinsparung und Wirtschaftlichkeit verschieben und hier jeweils die Potentiale einschränken. An dieser Stelle sei auf die jüngst veröffentlichte IWU-Studie „Datenbasis Gebäudebestand“ verwiesen. Zudem können durch Teilsanierungen auch Lock-in-Effekte entstehen, die für eine weitere Sanierung (insbesondere wenn Sie vor Ablauf eines normalen Sanierungszyklus von ca. 30-40 Jahren geschieht) nicht alle Spielräume offen lassen. Diese Unterschiede gegenüber der energetischen Verbesserung eines vollständig unsanierten Gebäudes sind bei Überlegungen zu zukünftigen Sanierungsstandards zu berücksichtigen.

- Bei steigenden Effizienzstandards und sinkendem Primärenergiebedarf für die Bereitstellung von Heizung, Kühlung und Warmwasser steigt der Anteil des Stromverbrauchs für Beleuchtung (in der EnEV enthalten) und für Haushalts/Bürogeräte (nicht Gegenstand der EnEV). Hier kann der Frage nachgegangen werden, inwieweit bestehende Vorgaben aus dem Produktbereich (z.B. ausgehend von der Ecodesign-Richtlinie) ausreichen, oder eine Einbeziehung dieser Energieanwendungen in die Gebäudevorgaben sinnvoll sein kann.
- Weiterhin sollte die Wirkung monetärer Anreize wie beispielsweise der KfW Kredit-Förderung oder fiskalischer Instrumente wie Steuererleichterungen für Sanierungsmaßnahmen unter aktuellen und zukünftigen Rahmenbedingungen untersucht werden. Zur gezielten Unterstützung des politischen Entscheidungsprozesses sollte eine solche Untersuchung auch konkrete Fragestellungen wie z.B. „Wieviel Förderung wäre notwendig, um ein Einsparziel von X Mt CO<sub>2</sub> zu erreichen?“ oder „Welchen Effekt hätte eine Umsatzsteuerbefreiung (oder Absenkung) von Komponenten zur Sanierung?“ bearbeiten.

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Verlauf der historischen Endenergieverbräuche für Raumwärme, Warmwasser und Beleuchtung in den Sektoren Private Haushalte, GHD und Verkehr. Quelle: BMWi Energiedaten, Stand 07.09.2010. ....	30
Abbildung 2: CO <sub>2</sub> -Emissionen berechnet auf Basis von BMWi-Energiedaten im Vergleich zu Szenarien aus den untersuchten Studien .....	31
Abbildung 3: Historische Entwicklung der Heizgradtage für den Standort Würzburg (Heizgrenztemperatur 12°C). Quelle: IWU 2010.....	33
Abbildung 4: Zeitlich Abfolge der Maßnahmen zur Minderung der CO <sub>2</sub> -Emissionen im Gebäudebereich von `90 bis `10. Quelle: [Mure II database]. ....	41
Abbildung 5: Funktionsweise des BEAM <sup>2</sup> -Modells.....	46
Abbildung 6: Kumulierte Entwicklung der beheizten Wohn- und Nutzflächen von 1990 bis 2020 in Deutschland nach Gebäudetypen. Quelle: Destatis Fachserie 5 Reihe 3, eigene Berechnungen. Randbedingungen: Sanierungsrate 1,4%, Klimadaten DWD 2010. ....	63
Abbildung 7: Kumulierte Entwicklung der beheizten Wohn- und Nutzflächen von 1990 bis 2020 in Deutschland nach Baualtersklassen. Quelle: Destatis Fachserie 5 Reihe 3, eigene Berechnungen. Randbedingungen: Sanierungsrate 1,4%, Klimadaten DWD 2010. ....	64
Abbildung 8: Entwicklung der kumulierten Heizwärmebedarfs für beheizten Wohn- und Nutzflächen von 2010 bis 2020 in Deutschland nach Gebäudetypen. Randbedingungen: Sanierungsrate 1,4%, Klimadaten DWD 2010. ....	65
Abbildung 9: Entwicklung der kumulierten Heizwärmebedarfs für beheizten Wohn- und Nutzflächen von 2010 bis 2020 in Deutschland nach Baualtersklassen. Randbedingungen: Sanierungsrate 1,4%, Klimadaten DWD 2010. ....	66
Abbildung 10: Entwicklung der kumulierten Endenergieverbrauchs für beheizten Wohn- und Nutzflächen von 2010 bis 2020 in Deutschland nach Gebäudetypen. Quelle: BMWi Energiestatistik, Stand 07.09.2010, eigene Berechnungen. Randbedingungen: Sanierungsrate 1,4%, Klimadaten DWD 2010. ....	67
Abbildung 11: Entwicklung der kumulierten Endenergieverbrauchs für beheizten Wohn- und Nutzflächen von 2010 bis 2020 in Deutschland nach Baualtersklassen. Quelle: BMWi Energiestatistik, Stand 07.09.2010, eigene Berechnungen. Randbedingungen: Sanierungsrate 1,4%, Klimadaten DWD 2010.....	68
Abbildung 12: Entwicklung des Primärenergieverbrauchs für beheizten Wohn- und Nutzflächen von 2010 bis 2020 in Deutschland nach Gebäudetypen. Quelle: eigene Berechnungen. Randbedingungen: Sanierungsrate 1,4%, Klimadaten DWD 2010. ....	68
Abbildung 13: Entwicklung der CO <sub>2</sub> -Emissionen für beheizten Wohn- und Nutzflächen von 1990 bis 2020 in Deutschland nach Gebäudetypen. Emissionen für Heizwärme, Warmwasser und betriebsnotwendige Elektrizität. Quelle: BMWi Energiestatistik, Stand 07.09.2010, eigene Berechnungen. Randbedingungen: Sanierungsrate 1,4%, Klimadaten DWD 2010.....	70
Abbildung 14: Entwicklung der CO <sub>2</sub> -Emissionen für beheizten Wohn- und Nutzflächen von 2010 bis 2020 in Deutschland nach Baualtersklassen. Emissionen für Heizwärme, Warmwasser und betriebsnotwendige Elektrizität. Quelle: BMWi Energiestatistik, Stand 07.09.2010, eigene Berechnungen. Randbedingungen: Sanierungsrate 1,4%, Klimadaten DWD 2010.....	71
Abbildung 15: Endenergieverbräuche in Abhängigkeit verschiedener Sanierungsraten.....	73
Abbildung 16: CO <sub>2</sub> -Emissionen in Abhängigkeit verschiedener Sanierungsraten. ....	74
Abbildung 17: Endenergieverbräuche in Abhängigkeit unterschiedlicher Klimaentwicklung.....	75
Abbildung 18: CO <sub>2</sub> -Emissionen in Abhängigkeit unterschiedlicher Klimaentwicklung. ....	75
Abbildung 19: Einfluss konstanter Flächen bis 2020 (Neubau=Abriss) auf die Endenergie.....	76
Abbildung 20: Einfluss konstanter Flächen bis 2020 (Neubau=Abriss) auf die CO <sub>2</sub> -Emissionen. .	77

Abbildung 21: Entwicklung der Energiekosten für beheizten Wohn- und Nutzflächen von 2010 bis 2020 in Deutschland nach Gebäudetypen für Heizwärme, Warmwasser und betriebsnotwendige Elektrizität . Randbedingungen: Sanierungsrate 1,4%, Klimadaten DWD 2010.....	78
Abbildung 22: Entwicklung der Energiekosten für beheizten Wohn- und Nutzflächen von 2010 bis 2020 in Deutschland nach Baualtersklassen für Heizwärme, Warmwasser und betriebsnotwendige Elektrizität . Randbedingungen: Sanierungsrate 1,4%, Klimadaten DWD 2010.....	79
Abbildung 23: CO <sub>2</sub> -Emissionen im Referenzszenario, Zeitraum 1990-2020.....	81
Abbildung 24: CO <sub>2</sub> -Emissionen im Referenzszenario, Zeitraum 2010-2020.....	81
Abbildung 25: Verschiedene Pfade bis 2050 (Schematische Darstellung, indikativ).....	85

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht Minderungspotentiale für den Betrachtungszeitraum 1990-2010 für das Erneuerbare Energien (EE) Szenario.....	16
Tabelle 2: Übersicht Minderungspotentiale für den Betrachtungszeitraum 1990-2010 für das <i>mit-Maßnahmen</i> und <i>mit-weiteren Maßnahmen</i> Szenario.....	17
Tabelle 3: Übersicht Minderungspotentiale für den Betrachtungszeitraum 1990-2010 für das <i>mit-Maßnahmen</i> und <i>Strukturwandel</i> Szenario.....	17
Tabelle 4: Übersicht Minderungspotentiale für den Betrachtungszeitraum 2002-2010 für die Referenzprognose und die Ölpreisvariante.....	19
Tabelle 5: Übersicht Minderungspotentiale für den Betrachtungszeitraum 1990-2010 für das Trendszenario.....	22
Tabelle 6: Übersicht CO <sub>2</sub> Minderungspotentiale und Endenergiebedarf für den Wohngebäudebereich für den Betrachtungszeitraum 2005-2020. (Im Vergleich zum Ist-Zustand in 2005: 191 Mio. t CO <sub>2</sub> /a und 690 TWh/a Endenergiebedarf.....	23
Tabelle 7: Übersicht CO <sub>2</sub> Minderungspotentiale und Endenergiebedarfe für den Gebäudebereich für den Betrachtungszeitraum 1995-2020 für das Leitszenario 2008.....	24
Tabelle 8: Übersicht CO <sub>2</sub> Minderungspotentiale und Endenergiebedarfe für den Gebäudebereich für den Betrachtungszeitraum 2005-2020 für das Leitszenario 2008.....	24
Tabelle 9: Übersicht CO <sub>2</sub> Minderungspotentiale und Endenergiebedarfe für den Gebäudebereich für den Betrachtungszeitraum 1995-2020 für das Leitszenario 2008.....	25
Tabelle 10: Übersicht Endenergiebedarfe für den Wohn- und Nichtwohngebäudebereich für den Betrachtungszeitraum 1995-2020 für die Szenarien.....	25
Tabelle 11: Übersicht Emissionen für den Wohngebäudebereich für den Betrachtungszeitraum 1995-2020.....	26
Tabelle 12: Übersicht Emissionen für den Gebäudebereich für den Betrachtungszeitraum 1995-2020.....	27
Tabelle 13: Übersicht Emissionen für den Wohngebäudebereich für den Betrachtungszeitraum 2000-2060.....	28
Tabelle 14: Übersicht Emissionen für den Wohngebäudebereich für den Betrachtungszeitraum 1990-2020.....	29
Tabelle 15: Endenergieverbrauch 1990. Quelle: BMWi Energiedaten.....	34
Tabelle 16: Energieträger-Mix in 1990. Quelle: Berechnet aus den BMWi Energiedaten.....	34
Tabelle 17: CO <sub>2</sub> -Emissionen 1990. Quelle: [Eigene Berechnungen aus BMWi Energiedaten]. ....	34
Tabelle 18: CO <sub>2</sub> -Emissionsfaktoren 1990. Quelle: [Umweltbundesamt].....	34
Tabelle 19: Entwicklung des Gebäudebestandes (Wohn- und Nichtwohngebäude) in Mio. m <sup>2</sup> . Quelle: [Kleemann 2000].....	35
Tabelle 20: Bestand an Wohngebäuden Ende 1995. Quelle: [Kleemann 2000].....	36
Tabelle 21: Bestandsveränderungen (in 1.000m <sup>2</sup> ) der Wohngebäude in den ABL (Gebäude mit 1 und 2 Wohnungen). Quelle: [Kleemann 2000].....	37
Tabelle 22: Bestandsveränderungen (in 1.000m <sup>2</sup> ) der Wohngebäude in den ABL (Gebäude mit 3 und mehr Wohnungen). Quelle: [Kleemann 2000].....	38
Tabelle 23: Gewerbeflächen nach Subsektoren. Quelle: [Kleemann 2003].....	39
Tabelle 24: Maßnahmenwirkungen im Jahr 2010 [Mt CO <sub>2</sub> /a].....	42
Tabelle 25: Wirkungen des CO <sub>2</sub> Gebäudesanierungsprogramms (KfW). Quelle: [IWU, BEE 2010].....	43

Tabelle 26: Baualtersklassen .....	48
Tabelle 27: Beheizte Flächen 2009 in Wohn- und Nichtwohngebäuden. ....	48
Tabelle 28: Verteilung der Heizungssysteme nach Baualtersklasse und Referenzgebäude. ....	49
Tabelle 29: Verteilung der Heizungssysteme nach Baualtersklasse und Referenzgebäude. ....	50
Tabelle 30: Qualitäten der Gebäudehülle. ....	51
Tabelle 31: Sanierungs- und Neubauraten. ....	55
Tabelle 32: Verteilung der Heizungssysteme für Sanierungen und Neubauten. ....	57
Tabelle 33: Emissions- und Primärenergiefaktoren. Quelle: DIN 4108-10, [Bettgenhäuser, K.; Offermann, M., et. al 2010], PE-Faktor Strom 2020: Annahme. ....	57
Tabelle 34: Aktuelle und zukünftige Gradtagzahlen.....	58
Tabelle 35: Energiepreisannahmen (2010).....	59
Tabelle 36: Endenergieverbräuche für Heizwärme.....	59
Tabelle 37: CO <sub>2</sub> -Emissionen im Jahr 2010.....	60
Tabelle 38: Veränderte Verteilung der Heizungssysteme zur Berücksichtigung der MAP- Maßnahmen in Neubauten. Angaben in Prozentpunkten. ....	72
Tabelle 39: Emissionsminderungspotentiale der Maßnahmenpakete (in kt CO <sub>2</sub> pro Jahr).....	72
Tabelle 40: Minderungspotentiale des Endenergieverbrauchs der Maßnahmenpakete (in GWh pro Jahr). ....	72
Tabelle 41: Historischer Endenergieverbrauch in Deutschland von 1990-2009 nach Sektoren und Anwendung.....	99
Tabelle 42: Entwicklung beheizter Wohn- und Nutzflächen bis 2020. Sanierungsrate 1,4%. ....	100
Tabelle 43: Entwicklung der Heizwärmebedarfe bis 2020. Sanierungsrate 1,4%, Gradtagzahlen für 2010.....	101
Tabelle 44: Entwicklung der Endenergie für Heizwärme bis 2020. Sanierungsrate 1,4%, Gradtagzahlen für 2010.....	102
Tabelle 45: Entwicklung der Endenergie für Warmwasser bis 2020. Sanierungsrate 1,4%, Gradtagzahlen für 2010.....	103
Tabelle 46: Entwicklung der Hilfsstrombedarfe bis 2020. Sanierungsrate 1,4%, Gradtagzahlen für 2010.....	104
Tabelle 47: Entwicklung der CO <sub>2</sub> -Emissionen bis 2020. Sanierungsrate 1,4%, Gradtagzahlen für 2010.....	105
Tabelle 48: Entwicklung der Primärenergieverbräuche für Heizwärme. Sanierungsrate 1,4%, Gradtagzahlen für 2010.....	106
Tabelle 49: Entwicklung der Primärenergieverbräuche für Warmwasser. Sanierungsrate 1,4%, Gradtagzahlen für 2010.....	107
Tabelle 50: Entwicklung der Primärenergieverbräuche für Hilfsstrom. Sanierungsrate 1,4%, Gradtagzahlen für 2010.....	108





## Literaturverzeichnis

AEE 2010. Ergebnisse der tns emnid-Umfrage unter 500 Bauunternehmen, Planungs- und Architekturbüros. Agentur für Erneuerbare Energien e.V. Januar 2010.

AGEB (2009). Energiebilanz der Bundesrepublik, AG Energiebilanzen e.V.

Altgeld, H., Dürnhöfer, A., et al. (2008). Energie 2020 für St. Ingbert - Endbericht (Kapitel 2). Institut für ZukunftsEnergieSysteme (IZES). Available: [http://www.sw-igb.de/pk/service/pdf/energiestudie\\_kapitel2\\_igb2020.pdf](http://www.sw-igb.de/pk/service/pdf/energiestudie_kapitel2_igb2020.pdf)

BBSR (2010). Auszug aus „Evaluierung des Energieeinsparprogramms Bundesliegenschaften“, 9. Teilbericht. Berlin, November.

Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt (BSU) (2010). Hamburger Gebäudetypologie: Verbrauchswerte und Einsparpotentiale.:<http://klima.hamburg.de/energiediagnose/1998140/gebauedetypologie.html>.

Bettgenhäuser, K., Boermans, T., et al. (2009). Sectoral Emission Reduction Potentials and Economic Costs for Climate Change (SERPEC-CC) - Residential buildings and service sector.

Bettgenhäuser, K., Boermans, T., et al. (2010). Umweltwirkungen von Heizungssystemen in Deutschland. Bericht für das Umweltbundesamt, noch nicht veröffentlicht.

Bettgenhäuser, K., Offermann, M. et. al (2010). Reduzierung des Energieverbrauchs zur Gebäudekühlung. Bericht für das Umweltbundesamt, noch nicht veröffentlicht.

BMU, BMWi (2007). Bericht zur Umsetzung der in der Kabinettsklausur am 23./24.08. 2007 in Meseberg beschlossenen Eckpunkte für ein Integriertes Energie- und Klimaprogramm. Bundesministerium für Umwelt Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Available: <http://www.bmwi.de/Dateien/BMWi/PDF/gesamtbericht-iekp,property=pdf,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.pdf>

BMWi (2007). Eckpunkte für ein integriertes Energie- und Klimaprogramm. Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie. Available: <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/E/eckpunkt-fuer-ein-integriertes-energie-und-klimaprogramm,property=pdf,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.pdf>

BMWi, BMU (2010) Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung , Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Bundesministerium für Umwelt Naturschutz und Reaktorsicherheit.

Born, R., Diefenbach, N., et al. (2003). Energieeinsparung durch Verbesserung des Wärmeschutzes und Modernisierung der Heizungsanlage für 31 Musterhäuser der Gebäudetypologie (Hessen). Institut Wohnen und Umwelt. Available:  
[http://www.iwu.de/fileadmin/user\\_upload/dateien/energie/klima\\_altbau/GebTyp\\_Impulsprogramm\\_Hessen\\_22\\_01\\_2003.pdf](http://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/klima_altbau/GebTyp_Impulsprogramm_Hessen_22_01_2003.pdf)

Brockmann, M., Siepe, B. (2009). „Es gibt noch viel zu tun“, Repräsentative Stichprobenerhebung zu nachträglich durchgeführten Energiesparmaßnahmen im Wohngebäudebestand von Hannover - Auswertung - Institut für Entwerfen und Konstruieren. KfW-Bankengruppe. Available: [http://www.cci-promotor.de/content/webdoc2287/energiesparmassnahmen\\_bei\\_wohngebaeuden.pdf](http://www.cci-promotor.de/content/webdoc2287/energiesparmassnahmen_bei_wohngebaeuden.pdf)

Burkat, A. (2008). Gebäudetypologie der Stadt Bochum. Architekturbüro Burkat. U.-u. G. Stadt Bochum. Available:  
[http://www.bochum.de/C12571A3001D56CE/vwContentByKey/W27PZDAP557BOLDDE/\\$FILE/Geb%C3%A4udetypologie.pdf](http://www.bochum.de/C12571A3001D56CE/vwContentByKey/W27PZDAP557BOLDDE/$FILE/Geb%C3%A4udetypologie.pdf)

Clausnitzer, K.-D., Fette, M., et al. (2010). Effekte der Förderfälle des Jahres 2009 des CO<sub>2</sub>-Gebäudesanierungsprogramms und des Programms „Energieeffizient Sanieren“. Bremer Energie Institut, Institut Wohnen und Umwelt - Darmstadt, Institut für Statistik der Universität Bremen. KfW-Bankengruppe. Available:  
[http://www.kfw.de/DE\\_Home/Research/Evaluationen/PDF-Dokumente\\_Evaluationen/Evaluierung\\_CO2-Gebaeudesanierung\\_und\\_Energieeffizient\\_Sanieren\\_2009.pdf](http://www.kfw.de/DE_Home/Research/Evaluationen/PDF-Dokumente_Evaluationen/Evaluierung_CO2-Gebaeudesanierung_und_Energieeffizient_Sanieren_2009.pdf)

Clausnitzer, K.-D., Gabriel, J., et al. (2007). Effekte des KfW-CO<sub>2</sub>-Gebäudesanierungsprogramms 2005 und 2006 (Ermittlung von Effekten des KfW-CO<sub>2</sub>-Gebäudesanierungsprogramms, Entwicklung der Methodik und Ergebnisse der Berichtsperioden 2005 und 2006). Bremer Energie Institut, Institut Wohnen und Umwelt - Darmstadt, Institut für Statistik der Universität Bremen. KfW-Bankengruppe. Available:  
[http://www.kfw.de/DE\\_Home/Research/Evaluationen/PDF-Dokumente\\_Evaluationen/effekte\\_des\\_kfw-co2-gebaeudesanierungsprogramms\\_2005\\_und\\_2006.pdf](http://www.kfw.de/DE_Home/Research/Evaluationen/PDF-Dokumente_Evaluationen/effekte_des_kfw-co2-gebaeudesanierungsprogramms_2005_und_2006.pdf)

Clausnitzer, K.-D., Gabriel, J., et al. (2009). Effekte des CO<sub>2</sub>-Gebäudesanierungsprogramms 2008 Bremer Energie Institut, Institut Wohnen und Umwelt - Darmstadt, Institut für Statistik der Universität Bremen. KfW-Bankengruppe. Available:  
[http://www.kfw.de/DE\\_Home/Research/Evaluationen/PDF-Dokumente\\_Evaluationen/Gutachten\\_Effekte\\_des\\_CO2-Gebaeudesanierungsprogramms\\_2008\\_2.pdf](http://www.kfw.de/DE_Home/Research/Evaluationen/PDF-Dokumente_Evaluationen/Gutachten_Effekte_des_CO2-Gebaeudesanierungsprogramms_2008_2.pdf)

Clausnitzer, K.-D., Gabriel, J., et al. (2008). Effekte des CO<sub>2</sub>-Gebäudesanierungsprogramms 2007. Bremer Energie Institut, Institut Wohnen und Umwelt - Darmstadt, Institut für Statistik der Universität Bremen. KfW-

Bankengruppe. Available:

[http://www.kfw.de/DE\\_Home/Research/Evaluationen/PDF-Dokumente\\_Evaluationen/Studie\\_Effekte\\_KfW\\_CO2\\_Sanierungsprogramm2007.pdf](http://www.kfw.de/DE_Home/Research/Evaluationen/PDF-Dokumente_Evaluationen/Studie_Effekte_KfW_CO2_Sanierungsprogramm2007.pdf)

DESTATIS (2010). Bautätigkeit - Fachserie 5 Reihe 1 - 1999-2009. Federal Statistical Office. Available: [https://www-ec.destatis.de/csp/shop/sfg/bpm.html.cms.cBroker.cls?CSPCHD=00c0000100004jgvrjCC000000JnHIVSO5o\\_zQTm6fdIDKYg--&cmspath=struktur,AeltereTitel.csp&ID=1024327](https://www-ec.destatis.de/csp/shop/sfg/bpm.html.cms.cBroker.cls?CSPCHD=00c0000100004jgvrjCC000000JnHIVSO5o_zQTm6fdIDKYg--&cmspath=struktur,AeltereTitel.csp&ID=1024327)

Diefenbach, N., Born, R. (2003). Deutschen Gebäudetypologie: Systematik und Datensätze. Institut Wohnen und Umwelt. Available: [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)

Diefenbach, N., Born, R. (2007). Basisdaten für Hochrechnungen mit der Deutschen Gebäudetypologie des IWU. Institut Wohnen und Umwelt. Available: [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)

Diefenbach, N, Clausnitzer, K.-D., et al. (2010). Datenbasis Gebäudebestand, Institut Wohnen und Umwelt und Bremer Energie Institut 2010.

Discher, H. (2010). Energieeffizientes Bauen und Sanieren - Chancen und Aufgaben. Deutsche Energie-Agentur (dena),

Doll, C., Eichhammer, W., et al. (2008). Wirtschaftliche Bewertung von Maßnahmen des integrierten Energie- und Klimaprogramms (IEKP). Umweltbundesamt. Available: <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3517.pdf>

DWD (2010). Forschungsvorhaben zur Entwicklung neuer TRY, Im Auftrag des BBSR 2010.

Friedrich, M., Becker, D., et al. (2008). CO<sub>2</sub> Gebäudereport 2007. co2online gemeinnützige GmbH, Fraunhofer-Institut für Bauphysik. Bundesministerium für Verkehr Bau und Stadtentwicklung (Federal Ministry of Transport Building and Urban Development). Available: [http://www.bmvbs.de/Anlage/original\\_1033497/CO2-Gebaeudereport.pdf](http://www.bmvbs.de/Anlage/original_1033497/CO2-Gebaeudereport.pdf)

IFO (1999). Der Gebäudebestand in Europa: Deutschland, Frankreich, Großbritannien, Italien, Spanien - "Europarc" Gemeinschaftsstudie der EUROCONSTRUCT Partnerinstitute in den fünf großen westeuropäischen Ländern. EUROCONSTRUCT.

IWU, Bremer Energieinstitut (2010): Effekte der Förderfälle des Jahres 2009 des CO<sub>2</sub>-Gebäudesanierungsprogramms und des Programms „Energieeffizient Sanieren“.

KfW (2009). Energieeffizientes Bauen & Sanieren (KfW-Infodienst Ausgabe Mai 2009). Energieeffizientes Bauen & Sanieren (KfW-Infodienst Ausgabe Mai 2009) KfW Bankengruppe.

KfW (2010). Förderreport der KfW-Bankengruppe, Stand 31.03.2010.

Kirchner, A., Matthes, F.C. (2009). Modell Deutschland Klimaschutz bis 2050. Prognos AG, Öko-Institut e.V. Available: [http://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/pdf\\_neu/WWF\\_Modell\\_Deutschland\\_Teil1.pdf](http://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/pdf_neu/WWF_Modell_Deutschland_Teil1.pdf)

Kleemann, M., Hansen, P. (2005). Evaluierung der CO<sub>2</sub>-Minderungsmaßnahmen im Gebäudebereich. Forschungszentrum.

Kleemann, M., Heckler, R., et al. (2000a). Die Entwicklung des Energiebedarfs zur Wärmebereitstellung in Gebäuden (Ergebnisse). Bremer Energie Institut. Available: [http://www.bremer-energie-institut.de/download/waerm2\\_1.pdf](http://www.bremer-energie-institut.de/download/waerm2_1.pdf)

Kleemann, M., Heckler, R., et al. (2000b). Die Entwicklung des Energiebedarfs zur Wärmebereitstellung in Gebäuden (Materialien). Bremer Energie Institut. Available: [http://www.bremer-energie-institut.de/download/waerm2\\_2.pdf](http://www.bremer-energie-institut.de/download/waerm2_2.pdf)

Kleißmann, C. (2008). Kurzgutachten: Erreicht das integrierte Klima- und Energiepaket der Bundesregierung die Gesetzten Einsparziele?. Available: <http://www.ecofys.com/de/veroeffentlichungen/documents/234683.ikepgutachten.pdf>

Kohler, N., Hassler, U., et al. (1999). Stoffströme und -kosten in den Bereichen Bauen und Wohnen, Springer.

Lindenberger, D., Bartels, M., et al. (2006). Auswirkungen höherer Ölpreise auf Energieangebot und -nachfrage: Ölpreisvariante der Energiewirtschaftlichen Referenzprognose 2030 - Langfassung. EWI/PROGNOS.

Mantzou, L., Capros, P., et al. (2007). European Energy And Transport Trends to 2030 — Update 2007. European Commission. Available: [http://ec.europa.eu/dgs/energy\\_transport/figures/trends\\_2030\\_update\\_2007/energy\\_transport\\_trends\\_2030\\_update\\_2007\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/dgs/energy_transport/figures/trends_2030_update_2007/energy_transport_trends_2030_update_2007_en.pdf)

Markewitz, P., Stein, G. (2003). Das IKARUS-Projekt: Energietechnische Perspektiven für Deutschland. Forschungszentrum Jülich. Available: [http://juwel.fz-juelich.de:8080/dspace/bitstream/2128/348/1/Umwelt\\_39.pdf](http://juwel.fz-juelich.de:8080/dspace/bitstream/2128/348/1/Umwelt_39.pdf)

Matthes, F.C., Gores, S., et al. (2008). Politiksznarien für den Klimaschutz IV - Szenarien bis 2030. Öko-Institut, Forschungszentrum Jülich, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW Berlin), Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (FhG-ISI).

Matthes, F.C., Gores, S., et al. (2009). Politiksznarien für den Klimaschutz V – auf dem Weg zum Strukturwandel – Treibhausgas-Emissionsszenarien bis zum

Jahr 2030. Umweltbundesamt. Available:  
<http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3764.pdf>

Nast, M. (2009). Evaluierung von Einzelmaßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien (Marktanreizprogramm) im Zeitraum Januar 2007 bis Dezember 2008. Stuttgart 2009.

Nitsch, J. (2008). Weiterentwicklung der „Ausbaustrategie Erneuerbare Energien“ vor dem Hintergrund der aktuellen Klimaschutzziele Deutschlands und Europas. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit – BMU. Available:  
<http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/leitstudie2008.pdf>

Nitsch, J., Wenzel, B. (2009). Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland unter Berücksichtigung der europäischen und globalen Entwicklung. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt - DLR, Ingenieurbüro für neue Energien - IfnE, Bundesministerium für Umwelt. Available:  
[http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/leitszenario2009\\_bf.pdf](http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/leitszenario2009_bf.pdf)

Schlesinger, M., Hofer, P., et al. (2007). Energieszenarien für den Energiegipfel 2007 - Endbericht. EW/PROGNOS.

Schlomann, B., Gruber, E., et al. (2004). Energieverbrauch der privaten Haushalte und des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen - GHD. Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit. Available: [http://www.strompreisrunter.de/files\\_db/dl\\_mg\\_1085728249.pdf](http://www.strompreisrunter.de/files_db/dl_mg_1085728249.pdf)

Schlomann, B., Gruber, E., et al. (2009). Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) für die Jahre 2004 bis 2006 - Abschlussbericht an das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) und an das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik (IfE), Technische Universität München GfK Marketing Services GmbH & Co. KG for I. ISI, GfK.

Schulz, W., Bartels, M., et al. (2005). Energiereport IV: Die Entwicklung der Energiemärkte bis zum Jahr 2030 - Energiewirtschaftliche Referenzprognose (Kurzfassung). EW/Prognos. Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit. Available:  
[http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/Dokumentationen/ewi-prognos\\_E2\\_80\\_93studie-entwicklung-der-energiemaerkte-545,property=pdf,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.pdf](http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/Dokumentationen/ewi-prognos_E2_80_93studie-entwicklung-der-energiemaerkte-545,property=pdf,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.pdf)

Spekat, A., Kreienkamp, F., et al. (2009a). Erstellung neuer Datensätze zu den Testreferenzjahren in Deutschland - Zwischenbericht 1, Datensituation. Offenbach / Main. Climate & Environment Consulting Potsdam (Unpublished)

Spekat, A., Kreienkamp, F., et al. (2009b). Erstellung neuer Datensätze zu den Testreferenzjahren in Deutschland - Zwischenbericht 2, Dokumentation der Varianten für das mittlere TRJ. Offenbach / Main. Climate & Environment Consulting Potsdam (Unpublished)

Spekat, A., Kreienkamp, F., et al. (2009c). Erstellung neuer Datensätze zu den Testreferenzjahren in Deutschland - Zwischenbericht 3, Extreme TRJ. Offenbach / Main. Climate & Environment Consulting Potsdam (Unpublished)

Spekat, A., Kreienkamp, F., et al. (2010). Erstellung neuer Datensätze zu den Testreferenzjahren in Deutschland - Teilbericht 4, Städte in den TRJ. Offenbach / Main. Climate & Environment Consulting Potsdam (Unpublished)

Strogies, M., Gniffke, P. (2010). Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen 2010 - Nationaler Inventarbericht Zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 - 2008. Umweltbundesamt. Available: [http://cdr.eionet.europa.eu/de/eu/ghgmm/envs08l9q/DE\\_NIR\\_2010\\_EU\\_Submission\\_de.pdf](http://cdr.eionet.europa.eu/de/eu/ghgmm/envs08l9q/DE_NIR_2010_EU_Submission_de.pdf)

Trautmann, A., Barzantny, K., et al. (2007). Bewertung und Vergleich mit dem Greenpeace Energiekonzept „Plan B“: Das integrierte Energie- und Klimaprogramm der Bundesregierung (Meseberger - Beschlüsse). EUtech, Energie & Management, G. D. e.V. Available: [http://www.greenpeace.de/fileadmin/gpd/user\\_upload/themen/klima/Halbzeit\\_Kurzbewertung\\_IKEP.pdf](http://www.greenpeace.de/fileadmin/gpd/user_upload/themen/klima/Halbzeit_Kurzbewertung_IKEP.pdf)

UBA (2010). Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix 1990-2008 und erste Schätzung 2009. FG I 2.5., Stand: März 2010.

Uihlein, A., Eder, P. (2009a). Towards additional policies to improve the environmental performance of buildings. J. IPTS.

Uihlein, A., Eder, P. (2009b). Towards additional policies to improve the environmental performance of buildings. Part II: Quantitative assessment.

## Tabellenanhang zu Kapitel 1

Tabelle 41: Historischer Endenergieverbrauch in Deutschland von 1990-2009 nach Sektoren und Anwendung.

### Endenergieverbrauch in Deutschland

Eigene Berechnung nach BMWi Energiestatistik, Stand 07.09.2010.

TWh	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
<b>Raumwärme</b>	<b>892,7</b>	<b>907,5</b>	<b>865,3</b>	<b>895,2</b>	<b>873,5</b>	<b>899,1</b>	<b>971,4</b>	<b>928,8</b>	<b>897,4</b>	<b>839,2</b>	<b>815,8</b>	<b>863,6</b>	<b>818,4</b>	<b>814,0</b>	<b>779,1</b>	<b>757,3</b>	<b>751,3</b>	<b>651,7</b>	<b>723,1</b>	<b>701,5</b>
RW Industrie	113,4	100,2	92,9	86,0	84,9	83,0	79,2	77,5	73,9	71,4	70,3	66,5	63,2	66,9	65,6	63,9	61,4	60,2	57,3	51,3
RW Verkehr	2,9	3,0	3,1	3,2	3,2	3,2	3,3	3,3	3,4	3,5	3,4	3,4	3,3	3,3	3,3	3,2	3,3	3,3	3,2	3,2
RW Haushalte	520,3	549,3	531,9	571,4	558,5	579,7	631,1	617,9	597,1	555,9	545,2	590,1	557,3	564,9	536,3	522,7	524,2	447,4	<b>506,7</b>	494,5
RW GHD	256,0	255,0	237,5	234,6	226,8	233,1	257,9	230,1	223,0	208,4	196,9	203,6	194,6	178,9	174,0	167,4	162,4	140,9	<b>155,9</b>	152,5
<b>WW</b>	<b>122,4</b>	<b>125,9</b>	<b>120,2</b>	<b>125,0</b>	<b>122,0</b>	<b>126,2</b>	<b>137,8</b>	<b>133,5</b>	<b>131,7</b>	<b>125,5</b>	<b>124,2</b>	<b>134,7</b>	<b>130,4</b>	<b>131,5</b>	<b>128,7</b>	<b>127,8</b>	<b>129,6</b>	<b>114,6</b>	<b>127,7</b>	<b>124,1</b>
Industrie	5,0	4,6	4,6	4,5	4,7	4,9	4,9	5,1	5,1	5,2	5,5	5,5	5,5	6,2	6,4	6,7	6,8	7,1	6,7	6,0
Verkehr	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Private HH	70,8	74,8	72,4	77,8	76,0	78,9	85,9	85,8	84,5	80,2	80,2	88,5	85,3	88,1	85,3	84,7	86,6	75,4	85,3	83,3
GHD	46,6	46,4	43,2	42,7	41,3	42,5	47,0	42,6	42,0	40,0	38,5	40,6	39,6	37,2	37,0	36,4	36,2	32,2	35,6	34,8
<b>Beleuchtung</b>	<b>50,7</b>	<b>50,0</b>	<b>47,6</b>	<b>47,6</b>	<b>46,7</b>	<b>47,9</b>	<b>51,2</b>	<b>50,4</b>	<b>51,3</b>	<b>51,0</b>	<b>51,6</b>	<b>55,4</b>	<b>55,6</b>	<b>56,6</b>	<b>57,7</b>	<b>58,7</b>	<b>60,3</b>	<b>56,6</b>	<b>60,6</b>	<b>58,3</b>
Industrie	12,6	11,4	10,9	10,5	10,7	10,8	10,6	10,7	10,6	10,6	10,9	10,7	10,5	11,6	11,8	12,0	12,1	12,4	11,8	10,6
Verkehr	2,9	3,0	3,1	3,2	3,2	3,2	3,3	3,3	3,4	3,5	3,4	3,4	3,3	3,3	3,3	3,2	3,3	3,3	3,2	3,2
Private HH	9,0	9,5	9,2	9,9	9,7	10,0	10,9	11,1	11,1	10,7	10,8	12,1	11,8	12,4	12,1	12,2	12,6	11,1	12,6	12,3
GHD	26,2	26,1	24,3	24,0	23,2	23,8	26,4	25,3	26,2	26,2	26,5	29,3	29,9	29,3	30,4	31,2	32,3	29,9	33,0	32,3
<b>RW+WW</b>	<b>1.015,1</b>	<b>1.033,3</b>	<b>985,6</b>	<b>1.020,2</b>	<b>995,5</b>	<b>1.025,3</b>	<b>1.109,1</b>	<b>1.062,3</b>	<b>1.029,1</b>	<b>964,7</b>	<b>940,0</b>	<b>998,2</b>	<b>948,8</b>	<b>945,5</b>	<b>907,8</b>	<b>885,1</b>	<b>880,9</b>	<b>766,3</b>	<b>850,8</b>	<b>825,7</b>
<b>PJ</b>																				
Raumwärme	3.213,6	3.266,9	3.115,2	3.222,8	3.144,4	3.236,7	3.496,9	3.343,6	3.230,6	3.021,1	2.936,7	3.108,8	2.946,3	2.930,4	2.804,7	2.726,2	2.704,8	2.346,1	2.603,1	2.525,5
WW	440,7	453,1	432,8	450,0	439,3	454,4	496,0	480,5	474,1	451,8	447,2	484,7	469,4	473,4	463,3	460,0	466,5	412,5	459,6	446,9
Beleuchtung	182,5	180,1	171,2	171,2	168,1	172,4	184,2	181,4	184,6	183,6	185,9	199,6	200,1	203,6	207,6	211,3	217,0	203,8	218,3	210,1



## Tabellenanhang zu Kapitel 2

**Tabelle 42: Entwicklung beheizter Wohn- und Nutzflächen bis 2020. Sanierungsrate 1,4%.**

<b>Beheizte Nutzflächen</b>											
<b>Mio m<sup>2</sup></b>	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
bis 1948	1.384	1.380	1.375	1.371	1.366	1.361	1.357	1.352	1.348	1.343	1.339
1949-1978	1.817	1.811	1.805	1.800	1.794	1.788	1.782	1.777	1.771	1.765	1.769
1979-1994	1.220	1.220	1.220	1.220	1.220	1.220	1.220	1.220	1.220	1.220	1.220
1995-2009	819	819	819	819	819	819	819	819	819	819	819
ab 2009	37	74	111	148	186	224	262	300	338	377	415
<b>SUM</b>	<b>5.277</b>	<b>5.304</b>	<b>5.331</b>	<b>5.358</b>	<b>5.385</b>	<b>5.412</b>	<b>5.440</b>	<b>5.468</b>	<b>5.496</b>	<b>5.524</b>	<b>5.563</b>
<b>Mio m<sup>2</sup></b>	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
EFH	1.748	1.759	1.769	1.780	1.790	1.801	1.812	1.822	1.833	1.844	1.865
RH	269	271	273	274	276	277	279	281	282	284	286
MFH	1.072	1.079	1.085	1.092	1.098	1.105	1.111	1.118	1.125	1.131	1.138
GMH	285	287	289	290	292	294	296	298	299	301	303
Büro, Verw., Schule	706	708	711	713	716	719	721	724	726	729	731
Handel, Gewerbe	838	841	843	846	849	852	855	858	861	864	867
Krankenh.	227	227	228	229	230	231	231	232	233	234	235
Hotels	132	132	133	133	134	134	135	135	136	136	137
<b>SUM</b>	<b>5.277</b>	<b>5.304</b>	<b>5.331</b>	<b>5.358</b>	<b>5.385</b>	<b>5.412</b>	<b>5.440</b>	<b>5.468</b>	<b>5.496</b>	<b>5.524</b>	<b>5.563</b>



**Tabelle 43: Entwicklung der Heizwärmebedarfe bis 2020. Sanierungsrate 1,4%, Gradtagzahlen für 2010.**

<b>Heizwärmebedarf</b>											
<b>GWh</b>	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
bis 1948	191.545	188.641	185.723	182.790	179.842	176.879	173.984	171.261	168.556	165.851	163.217
1949-1978	259.714	253.756	247.768	241.750	235.701	229.666	223.788	217.888	211.957	206.054	202.860
1979-1994	89.683	89.683	89.683	89.683	89.683	89.683	89.683	89.683	89.683	89.683	89.683
1995-2009	48.128	48.128	48.128	48.128	48.128	48.128	48.128	48.128	48.128	48.128	48.128
ab 2010	2.364	4.741	7.130	9.530	11.943	14.369	16.806	19.256	21.719	24.194	26.682
<b>SUM</b>	<b>591.434</b>	<b>584.950</b>	<b>578.432</b>	<b>571.882</b>	<b>565.297</b>	<b>558.725</b>	<b>552.390</b>	<b>546.216</b>	<b>540.044</b>	<b>533.910</b>	<b>530.569</b>
<b>GWh</b>	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
EFH	289.361	285.412	281.444	277.455	273.445	269.416	265.365	261.295	257.203	253.148	251.784
RH	20.577	20.451	20.324	20.197	20.069	19.940	19.811	19.681	19.551	19.430	19.393
MFH	106.830	106.149	105.464	104.775	104.083	103.388	102.689	101.986	101.280	100.570	99.880
GMH	31.763	31.572	31.381	31.189	30.995	30.801	30.606	30.413	30.225	30.037	29.847
Büro, Verw., Schule	61.012	60.609	60.204	59.797	59.388	58.977	58.631	58.376	58.124	57.872	57.618
Handel, Gewerbe	62.978	62.034	61.085	60.130	59.171	58.244	57.492	56.817	56.138	55.456	54.771
Krankenh.	7.149	7.098	7.048	6.996	6.945	6.893	6.857	6.823	6.806	6.791	6.776
Hotels	11.765	11.625	11.484	11.342	11.200	11.066	10.938	10.825	10.717	10.607	10.502
<b>SUM</b>	<b>591.434</b>	<b>584.950</b>	<b>578.432</b>	<b>571.882</b>	<b>565.297</b>	<b>558.725</b>	<b>552.390</b>	<b>546.216</b>	<b>540.044</b>	<b>533.910</b>	<b>530.569</b>

**Tabelle 44: Entwicklung der Endenergie für Heizwärme bis 2020. Sanierungsrate 1,4%, Gradtagzahlen für 2010.**

<b>Endenergie Heizwärme</b>											
<b>GWh</b>	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
bis 1948	213.340	209.049	204.773	200.498	196.290	192.170	188.161	184.330	180.605	177.266	173.805
1949-1978	289.588	281.085	272.568	264.166	255.802	247.465	239.522	231.872	224.063	216.439	211.979
1979-1994	99.411	99.411	99.411	99.411	99.411	99.411	99.411	99.411	99.411	99.411	99.411
1995-2009	50.714	50.714	50.714	50.714	50.714	50.714	50.714	50.714	50.714	50.714	50.714
ab 2010	2.129	4.268	6.419	8.580	10.752	12.936	15.130	17.336	19.553	21.781	24.020
<b>SUM</b>	<b>655.182</b>	<b>644.526</b>	<b>633.885</b>	<b>623.369</b>	<b>612.969</b>	<b>602.696</b>	<b>592.937</b>	<b>583.663</b>	<b>574.345</b>	<b>565.611</b>	<b>559.929</b>
<b>GWh</b>	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
EFH	322.111	315.874	309.606	303.356	297.165	290.974	284.884	278.960	272.957	267.262	264.309
RH	22.918	22.633	22.346	22.061	21.780	21.501	21.226	20.956	20.700	20.465	20.306
MFH	118.127	116.772	115.410	114.069	112.747	111.423	110.116	108.898	107.690	106.524	105.384
GMH	35.404	35.097	34.789	34.479	34.168	33.857	33.544	33.233	32.926	32.619	32.311
Büro, Verw., Schule	66.931	66.214	65.511	64.834	64.170	63.517	62.964	62.508	62.061	61.615	61.327
Handel, Gewerbe	68.978	67.550	66.162	64.816	63.489	62.268	61.302	60.420	59.514	58.816	58.157
Krankenh.	7.819	7.709	7.599	7.498	7.398	7.300	7.224	7.162	7.118	7.076	7.029
Hotels	12.895	12.677	12.462	12.255	12.052	11.857	11.678	11.525	11.379	11.235	11.105
<b>SUM</b>	<b>655.182</b>	<b>644.526</b>	<b>633.885</b>	<b>623.369</b>	<b>612.969</b>	<b>602.696</b>	<b>592.937</b>	<b>583.663</b>	<b>574.345</b>	<b>565.611</b>	<b>559.929</b>

**Tabelle 45: Entwicklung der Endenergie für Warmwasser bis 2020. Sanierungsrate 1,4%, Gradtagzahlen für 2010.**

<b>Endenergie Warmwasser</b>												
<b>GWh</b>	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
bis 1948	17.496	17.348	17.199	17.049	16.899	16.749	16.603	16.460	16.326	16.206	16.098	
1949-1978	28.602	28.328	28.053	27.777	27.501	27.223	26.963	26.733	26.497	26.285	26.247	
1979-1994	14.047	14.047	14.047	14.047	14.047	14.047	14.047	14.047	14.047	14.047	14.047	
1995-2009	11.260	11.260	11.260	11.260	11.260	11.260	11.260	11.260	11.260	11.260	11.260	
ab 2010	411	825	1.241	1.658	2.078	2.500	2.925	3.351	3.779	4.210	4.643	
<b>SUM</b>	<b>71.817</b>	<b>71.808</b>	<b>71.798</b>	<b>71.791</b>	<b>71.784</b>	<b>71.780</b>	<b>71.797</b>	<b>71.851</b>	<b>71.909</b>	<b>72.008</b>	<b>72.294</b>	
<b>GWh</b>	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
EFH	33.860	33.857	33.854	33.850	33.847	33.843	33.853	33.878	33.904	33.959	34.174	
RH	5.227	5.226	5.225	5.223	5.222	5.221	5.221	5.221	5.226	5.233	5.250	
MFH	20.578	20.575	20.573	20.571	20.569	20.566	20.568	20.584	20.601	20.624	20.664	
GMH	5.529	5.536	5.543	5.550	5.557	5.565	5.572	5.579	5.588	5.596	5.606	
Büro, Verw., Schule	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Handel, Gewerbe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Krankenh.	4.188	4.182	4.177	4.172	4.168	4.166	4.165	4.169	4.170	4.173	4.175	
Hotels	2.435	2.431	2.427	2.424	2.421	2.419	2.418	2.419	2.420	2.422	2.425	
<b>SUM</b>	<b>71.817</b>	<b>71.808</b>	<b>71.798</b>	<b>71.791</b>	<b>71.784</b>	<b>71.780</b>	<b>71.797</b>	<b>71.851</b>	<b>71.909</b>	<b>72.008</b>	<b>72.294</b>	

**Tabelle 46: Entwicklung der Hilfsstrombedarfe bis 2020. Sanierungsrate 1,4%, Gradtagzahlen für 2010.**

<b>Hilfsstrombedarfe</b>												
<b>GWh</b>	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
bis 1948	14.878	14.807	14.737	14.666	14.594	14.523	14.450	14.378	14.305	14.233	14.161	
1949-1978	12.933	12.859	12.785	12.710	12.635	12.560	12.484	12.408	12.332	12.256	12.210	
1979-1994	13.591	13.591	13.591	13.591	13.591	13.591	13.591	13.591	13.591	13.591	13.591	
1995-2009	5.894	5.894	5.894	5.894	5.894	5.894	5.894	5.894	5.894	5.894	5.894	
ab 2010	334	671	1.008	1.348	1.689	2.032	2.377	2.724	3.072	3.422	3.774	
<b>SUM</b>	<b>47.629</b>	<b>47.821</b>	<b>48.014</b>	<b>48.208</b>	<b>48.403</b>	<b>48.599</b>	<b>48.796</b>	<b>48.994</b>	<b>49.194</b>	<b>49.395</b>	<b>49.630</b>	
<b>GWh</b>	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
EFH	5.245	5.276	5.307	5.339	5.371	5.403	5.435	5.467	5.500	5.533	5.595	
RH	808	813	818	822	827	832	837	842	847	852	859	
MFH	3.217	3.236	3.255	3.275	3.294	3.314	3.334	3.354	3.374	3.394	3.415	
GMH	856	861	866	871	877	882	887	893	898	904	910	
Büro, Verw., Schule	16.002	16.058	16.115	16.172	16.229	16.286	16.344	16.402	16.460	16.519	16.577	
Handel, Gewerbe	11.169	11.207	11.246	11.285	11.325	11.364	11.404	11.444	11.484	11.524	11.565	
Krankenh.	6.645	6.668	6.692	6.715	6.739	6.763	6.786	6.810	6.834	6.858	6.883	
Hotels	3.688	3.702	3.715	3.728	3.742	3.755	3.769	3.783	3.797	3.810	3.826	
<b>SUM</b>	<b>47.629</b>	<b>47.821</b>	<b>48.014</b>	<b>48.208</b>	<b>48.403</b>	<b>48.599</b>	<b>48.796</b>	<b>48.994</b>	<b>49.194</b>	<b>49.395</b>	<b>49.630</b>	

Tabelle 47: Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2020. **Sanierungsrate 1,4%, Gradtagzahlen für 2010.**

<b>CO<sub>2</sub>-Emissionen Raumwärme u. Warmwasser</b>												
kt	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
bis 1948	51.837	50.496	49.227	47.991	46.846	45.741	44.704	43.717	42.792	41.958	41.134	
1949-1978	71.098	68.496	65.932	63.601	61.430	59.247	57.019	55.010	53.196	51.205	49.879	
1979-1994	26.017	26.017	26.017	26.017	26.017	26.017	26.017	26.017	26.017	26.017	26.017	
1995-2009	13.876	13.876	13.876	13.876	13.876	13.876	13.876	13.876	13.876	13.876	13.876	
ab 2010	615	1.233	1.854	2.478	3.105	3.736	4.370	5.007	5.647	6.291	6.937	
SUM	163.443	160.118	156.906	153.963	151.275	148.617	145.986	143.626	141.527	139.347	137.843	
kt	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
EFH	79.881	77.929	75.966	74.101	72.418	70.795	69.153	67.585	66.182	64.549	63.677	
RH	6.347	6.250	6.152	6.057	5.978	5.904	5.831	5.764	5.708	5.648	5.627	
MFH	30.762	30.294	29.824	29.414	29.058	28.710	28.366	28.070	27.784	27.574	27.277	
GMH	9.126	9.045	8.963	8.881	8.798	8.719	8.639	8.561	8.486	8.412	8.331	
Büro, Verw., Schule	15.340	15.125	14.943	14.786	14.628	14.474	14.297	14.192	14.098	14.021	13.969	
Handel, Gewerbe	15.558	15.152	14.829	14.558	14.291	13.971	13.726	13.546	13.399	13.309	13.142	
Krankenh.	2.910	2.869	2.833	2.813	2.793	2.774	2.752	2.728	2.720	2.712	2.713	
Hotels	3.519	3.453	3.395	3.353	3.311	3.272	3.222	3.180	3.150	3.122	3.107	
SUM	163.443	160.118	156.906	153.963	151.275	148.617	145.986	143.626	141.527	139.347	137.843	

**Tabelle 48: Entwicklung der Primärenergieverbräuche für Heizwärme. Sanierungsrate 1,4%, Gradtagzahlen für 2010.**

<b>Primärenergieverbrauch Heizwärme</b>											
<b>GWh</b>	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
bis 1948	231.316	226.383	221.466	216.548	211.701	206.829	202.179	197.733	193.614	189.731	185.816
1949-1978	313.844	304.161	294.461	284.885	275.355	265.882	256.600	247.812	239.758	231.387	226.149
1979-1994	109.106	109.054	109.002	108.949	108.897	108.845	108.792	108.740	108.688	108.635	108.583
1995-2009	55.356	55.311	55.265	55.220	55.175	55.130	55.085	55.040	54.995	54.950	54.905
ab 2010	2.523	5.051	7.584	10.122	12.664	15.211	17.763	20.319	22.880	25.446	28.017
<b>SUM</b>	<b>712.146</b>	<b>699.960</b>	<b>687.778</b>	<b>675.724</b>	<b>663.792</b>	<b>651.897</b>	<b>640.419</b>	<b>629.645</b>	<b>619.935</b>	<b>610.149</b>	<b>603.471</b>
<b>GWh</b>	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
EFH	350.140	342.956	335.735	328.533	321.393	314.251	307.218	300.366	294.300	287.466	283.893
RH	24.922	24.589	24.254	23.920	23.591	23.263	22.939	22.622	22.355	22.060	21.919
MFH	128.432	126.870	125.299	123.749	122.219	120.685	119.169	117.750	116.339	115.243	113.842
GMH	38.465	38.105	37.743	37.379	37.013	36.647	36.278	35.916	35.567	35.217	34.853
Büro, Verw., Schule	72.732	71.934	71.147	70.388	69.639	68.916	68.195	67.669	67.149	66.683	66.391
Handel, Gewerbe	74.950	73.370	71.830	70.334	68.861	67.391	66.189	65.193	64.317	63.793	63.026
Krankenh.	8.492	8.364	8.238	8.120	8.002	7.889	7.797	7.689	7.632	7.577	7.547
Hotels	14.012	13.771	13.532	13.302	13.075	12.857	12.634	12.441	12.275	12.111	12.000
<b>SUM</b>	<b>712.146</b>	<b>699.960</b>	<b>687.778</b>	<b>675.724</b>	<b>663.792</b>	<b>651.897</b>	<b>640.419</b>	<b>629.645</b>	<b>619.935</b>	<b>610.149</b>	<b>603.471</b>

**Tabelle 49: Entwicklung der Primärenergieverbräuche für Warmwasser. Sanierungsrate 1,4%, Gradtagzahlen für 2010.**

Primärenergieverbrauch Warmwasser												
GWh	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
bis 1948	19.049	18.906	18.761	18.614	18.465	18.315	18.166	18.018	17.886	17.762	17.652	
1949-1978	31.113	30.854	30.590	30.325	30.055	29.782	29.524	29.291	29.109	28.912	28.899	
1979-1994	15.555	15.547	15.539	15.531	15.523	15.514	15.506	15.498	15.490	15.481	15.473	
1995-2009	12.667	12.652	12.636	12.621	12.606	12.591	12.575	12.560	12.545	12.529	12.514	
ab 2010	524	1.049	1.574	2.098	2.623	3.148	3.673	4.198	4.724	5.249	5.774	
SUM	78.909	79.008	79.100	79.188	79.271	79.350	79.444	79.565	79.753	79.934	80.312	
GWh	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
EFH	37.241	37.287	37.330	37.370	37.408	37.442	37.488	37.547	37.658	37.732	37.992	
RH	5.743	5.749	5.755	5.760	5.766	5.770	5.775	5.781	5.795	5.806	5.836	
MFH	22.596	22.629	22.661	22.690	22.718	22.744	22.773	22.815	22.857	22.932	22.989	
GMH	6.036	6.054	6.071	6.088	6.104	6.120	6.136	6.152	6.169	6.185	6.199	
Büro, Verw., Schule	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Handel, Gewerbe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Krankenh.	4.612	4.608	4.604	4.601	4.598	4.597	4.597	4.594	4.596	4.599	4.608	
Hotels	2.682	2.681	2.680	2.679	2.678	2.677	2.676	2.676	2.678	2.681	2.689	
SUM	78.909	79.008	79.100	79.188	79.271	79.350	79.444	79.565	79.753	79.934	80.312	

**Tabelle 50: Entwicklung der Primärenergieverbräuche für Hilfsstrom. Sanierungsrate 1,4%, Gradtagzahlen für 2010.**

Primärenergieverbrauch Hilfsstrom												
GWh	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
bis 1948	38.682	38.203	37.726	37.251	36.778	36.306	35.837	35.370	34.905	34.443	33.987	
1949-1978	33.625	33.176	32.729	32.284	31.841	31.400	30.961	30.524	30.090	29.658	29.304	
1979-1994	35.336	35.064	34.792	34.521	34.249	33.977	33.705	33.433	33.162	32.890	32.618	
1995-2009	15.323	15.205	15.088	14.970	14.852	14.734	14.616	14.498	14.380	14.262	14.145	
ab 2010	870	1.730	2.582	3.424	4.257	5.081	5.895	6.700	7.496	8.282	9.058	
SUM	123.836	123.379	122.917	122.449	121.976	121.498	121.015	120.526	120.032	119.535	119.111	
GWh	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year	Year
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
EFH	13.636	13.612	13.587	13.561	13.535	13.507	13.479	13.450	13.420	13.390	13.428	
RH	2.101	2.097	2.093	2.089	2.084	2.080	2.075	2.071	2.066	2.061	2.062	
MFH	8.363	8.348	8.333	8.318	8.302	8.285	8.268	8.250	8.232	8.213	8.195	
GMH	2.225	2.221	2.217	2.214	2.209	2.205	2.201	2.197	2.192	2.188	2.183	
Büro, Verw., Schule	41.606	41.431	41.254	41.076	40.897	40.715	40.533	40.348	40.163	39.975	39.786	
Handel, Gewerbe	29.039	28.915	28.791	28.665	28.538	28.410	28.282	28.152	28.021	27.888	27.755	
Krankenh.	17.278	17.205	17.131	17.057	16.982	16.906	16.830	16.753	16.676	16.598	16.519	
Hotels	9.590	9.550	9.510	9.470	9.430	9.389	9.347	9.306	9.264	9.221	9.183	
SUM	123.836	123.379	122.917	122.449	121.976	121.498	121.015	120.526	120.032	119.535	119.111	