



BMVBS-Online-Publikation, Nr. 03/2013

Maßnahmen zur Umsetzung der Ziele des Energiekonzepts im Gebäudebereich – Zielerreichungsszenario –

Impressum

Herausgeber

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS)

Wissenschaftliche Begleitung

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Berlin
Alexander Renner

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

Bearbeitung

Institut Wohnen und Umwelt (IWU), Darmstadt (Auftragnehmer)
Dr. Nikolaus Diefenbach, Dr. Christian v. Malottki,
Dr. Andreas Enseling, Tobias Loga, Dr. Holger Cischinsky,
Britta Stein, Michael Hörner, Michael Grafe

Vervielfältigung

Alle Rechte vorbehalten

Zitierhinweise

BMVBS (Hrsg.): Maßnahmen zur Umsetzung der Ziele des Energiekonzepts
im Gebäudebereich – Zielerreichungsszenario.
BMVBS-Online-Publikation 03/2013.

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

ISSN 1869-9324

© BMVBS März 2013

Inhalt

| | |
|--|-----------|
| Kurzfassung | 5 |
| Summary | 8 |
| 1 Ausgangssituation und Berechnungsansätze | 11 |
| 1.1 Einführung | 11 |
| 1.2 Entwicklung der CO ₂ -Emissionen für Heizung und Warmwasser seit 1990 | 11 |
| 1.3 Modellansatz | 14 |
| 1.4 Energiebilanz des Wohngebäudebestandes 2009 | 17 |
| 1.5 Annahmen zur Entwicklung der Wohnfläche | 20 |
| 2 Diskussion der Ziele des Energiekonzepts im Wohngebäudesektor | 22 |
| 2.1 Überblick über die Ziele | 22 |
| 2.2 Zielgröße Primärenergiebedarf | 22 |
| 2.3 Zielgröße CO ₂ -Emissionen | 24 |
| 2.4 Zielgröße Wärmebedarf | 25 |
| 2.5 Zielgröße energetische Sanierungsrate | 25 |
| 3 Szenarienberechnungen für den Neubau | 28 |
| 3.1 Trendszenario | 28 |
| 3.2 Zielszenario 2020 | 28 |
| 3.3 Ergebnisse der Neubauszenarien | 29 |
| 4 Trendszenario 2020 | 34 |
| 4.1 Modernisierungstrends im Gebäudebestand des Jahres 2009 | 34 |
| 4.2 Ergebnisse des Trendszenarios | 40 |
| 5 Zielszenarien 2020 | 43 |
| 5.1 Zielszenario I: Einhaltung des Emissionsziels mit Annäherung an das Ziel des Wärmebedarfs | 44 |
| 5.2 Zielszenario II: Einhaltung des Zielwerts für den Wärmebedarf | 47 |
| 5.3 Zielszenario III: Einhaltung des Emissionsziels mit der angestrebten energetischen Modernisierungsrate | 49 |
| 5.4 Zielszenario IV: Kontinuierliche Erhöhung der energetischen Modernisierungsrate und Übergang zu einer neuen Wärmeversorgungsstruktur | 52 |
| 5.5 Ergebnisse der Szenarien im Vergleich | 56 |
| 5.6 Betrachtung des Netto-Wärmebedarfs und des Heizwärmebedarfs | 58 |
| 5.7 Diskussion der Zielgröße Wärmebedarf | 60 |
| 5.8 Investitionskosten der Szenarien im Vergleich | 63 |
| 6 Zielanalyse für 2050 | 67 |
| 6.1 Basisvariante für den Wärmeschutz und den Wärmebedarf im Jahr 2050 | 67 |
| 6.2 Annahmen für die Wärmeversorgung im Jahr 2050 | 72 |
| 6.3 Energie- und Emissionsbilanz der Basisvariante | 79 |
| 6.4 Allgemeine Kenngrößen für die Energiebilanz der Wärmeversorgung im Wohngebäudesektor | 82 |
| 6.5 Variation des Wärmebedarfs | 86 |
| 6.6 Variation der Struktur der Wärmeversorgung und Definition von Zielvarianten | 89 |
| 6.7 Diskussion möglicher Zielkonflikte zwischen den Vorgaben für 2020 und 2050 | 96 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| 7 | Instrumente zur Energieeinsparung und Treibhausgasminderung im Wohngebäudesektor | 99 |
| 7.1 | Überblick über die Instrumente | 99 |
| 7.2 | Ziele und Instrumente im Wohngebäudebestand bis 2020 | 102 |
| 8 | Szenario 2020 „Ökonomische Steuerungsinstrumente“ | 108 |
| 8.1 | Ansätze im Neubau | 108 |
| 8.2 | Grundannahmen im Wohngebäudebestand | 110 |
| 8.3 | Wirtschaftlichkeitsanalysen für Wärmeschutz-Modernisierungsmaßnahmen | 115 |
| 8.4 | Ansätze für die Wärmeversorgung | 123 |
| 8.5 | Übertragung auf das Zielszenario III | 125 |
| 8.6 | Übertragung auf das Zielszenario IV | 126 |
| 8.7 | Ausblick auf eine Fortführung nach 2020 | 127 |
| 9 | Überblick über den Bereich Information, Qualifikation und Markttransparenz | 136 |
| 10 | Investor-Nutzer-Problematik: Fragestellung und Lösungsansätze im Überblick | 143 |
| 11 | Konzepte für Haushalte mit niedrigem Einkommen | 148 |
| 11.1 | Problemstellung | 148 |
| 11.2 | Definition der Haushalte mit niedrigem Einkommen | 148 |
| 11.3 | Auswirkungen von Energiepreissteigerungen auf Niedrigeinkommensbezieher | 152 |
| 11.4 | Bewertung von Anreizen zum energiesparenden Nutzerverhalten in den Transferleistungssystemen | 156 |
| 11.5 | Bewertung von Anreizen zur energetischen Sanierung von Wohnungen von Niedrigeinkommensbezieher | 158 |
| 12 | Zusammenfassung und Schlussfolgerungen | 164 |
| 12.1 | Ergebnisse der Szenarienanalysen zur Entwicklung bei Wärmeschutz und Wärmeversorgung | 164 |
| 12.2 | Ergebnisse der Untersuchung der Instrumente zur Erreichung der Ziele im Wohngebäudesektor | 169 |
| | Anhang I: Ergänzende Daten und Tabellen | 175 |
| | Ansätze der Energiebilanz- und Kostenberechnungen | 175 |
| | Energiebilanzen der Szenarien | 182 |
| | Zielanalyse 2050 für die Treibhausgasemissionen (CO ₂ -Äquivalente mit Vorketten) | 188 |
| | Anhang II: Abschätzungen für den Bereich der Nichtwohngebäude | 190 |
| | Zielwerte des Energiekonzepts für Nichtwohngebäude | 191 |
| | Entwicklung der CO ₂ -Emissionen aller Anwendungsbereiche | 192 |
| | Anwendungsbereich Raumwärme und Warmwasser | 194 |
| | Anwendungsbereich Beleuchtung | 197 |
| | Anwendungsbereich Gebäudekühlung und mechanische Lüftung | 203 |
| | Literatur | 205 |

Kurzfassung

Im vorliegenden Projekt wurden Szenarienanalysen im Hinblick auf die Ziele des Energiekonzepts der Bundesregierung im Wohngebäudesektor (Heizung und Warmwasserversorgung) durchgeführt. Daneben wurde auch die Frage der notwendigen Instrumente zur Erreichung der Ziele diskutiert.

Die Szenarienuntersuchungen basieren auf einem Energiebilanzmodell des Instituts Wohnen und Umwelt für den deutschen Wohngebäudebestand. Wesentliche Daten über den aktuellen Zustand und die Modernisierungstrends im Gebäudebestand wurden aus dem Forschungsvorhaben „Datenbasis Gebäudebestand“ abgeleitet, in dessen Verlauf eine deutschlandweite repräsentative Befragung von Hauseigentümern durchgeführt worden war.

Die Untersuchungen für den Neubau zeigen, dass zur Erreichung eines „klimaneutralen“ Niveaus gemäß Energiekonzept in etwa der heute von der KfW geförderte Effizienzhaus-40-Standard eingehalten werden muss. In dem gewählten Zielszenario für den Neubau wird eine schrittweise Erreichung dieses Niveaus bis 2020 angenommen.

Die Szenarienanalysen für den gesamten Wohngebäudesektor (Bestand und Neubau) ergeben, dass eine Reduktion der CO₂-Emissionen für die Wärmeversorgung um 40 % bis 2020 (gegenüber 1990) möglich erscheint. Allerdings sind dafür noch einige Anstrengungen erforderlich, denn im Trend würde das CO₂-Ziel deutlich verfehlt. Erforderlich ist eine erhebliche Steigerung der energetischen Modernisierungsrate beim Wärmeschutz. Das im Energiekonzept angestrebte Ziel einer Verdopplung der Rate ist dabei ausreichend und kann auch – im Sinne eines realistischen und marktkonformen Ansatzes – schrittweise bis 2020 umgesetzt werden, wenn gleichzeitig weitere Fortschritte bei der Qualität der Wärmeschutzmaßnahmen erreicht werden und bei der Modernisierung von Heizungen ein Übergang zu einer neuen Wärmeversorgungsstruktur stattfindet. Das bedeutet, dass die bisher noch dominierenden Gas- und Ölheizkessel bei einer Heizungserneuerung immer stärker durch alternative Systeme ersetzt werden müssen. Zu diesen zählen insbesondere Wärmepumpen und (dezentral oder mit Fern-/Nahwärmenetzen betriebene) Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen sowie ergänzende Solaranlagen.

Zur Berücksichtigung der langfristigen Perspektive des Jahres 2050 wurden verschiedene Zielvarianten untersucht. Dabei handelt es sich nicht um Szenarienanalysen, sondern um Momentaufnahmen für das Jahr 2050, d. h. plausible Ansätze für eine denkbare Situation bei Gebäude-Wärmeschutz und Wärmeversorgung in etwa vierzig Jahren. Es wurde durch Potentialabschätzungen berücksichtigt, dass Biomasse als erneuerbarer Brennstoff zukünftig nur in begrenztem Umfang zur Verfügung steht.

Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigen, dass zur Erreichung der im Energiekonzept anvisierten 80prozentigen Senkung des Primärenergiebedarfs bis 2050 erhebliche Fortschritt-

te sowohl beim Wärmeschutz als auch bei der Wärmeversorgung notwendig sind. Der Wärmebedarf für Heizung und Warmwasser im heutigen Wohngebäudebestand sollte mindestens halbiert werden. Dieses Ziel kann erreicht werden, wenn die angestrebte Verdopplung der energetischen Modernisierungsrate beim Wärmeschutz tatsächlich bis etwa 2020 realisiert und die Rate auf diesem Niveau langfristig verstetigt wird. Im Jahre 2050 wären dann (gemittelt über alle Gebäude und Bauteilflächen) mindestens 75 % des heutigen Gebäudebestandes energetisch erneuert, im „Altbaubestand“ mit Baujahren bis 1978 (vor der ersten Wärmeschutzverordnung) läge dieser Anteil bei etwa 95 %.

Gleichzeitig ist ein Umbau der Wärmeversorgung im gesamten Wohngebäudesektor bis 2050 notwendig. Die Hauptlast der Wärmeerzeugung wird in den untersuchten Varianten durch Wärmepumpen und – teils mit Biomasse und teils mit fossilen Brennstoffen betriebene – Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen getragen. Heizungen, die auf Gas- Öl- oder Biomassekesseln basieren, werden weitgehend zurückgedrängt. Bei einem Großteil der Wohngebäude kommen ergänzende thermische Solaranlagen zum Einsatz. Der Strom zum Betrieb elektrischer Wärmepumpen kann zu einem relevanten Teil aus den Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen gewonnen werden. Alternativ bzw. darüber hinausgehend benötigte elektrische Energie für die Wärmeversorgung muss größtenteils aus erneuerbaren Energiequellen erzeugt werden.

Der Umbau der Wärmeversorgung kann auch ohne erhebliche Steigerung der jährlichen Rate bei der Heizungsmodernisierung erreicht werden, die aktuell bereits in der Größenordnung von 3 %/a liegt. Allerdings muss sich die zukünftige Wärmeversorgungsstruktur etwa ab dem Jahr 2020 im Bereich der Neuanlagen widerspiegeln, da später eingebaute Wärmeerzeuger möglicherweise zu einem Großteil bis 2050 nicht mehr ausgetauscht werden.

Ein Vergleich der kurzfristigen (2020) und langfristigen (2050) Vorgaben des Energiekonzepts zeigt, dass hier keine grundsätzlichen Zielkonflikte bestehen. Vielmehr dienen die Verdopplung der energetischen Modernisierungsrate beim Wärmeschutz, der Übergang zu einer neuen Wärmeversorgungsstruktur bei der Heizungsmodernisierung und die Einführung des klimaneutralen Neubaus sowohl den kurzfristigen als auch den langfristigen Klimaschutzzielen.

Zur Umsetzung der Ziele des Energiekonzepts ist ein entsprechendes Instrumentarium notwendig. Diese Fragestellung wurde in der vorliegenden Untersuchung in Grundzügen diskutiert.

Im Neubau kann der Übergang zu einem klimaneutralen Standard bis 2020 schrittweise durch Verschärfung des Ordnungsrechts (insbesondere der Energieeinsparverordnung) und eine flankierende Förderung weitergehender Standards (wie im aktuellen KfW-Programm „Energieeffizient Bauen“) erfolgen.

Im Gebäudebestand bestehen ebenfalls Optionen für ordnungsrechtliche Maßnahmen. Als aussichtsreicher Ansatzpunkt für eine Klimaschutzstrategie, die vor dem Hintergrund einer

großen Vielfalt unterschiedlicher Ausgangssituationen bei den Bestandsgebäuden die Herausforderung einer Erhöhung der Wärmeschutz-Modernisierungsraten bewältigen muss, wurde aber vor allem der Bereich der ökonomischen Steuerungssysteme identifiziert. Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, positive Anreize (z. B. Fördermittel) oder negative Anreize (z. B. Abgabe auf den Energieverbrauch) zu setzen. Derartige Mechanismen wirken bereits aktuell, z. B. durch die Förderprogramme der KfW oder des BAFA bzw. durch die bestehenden Energiesteuern. Die Trendanalysen zur Entwicklung von Wärmeschutz und Wärmeversorgung haben allerdings gezeigt, dass das vorhandene Instrumentarium aus Ordnungsrecht und ökonomischen Anreizen insgesamt noch nicht ausreicht, um die Ziele des Energiekonzepts umzusetzen.

Eine Weiterentwicklung der ökonomischen Steuerungsinstrumente wurde unter der Annahme untersucht, dass ein Gleichgewicht zwischen den positiven und negativen Anreizen besteht. Dies bedeutet, dass im Mittel über längere Zeiträume die Energiesparförderung durch die Energieabgabe finanziert werden könnte. Dieser Ansatz ist exemplarisch zu verstehen, da auch andere Gewichtungen positiver und negativer ökonomischer Anreize möglich sind, hier aber nicht näher untersucht wurden.

Eine prinzipielle Schwierigkeit bei der Konzipierung ökonomisch wirksamer Steuerungsinstrumente liegt in der Festlegung der Höhe der wirksamen Anreize, die zur Erreichung der gesetzten Ziele führen sollen. Da eine sichere Vorhersage der Auswirkung von Förderprogrammen und Energiepreiserhöhungen auf die Häufigkeit und Qualität von Energiesparmaßnahmen nicht möglich erscheint, ist man hier auf Modellannahmen angewiesen. Bei der Umsetzung der Maßnahmen ist daher eine regelmäßige Zielkontrolle und Nachjustierung notwendig. Hierfür erscheinen aber gerade ökonomische Instrumente besonders geeignet.

Neben den „harten“ Maßnahmen des Ordnungsrechts bzw. der ökonomischen Anreize, ohne die eine Umsetzung der Ziele des Energiekonzepts kaum möglich erscheint, sind auch die „weichen“ Maßnahmen zu berücksichtigen, die insbesondere die Bereiche Information, Qualifikation und Markttransparenz umfassen. Der Bericht gibt einen Überblick über Ansätze in den Bereichen Aus- und Weiterbildung, Planung und Qualitätskontrolle sowie Information und Energieberatung. Auch die Investor-Nutzer-Problematik im vermieteten Wohnungsbestand und Ansätze im Bereich der Haushalte mit niedrigem Einkommen werden diskutiert. Im Anhang des Berichts werden Abschätzungen für den Sektor der Nichtwohngebäude vorgenommen.

Summary

In the course of the here presented study scenario analyses were carried out with regard to the energy concept of the German Government and the related aims for the residential building sector (heating and hot water supply). Besides, instruments to attain these targets were discussed.

The scenarios were based upon an energy balance model for the German residential building sector which was developed by the Institut Wohnen und Umwelt. Relevant data about the current state and modernisation trends in the building stock were derived from the research project "Datenbasis Gebäudebestand", during which a representative survey of house owners had been carried out.

The analyses of the new building sector show that for attaining the "climate neutral" level intended by the energy concept the building standard "Effizienzhaus 40" from the KfW subsidy programmes must approximately be kept. The target achieving scenario for the new building sector assumes a step-by-step progress to this aim.

The scenario analyses for the whole building sector (new and existing buildings) show that a 40 % reduction of the CO₂ emissions for heat supply until 2020 (related to 1990) will be possible. In order to achieve this goal, some effort must be made because in the trend scenario the CO₂ emissions end up well above the target. Therefore, a relevant increase of the annual building insulation refurbishment rate will be necessary. The aim of the energy concept to double this rate will be sufficient and it can be realised stepwise (according to a realistic and market oriented development) if at the same time progress can be made concerning the quality of thermal protection measures and if there is a development towards a new structure of heat supply. This means that in case of heat supply modernisation measures gas and oil boilers which are currently still dominating have to be replaced by alternative systems. Among those are heat pumps and cogeneration systems (local or district heating systems) as well as supplementary solar systems.

For considering the long-term perspective of the year 2050 different variants were examined. Those are no scenarios but snapshots of 2050, in other words plausible assumptions of a possible state of building insulation and heat supply in about forty years. Thereby it was considered that the available potential of biomass as a renewable fuel source will be restricted in the future.

The results show that significant progress in the areas of insulation and an improved heat supply will be necessary for attaining the target of an 80 % reduction of primary energy demand which is defined in the German Government's energy concept. The heat demand for heating and hot water in today's building stock must be reduced by at least 50 %. This can be attained by doubling the thermal refurbishment rate and keeping this level in the long

term. As a result in 2050 75 % of today's building stock (as an average of all buildings and building element areas) would have been modernised by insulation measures. In the sector of "old buildings" (erected until 1978 before the introduction of the first ordinance on thermal protection) this fraction would be about 95 %.

At the same time a conversion of the heat supply structure of the whole residential building sector will be necessary until 2050. In the considered variants the main part of the heat supply is delivered by heat pumps and by cogeneration systems (partly run with biomass, partly with fossil fuels). Heating systems which base upon boilers fired with oil, gas or biomass are widely pushed back. The majority of the residential buildings will be equipped with additional solar thermal systems. A relevant part of the electric energy used by heat pumps can be produced in the cogeneration systems. Electric energy which is used alternatively or beyond that must be largely produced by renewable energy sources.

The conversion of heat supply can be attained without a large increase of the modernisation rate of heating systems which actually already amounts to a scale of about 3 %/a. Thereby it is important that the future heat supply structure is reflected by basically all systems implemented after approximately 2020, because a large part of the heat generators which will be installed later will not be replaced again until 2050.

A comparison of the short-term (2020) and long-term (2050) targets of the German energy concept shows that there are no fundamental conflicts of aims. In fact the doubling of the refurbishment rate, the change towards a new heat supply structure and the introduction of climate neutral new buildings serve to attain the short-term as well as the long-term targets.

To realise the goals of the German energy concept appropriate instruments are necessary. The basics of this question were also discussed in the course of the study.

In the new building sector the step-by-step transition to a climate neutral standard in 2020 can be realised by regulative measures (especially the energy saving ordinance) and a supplementary financial promotion of more far-reaching levels (like in the current KfW programme "Energieeffizient Bauen").

Concerning the existing building stock there is also the option of regulative measures. But here the field of economic steering mechanisms appears to be the most promising approach for a climate protection strategy which has to meet the challenge of increasing the refurbishment rates against the background of a large variety of individual situations of existing buildings. In principle, positive (e.g. subsidy programmes) and negative (e.g. charging of energy costs) financial incentives can be applied. Some of those mechanisms are already implemented, e.g. by the programmes of KfW and BAFA or existing energy taxes. But the trend analysis of the development of thermal protection and heat supply show that the existing instruments are not sufficient for attaining the aims of the energy concept.

The development of economic steering instruments was examined assuming a balance of positive and negative incentives. In other words it was assumed the energy saving promotion programmes could be financed by a fee on energy consumption over a longer period of time. This has to be seen as an exemplary approach because also other weighting of positive and negative incentives would be possible but could not be examined here.

A principle problem of designing economic steering mechanisms is the setting of the magnitude of incentives to attain the targets. Because a proper prediction of the effects of financial promotion programmes and increased energy prices on the frequency and quality of energy saving measures is not possible, model assumptions have to be made. Thus systematic monitoring of the implementation will be necessary to validate if the objectives will be met and to enable a readjustment of measures. But for this economic instruments appear especially suited.

In addition to the “hard” measures of regulatory law and economic incentives, which will probably be necessary for attaining the targets, also the “soft” measures of information, qualification and market transparency have to be considered. The report gives an overview of approaches in the fields of education, planning and quality control as well as information and energy consulting. Also the relation of investor and occupants in the rented building sector and solution approaches for low-income households are discussed. In the appendix of the report estimations for the sector of non-residential buildings are given.

1 Ausgangssituation und Berechnungsansätze

1.1 Einführung

In der vorliegenden Untersuchung werden Szenarienanalysen zur Erreichung der Ziele des Energiekonzepts der Bundesregierung im Wohngebäudesektor (Heizung und Warmwasserversorgung) durchgeführt [Bundesregierung 2010]. In Kapitel 1 werden die Ausgangssituation und die Modellannahmen erläutert, Kapitel 2 befasst sich mit den konkreten Zielen des Energiekonzepts für den Wohngebäudesektor. In den Kapiteln 3 bis 5 werden Szenarienanalysen für die Entwicklung der Energiesparmaßnahmen bei Wärmeschutz und Wärmeversorgung bis zum Jahr 2020 dargestellt. Betrachtet werden zunächst der Neubau, dann die Trendentwicklung im Gesamtbestand bis 2020 und schließlich Zielszenarien zur Einhaltung der Vorgaben des Energiekonzepts. Kapitel 6 befasst sich mit einer Zielanalyse für das Jahr 2050.

In den folgenden Kapiteln werden die Instrumente zur Umsetzung der Ziele des Energiekonzepts im Wohngebäudebereich diskutiert. Kapitel 7 gibt einen Überblick über das Instrumentarium, Kapitel 8 beinhaltet ein Szenario, das den Schwerpunkt auf ökonomische Steuerungsinstrumente legt. Kapitel 9 gibt einen Überblick über ergänzende Maßnahmen im Bereich von Information, Qualifikation und Markttransparenz. In Kapitel 10 wird die Investor-Nutzer-Problematik im Mietwohnungsbestand diskutiert. Kapitel 11 befasst sich mit Konzepten für Haushalte mit niedrigen Einkommen.

Ein Überblick über die Ergebnisse der Untersuchung wird in Kapitel 12 gegeben. Anhang I enthält ergänzende Daten und Tabellen zu den Modellansätzen und den Energie- und Treibhausgasbilanzen der Szenarien. In Anhang II werden Abschätzungen für den Bereich der Nichtwohngebäude gegeben.

1.2 Entwicklung der CO₂-Emissionen für Heizung und Warmwasser seit 1990

Da die nationalen und internationalen Ziele zur Treibhausgasminderung in der Regel – insbesondere auch im Energiekonzept der Bundesregierung – auf das Basisjahr 1990 bezogen werden, stellt sich die Frage, welchen Verlauf die Emissionen seit diesem Jahr genommen haben. Abbildung 1 zeigt die Entwicklung der CO₂-Emissionen für die Wärmeversorgung der deutschen Wohngebäude¹. Die Daten basieren auf Angaben der Arbeitsgruppe Energiebi-

¹ Betrachtet werden hier die direkten CO₂-Emissionen bei der Verbrennung der eingesetzten Energieträger ohne weitere Vorketten und ohne den Beitrag weiterer Treibhausgase. Diese werden in Anhang I näher untersucht.

lanzen zum Endenergieverbrauch im Sektor Haushalte [AGEB 2011a,b, BMWi 2011]. Als horizontale Linie ist das Ziel der 40prozentigen Emissionsminderung bis 2020 eingetragen, das zwar nicht speziell für den Gebäudesbereich, aber sektorübergreifend für die Treibhausgase in Deutschland im Energiekonzept enthalten ist.

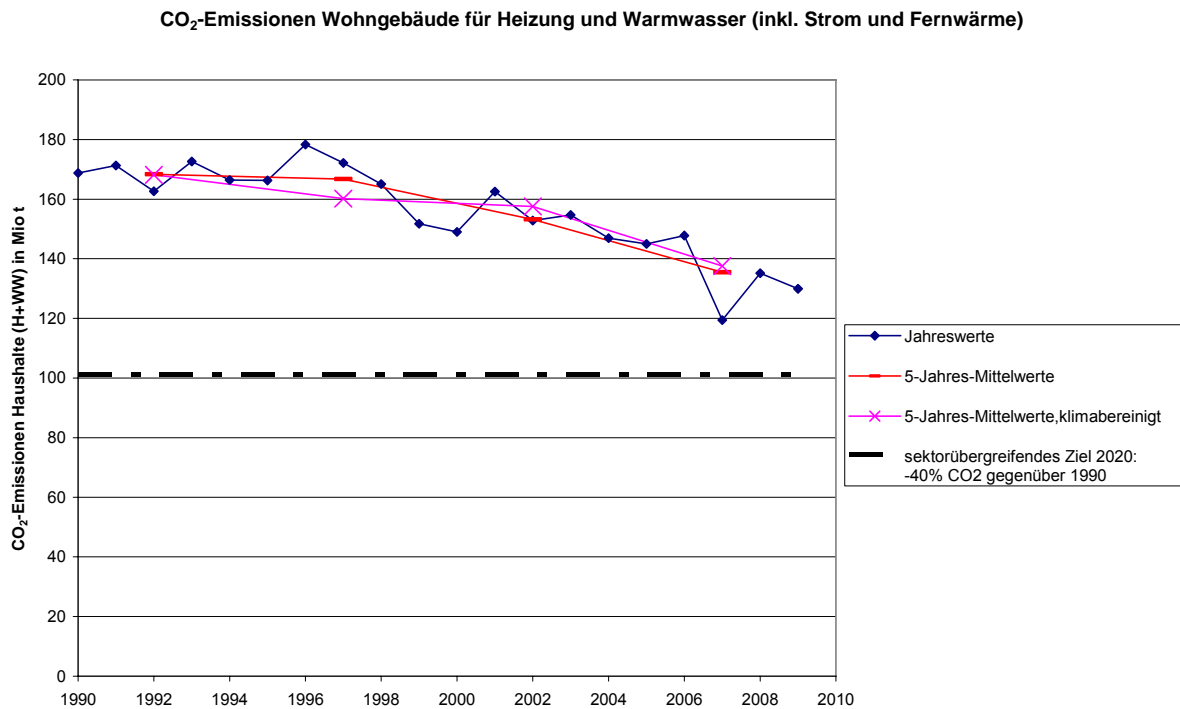


Abbildung 1: Verlauf der CO₂-Emissionen für Heizung und Warmwasserbereitung im deutschen Wohngebäudebestand seit 1990 (direkte CO₂-Emissionen in den Gebäuden bzw. zur Produktion des für die Wärmeversorgung verwendeten Stroms und der Fernwärme in Kraftwerken, Heizkraftwerken und Heizwerken)

Außer den Jahreswerten sind – aufgrund der deutlichen jährlichen Schwankungen, die auch durch eine Klimabereinigung nur zum Teil vermindert werden – Fünfjahresmittelwerte eingetragen die (von links nach rechts) die Perioden 1990-1994, 1995-1999, 2000-2004 und 2005-2009 betreffen. Für diese Fünfjahresperioden wurde auch jeweils eine Klimabereinigung auf Basis der Heizgradtage eines typischen deutschen Standorts (Würzburg) durchgeführt. Abbildung 2 zeigt die verwendeten Heizgradtage. Es ist zu erkennen, dass die Fünfjahresmittelwerte keine starken Schwankungen aufweisen.

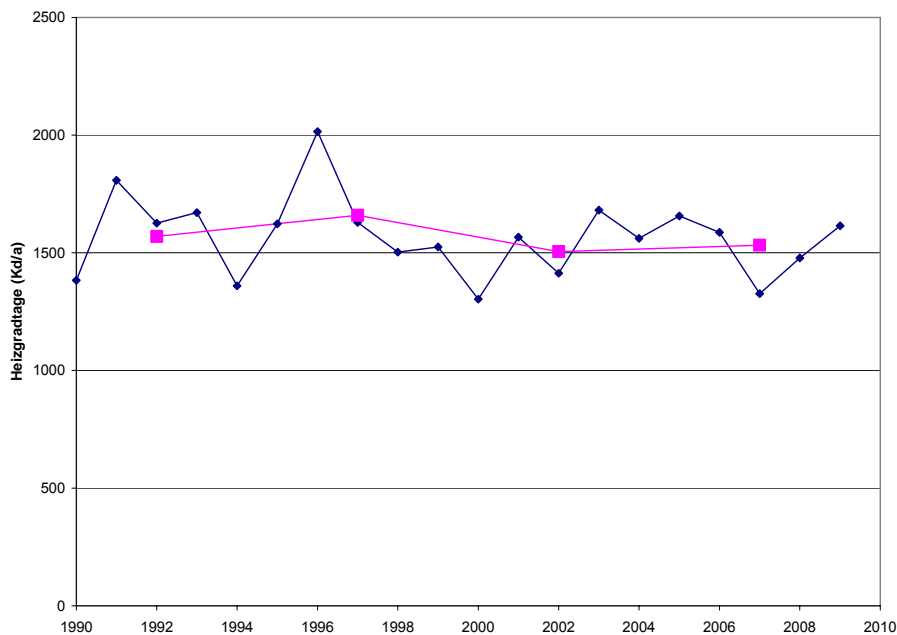


Abbildung 2: Heizgradtage 1990 – 2009 (Standort Würzburg, Heizgrenze 12°C)

Generell ist zu beachten, dass die Ermittlung der Energieverbräuche und Emissionen der vergangenen Jahre mit Unsicherheiten behaftet ist, deren Höhe hier nicht genau bekannt ist. Dabei ist zunächst einmal anzumerken, dass die unterschiedlichen Witterungsbedingungen in verschiedenen Zeitperioden eine Rolle spielen und diese durch die Berücksichtigung der Heizgradtage nur teilweise korrigiert werden können. Darüber hinaus ist zu beachten, dass die Ermittlung des Energieverbrauchs in Deutschland und insbesondere dessen Zuordnung zu einzelnen Sektoren (hier: Haushaltssektor) durch die Arbeitsgruppe Energiebilanzen teilweise auf Basis von Analysen und Abschätzungen erfolgen muss, da eine exakte Messung nicht stattfindet. Besondere Unsicherheiten bestehen bei dem Anteil des in den Haushalten verbrauchten Stroms, der für die Wärmeerzeugung verwendet wird. Bei der Auswertung in Abbildung 1 konnten hier separate Analysen für die Jahre 1993, 2000, 2003, 2006, 2008 verwendet werden, die zum Teil vom Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft BDEW für die vorliegende Untersuchung zur Verfügung gestellt wurden². Auch die CO₂-Emissionsfaktoren von Strom und Fernwärme, sind – anders als bei den in den Gebäuden verwendeten Brennstoffen – nicht exakt bekannt³.

² Zwischenwerte wurden interpoliert. Weitere Quelle: [AGEB 2011b].

³ Für Strom wurde linear zwischen 0,744 kgCO₂/kWh (1990) und 0,59 kgCO₂/kWh (2009) interpoliert, für Fernwärme wurde mangels genauerer Informationen für 1990 ein Wert von 0,2 kgCO₂/kWh angesetzt (vgl. Werte in [Bettgenhäuser et al. 2011a], basierend auf Angaben des Umweltbundesamtes). Insbesondere bei der Fernwärme besteht schon allein aus dem Grund eine größere Unsicherheit,

Vor diesem Hintergrund kann der Verlauf der Kurven in Abbildung 1 also nur grobe Anhaltswerte für die CO₂-Emissionen bei der Wärmeversorgung der Wohngebäude liefern:

- Der Ausgangswert der CO₂-Emissionen des Jahres 1990 liegt bei etwa 170 Mio. Tonnen.
- Überträgt man das sektorübergreifende Ziel der Energiekonzepts einer 40prozentigen Emissionsminderung bis 2020 auf den Wohngebäudebereich, so ergibt sich hieraus ein Zielwert 102 Mio. Tonnen⁴.
- Das Emissionsniveau des Jahres 2009 lässt sich zu etwa 130 Mio. Tonnen, bei vorsichtigerem Ansatz zu etwa 140 Mio. Tonnen abschätzen. Die bisher erreichte Emissionsminderung liegt damit etwa zwischen 17 % und 24 %, grob gesprochen also in der Größenordnung von 20 %.

1.3 Modellansatz

Das Modell zur Analyse des Energieverbrauchs im deutschen Wohngebäudesektor baut auf Ergebnissen des laufenden Projekts „TABULA – Typology Approach for Building Stock Assessment“ auf, das im Rahmen des EU-Programms „Intelligent Energy Europe“ durchgeführt und vom IWU koordiniert wird⁵. In dem Forschungsvorhaben wurden Gebäudetypologien in 13 Ländern der EU erstellt bzw. – wie im deutschen Fall – weiterentwickelt. Dazu gehört auch die Entwicklung von Modellen zur Abbildung des Wohngebäudebestandes.

Die Analyse des deutschen Wohngebäudebestandes (Stand: Jahresende 2009) wird mit Hilfe von sechs synthetischen – aus der umfangreicheren IWU-Typologie und weiteren Quellen abgeleiteten – Modellgebäuden durchgeführt. Bei der Einteilung wurden der Gebäudetyp (EZFH: Ein-/Zweifamilienhaus, MFH: Mehrfamilienhaus ab drei Wohnungen) sowie drei Baualtersklassen (I,II,III) berücksichtigt. Die Altersklasse I beinhaltet den „Altbau“ mit Baujahren bis 1978, also etwa vor der ersten Wärmeschutzverordnung. In der Klasse II befinden sich die von 1979 bis 1994 errichteten Gebäude, in der Klasse III die Gebäude mit den Baujahren 1995 – 2009 (also etwa die Gebäude, die nach der letzten Wärmeschutzverordnung

dass für die Aufteilung der Emissionen in Heizkraftwerken auf die Fernwärmeproduktion bei gleichzeitiger Stromerzeugung unterschiedliche Verfahren denkbar sind. Die Anteile des Stroms und der Fernwärme am gesamten Endenergieverbrauch liegen aber über die betrachteten Jahre nur bei Anteilen zwischen 5,5 bis 7,4 % (Strom) bzw. 5,3 % bis 8,4 % (Fernwärme), so dass die Auswirkungen von Unsicherheiten bei diesen Energieträgern auf die Gesamtbilanz begrenzt sind.

⁴ Die Ziele des Energiekonzepts werden in Kapitel 2 ausführlich behandelt.

⁵ <http://www.building-typology.eu/>. Das Vorhaben wird vom BBR im Rahmen des Programms „Zukunft Bau“ kofinanziert.

1995 bzw. der Energieeinsparverordnung 2002 – 2009 errichtet wurden). Basisdaten zur Aufteilung des Wohngebäudebestandes auf die sechs Haustypen sind in Tabelle 8 genannt.

| | | Baualter- klasse | Gebäude- anzahl | Anzahl der Wohnungen | Wohnfläche in 1000 m ² |
|---|----------|---------------------|--------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| Ein-Zweifamilienhäuser (≤ 2 Wohnungen) | EZFH I | bis 1978 | 9.610.000 | 12.450.000 | 1.285.000 |
| | EZFH II | 1979 - 1994 | 2.710.000 | 3.160.000 | 372.000 |
| | EZFH III | 1995 - 2009 | 2.670.000 | 2.980.000 | 365.000 |
| Mehrfamilienhäuser (≥ 3 Wohnungen) | MFH I | bis 1978 | 2.340.000 | 14.820.000 | 965.000 |
| | MFH II | 1979 - 1994 | 440.000 | 3.910.000 | 268.000 |
| | MFH III | 1995 - 2009 | 270.000 | 2.110.000 | 160.000 |
| | | | 18.040.000 | 39.430.000 | 3.415.000 |

Tabelle 1: Häufigkeit der Gebäudetypen EZFH I – MFH III im deutschen Wohngebäudebestand des Jahres 2009

Detailliertere Informationen sind in den folgenden Tabellen gegeben. Eine Darstellung der Basisdaten über die Gebäudehülle, d.h. die Flächen und U-Werte der verschiedenen Elemente Außenwand, Dach/Obergeschossdecke, Erdgeschossfußboden/Kellerdecke und Fenster ist in Tabelle 2 gezeigt.

| | | EZFH I | EZFH II | EZFH III | MFH I | MFH II | MFH III |
|--|---------------------|--------|---------|----------|-------|--------|---------|
| Gebäudegeometrie (mittleres Gebäude) | | | | | | | |
| Wohnfläche | m ² | 133,7 | 137,3 | 136,7 | 412,4 | 609,1 | 592,6 |
| TABULA Referenzfläche | m ² | 147,1 | 151,0 | 150,4 | 453,6 | 670,0 | 651,9 |
| Anzahl der Wohnungen | | 1,30 | 1,17 | 1,12 | 6,33 | 8,89 | 7,81 |
| Wandfläche | m ² | 143,5 | 134,5 | 121,5 | 302,6 | 466,2 | 385,8 |
| Fläche Dach / OGD | m ² | 105,2 | 109,5 | 89,2 | 173,0 | 303,2 | 298,2 |
| Fläche Fußboden/Kellerdecke | m ² | 87,2 | 89,8 | 70,2 | 151,9 | 271,1 | 224,8 |
| Fensterfläche | m ² | 27,3 | 29,8 | 25,3 | 80,6 | 141,9 | 125,3 |
| Modernisierter Anteil der Bauteilflächen | | | | | | | |
| Wand | | 20% | 7% | 0% | 26% | 15% | 0% |
| Dach / OGD | | 47% | 24% | 0% | 48% | 23% | 0% |
| Fußboden / Kellerdecke | | 10% | 3% | 0% | 11% | 7% | 0% |
| Fensterfläche | | 36% | 12% | 0% | 45% | 24% | 0% |
| U-Werte des noch nicht modernisierten Anteils der Bauteilfläche | | | | | | | |
| U-Werte Wand | W/m ² K | 1,40 | 0,60 | 0,28 | 1,35 | 0,68 | 0,39 |
| U-Werte Dach/Obergeschossd. | W/m ² K | 1,00 | 0,44 | 0,33 | 1,09 | 0,45 | 0,34 |
| U-Werte Fußboden /Kellerd. | W/m ² K | 1,24 | 0,68 | 0,41 | 1,45 | 0,69 | 0,43 |
| U-Werte Fenster | W/m ² K | 2,70 | 2,70 | 1,60 | 2,70 | 2,70 | 1,60 |
| U-Werte des modernisierten Anteils der Bauteilfläche | | | | | | | |
| U-Werte Wand | W/m ² K | 0,35 | 0,26 | | 0,34 | 0,27 | |
| U-Werte Dach/Obergeschossd. | W/m ² K | 0,24 | 0,18 | | 0,24 | 0,18 | |
| U-Werte Fußboden /Kellerd. | W/m ² K | 0,37 | 0,30 | | 0,39 | 0,30 | |
| U-Werte Fenster | W/m ² K | 1,60 | 1,60 | | 1,60 | 1,60 | |
| Gesamtwohnfläche (für Hochrechnungen) | | | | | | | |
| Wohnfläche in Deutschland | Mio. m ² | 1285 | 372 | 365 | 965 | 268 | 160 |

Tabelle 2: Kenndaten der Modellgebäude zur Beschreibung des Wohngebäudebestands 2009

Zur Definition der für die Bilanzrechnungen verwendeten synthetischen Gebäude wurden hauptsächlich die folgenden Datenquellen herangezogen:

- Mittelwerte der Bauteilflächen (z. B. m² Wandfläche pro m² Wohnfläche) wurden aus einer Energieausweis-Datenbank der Deutschen Energieagentur (dena) abgeleitet. Diese enthielt die Daten von 487 Energieausweisen, die nach dem Qualitätssicherungssystem der dena erstellt wurden.
- Die Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) der nicht modernisierten Gebäude wurden als gewichtete Mittelwerte der deutschen Gebäudetypologie des IWU ermittelt, die in der TABULA-Grundvariante 36 typische Wohngebäude enthält, die auf realen Vorbildern basieren.
- Die U-Werte der modernisierten Bauteile sowie der modernisierte Flächenanteil wurden auf Grundlage der Ergebnisse zum Modernisierungsfortschritt und den verwendeten Dämmstoffdicken ermittelt, die sich aus einer repräsentativen Erhebung des deutschen Wohngebäudebestandes ergaben⁶. Diese Untersuchung ist gleichzeitig die wichtigste Quelle für weitere Daten über den Zustand und die Modernisierungstrends im deutschen Wohngebäudebestand, die insbesondere im Rahmen späterer Szenarienbetrachtungen benötigt wurden.

Auch die bei der Heizung und Warmwasserversorgung verwendeten Systeme wurden anhand der Datenbasis Gebäudebestand analysiert. In Tabelle 3 sind die wichtigsten Daten der Beheizungsstruktur nach Gebäudetypen wiedergegeben.

⁶ „Datenbasis Gebäudebestand“: Die Datenbank enthält 7.364 Fragebögen, die von Wohngebäudeeigentümern ausgefüllt wurden [Diefenbach et al. 2010a].

| | | EZFH | | | MFH | | |
|--|--------------------------------|--------|---------|----------|-------|--------|---------|
| | | EZFH I | EZFH II | EZFH III | MFH I | MFH II | MFH III |
| Beheizungsart | | | | | | | |
| | Fernwärme | 1,4% | 2,3% | 3,6% | 12,0% | 22,2% | 11,6% |
| | Block-/Zentral-Wohnungsheizung | 88,4% | 93,4% | 94,1% | 81,9% | 75,1% | 88,0% |
| | Einzelraumheizung | 10,2% | 4,3% | 2,3% | 6,1% | 2,7% | 0,4% |
| Wärmeerzeuger | | | | | | | |
| Energieträger | | | | | | | |
| Fernwärme | | | | | | | |
| | Fernwärme | 1,4% | 2,3% | 3,6% | 12,0% | 22,2% | 11,6% |
| Block-/Zentralheizung/Wohnungsheizung | | | | | | | |
| Heizkessel | Gas | 43,6% | 48,1% | 66,4% | 52,5% | 61,9% | 77,9% |
| | Öl | 39,4% | 40,6% | 18,7% | 25,6% | 12,7% | 5,2% |
| | Biomasse | 4,1% | 3,0% | 2,9% | 2,3% | 0,5% | 3,2% |
| | Kohle | 0,3% | 0,0% | 0,0% | 0,1% | 0,0% | 0,0% |
| Wärmepumpe | Strom | 1,0% | 1,7% | 6,1% | 1,3% | 0,0% | 1,4% |
| | Gas | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% |
| BHKW | Gas | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,1% | 0,0% | 0,3% |
| direktelektrisch | Strom | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% |
| Einzelraumheizung | | | | | | | |
| Ofen | Gas | 1,4% | 0,0% | 0,0% | 1,2% | 0,1% | 0,0% |
| | Öl | 1,4% | 0,3% | 0,2% | 0,9% | 0,1% | 0,0% |
| | Biomasse | 3,8% | 0,3% | 0,8% | 1,3% | 0,0% | 0,0% |
| | Kohle | 0,7% | 0,0% | 0,0% | 0,6% | 0,0% | 0,0% |
| direktelektrisch | Strom | 2,9% | 3,7% | 1,3% | 2,1% | 2,5% | 0,4% |
| Zusammenfassung Energieträger | | | | | | | |
| | Fernwärme | 1,4% | 2,3% | 3,6% | 12,0% | 22,2% | 11,6% |
| | Gas | 45,0% | 48,1% | 66,4% | 53,8% | 62,0% | 78,2% |
| | Öl | 40,8% | 40,9% | 18,9% | 26,5% | 12,8% | 5,2% |
| | Biomasse | 7,9% | 3,3% | 3,7% | 3,6% | 0,5% | 3,2% |
| | Kohle | 1,0% | 0,0% | 0,0% | 0,7% | 0,0% | 0,0% |
| | Strom | 3,9% | 5,4% | 7,4% | 3,4% | 2,5% | 1,8% |

Tabelle 3: Beheizungsstruktur im Wohngebäudebestand 2009 nach Gebäudetypen EZFH I – MFH III (Prozentwerte auf Basis der Wohnungszahl)

Die Berechnung der Energiebilanz der Modellgebäude (Heizwärme- und Warmwasserbedarf inklusive Verteilungs- und Speicherverlusten) sowie die Hochrechnung auf den Gebäudebestand erfolgte mit einem Jahresbilanzverfahren. Dabei wurden auch detailliertere Daten, z. B. über den Zustand der Wärmeverteilung, die Häufigkeit von Solaranlagen⁷ sowie ergänzend zur Heizung eingesetzter Öfen und Kamine berücksichtigt. Bei der Ermittlung des Heizwärmebedarfs wurde angenommen, dass wärmegeämmte Gebäude ein höheres Niveau der Innentemperatur aufweisen als unsanierte Gebäude⁸. Weitere Angaben zu den Eingangsgrößen des Modells sind in Anhang I dokumentiert.

1.4 Energiebilanz des Wohngebäudebestandes 2009

Die folgenden Tabellen zeigen die Ergebnisse der Energiebilanzberechnungen für die Beheizung und Warmwasserversorgung des Wohngebäudebestandes 2009. Die Energieverbräuche sind in der Einheit TWh (Terawattstunden = Mrd. Kilowattstunden) angegeben. Der Wärme- und Energieverbrauch ist für die sechs Gebäudetypen separat aufgelistet. Die

⁷ Siehe hierzu auch Tabelle 11 auf S. 38.

⁸ Die angesetzte Differenz der Innentemperaturen zwischen ungedämmten und vollständig gedämmten Gebäuden beträgt rund 3 °C (vergleiche hierzu auch die Erläuterungen zu den Modellrechnungen in [Enseling et al. 2011].)

Endenergie bezieht sich bei Brennstoffen auf den (unteren) Heizwert (nicht auf den Brennwert).

| | EFH I | EFH II | EFH III | MFH I | MFH II | MFH III | Summe |
|-------------------------------------|--------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|--------------|
| Wärmeverbrauch in Mrd. kWh/a | | | | | | | |
| Nutzwärme Heizung | 210,9 | 42,9 | 23,9 | 113,2 | 25,6 | 9,7 | 426,2 |
| Verteilverluste Heizung | 16,7 | 4,6 | 2,9 | 12,4 | 3,5 | 1,9 | 42,0 |
| Nutzwärme Warmwasser | 19,3 | 5,6 | 5,5 | 14,5 | 4,0 | 2,4 | 51,2 |
| Verteilverluste Warmwasser | 14,0 | 3,8 | 2,8 | 8,5 | 2,1 | 1,4 | 32,6 |
| Wärmeverbrauch gesamt | 260,8 | 56,9 | 35,1 | 148,5 | 35,2 | 15,5 | 552,0 |

Tabelle 4: Wärmeverbrauch des Wohngebäudebestandes 2009 für Heizung und Warmwasser (Modellrechnungen)

| | EFH I | EFH II | EFH III | MFH I | MFH II | MFH III | Summe |
|--|--------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|--------------|
| Endenergieverbrauch Heizung in Mrd. kWh | | | | | | | |
| Fernwärme | 3,2 | 1,0 | 1,0 | 15,6 | 6,5 | 1,3 | 28,6 |
| Gas | 106,5 | 22,5 | 17,2 | 73,3 | 19,4 | 9,5 | 248,4 |
| Öl | 97,8 | 19,6 | 5,0 | 36,6 | 4,1 | 0,6 | 163,7 |
| Biomasse | 32,3 | 5,9 | 2,9 | 7,5 | 0,4 | 0,6 | 49,7 |
| Kohle | 2,2 | 0,0 | 0,0 | 0,8 | 0,0 | 0,0 | 3,0 |
| Strom | 8,0 | 2,2 | 1,4 | 3,9 | 0,9 | 0,3 | 16,7 |
| Summe | 250,0 | 51,3 | 27,5 | 137,6 | 31,4 | 12,4 | 510,2 |
| Endenergieverbrauch Warmwasser in Mrd. kWh | | | | | | | |
| Fernwärme | 0,5 | 0,2 | 0,3 | 2,2 | 1,1 | 0,4 | 4,7 |
| Gas | 16,0 | 4,9 | 5,1 | 12,0 | 3,3 | 2,8 | 44,1 |
| Öl | 12,1 | 3,6 | 1,4 | 5,0 | 0,7 | 0,2 | 22,9 |
| Biomasse | 1,3 | 0,3 | 0,2 | 0,5 | 0,0 | 0,1 | 2,5 |
| Kohle | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Strom | 5,4 | 0,8 | 0,8 | 5,1 | 1,5 | 0,5 | 14,1 |
| Summe | 35,3 | 9,7 | 7,9 | 24,8 | 6,6 | 4,0 | 88,3 |
| Endenergieverbrauch gesamt (Heizung und Warmwasser) in Mrd. kWh | | | | | | | |
| Fernwärme | 3,6 | 1,3 | 1,3 | 17,8 | 7,6 | 1,7 | 33,4 |
| Gas | 122,4 | 27,4 | 22,3 | 85,3 | 22,7 | 12,3 | 292,5 |
| Öl | 109,9 | 23,2 | 6,4 | 41,6 | 4,8 | 0,8 | 186,7 |
| Biomasse | 33,7 | 6,2 | 3,2 | 8,0 | 0,5 | 0,7 | 52,1 |
| Kohle | 2,2 | 0,0 | 0,0 | 0,8 | 0,0 | 0,0 | 3,0 |
| Strom | 13,5 | 3,0 | 2,2 | 9,0 | 2,4 | 0,8 | 30,8 |
| Summe | 285,3 | 61,0 | 35,4 | 162,4 | 37,9 | 16,4 | 598,5 |

Tabelle 5: Endenergieverbrauch des Wohngebäudebestandes 2009 für Heizung und Warmwasser (Modellrechnungen)

Endenergieverbrauch von Brennstoffen, Fernwärme und Strom, ohne Solar- und Umweltwärme. Brennstoffverbrauch bezogen auf den Heizwert.

Der Stromverbrauch beinhaltet die elektrische Energie zur Wärmeerzeugung (direkt oder durch Wärmepumpen) sowie den Hilfsstromverbrauch der Wärmeversorgung (z. B. für Umwälzpumpen, Regelung, Lüftung).

Der Primärenergieverbrauch und die CO₂-Emissionen sind Tabelle 6 dargestellt.

| Primärenergieverbrauch in Mrd. kWh/a | | CO ₂ -Emissionen in Mio. t/a | |
|--------------------------------------|--------------|---|--------------|
| Fernwärme | 28,4 | Fernwärme | 5,8 |
| Gas | 321,7 | Gas | 59,1 |
| Öl | 205,3 | Öl | 49,7 |
| Biomasse | 10,4 | Biomasse | 0,0 |
| Kohle | 3,6 | Kohle | 1,1 |
| Strom | 83,3 | Strom | 18,2 |
| Summe | 652,7 | Summe | 133,8 |

Tabelle 6: Primärenergieverbrauch (links) und CO₂-Emissionen (rechts) für die Beheizung und Warmwasserversorgung des Wohngebäudebestandes 2009 (Modellrechnungen)

Tabelle 7 zeigt den Vergleich der Modellrechnungen mit den Ergebnissen der Arbeitsgruppe Energiebilanzen AGEB (vgl. [BMW 2011]). Wie in Kapitel 1.2 wird auch hier im Hinblick auf klimabedingte jährliche Schwankungen der Vergleich mit dem Fünfjahresmittelwert 2005-2009 durchgeführt.

| | Endenergieverbrauch für Heizung und Warmwasser in Wohngebäuden | | | | |
|------------------|--|---|------------------------|--------------|--------------|
| | Energieverbrauch in TWh (Mrd. kWh) pro Jahr | | Abweichung Mrd. kWh | bezogen auf: | |
| | Arbeitsgruppe Energiebilanzen Mittelwerte 2005-2009 | Hochrechnung 2009 vorläufiges Ergebnis | | Einzelwerte | Gesamtwert |
| Fernwärme | 43 | 33 | -10 | -23% | -1,71% |
| Gas | 272 | 292 | 20 | 7% | 3,44% |
| Öl | 171 | 187 | 16 | 9% | 2,71% |
| Biomasse | 59 | 52 | -6 | -11% | -1,09% |
| Kohle | 11 | 3 | -8 | -72% | -1,32% |
| Strom* | 34 | 31 | -3 | -9% | -0,53% |
| Summe | 590 | 598 | 9 | 2% | 1,51% |

*Strom zur Wärmeerzeugung (AGEB: Schätzung auf Basis 2008)

Tabelle 7: Vergleich der Modellrechnungen (Hochrechnung 2009) mit den Daten der Arbeitsgruppe Energiebilanzen AGEB (Mittelwerte 2005-2009)

Es ist zu erkennen, dass Modellrechnungen eine zufriedenstellende Übereinstimmung mit den Bilanzen der AGEB liefern. Die Abweichungen bei den wichtigsten Energieträgern Gas und Öl liegen unter 10 %. Andere Werte sind etwas höher (z. B. 23 % bei der Fernwärme⁹). Bezieht man die Abweichungen auf den Gesamtwert des Endenergieverbrauchs von laut AGEB 590 TWh, so liegen alle Abweichungen unter 5 %. Beim Gesamtwert beträgt die Differenz etwa 1,5 % (598 TWh gegenüber 590 TWh).

⁹ Die noch höhere prozentuale Abweichung bei der Kohle (72 %) fällt aufgrund von deren sehr geringem Gesamtbeitrag nicht ins Gewicht.

1.5 Annahmen zur Entwicklung der Wohnfläche

Wesentlich für die Berechnung ist unter anderem die Entwicklung von Abriss und Neubau im Bereich der Wohngebäude. Hier werden folgende Annahmen getroffen¹⁰:

- Es werden Abrissraten von knapp 0,2 %/a bei den Ein-/Zweifamilienhäusern (EZFH) und von 0,3 %/a bei den Mehrfamilienhäusern (bezogen auf den Wohngebäudebestand 2009) angesetzt¹¹. Diese Zahlen basieren auf dem Wohnungsmarktbericht 2006 des BBSR. Es wird bei diesem Ansatz angenommen, dass die Abrissraten, die sich aus den in der Bautätigkeitsstatistik vermeldeten Abgängen ergäben, deutlich zu niedrig sind: Diese lägen insgesamt in einer Größenordnung von nur 0,07 %/a¹².
- Es wird davon ausgegangen, dass der Abriss in der ersten Baualtersklasse (Baujahre bis 1978) stattfindet¹³.
- Für die Jahre 2010 – 2012 wird ein jährlicher Neubau von 140.000 Wohnungen angenommen. Dieser Wert entspricht in der Größenordnung den Zahlen der Bautätigkeitsstatistik der vergangenen Jahre (gerundeter Mittelwert 2008 – 2010). Er liegt deutlich unterhalb des vom BBSR erwarteten Bedarfs von 180.000 Wohnungen pro Jahr. Für die Jahre 2013 – 2020 wird daher ein Neubauvolumen von 195.000 Wohnungen pro Jahr angesetzt, das diese verminderten Werte wieder kompensiert, so dass der Mittelwert der Jahre 2010 – 2020 die erwarteten 180.000 Wohnungen pro Jahr erreicht. In der Folgezeit (2021 – 2050) wird in den Szenarienuntersuchungen ein aufgrund des einsetzenden demografischen Wandels reduzierter Wert von 120.000 Wohnungen pro Jahr angenommen.
- Es wird davon ausgegangen, dass zwei Drittel der Wohnungen in Ein-/Zweifamilienhäusern und ein Drittel der Wohnungen in Mehrfamilienhäusern entstehen. Dies entspricht sehr grob gesprochen den Verhältnissen der letzten Jahre¹⁴.

¹⁰ Die Ansätze sind hier konstant gehalten. Parametervariationen werden in Kapitel 6.5 durchgeführt.

¹¹ Die mittlere auf die Wohnfläche des Gebäudebestandes 2009 bezogene Rate beträgt damit rund 0,23 %/a.

¹² Zum Vergleich: Im Rahmen der „Datenbasis Gebäudebestand“ wurde für rund 0,75 % der Bestandsgebäude angegeben, dass diese wahrscheinlich innerhalb von 5 Jahren nicht mehr genutzt oder abgerissen würden. Dies wären umgerechnet 0,15 %/a.

¹³ Die Abrissraten sind innerhalb dieser Klassen entsprechend höher. Sie betragen 0,29 %/a für die EZFH mit Baujahr bis 1978 und 0,44 %/a für die MFH mit Baujahr bis 1978.

¹⁴ Mittelwert 2008-2010: 63 % der Wohnungen in EZFH, 37 % in MFH laut Bautätigkeitsstatistik.

- Die Aktivierung von Bestandsflächen, d.h. die Schaffung neuer Wohnflächen im Gebäudebestand wird hier nicht gesondert berücksichtigt. Angesichts der Unsicherheiten im Hinblick auf Neubau- und Abrissraten erscheint diese Vereinfachung gerechtfertigt.

Abbildung 3 zeigt die angenommene Entwicklung der Wohnfläche. Ausgehend von 3,415 Mrd. m² Wohnfläche reduziert sich der Gebäudebestand des Jahres 2009 durch jährlichen Abriss von 7,9 Mio m²/a auf ca. 3,09 Mrd m² im Jahr 2050 (also auf ca. 90 % des Ausgangswerts 2009). Gleichzeitig kommen durch Neubau 16,3 Mio m²/a (bis 2012), 21 Mio m²/a (2013-2020) bzw. 14 Mio m²/a (2021-2050) hinzu. Die gesamte Neubaufäche summiert sich 2009-2050 zu einem Wert von rund 0,64 Mrd m² auf, so dass sich im Jahr 2050 eine Gesamtwohnfläche in Wohngebäuden von 3,73 Mrd m² ergibt (davon etwa 17 % Neubaufäche seit 2009).

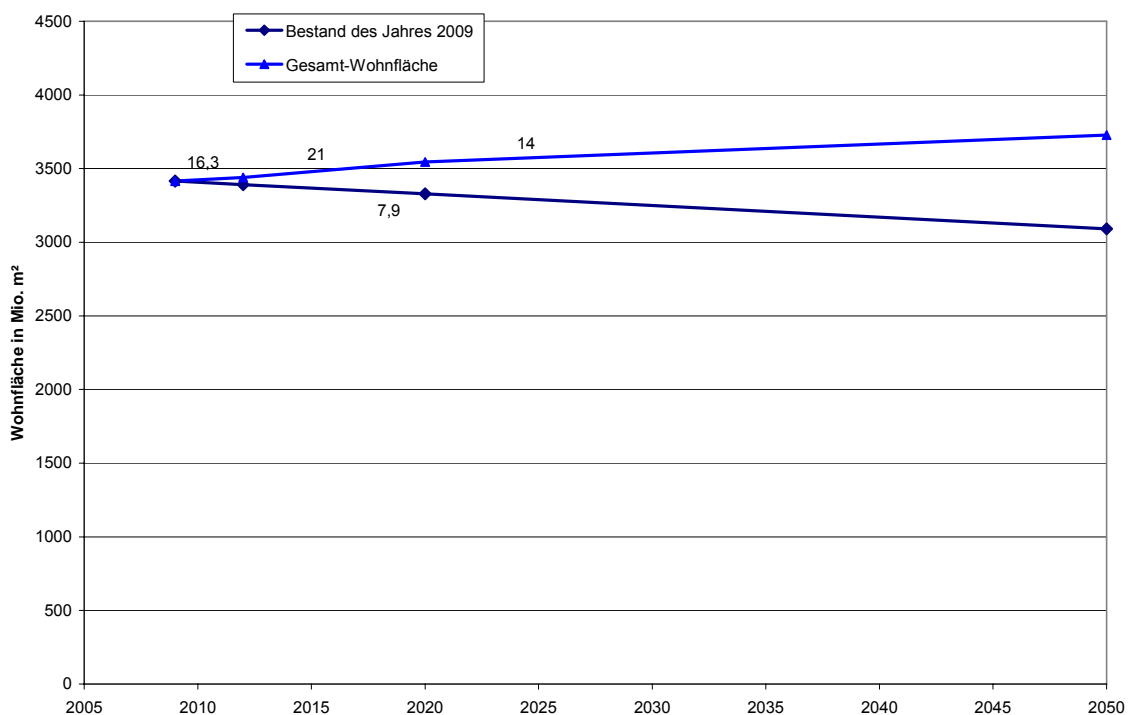


Abbildung 3: Annahmen zur Entwicklung der Wohnfläche in deutschen Wohngebäuden
Zahlenangaben an den Kurven: Zubau bzw. Abgang in Mio m²/a

2 Diskussion der Ziele des Energiekonzepts im Wohngebäudesektor

2.1 Überblick über die Ziele

Das Energiekonzept der Bundesregierung von 2010 sieht die folgenden Ziele für die Steigerung der Energieeffizienz im Gebäudesektor vor:

- Primärenergiebedarf Neubau: Ab 2020 klimaneutrale Neubauten (auf Basis primärer energetischer Kennwerte)
- Primärenergiebedarf Gebäudebestand: Erreichung eines nahezu klimaneutralen Gebäudebestands bis 2050, dazu ist eine Minderung des Primärenergiebedarfs um 80 % gegenüber dem Jahr 2008 angestrebt¹⁵.
- Wärmebedarf Gebäudebestand: Reduzierung des Wärmebedarfs im Gebäudebestand bis 2020 um 20 % gegenüber 2008.
- Sanierungsrate Gebäudebestand: Verdopplung der energetischen Sanierungsrate für den Gebäude-Wärmeschutz von derzeit jährlich etwa 1 % auf 2 % des gesamten Gebäudebestandes.
- Ein sektorspezifisches Ziel für die Reduktion von Treibhausgasen im Gebäudebereich ist im Energiekonzept der Bundesregierung nicht enthalten. Allerdings besteht ein sektorübergreifendes, deutschlandweites Ziel der Reduzierung der Treibhausgasemissionen bis 2020 um 40 % und bis 2050 um 80 %, jeweils bezogen auf das Basisjahr 1990. Eine Übertragung dieses Ziels auf den Gebäudesektor wird hier auf Basis der CO₂-Emissionen ebenfalls geprüft.

2.2 Zielgröße Primärenergiebedarf

Ein wesentlicher Ansatz des Energiekonzepts ist die Beschreibung klimapolitischer Ziele über die im Gebäudesektor eingeführte Größe Primärenergie. Betrachtet wird hier der nicht-erneuerbare Anteil des Primärenergieverbrauchs¹⁶.

¹⁵ Das Basisjahr 2008 wurde hier in Abstimmung mit BMVBS und BBSR als Ansatz für die Untersuchungen im vorliegenden Projekt gewählt. Im Energiekonzept ist das Basisjahr für den Primärenergiebedarf und den Wärmebedarf (s. nächster Punkt) nicht explizit genannt.

¹⁶ Wie in den Abschnitten des Energiekonzepts, die sich auf den Gebäudesektor beziehen, wird hier die Bezeichnung „Primärenergiebedarf“ verwendet. Dies erfolgt in Abgrenzung zu anderen Abschnit-

Für die Erreichung eines „klimaneutralen“ Gebäudebestandes soll der Primärenergiebedarf um 80 % gegenüber dem Jahr 2008 gesenkt werden¹⁷.

Nach den Modellrechnungen des IWU betrug der **Primärenergiebedarf für Heizung und Warmwasserbereitung von deutschen Wohngebäuden im Jahr 2008 rund 660 TWh**. Eine Reduzierung um 80 % entspricht einem **Zielwert des Primärenergiebedarf von ca. 130 TWh für das Jahr 2050**¹⁸.

Angesichts von 3,73 Mrd. m² angenommener Wohnfläche im Jahr 2050 ergibt dies einen Durchschnittswert von 35 kWh/m²_{AWa} (bezogen auf die Wohnfläche A_W). Im Rahmen der EnEV ist der Bezug auf die Gebäudenutzfläche A_N gebräuchlich, die in der Regel deutlich größer ist als die Wohnfläche. Genaue statistische Daten für eine Umrechnung liegen nicht vor, verschiedene Auswertungen des IWU deuten darauf hin, dass das durchschnittliche Verhältnis A_N/A_W im Neubau wahrscheinlich in einem Bereich von etwa 1,25 bis 1,35 liegt. Setzt man überschlägig den Wert 1,30 an¹⁹, so ergibt sich ein **durchschnittlicher Zielwert für den nutzflächenspezifischen Primärenergiebedarf von ca. q_P = 27 kWh/m²_{ANA}**.

Überträgt man diesen Wert eines über die Primärenergie definierten klimaneutralen Gebäudebestandes im Jahr 2050 auf das Ziel, ab 2020 nur noch klimaneutrale Neubauten zu errichten, so lässt sich hier schlussfolgern, dass der Primärenergiebedarf dieser Neubauten nicht mehr als 27 kWh/m²_{ANA} betragen darf.

ten des Energiekonzepts, in denen in dem Begriff „Primärenergieverbrauch“ gegebenenfalls auch der erneuerbare Anteil (also der Beitrag erneuerbarer Energieträger) mit eingeschlossen sein kann. Mit der häufig im Zuge der Energieberatung oder beim Energieausweis getroffenen Unterscheidung zwischen „Energieverbrauch“ (= gemessener Wert) und „Energiebedarf“ (= berechneter Wert) hat diese Wortwahl nichts zu tun. Es ist also zu beachten, dass solche Sprachregelungen immer vom Kontext abhängig sind. Im allgemeinen Sprachgebrauch bezeichnen Energieverbrauch und Energiebedarf häufig die selbe Sache, sie sind in anderen Zusammenhängen also auch als Oberbegriffe zu verstehen.

¹⁷ Die Bezeichnung „klimaneutral“ wird hier gemäß dieser Definition aus dem Energiekonzept verwendet. Die Frage, ob eventuell noch weitergehende Klimaschutzziele anzustreben wären und ob man unter dem Begriff klimaneutral „im eigentlichen Sinne“ nicht auch eine vollständige Vermeidung von Treibhausgasemissionen verstehen könnte, wird hier nicht weiter berücksichtigt.

¹⁸ Die Übersetzung der Ziele des Energiekonzepts in konkrete Zahlenwerte für den Energieverbrauch bzw. die CO₂-Emissionen erfolgt hier vor dem Hintergrund der Modellrechnungen des IWU. Diese Absolutwerte sind daher nicht beliebig verallgemeinerbar.

¹⁹ Diese pauschal vereinfachende Umrechnung wird hier im Neubau durchgängig angesetzt, wenn die Gebäudenutzfläche A_N bzw. der auf A_N bezogene Primärenergiebedarf ermittelt wird. Grundsätzlich wurde in allen Analysen zunächst immer die Wohnfläche A_W betrachtet, die ja auch in den Statistiken (z. B. der Bautätigkeitsstatistik) erfasst wird.

Mit dem Niveau des von der KfW geförderten Effizienzhauses 40 (definiert auf Basis der EnEV 2009) wird dieser Standard knapp erreicht²⁰. Das Effizienzhaus 40 gibt damit zumindest grob und als vorläufiger Ansatz die Zielrichtung für den im Jahr 2020 zu erreichenden Neubaustandard vor.

2.3 Zielgröße CO₂-Emissionen

Als Treibhausgasemissionen werden in der vorliegenden Untersuchung die reinen CO₂-Emissionen fossiler Brennstoffe (ohne Berücksichtigung von CO₂-Äquivalenten anderer Treibhausgase) in den Gebäuden selbst angesetzt sowie die reinen CO₂-Emissionen fossiler Brennstoffe, die direkt in Kraftwerken, Heizkraftwerken oder Heizwerken bei der Erzeugung von Strom und Fernwärme entstehen, die in den betrachteten Gebäuden für die Wärmeversorgung verwendet werden (inklusive Hilfsstrom der Wärmeversorgung und Lüftung, ggf. auch Stromverbrauch zur Beleuchtung und Klimatisierung, aber ohne sonstige Stromanwendungen). Weitere Vorketten, z. B. CO₂-Emissionen bei der Herstellung von Gebäuden und Anlagen oder zur Gewinnung von Energieträgern im In- und Ausland werden in dieser Betrachtung nicht berücksichtigt.

Die CO₂-Emissionen des Jahres 1990 für die Wärmeversorgung von Wohngebäuden (Heizung und Warmwasser) lassen sich zu einem Wert von 170 Mio Tonnen abschätzen. Überträgt man das Ziel einer 40prozentigen Reduktion bis 2020 und einer 80prozentigen Reduktion bis 2050 auf diesen Sektor, so ergeben sich folgende **Zielwerte für die CO₂-Emissionen bei der Wärmeversorgung der deutschen Wohngebäude: 102 Mio t/a im Jahr 2020 und 34 Mio t/a im Jahr 2050.**

Vor diesem Hintergrund lässt sich auch überprüfen, ob das für den Primärenergiebedarf formulierte Ziel von 130 TWh/a im Jahr 2050, das ja zu einem klimaneutralen Gebäudebestand führen soll, mit dem CO₂-Emissionsziel kompatibel ist. Bei Betrachtung der für die Beheizung gebräuchlichen fossilen Brennstoffe Erdgas bzw. Heizöl liegen die direkten Emissionen in Kilogramm CO₂ pro Kilowattstunde Primärenergie bei 0,184 kg/kWh_{PE} (Erdgas) bzw. 0,242 kg/kWh_{PE} (Heizöl). Beim Energieträger Strom werden die spezifischen Emissio-

²⁰ Primärenergie-Grenzwerte der EnEV 2009 ergeben sich nach dem Referenzgebäudeansatz, verbindliche Mittelwerte lassen sich daher nicht ohne Weiteres angeben. Je nach Gebäude ergeben sich typischerweise Grenzwerte im Bereich von etwas über 60 bis 80 kWh/m²_{ANA} (IWU-Studie zur EnEV-Evaluation, noch unveröffentlicht). Untersuchungen einer Stichprobe von KfW-Antragstellern ergaben ein über A_N gewichteten mittleren EnEV-Grenzwert von knapp 70 kWh/m²_{ANA}. Zur Erreichung des Effizienzhaus 40 dürfen 40 % dieses Wertes (also 28 kWh/m²_{ANA}) nicht überschritten werden.

Dabei ist hier auch unterstellt, dass der reale Primärenergieverbrauch dem vorher berechneten (für den Nachweis des Standards ausschlaggebenden) Primärenergiebedarf entspricht bzw. ihn zumindest nicht überschreitet. Auch dies wäre in der Praxis noch genauer zu überprüfen.

nen insbesondere vom verwendeten Brennstoffmix bestimmt. Der Wert liegt gegenwärtig bei ungefähr 0,22 kg/kWh_{PE}. Bei allen denkbaren Kombinationen dieser Energieträger würden daher im Fall eines Primärenergiebedarfs von 130 TWh/a die CO₂-Emissionen zwischen 24 Mio t/a bzw. 31,5 Mio t/a, also unter dem Zielwert von 34 Mio t/a liegen. Im Fall des elektrischen Stroms sind allerdings zukünftig Veränderungen denkbar, insbesondere durch den Ausstieg aus der Kernenergie auch eine zumindest kurzfristige Zunahme des Verhältnisses von CO₂-Emissionen zum Primärenergieeinsatz bei diesem Energieträger.

Eine Übersetzung der Klimaschutzziele in die Kenngröße „Primärenergie“ - wie im Energiekonzept vorgesehen und z. B. durch Ansatz des Primärenergiebedarfs in der Energieeinsparverordnung praktiziert – erscheint also grundsätzlich möglich. Die Entwicklung der Treibhausgasemissionen ist dabei aber immer parallel mitzubetrachten.

2.4 Zielgröße Wärmebedarf

Nach den Modellrechnungen betrug der Wärmebedarf der deutschen Wohngebäude im Jahr 2008 etwa 556 TWh. Darin enthalten sind der Nutzwärmebedarf für Heizung („Heizwärmebedarf“) und Warmwasser sowie die Verteilungs- und Speicherverluste der Heizung und des Warmwassersystems innerhalb der Gebäude²¹. Bis 2020 soll eine Einsparung von 20 % erreicht werden. Daraus folgt, dass der zu betrachtende **Zielwert für den Wärmebedarf der deutschen Wohngebäude im Jahr 2020 445 TWh beträgt**.

In diesem Zusammenhang ist zu beachten, dass im Energiekonzept keine genauere Definition des Begriffs „Wärmebedarf“ gegeben ist und neben der obigen Definition, die sich – was ohne weitere Angaben nahe liegt – auf den Gesamt-Wärmebedarf des Gebäudes bezieht, auch andere Sichtweisen denkbar wären, z. B. die Betrachtung des um die Wärmelieferung von thermischen Solaranlagen reduzierten Netto-Wärmebedarfs oder des Heizwärmebedarfs (vgl. dazu Abschnitt 5.6).

2.5 Zielgröße energetische Sanierungsrate

Energetische Sanierungsraten sind zunächst einmal bauteil- bzw. komponentenweise unterschiedlich: Die Praxis zeigt, dass Bestandsgebäude zumeist nur teilweise und nicht umfassend energetisch modernisiert werden und dass die Umsetzungsraten dabei je nach betrachteten Komponenten sehr verschieden sind. Die Zusammenfassung zu einem pauschalisierenden Gesamtwert ist dennoch sinnvoll und möglich, wenn hier allein der Wärmeschutz der Gebäudehülle (ohne Anlagentechnik) betrachtet wird²².

²¹ Wie im Fall der Primärenergie lehnt sich der Begriff „Wärmebedarf“ an die Wortwahl im Energiekonzept an. Die Bezeichnung „Wärmeverbrauch“ wäre hier grundsätzlich ebenfalls möglich.

²² Dies ist offensichtlich bei der im Energiekonzept genannten energetischen Sanierungsrate der Fall, die dort in direktem Zusammenhang mit dem Ziel der Wärmebedarfsreduzierung erwähnt wird. Auch

In der vorliegenden Untersuchung werden die folgenden Definitionen verwendet:

Die energetischen Sanierungsraten (bzw. Modernisierungsraten) von Einzelbauteilen werden berechnet, indem die gesamte Fläche des jeweiligen Bauteils (z. B. der Außenwand), die in dem betrachteten Jahr von Wärmeschutzmaßnahmen betroffen ist, durch die gesamte Fläche dieses Bauteils im Gebäudebestand (also hier durch die gesamte Außenwandfläche im Bestand) geteilt wird.

Dementsprechend wird die jährliche energetische Sanierungsrate für den Wärmeschutz des Gebäudebestandes, auf die das Energiekonzept abzielt, wie folgt berechnet: Es wird die Gesamtfläche der Bauteile, an denen in dem betrachteten Jahr Wärmeschutzmaßnahmen durchgeführt werden, durch die gesamte thermische Hüllfläche des Gebäudebestandes (d.h. die Gesamtfläche von Außenwänden, Dächern bzw. Obergeschossdecken, Erdgeschossfußböden bzw. Kellerdecken und Fenstern) dividiert.

Zudem werden folgende Bedingungen festgelegt:

- Es werden nur Wärmeschutz-Modernisierungsmaßnahmen betrachtet, die in Gebäuden mit Baujahr bis 2009 durchgeführt werden. Die Möglichkeit, dass zukünftig gelegentlich auch Wärmeschutz-Modernisierungsmaßnahmen in ab 2010 errichteten Neubauten durchgeführt werden, wird weder bei der Definition der Modernisierungsraten noch bei den durchgeführten Szenarienrechnungen berücksichtigt.
- Die Bauteilflächen, auf die sich die energetischen Sanierungsraten beziehen (die also jeweils im Nenner stehen), sind die Bauteilflächen des Gebäudebestandes 2009. Dieser Wert wird auch bei Betrachtung zukünftiger Sanierungsraten konstant gehalten, d.h. die Veränderung des Gebäudebestandes durch Abriss bzw. Neubau wird an dieser Stelle nicht berücksichtigt. Gleiche Sanierungsraten stehen daher immer auch für gleiche Absolutwerte der pro Jahr energetisch modernisierten Bauteilfläche²³.

liegt der genannte Ausgangswert von „jährlich etwa 1 %“ in der Größenordnung der Zahlen, die für die aktuellen Raten bei der Wärmedämmung der Gebäudehülle genannt werden (vgl. Datenbasis Gebäudebestand).

Da die Erhöhung des Wärmeschutzes nicht immer gleichzeitig mit einer „Sanierung“ (also einer Instandsetzungsmaßnahme) erfolgt, wohl aber immer eine „Modernisierung“, d. h. eine Verbesserung des Gebäudes mit sich bringt, wird in den folgenden Kapiteln häufig auch von energetischen Modernisierungsraten statt energetischen Sanierungsraten gesprochen. Es ist aber das Gleiche gemeint.

²³ Dieser Ansatz gilt entsprechend, wenn Teilmengen des Gebäudebestandes betrachtet werden, z. B. die jährliche Rate der Wanddämmung für Mehrfamilienhäuser mit Baujahr bis 1978 angegeben wird. Die Rate bezieht sich in diesem Fall auf die Außenwandfläche aller bis 1978 errichteten Mehrfamilienhäuser, die im Gebäudebestand 2009 vorhanden waren. Dies gilt z. B. auch dann, wenn die Rate für das Jahr 2020 angegeben wird, in dem natürlich ein gewisser Anteil der Mehrfamilienhäuser (mit Baujahr bis 1978), die 2009 noch vorhanden waren, bereits abgerissen ist.

Im Sinne einer möglichst einfachen und verallgemeinerungsfähigen Definition der energetischen Gesamt-Sanierungsrate wurde hier auf eine zusätzliche Berücksichtigung der nach Bauteilen unterschiedlichen flächenbezogenen Energieeinsparungen verzichtet, d. h. die Gewichtung der Einzelbauteile bei der Ermittlung des Gesamtwertes hängt nur von den Flächenrelationen ab²⁴.

Auf dieser Grundlage errechnet sich die energetische Sanierungsrate der vergangenen Jahre (Mittelwert 2005 – 2009) zu einem Wert von 0,79 %/a²⁵ bzw. gerundet 0,8 %/a. **Der im Energiekonzept festgelegte Zielwert der energetischen Sanierungsrate von 2 %/a** entspricht damit einer Erhöhung um den Faktor 2,5, während die ebenfalls genannte **Verdopplung der Rate zu einem Wert von 1,6 %/a** führen würde. Da die beiden Zielwerte nicht genau zusammenfallen, wird hier im entsprechenden Kontext der **Mittelwert von 1,8 %/a** angesetzt.

In diesem Zusammenhang ist ohnehin zu beachten, dass die energetische Sanierungsrate kein eigentliches klimapolitisches Ziel darstellt, sondern vor allem „Mittel zum Zweck“ ist, um die übergeordneten Ziele des Energiekonzepts zu erreichen. Insofern ist in den folgenden Untersuchungen auch zu prüfen, mit welchen energetischen Sanierungsraten – auch unter Berücksichtigung der Unterschiede zwischen den einzelnen Gebäudebauteilen – diese übergeordneten Ziele tatsächlich erreicht werden können. Auch die Maßnahmentiefe, d. h. die Qualität der Wärmeschutzmaßnahmen, spielt dabei eine Rolle.

²⁴ Die hier verwendeten energetischen Sanierungsraten unterscheiden sich daher z. B. von der Definition im Bericht zur „Datenbasis Gebäudebestand“ bei der die Gewichtung auch von der unterschiedlichen Energieeinsparung der Bauteile abhängt. Zum Beispiel wird durch die dort angegebenen Gewichtungsfaktoren zusätzlich berücksichtigt, dass eine Kellerdeckendämmung bei gleicher Fläche weniger Energie einspart als eine Außenwanddämmung. Zur Definition einer solchen mit der Energieeinsparung gewichteten energetischen Sanierungsrate sind zusätzliche Annahmen und auch Vereinfachungen zu treffen. Entsprechende Kennwerte, die im Einklang mit der Definition im Bericht „Datenbasis Gebäudebestand“ definiert sind, werden an einigen Stellen in Fußnoten als Zusatzinformation angegeben.

²⁵ Die zusätzlich mit der Energieeinsparung gewichtete Rate läge mit 0,84 %/a geringfügig höher, grob gerundet aber ebenfalls bei 0,8 %/a.

3 Szenarienberechnungen für den Neubau

Unter dem Begriff Neubau werden hier alle Gebäude mit Baujahr ab 2010 zusammengefasst. Die angenommene Entwicklung der Zahl von Wohnungen und Wohnflächen im Neubau ist in Kapitel 1.5 beschrieben.

3.1 Trendszenario

Für die Trendanalyse werden zwei energetische Standards unterschieden:

- EnEV Ist: Gebäude, die gemäß EnEV 2009 errichtet werden, ohne dabei einen besonderen Energiesparstandard zu erreichen. Der Wärmeschutz wurde hier entsprechend dem Referenzgebäude der EnEV festgelegt. Zur Ermittlung der Anteile unterschiedlicher Wärmeversorgungssysteme wurden Analysen mit der Datenbasis Gebäudebestand durchgeführt. Hierfür wurden ab 2005 errichtete Gebäude ausgewertet, die keine Förderung erhalten haben.
- KfW Ist: Gebäude, die einem mittleren Niveau der KfW-Neubauförderung der letzten Jahre (ca. ab 2006) entsprechen.

Angesichts der aktuell hohen Inanspruchnahme von KfW-Mitteln (2010 entsprach die Zahl der geförderten Wohnungen rund der Hälfte der Zahl der entsprechenden Baugenehmigungen) wird für die Trendanalyse („Trend“) der Anteil der Fälle „EnEV Ist“ und „KfW Ist“ am Neubau zu je 50 % angesetzt. Es wird also davon ausgegangen, dass die Förderanteile auch in Zukunft gehalten werden bzw. die entsprechenden Gebäudequalitäten auf anderem Wege erreicht werden können. Der Fall „EnEV Ist“ wird im Sinne einer pessimistischen Variante (ohne Förderung, ohne EnEV-Fortschritt) separat betrachtet.

3.2 Zielszenario 2020

Es wird hier angenommen, dass das Ziel, ab 2020 ein klimaverträgliches Niveau, d. h. ungefähr den Effizienzhaus 40-Standard zu erreichen (s. Abschnitt 2.2), schrittweise realisiert wird. Dabei werden folgende Etappen angesetzt:

- Bis Ende 2012: wie Trendszenario
- 2013-2017: EnEV-Verschärfung um 20 % und Weiterführung einer verbesserten KfW-Förderung mit insgesamt folgender Aufteilung der Neubauten:
 - 50 % der Fälle: EnEV - 20 % (ca. 20 % besser als „EnEV Ist“)
 - 25 % der Fälle: bisherige KfW-Standards („KfW Ist“)
 - 25 % der Fälle: Förderung des Effizienzhauses 40 („EH 40“)

- 2018-2020: Weitere Verschärfung der EnEV und / oder Ausweitung der Förderung, so dass sich folgende Aufteilung der Neubauten ergibt:
 - 50 % der Fälle: bisherige KfW-Standards („KfW Ist“)
 - 50 % der Fälle: Effizienzhaus 40 („EH 40“)
- ab 2021 (bzw. Jahresende 2020) klimaneutraler Neubau:
 - 100 % der Fälle: Effizienzhaus 40 („EH 40“)

3.3 Ergebnisse der Neubauszenarien

Abbildung 4 zeigt zunächst den spezifischen Primärenergiebedarf der verschiedenen Neubaustandards im Vergleich. Gegenüber dem aktuellen Trendwert mit $57 \text{ kWh/m}^2_{\text{ANA}}$ müsste der Primärenergieeinsatz ungefähr halbiert werden, um ab 2020 den langfristigen Zielwert von ca. $27 \text{ kWh/m}^2_{\text{ANA}}$ zu erreichen. In Abbildung 5 bis Abbildung 7 sind die Verläufe der jährlichen Werte des Wärmebedarfs, des Primärenergiebedarfs und der CO_2 -Emissionen für die drei Fälle „EnEV Ist“, Trendszenario und Zielszenario 2020 dargestellt.

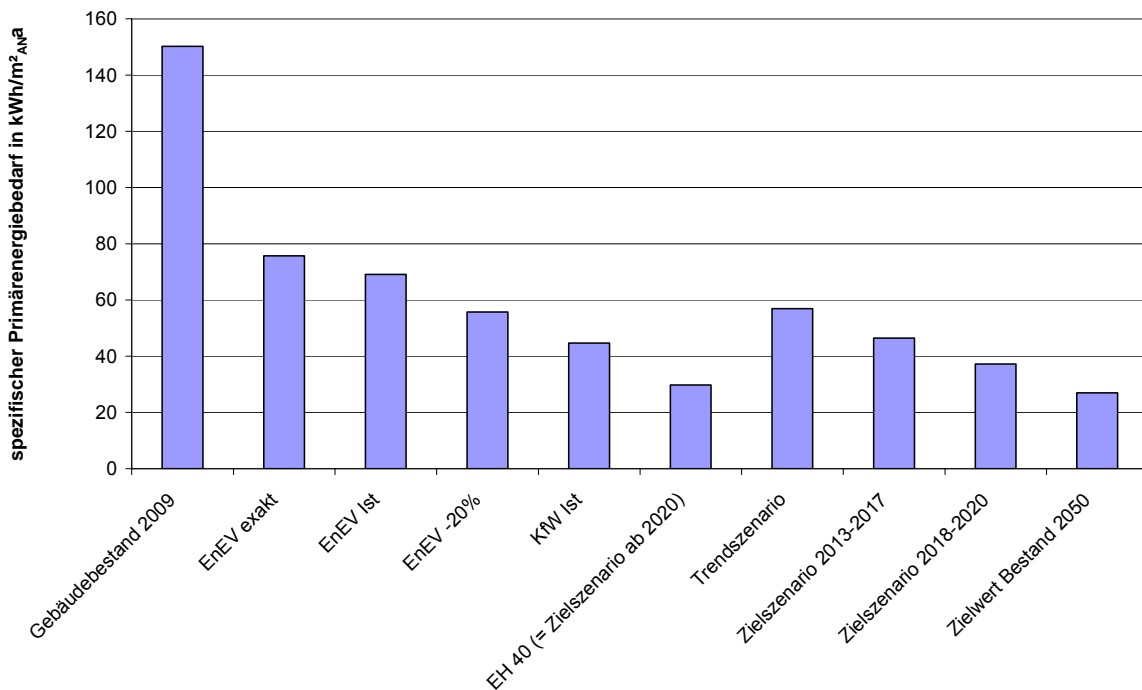


Abbildung 4: Jährlicher spezifischer (auf die Gebäudenutzfläche A_N bezogener) Primärenergiebedarf für verschiedene Neubaustandards und Neubauszzenarien
zum Vergleich:
Mittelwert des Gebäudebestands 2020, Zielwert für den Gebäudebestand 2050 u.
„EnEV exakt“: Genaue Einhaltung des Primärenergiebedarfs der EnEV 2009²⁶

²⁶ Der Fall „EnEV Ist“ wurde nicht auf eine „punktgenaue“ Einhaltung der EnEV-Vorgaben für die Primärenergie hin ausgerichtet, sondern basiert unter anderem auf statistischen Analysen mit der Datenbasis Gebäudebestand über den (nicht geförderten) Neubau der vergangenen Jahre. Beispielsweise wurde bei der Beheizung ein Biomasseanteil von 12 % berücksichtigt. Aus diesen Gründen wird im Fall „EnEV Ist“ der Primärenergiegrenzwert der EnEV („EnEV exakt“) nicht genau getroffen, sondern um knapp 10 % unterschritten.

Auch der Fall „EH 40“, d. h. das Effizienzhaus 40, basiert auf Modellgebäudeanalysen, so dass auch hier der Primärenergiebedarf einerseits nicht genau 40 % des jeweiligen EnEV-Grenzwerts beträgt (sondern noch geringfügig darunter liegt) und andererseits der 2050er Zielwert von 27 kWh/m²_{ANA} nicht exakt eingehalten, sondern leicht überschritten wird (s. Abbildung).

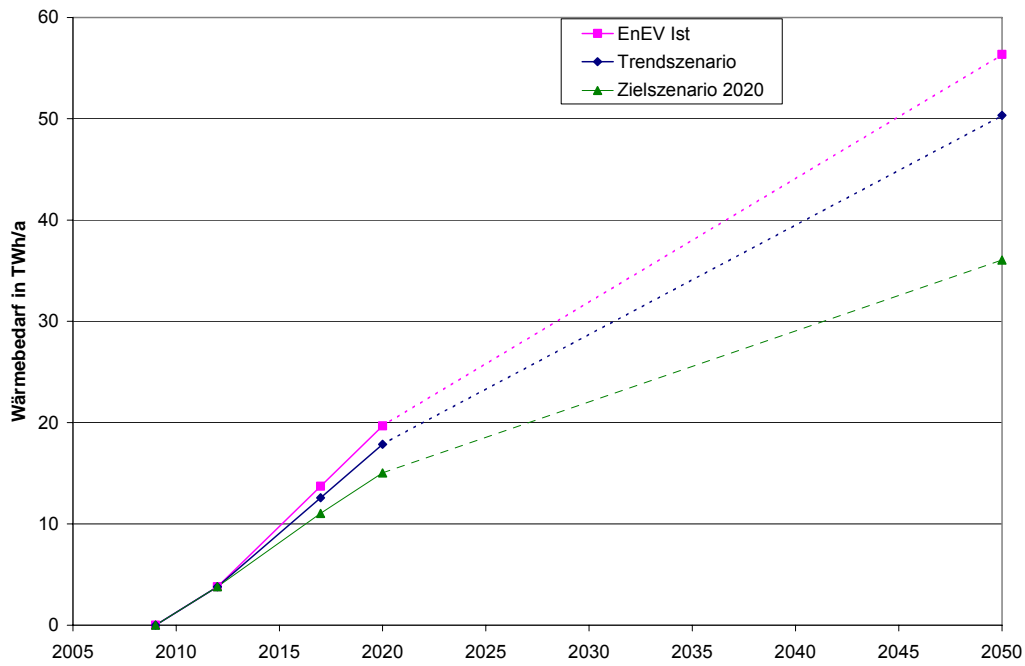


Abbildung 5: Entwicklung des Wärmebedarfs für verschiedene Neubauszenarien

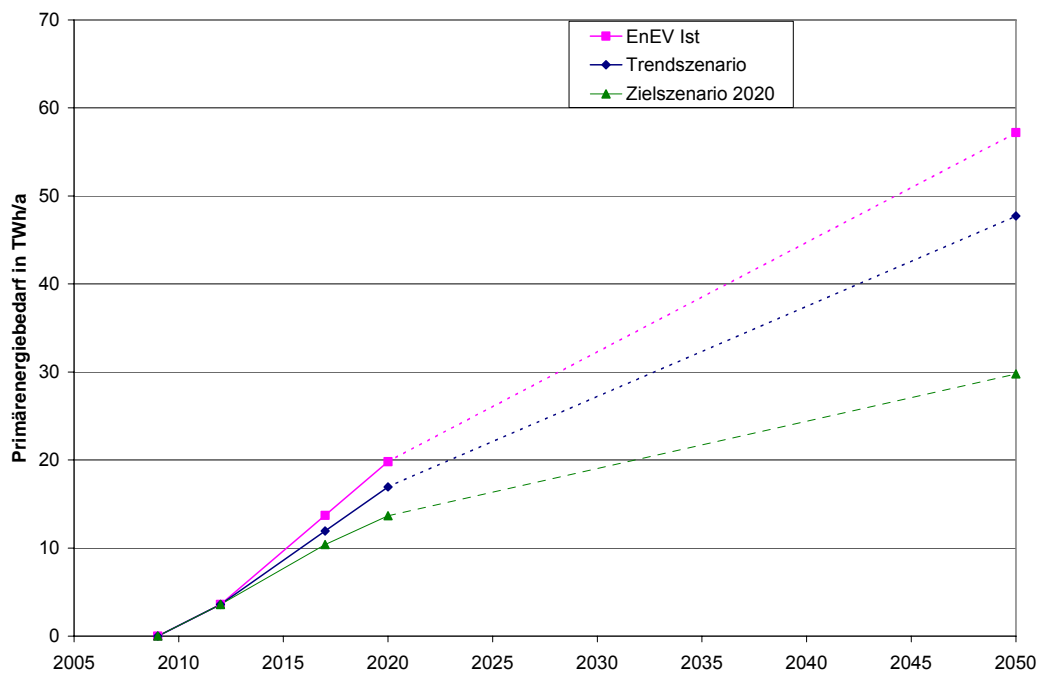


Abbildung 6: Entwicklung des Primärenergiebedarfs für verschiedene Neubauszenarien

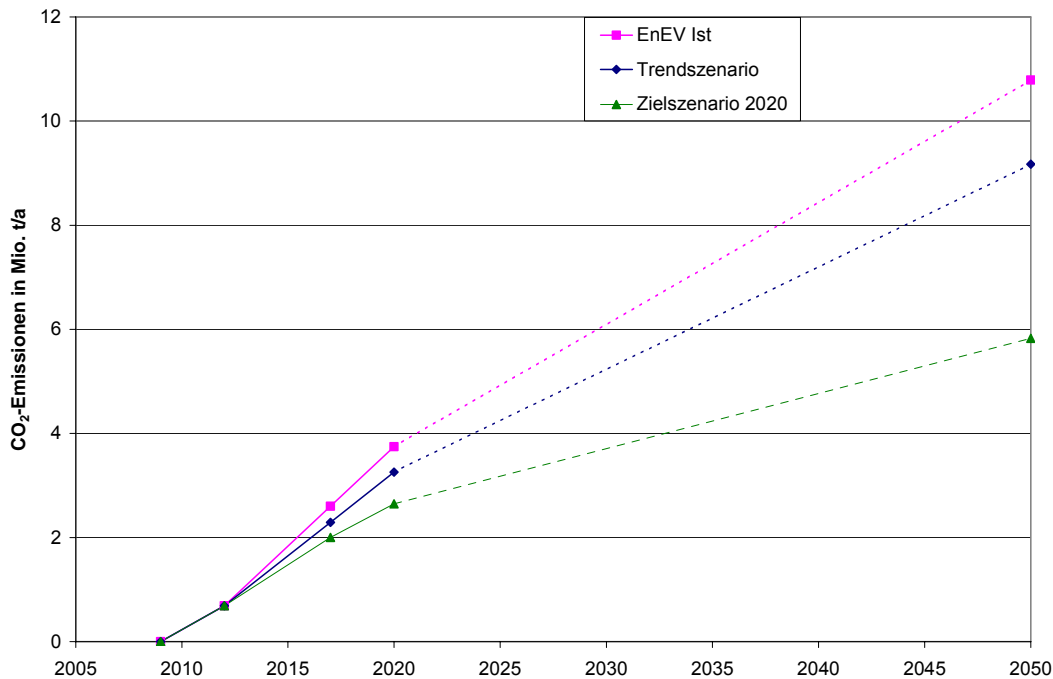


Abbildung 7: Entwicklung der CO₂-Emissionen für verschiedene Neubauszenarien 2010 - 2050

Tabelle 8 fasst die Ergebnisse für das Jahr 2020 zusammen. So errechnet sich zum Beispiel der Primärenergiebedarf des seit 2010 errichteten Neubaus im Trendszenario zu einem Wert von 16,9 TWh/a. Er liegt damit um rund 15 % unter der Variante „EnEV Ist“ mit 19,8 TWh/a aber 23 % höher als das Ergebnis des Zielszenarios mit 13,7 TWh/a.

| Kennwerte des Neubaus der Jahre 2010 - 2020 im Jahr 2020 | | | | |
|--|---------|------------|---------------|-------------------|
| | | "EnEV Ist" | Trendszenario | Zielszenario 2020 |
| Wärmebedarf | TWh/a | 19,7 | 17,9 | 15,0 |
| Primärenergiebedarf | TWh/a | 19,8 | 16,9 | 13,7 |
| CO ₂ -Emissionen | Mio t/a | 3,7 | 3,3 | 2,6 |

Tabelle 8: Ergebnisse der Neubauszenarien für das Jahr 2020

Im Fall einer Fortschreibung bis zum Jahr 2050 ergibt sich für das Trendszenario ein Primärenergiebedarf von 48 TWh/a. Dies entspräche 37 % des Gesamtzielwerts von 130 TWh/a für den Gebäudebestand des Jahres 2050 (s. Kap. 2.2), während sich der Anteil der Neubauflä-

che nur auf ca. 17 % des Gebäudebestandes summieren würde (s. Kap. 1.5). Im „Zielszenario 2020“ würden mit etwa 30 TWh/a dagegen noch etwa 23 % des Zielwertes erreicht.

Die Überlegungen zum Jahr 2050 und die entsprechende Extrapolation der Kurven sind hier allerdings nur als erste vorläufige Abschätzungen anzusehen, die Linien in den Abbildungen oben dementsprechend nur gestrichelt eingetragen: In diesem langen Zeitraum ist damit zu rechnen, dass auch bei „älteren“ (insbesondere vor 2020 errichteten) Neubauten noch einmal Veränderungen stattfinden können (z. B. eine Heizungserneuerung). Auch werden sich äußere Rahmenbedingungen verändern. Beispielsweise ist langfristig mit einer weiteren Verbesserung der Primärenergieaufwandszahl und der spezifischen CO₂-Emissionen in der Stromversorgung zu rechnen, die hier noch nicht berücksichtigt sind²⁷. Es ist also einerseits davon auszugehen, dass auch solche äußere Entwicklungen noch zu einer Senkung des Primärenergiebedarfs und der CO₂-Emissionen führen werden. Andererseits erscheint dies mit Blick auf einen klimaneutralen Neubau auch notwendig zu sein: Beispielsweise müssen die zusätzlichen Emissionen (des noch nicht klimaneutralen) Neubaus der Jahre 2010 - 2020 noch kompensiert werden. Außerdem stellt der genannte Zielwert von 27 kWh/m²_{ANA} ja einen Mittelwert über den Gesamtbestand 2050 dar, und es ist hier sehr wahrscheinlich davon auszugehen, dass die Erreichung entsprechender Kennwerte im heutigen Gebäudebestand deutlich schwerer fallen wird als im Neubau. Insofern spricht viel dafür, im Neubau langfristig noch niedrigere Kennwerte anzustreben, damit im Bestand etwas mehr Spielraum entsteht.

Im Rahmen der Zielanalyse 2050 in Kap. 6 wird das Zusammenspiel von Neubau und Bestand einerseits und von Wärmebedarf und Energieerzeugung andererseits noch diskutiert werden.

²⁷ In den mittelfristigen Szenarien bis 2020 werden diese Veränderungen hier erst einmal bewusst ausgeklammert, d. h. die Werte auf dem heutigen Stand gehalten, da insbesondere vor dem Hintergrund des Ausstiegs aus der Kernenergie Unsicherheiten über die Entwicklung z. B. der spezifischen CO₂-Emissionen der Stromerzeugung in den nächsten Jahren bestehen. Generell werden bis 2020 folgende CO₂-Emissionsfaktoren angesetzt (Angaben in kg_{CO2} pro kWh Endenergie): Erdgas 0,202; Heizöl 0,266; Kohle 0,359; Biomasse 0; Fernwärme 0,175; Strom 0,590.

Die entsprechenden Primärenergiefaktoren (Angaben in kWh Primärenergie pro kWh Endenergie, basierend auf DIN V 4701-10, Dezember 2006) lauten: Erdgas 1,1; Heizöl 1,1; Kohle 1,2; Biomasse 0,2; Fernwärme 0,85; Strom 2,7. Im Fall von Fernwärme handelt es sich um grobe Anhaltswerte (vgl. Fußnote 3 auf S. 13).

4 Trendszenario 2020

4.1 Modernisierungstrends im Gebäudebestand des Jahres 2009

Als Pendant zu dem im vorangegangenen Kapitel betrachteten **Neubau** der Jahre ab 2010 werden hier die Gebäude mit Baujahr bis 2009 (Abkürzung: **Bestand 09**) untersucht. Der zu Grunde gelegte Rückgang der Wohnfläche durch Abriss ist in Kapitel 1.5 beschrieben.

Das Modell für die Beschreibung des aktuellen Zustands des Bestandes stützt sich insbesondere auf der Stichprobenerhebung „Datenbasis Gebäudebestand“ [Diefenbach et al. 2010a]. Auch die Trendanalyse wurde mit Hilfe dieser Erhebung durchgeführt: Analysiert wurden hierfür die mittleren energetischen Modernisierungsraten des Wärmeschutzes und der Wärmeversorgung in den Jahren 2005 – 2009. Dabei wurden die sechs Gebäudeklassen EZFH I - III und MFH I - III unterschieden, wobei drei Baualtersklassen berücksichtigt sind (vgl. Kap. 1.3):

I: Baujahr bis 1978 (hier auch als **Altbau** bezeichnet), II : 1979 – 1994 und III : 1995 -2009

Zum Teil wurden die Analysen differenziert nach den sechs Klassen ausgeführt, zum Teil wurden mehrere Klassen, teilweise auch der gesamte Bestand zusammengefasst und die Ergebnisse grob gerundet – insbesondere bei geringen jährlichen Raten mit Blick auf kleine Fallzahlen und entsprechend große statistische Unsicherheiten oder bei geringen Unterschieden zwischen den einzelnen Klassen. Die wichtigsten Eingangsgrößen der Berechnung sind im Folgenden tabelliert und erläutert.

Die in Tabelle 9 dargestellten jährlichen Raten sind immer auf den Bestand der jeweiligen Gebäudeklasse im Jahr 2009 bezogen (ohne Berücksichtigung von Abriss im Laufe der Jahre).

Von besonderem Interesse im Hinblick auf das Energiekonzept sind die jährlichen energetischen Sanierungsraten des Wärmeschutzes. Für den gesamten Gebäudebestand (gemittelt über alle sechs Gebäudeklassen) ergeben sich folgende Mittelwerte:

Wand: 0,68 %/a, Dach: 1,50 %/a , OGD: 0,96 %/a, KD: 0,23 %/a, Fenster: 1,34 %/a.

Der Gesamtwert der energetischen Sanierungsrate des Wärmeschutzes (gemittelt über alle Bauteile) errechnet sich wie schon erwähnt zu 0,79 %/a²⁸.

²⁸ Vergleiche hierzu die Definitionen und Zahlenwerte in Kapitel 2.5. Wie dort schon berichtet handelt es sich hier um einen rein flächengewichteten Gesamtwert. Bei Berücksichtigung zusätzlicher Gewichtungsfaktoren im Hinblick auf die nach Bauteilen unterschiedlichen Energieeinsparungen ergäbe sich eine geringfügig höhere Rate von 0,84 %/a.

| | EZFH I | EZFH II | EZFH III | MFH I | MFH II | MFH III | |
|---|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------------|
| Baujahr | bis 1978 | 1979-1994 | 1995-2009 | bis 1978 | 1979-1994 | 1995-2009 | |
| Jährliche energetische Sanierungsraten des Wärmeschutzes | | | | | | | gesamt* |
| Wand | 0,90% | 0,30% | 0,10% | 0,90% | 0,30% | 0,10% | 0,68% |
| Dach | 2,00% | 0,75% | 0,30% | 2,00% | 0,75% | 0,30% | 1,50% |
| OGD | 1,20% | 0,75% | 0,20% | 1,20% | 0,75% | 0,20% | 0,96% |
| KD | 0,30% | 0,10% | 0,10% | 0,30% | 0,10% | 0,10% | 0,23% |
| Fenster | 1,80% | 0,65% | 0,25% | 1,80% | 0,65% | 0,25% | 1,34% |
| Gesamtrate Wärmeschutz: | | | | | | | 0,79% |
| Jährliche Raten des Einbaus von Lüftungsanlagen (grob geschätzt) | | | | | | | gesamt** |
| Abluftanlagen | 0,05% | 0,05% | 0,05% | 0,05% | 0,05% | 0,05% | 0,05% |
| LWRG | 0,05% | 0,05% | 0,05% | 0,05% | 0,05% | 0,05% | 0,05% |
| Jährliche Raten der Erneuerung der Wärmeverteilung | | | | | | | gesamt** |
| Heizung | 2,0% | 1,2% | 0,4% | 2,0% | 1,2% | 0,4% | 1,6% |
| Warmwasser | 2,0% | 1,2% | 0,4% | 2,0% | 1,2% | 0,4% | 1,6% |
| Jährliche Erneuerungsraten der Heizung (Haupt-Wärmeerzeuger) | | | | | | | gesamt** |
| | 3,2% | 3,2% | 0,8% | 3,2% | 3,2% | 0,8% | 2,9% |
| Aufteilung der neu eingebauten Wärmeerzeuger nach Systemen | | | | | | | |
| Fernwärme | 1,5% | 1,5% | 1,5% | 9,0% | 9,0% | 9,0% | |
| Gaskessel | 57,5% | 57,5% | 57,5% | 58,0% | 58,0% | 58,0% | |
| Ölkessel | 26,0% | 26,0% | 26,0% | 24,0% | 24,0% | 24,0% | |
| Biomasse-Kessel | 10,0% | 10,0% | 10,0% | 8,0% | 8,0% | 8,0% | |
| el. Wärmepumpe | 5,0% | 5,0% | 5,0% | 1,0% | 1,0% | 1,0% | |
| Rückbau der bisherigen Wärmeerzeuger: Aufteilung nach Systemen | | | | | | | |
| Fernwärme | 0,5% | 0,5% | 0,0% | 1,5% | 1,0% | 0,0% | |
| Gaskessel | 48,8% | 66,5% | 72,0% | 48,3% | 74,5% | 78,0% | |
| Ölkessel | 35,0% | 25,0% | 20,0% | 35,0% | 20,0% | 20,0% | |
| Biomasse-Kessel | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | |
| Kohlekessel | 0,7% | 0,0% | 0,0% | 0,2% | 0,0% | 0,0% | |
| dez. direktelekt. | 7,0% | 7,0% | 7,0% | 5,0% | 4,0% | 2,0% | |
| dez. sonstige | 8,0% | 1,0% | 1,0% | 10,0% | 0,5% | 0,0% | |
| Jährliche Rate des Einbaus thermischer Solaranlagen | | | | | | | gesamt** |
| | 1,2% | 1,2% | 1,0% | 0,3% | 0,1% | 0,1% | 0,7% |
| Anteil der thermischen Solaranlagen mit Heizungsunterstützung | | | | | | | |
| | 50,0% | 50,0% | 50,0% | 50,0% | 50,0% | 50,0% | 50,0% |

* Gesamtwerte Wärmeschutz auf Basis Bauteilflächen

** Gesamtwerte Wärmeversorgung auf Basis Wohnungsanzahl

Tabelle 9: Trendanalyse: Energetische Modernisierungsraten für Wärmeschutz und Wärmeversorgung

OGD: Obergeschossdecke, KD: Kellerdecke bzw. Erdgeschossfußboden

dez. direktelekt.: dezentrale, direktelektrische Wärmeerzeugung (z. B. Nachtspeicherheizung)

Für die Qualität der Wärmeschutzmaßnahmen werden drei verschiedene Niveaus angenommen:

Wärmeschutz-Niveau I:

Der niedrigste Standard entspricht dem Mittelwert der Maßnahmen, die nach Auswertungen mit der Datenbasis Gebäudebestand in der Vergangenheit im Gebäudebestand durchgeführt wurden. Hier ergibt sich zum Beispiel im Fall der Außenwand ein U-Wert im modernisierten Zustand von etwa 0,37 W/m²K. Durch dieses Niveau wird also zunächst einmal nur der bisherige mittlere Modernisierungszustand beschrieben, während heutige Modernisierungsmaßnahmen in der Regel bereits ein deutlich höheres Niveau aufweisen.

Wärmeschutz-Niveau II:

Für zukünftige Modernisierungen wird angenommen, dass im Normalfall ein Niveau eingehalten wird, das noch etwas besser ist als die bauteilbezogenen Standards für Altbaumaßnahmen nach EnEV 2009. Auch in der Vergangenheit hatte sich gezeigt, dass das EnEV-Niveau im Mittel etwas „übererfüllt“ wurde, unter anderem aufgrund der hier anteilig zu berücksichtigenden geförderten Modernisierungen, für die in der Regel erhöhte Anforderungen gelten. Für die Wanddämmung wird hier z. B. ein mittlerer U-Wert von 0,22 W/m²K angenommen, der etwas unterhalb der Vorgabe von 0,24 W/m²K aus der EnEV 2009 liegt.

Wärmeschutz-Niveau III:

Hier wird ein verbesserter Standard mit deutlich erhöhtem Wärmeschutz angesetzt. Mit Blick auf mögliche Restriktionen im Gebäudebestand wurde dabei zumeist noch nicht ganz das „Passivhausniveau“ angesetzt. Im Fall der Wanddämmung wird in den Analysen beispielsweise ein U-Wert von 0,17 W/m²K angenommen.

Tabelle 10 gibt einen Überblick über die verschiedenen Wärmeschutz-Niveaus

| | U-Werte in W/m ² K | | | |
|--------------|-------------------------------|----------|-----------|------------|
| | EnEV 2009 | Niveau I | Niveau II | Niveau III |
| Wand | 0,24 | 0,37 | 0,22 | 0,17 |
| Dach | 0,24 | 0,31 | 0,22 | 0,14 |
| OGD | 0,24 | 0,25 | 0,22 | 0,14 |
| Fußboden/ KD | 0,40 | 0,39 | 0,37 | 0,20 |
| Fenster | 1,30 | 1,60 | 1,25 | 0,95 |

Tabelle 10: U-Werte der bei Modernisierung angesetzten Wärmeschutz-Niveaus I bis III zum Vergleich: bauteilbezogene Anforderungen der EnEV 2009 (Modernisierung), bei Fußboden / KD: Mittelwert von Fußboden (zu Erdreich) und Kellerdecke

Im Trenszenario wird davon ausgegangen, dass zukünftige Modernisierungsmaßnahmen im Normalfall das Niveau II erreichen. Allerdings wird angenommen, dass aufgrund von Restriktionen im bis 1978 errichteten Altbau (EZFH I und MFH I) teilweise weiterhin nur das Niveau I realisiert werden kann. Bei der Wanddämmung spiegelt dies z. B. den Fall der Innendämmung oder Kerndämmung wider. Das weitergehende Niveau III wird hier noch nicht berücksichtigt.

Im Einzelnen wird im Trendszenario folgende Aufteilung der Wärmeschutz-Niveaus für den Altbau (EZFH I und MFH I) angenommen:

- Außenwand: 25 % Niveau I, 75 % Niveau II
- Dach / Obergeschossdecke / Fußboden / Kellerdecke: 10 % Niveau I, 90 % Niveau II
- Fenster: 100 % Niveau II (ca. 75 % 2-Scheiben, 25 % 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung)

In den jüngeren Baualterklassen ab 1979 (EZFH II, EZFH III, MFH II, MFH III) wird bei allen Wärmeschutzmaßnahmen im Trendszenario das Wärmeschutz-Niveau II zu Grunde gelegt.

Tabelle 11 und Tabelle 12 zeigen den Zustand des Gebäudebestandes im Ausgangsjahr 2009 und – gemäß Trendszenario – im Jahr 2020.

Die Prozentwerte sind zum Teil noch einmal nach verschiedenen Qualitätsniveaus aufgeschlüsselt (je 3 Niveaus für den Gebäudewärmeschutz und die Dämmung der Wärmeverteilung, bei Kesseln Unterscheidung nach Konstanttemperatur- Niedertemperatur- und Brennwertkesseln). Diese Teilergebnisse sind grau hinterlegt dargestellt.

Entsprechend der jährlichen energetischen Modernisierungsrate des Wärmeschutzes lässt sich auch ein prozentualer Gesamtwert für den – mit den unterschiedlichen Bauteilflächen gewichteten – Modernisierungsfortschritt bei der Wärmedämmung der Gebäudehülle angeben. Dieser Wert beläuft sich 2009 auf 21 %. Im Jahr 2020 werden 30 % erreicht²⁹.

Für das Dach und die Obergeschossdecke wurden überschlägig gleiche Flächenanteile angenommen³⁰. Eine durchschnittlicher gemeinsamer Modernisierungsfortschritt für den „oberen Gebäudeabschluss“ durch Dach / OGD, lässt sich daher durch Mittelung der beiden Einzelwerte berechnen: Er beträgt z. B. beim EZFH I $(62 \% + 33 \%) / 2 = 48 \%$ und für den gesamten Gebäudebestand $(45 \% + 27 \%) / 2 = 36 \%$ ³¹.

²⁹ Wenn man die unterschiedlichen Energieeinsparungen der verschiedenen Bauteile noch durch pauschale Gewichtungsfaktoren berücksichtigen würde, ergäben sich mit 22 % für 2009 und 31 % für 2020 sehr ähnliche Werte.

Es ist hier noch zu beachten, dass der Modernisierungsfortschritt sich immer auf den Bestand 09 im jeweils betrachteten Jahr bezieht (also z. B. im Jahr 2020 nach Abzug des Gebäudeabgangs seit 2009), während die jährlichen Modernisierungsraten wie beschrieben immer auf die Bestandsflächen im Ursprungszustand 2009 Bezug nehmen.

³⁰ Laut Datenbasis Gebäudebestand sind etwa gleich viele Dachgeschosse von Wohngebäuden unbeheizt wie beheizt (41 % unbeheizt, 42 % vollständig beheizt, 16 % teilweise beheizt).

³¹ Ein Modernisierungsfortschritt von 62 % beim Dach in der Gruppe EZFH I bedeutet also nicht, dass hier 62 % aller Dächer schon nachträglich gedämmt wurden. Vielmehr bezieht sich die Zahl nur auf den Anteil, in denen ein beheiztes Dachgeschoss vorliegt, hier also grob gesprochen auf die Hälfte der Gebäude. Unter diesen wurden 62 % der Dächer nachträglich gedämmt, d.h. insgesamt 31 % der Dächer aller EZFH I. Für die Gebäude mit unbeheiztem Dachgeschoss wurde angenommen, dass die Obergeschossdecke die thermische Hülle darstellt.

Entsprechend dem Modernisierungsfortschritt lässt sich gemäß Tabelle 9 auch eine mittlere jährliche Modernisierungsrate für die Dämmung von Dach/OGD von 1,23 %/a (Mittelwert von 1,5 %/a und 0,96 %/a) angeben.

| | EZFH I | EZFH II | EZFH III | MFH I | MFH II | MFH III | |
|---|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------------|
| Baujahr | bis 1978 | 1979-1994 | 1995-2009 | bis 1978 | 1979-1994 | 1995-2009 | |
| Modernisierter Anteil der Bauteilfläche | | | | | | | gesamt* |
| Wand | 20% | 7% | 0% | 26% | 15% | 0% | 17% |
| Dach | 62% | 23% | 0% | 62% | 14% | 0% | 45% |
| OGD | 33% | 21% | 0% | 37% | 37% | 0% | 27% |
| KD | 10% | 3% | 0% | 11% | 7% | 0% | 8% |
| Fenster | 37% | 12% | 0% | 46% | 25% | 0% | 30% |
| Gesamt-Modernisierungsfortschritt Wärmeschutz: | | | | | | | 21% |
| Aufteilung nach Wärmeschutz-Niveaus | | | | | | | |
| <i>Modernisierter Anteil Wärmeschutz-Niveau I</i> | | | | | | | |
| Wand | 20% | 7% | 0% | 26% | 15% | 0% | 17% |
| Dach | 62% | 23% | 0% | 62% | 14% | 0% | 45% |
| OGD | 33% | 21% | 0% | 37% | 37% | 0% | 27% |
| KD | 10% | 3% | 0% | 11% | 7% | 0% | 8% |
| Fenster | 37% | 12% | 0% | 46% | 25% | 0% | 30% |
| <i>Modernisierter Anteil Wärmeschutz-Niveau II</i> | | | | | | | |
| Wand | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Dach | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| OGD | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| KD | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Fenster | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| <i>Modernisierter Anteil Wärmeschutz-Niveau III</i> | | | | | | | |
| Wand | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Dach | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| OGD | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| KD | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Fenster | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Anteile Wohnungslüftungsanlagen | | | | | | | gesamt** |
| Lüftungsanlagen | 0,3% | 0,3% | 4,3% | 4,3% | 4,3% | 4,3% | 2,7% |
| Abluftanlagen | 0,3% | 0,3% | 1,6% | 3,9% | 3,9% | 1,5% | 2,2% |
| Anlagen mit LWRG | 0,0% | 0,0% | 2,8% | 0,3% | 0,3% | 2,7% | 0,5% |
| Qualität der Wärmeverteilung*** | | | | | | | gesamt** |
| Wärmevert. Heizung***: Stufe 1 | 43% | 0% | 0% | 43% | 0% | 0% | 30% |
| Wärmevert. Heizung***: Stufe 2 | 39% | 89% | 57% | 36% | 90% | 77% | 50% |
| Wärmevert. Heizung***: Stufe 3 | 18% | 11% | 43% | 21% | 10% | 23% | 20% |
| Wärmevert. WW: Stufe 1 | 42% | 0% | 0% | 37% | 0% | 0% | 27% |
| Wärmevert. WW: Stufe 2 | 39% | 89% | 55% | 43% | 86% | 77% | 52% |
| Wärmevert. WW: Stufe 3 | 19% | 11% | 45% | 21% | 14% | 23% | 21% |
| Anteile der Haupt-Wärmeerzeuger der Heizung | | | | | | | gesamt** |
| Fernwärme | 1,4% | 2,3% | 3,6% | 12,0% | 22,2% | 11,6% | 8,2% |
| Gaskessel | 43,6% | 48,1% | 66,4% | 52,5% | 61,9% | 77,9% | 52,7% |
| Stufe 1:KTK | 7,8% | 6,5% | 3,6% | 8,7% | 9,1% | 4,7% | 7,7% |
| Stufe 2:NTK | 20,2% | 23,9% | 15,8% | 30,9% | 36,8% | 41,4% | 27,0% |
| Stufe 3:BWK | 15,6% | 17,7% | 47,0% | 12,9% | 16,1% | 31,9% | 18,0% |
| Ölkessel | 39,4% | 40,6% | 18,7% | 25,6% | 12,7% | 5,2% | 28,3% |
| Stufe 1:KTK | 8,4% | 10,9% | 1,5% | 6,5% | 3,7% | 0,4% | 6,4% |
| Stufe 2:NTK | 28,3% | 28,0% | 16,0% | 17,9% | 8,8% | 4,5% | 20,2% |
| Stufe 3:BWK | 2,8% | 1,6% | 1,2% | 1,3% | 0,3% | 0,3% | 1,6% |
| Biom.kessel | 4,1% | 3,0% | 2,9% | 2,3% | 0,5% | 3,2% | 2,8% |
| Kohlekessel | 0,3% | 0,0% | 0,0% | 0,1% | 0,0% | 0,0% | 0,1% |
| elektr. WP | 1,0% | 1,7% | 6,1% | 1,3% | 0,0% | 1,4% | 1,5% |
| Gasofen | 1,4% | 0,0% | 0,0% | 1,2% | 0,1% | 0,0% | 0,9% |
| Ölofen | 1,4% | 0,3% | 0,2% | 0,9% | 0,1% | 0,0% | 0,8% |
| Holzofen | 3,8% | 0,3% | 0,8% | 1,3% | 0,0% | 0,0% | 1,8% |
| Kohleofen | 0,7% | 0,0% | 0,0% | 0,6% | 0,0% | 0,0% | 0,4% |
| dezentral direktelekt. | 2,9% | 3,7% | 1,3% | 2,1% | 2,5% | 0,4% | 2,4% |
| Anteile thermischer Solaranlagen | | | | | | | gesamt** |
| Solarthermische Anlagen | 6,1% | 12,0% | 17,9% | 0,9% | 0,9% | 4,6% | 4,9% |
| nur Warmwasserbereitung | 3,5% | 7,3% | 11,3% | 0,5% | 0,5% | 2,8% | 2,9% |
| Heizungsunterstützung | 2,6% | 4,7% | 6,7% | 0,5% | 0,4% | 1,9% | 2,0% |

KTK: Konstanttemperaturkessel, NTK: Niedertemperaturkessel, BWK: Brennwertkessel

*Gesamtwerte Wärmeschutz auf Basis der Bauteilflächen gemittelt

** Gesamtwerte Lüftungsanlagen/Wärmeversorgungsanlagentechnik auf Basis der Wohnungsanzahlen gemittelt

*** Wärmeverteilung: Prozentwerte der Heizung nur auf zentrale Systeme (Wärmeerzeuger außerhalb der Gebäudehülle) bezogen

Stufe I: bis 1979 errichtet, unmodernisiert; Stufe II: ca. 1979-2000 errichtet o. modernisiert; Stufe III: verbesserter Standard

Tabelle 11: Ausgangszustand Gebäudebestand 2009

OGD: Obergeschossdecke, KD: Kellerdecke bzw. Erdgeschossfußboden

dez. direktelekt.: dezentrale, direktelektrische Wärmeerzeugung (z. B. Nachtspeicherheizung)

| Baujahr | EZFH I | EZFH II | EZFH III | MFHI | MFHII | MFHIII | gesamt* |
|---|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------------|
| | bis 1978 | 1979-1994 | 1995-2009 | bis 1978 | 1979-1994 | 1995-2009 | |
| Modernisierter Anteil der Bauteilfläche | | | | | | | gesamt* |
| Wand | 30% | 10% | 1% | 36% | 18% | 1% | 24% |
| Dach | 85% | 31% | 3% | 85% | 22% | 3% | 61% |
| OGD | 47% | 29% | 2% | 51% | 45% | 2% | 38% |
| KD | 13% | 4% | 1% | 14% | 8% | 1% | 10% |
| Fenster | 57% | 20% | 3% | 67% | 32% | 3% | 45% |
| Gesamt-Modernisierungsfortschritt Wärmeschutz: | | | | | | | 30% |
| Aufteilung nach Wärmeschutz-Niveaus | | | | | | | |
| <i>Modernisierter Anteil Wärmeschutz-Niveau I</i> | | | | | | | |
| Wand | 23% | 7% | 0% | 29% | 15% | 0% | 18% |
| Dach | 64% | 23% | 0% | 64% | 14% | 0% | 46% |
| OGD | 34% | 21% | 0% | 38% | 37% | 0% | 28% |
| KD | 10% | 3% | 0% | 11% | 7% | 0% | 8% |
| Fenster | 37% | 12% | 0% | 46% | 25% | 0% | 30% |
| <i>Modernisierter Anteil Wärmeschutz-Niveau II</i> | | | | | | | |
| Wand | 8% | 3% | 1% | 8% | 3% | 1% | 6% |
| Dach | 20% | 8% | 3% | 21% | 8% | 3% | 15% |
| OGD | 12% | 8% | 2% | 12% | 8% | 2% | 10% |
| KD | 3% | 1% | 1% | 3% | 1% | 1% | 2% |
| Fenster | 20% | 7% | 3% | 21% | 7% | 3% | 15% |
| <i>Modernisierter Anteil Wärmeschutz-Niveau III</i> | | | | | | | |
| Wand | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Dach | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| OGD | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| KD | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Fenster | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Anteile Wohnungslüftungsanlagen | | | | | | | gesamt** |
| Lüftungsanlagen | 1,5% | 1,4% | 5,4% | 5,4% | 5,4% | 5,4% | 3,8% |
| Abluftanlagen | 0,9% | 0,9% | 2,1% | 4,5% | 4,5% | 2,1% | 2,7% |
| Anlagen mit LWRG | 0,6% | 0,6% | 3,3% | 0,9% | 0,9% | 3,3% | 1,1% |
| Qualität der Wärmeverteilung*** | | | | | | | gesamt** |
| Wärmevert. Heizung***: Stufe 1 | 20% | 0% | 0% | 20% | 0% | 0% | 14% |
| Wärmevert. Heizung***: Stufe 2 | 52% | 84% | 55% | 50% | 85% | 75% | 59% |
| Wärmevert. Heizung***: Stufe 3 | 27% | 16% | 45% | 30% | 15% | 25% | 27% |
| Wärmevert. WW: Stufe 1 | 19% | 0% | 0% | 13% | 0% | 0% | 11% |
| Wärmevert. WW: Stufe 2 | 53% | 84% | 53% | 57% | 81% | 75% | 61% |
| Wärmevert. WW: Stufe 3 | 28% | 16% | 47% | 30% | 19% | 25% | 28% |
| Anteile der Haupt-Wärmeerzeuger der Heizung | | | | | | | gesamt** |
| Fernwärme | 1,8% | 2,7% | 3,7% | 14,8% | 25,0% | 12,3% | 9,7% |
| Gaskessel | 46,8% | 44,9% | 65,2% | 56,1% | 56,1% | 76,3% | 54,1% |
| Stufe 1:KTK | 0,7% | 1,8% | 2,7% | 2,4% | 2,5% | 3,4% | 1,9% |
| Stufe 2:NTK | 10,6% | 6,2% | 11,3% | 22,2% | 18,1% | 36,8% | 16,8% |
| Stufe 3:BWK | 35,4% | 37,0% | 51,3% | 31,5% | 35,4% | 36,1% | 35,4% |
| Ölkessel | 36,1% | 41,0% | 19,2% | 21,5% | 14,1% | 5,5% | 25,9% |
| Stufe 1:KTK | 2,0% | 3,5% | 1,1% | 1,3% | 0,9% | 0,1% | 1,6% |
| Stufe 2:NTK | 26,6% | 31,3% | 15,8% | 14,6% | 8,8% | 4,1% | 18,7% |
| Stufe 3:BWK | 7,5% | 6,2% | 2,3% | 5,7% | 4,5% | 1,3% | 5,7% |
| Biom.kessel | 7,7% | 6,5% | 3,7% | 5,3% | 3,3% | 3,9% | 5,7% |
| Kohlekessel | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% |
| elektr. WP | 2,8% | 3,5% | 6,5% | 1,7% | 0,4% | 1,5% | 2,4% |
| Gasofen | 0,8% | 0,0% | 0,0% | 0,1% | 0,0% | 0,0% | 0,3% |
| Ölofen | 0,8% | 0,1% | 0,2% | 0,1% | 0,0% | 0,0% | 0,3% |
| Holzofen | 2,3% | 0,1% | 0,7% | 0,1% | 0,0% | 0,0% | 0,8% |
| Kohleofen | 0,4% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,1% |
| dezentral direktelekt. | 0,4% | 1,2% | 0,7% | 0,3% | 1,1% | 0,2% | 0,5% |
| Anteile thermischer Solaranlagen | | | | | | | gesamt** |
| Solarthermische Anlagen | 19,7% | 25,2% | 28,9% | 4,4% | 2,0% | 5,7% | 12,7% |
| nur Warmwasserbereitung | 10,3% | 13,9% | 16,8% | 2,2% | 1,0% | 3,3% | 6,8% |
| Heizungsunterstützung | 9,4% | 11,3% | 12,2% | 2,2% | 1,0% | 2,4% | 5,9% |

KTK: Konstanttemperaturkessel, NTK: Niedertemperaturkessel, BWK: Brennwertkessel

*Gesamtwerte Wärmeschutz auf Basis der Bauteilflächen gemittelt

** Gesamtwerte Lüftungsanlagen/Wärmeversorgungs-technik auf Basis der Wohnungsanzahlen gemittelt

*** Wärmeverteilung: Prozentwerte der Heizung nur auf zentrale Systeme (Wärmeerzeuger außerhalb Gebäudehülle) bez.

Stufe I: bis 1979 errichtet, unmodernisiert; Stufe II: ca. 1979-2000 errichtet o. modern.; Stufe III:verbessertes Standard

Tabelle 12: Ergebnis des Trenszenarios: Zustand des Bestandes 09 im Jahr 2020

OGD: Obergeschossdecke, KD: Kellerdecke bzw. Erdgeschossfußboden

dez. direktelekt.: dezentrale, direktelektische Wärmeerzeugung (z. B. Nachtspeicherheizung)

4.2 Ergebnisse des Trendszenarios

In Abbildung 8 bis Abbildung 10 sind die Resultate der Trendanalysen bis zum Jahr 2020 dargestellt. Eingetragen sind die Kurvenverläufe für den Bestand 09 sowie für den gesamten Gebäudebestand, d. h. inklusive des in Abschnitt 3.1 dokumentierten Trendszenarios für den Neubau. Für den Wärmebedarf und die CO₂-Emissionen existieren Zielwerte für das Jahr 2020, die als gestrichelte Linien eingetragen sind. Aus den Abbildungen wird deutlich, dass diese Zielwerte im Trendszenario nicht eingehalten werden können.

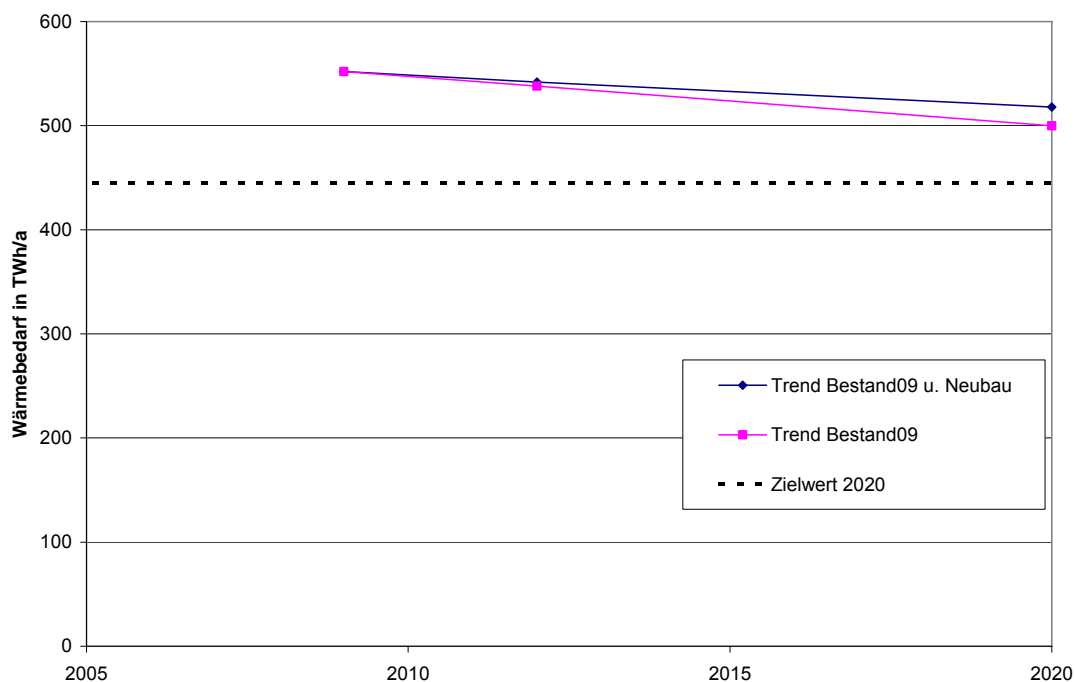


Abbildung 8: Trendszenario 2020, Entwicklung des Wärmebedarfs ab 2009

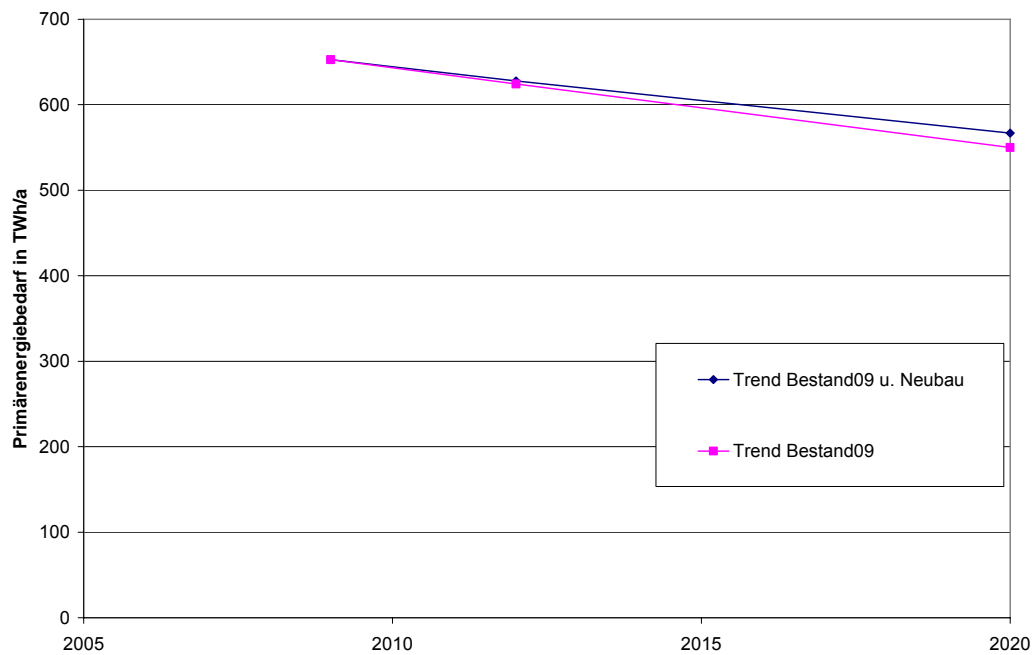


Abbildung 9: Trendszenario 2020, Entwicklung des Primärenergiebedarfs ab 2009

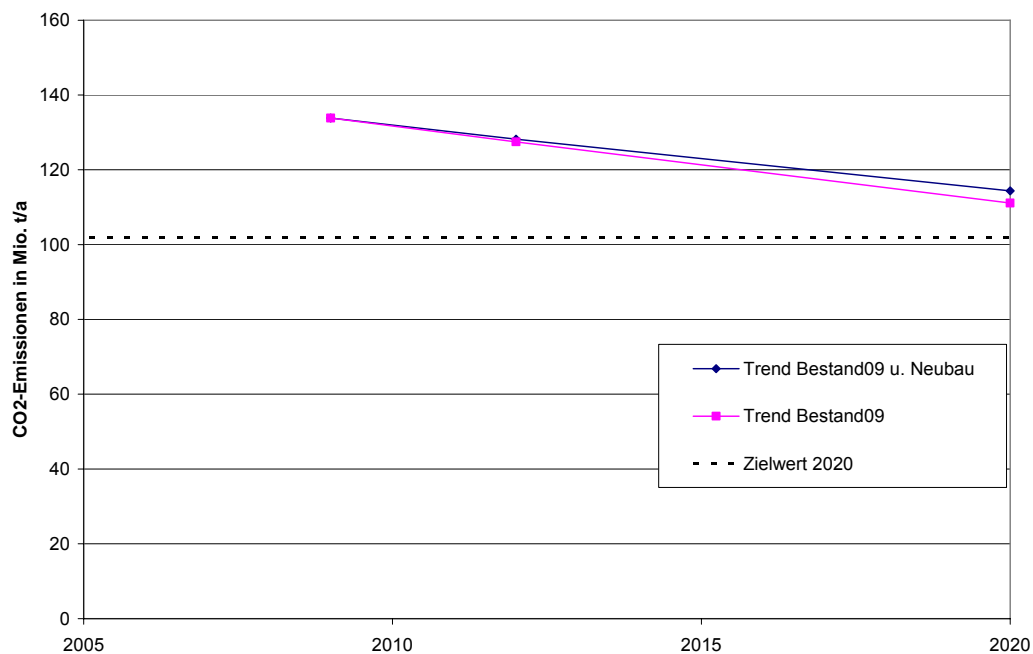


Abbildung 10: Trendszenario 2020, Entwicklung der CO₂-Emissionen ab 2009

Tabelle 13 zeigt die Ergebnisse für die Jahre 2009 und 2020 im Überblick. Im Hinblick auf die angestrebten Zielwerte ist festzustellen, dass deren Einhaltung bei den CO₂-Emissionen offenbar eher in Reichweite ist als beim Wärmebedarf: Während beim CO₂ etwa 60 % der notwendigen Einsparung im Zuge der Trendentwicklung erreicht wird, ist es beim Wärmebedarf nur etwa ein Drittel.

| | Wärmebedarf | Primärenergiebedarf | CO ₂ -Emissionen |
|-----------------------------------|-------------|---------------------|-----------------------------|
| | TWh/a | TWh/a | Mio. t/a |
| 2009 | | | |
| Gesamtbestand 2009 | 552 | 653 | 134 |
| 2020 | | | |
| Bestand 09 | 500 | 550 | 111 |
| Neubau | 18 | 17 | 3 |
| Gesamtbestand 2020 | 518 | 567 | 114 |
| Zielwert | 445 | - | 102 |
| Überschreitung des Zielwerts | 16% | | 12% |
| erreichte Einsparung | 34 | | 19 |
| notwendige Einsparung | 107 | | 32 |
| erreichte / notwendige Einsparung | 32% | | 61% |

Tabelle 13: Ergebnisse des Trendszenarios 2020 im Überblick

5 Zielszenarien 2020

Es werden vier Zielszenarien untersucht, die bis einschließlich 2012 dem Trendszenario folgen und sich in den Folgejahren hinsichtlich der Modernisierungsmaßnahmen im Bestand 09 unterscheiden. Im Hinblick auf den Neubau wird in allen vier Fällen das Zielszenario 2020 aus Kapitel 3 übernommen.

- Zielszenario I: Erreichen einer 40prozentigen CO₂-Emissionsminderung gegenüber 1990, d. h. Absenkung der Emissionen für die Wohngebäude-Wärmeversorgung auf 102 Mio t/a im Jahr 2020. Die energetische Modernisierungsrate für den Wärmeschutz wird hierfür sehr deutlich angehoben, um gleichzeitig dem Ziel für den Wärmebedarf 2020 nahezukommen. Dennoch wird dieses Ziel nicht erreicht.
- Zielszenario II: Erreichen einer 20prozentigen Verminderung des Wärmebedarfs gegenüber 2008, d.h. Reduzierung des Wärmebedarfs der Wohngebäude auf ca. 445 TWh/a im Jahr 2020. Die Zielmarke für die CO₂-Emissionen wird dabei noch unterschritten.
- Zielszenario III: Erreichen einer 40prozentigen CO₂-Emissionsminderung mit einer energetischen Modernisierungsrate (Wärmeschutz) von 1,8 %/a. Dieser Wert steht mit dem entsprechenden Ziel des Energiekonzepts im Einklang (s. Kap. 2.5), ist aber gegenüber den hohen Modernisierungsraten, die sich in den Szenarien I und II ergeben, merklich vermindert. Das Ziel für den Wärmebedarf wird noch deutlicher als im Szenario I verfehlt.
- Zielszenario IV: Die Wärmeschutz-Modernisierungsrate steigt ausgehend vom Trendszenario kontinuierlich an und erreicht erst im Jahr 2020 den Wert von 1,8 %/a. Gleichzeitig finden gegenüber den Zielszenarien I-III stärkere Veränderungen in der Wärmeversorgungsstruktur statt. Ausgehend vom Trendszenario nehmen insbesondere die Anteile von Wärmepumpen und Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen (KWK-Anlagen) bei der Wärmeversorgung stetig zu, bis sie 2020 den Markt der Neuanlagen bei der Gebäudemodernisierung dominieren. Der Wärmebedarf im Jahr 2020 liegt höher als in den anderen drei Zielszenarien, die Zielmarke für die CO₂-Emissionsminderung wird aber auch hier eingehalten.

5.1 Zielszenario I: Einhaltung des Emissionsziels mit Annäherung an das Ziel des Wärmebedarfs

Es wird davon ausgegangen, dass nach 2012 eine deutliche Erhöhung der Dynamik zur Verbesserung der Energieeffizienz einsetzt, die im Wesentlichen auf den folgenden Ansätzen im Bestand 09 beruht (s. auch Tabelle 14):

- Die energetische Modernisierungsrate für den Wärmeschutz der Gebäudehülle nimmt deutlich zu, und zwar von 0,79 %/a auf 2,46 %/a. Insbesondere wird hierzu die Erneuerungsrate bei der Wanddämmung und vor allem aber – da diese beiden Maßnahmen unabhängig von Instandsetzungszyklen sind – bei der Obergeschoss- und Kellerdeckendämmung erreicht. Bei der Dacherneuerung und beim Fensteraustausch werden keine bzw. nur moderate Steigerungen angesetzt, da hier von einer besonders engen Kopplung an die Instandhaltung ausgegangen wird.
- Hinsichtlich der Qualität der Wärmeschutzmaßnahmen wird angenommen, dass 50 % das Niveau III erreichen (s. Tabelle 10). Der Rest erreicht das Niveau II, allerdings mit Ausnahme des Altbaus (EZFH I und MFH I): Hier wird wiederum angenommen, dass weiterhin bei 25 % der Wände und 10 % der Dächer, Obergeschossecken und Kellerdecken nur das Niveau I realisiert werden kann.
- Die Modernisierungsrate der Heizungserneuerung, die bereits im Trend im Vergleich zum Wärmeschutz mit etwa 2,9 %/a deutlich höher ist (vgl. Tabelle 9), wird noch etwas erhöht, und zwar auf 3,2 %/a. Außerdem nimmt dabei der Einbau von Ölkesseln ab und der Einbau von elektrischen Wärmepumpen zu.
- Die Rate des jährlichen Einbaus thermischer Solaranlagen nimmt von 0,7 %/a auf 2,8 %/a deutlich zu und erreicht damit fast die Erneuerungsrate des Haupt-Wärmeerzeugers. 75 % dieser Anlagen dienen gleichzeitig der Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung.

| Baujahr | EZFH I bis 1978 | EZFH II 1979-1994 | EZFH III 1995-2009 | MFH I bis 1978 | MFH II 1979-1994 | MFH III 1995-2009 | |
|---|--------------------|----------------------|-----------------------|-------------------|---------------------|----------------------|-----------------|
| Jährliche energetische Sanierungsraten des Wärmeschutzes | | | | | | | gesamt* |
| Wand | 2,00% | 1,00% | 0,30% | 2,00% | 1,00% | 0,30% | 1,58% |
| Dach | 2,00% | 1,00% | 0,30% | 2,00% | 1,00% | 0,30% | 1,55% |
| OGD | 5,00% | 3,00% | 0,30% | 5,00% | 3,00% | 0,30% | 3,91% |
| KD | 5,00% | 3,00% | 0,30% | 5,00% | 3,00% | 0,30% | 3,95% |
| Fenster | 2,00% | 1,50% | 0,30% | 2,00% | 1,50% | 0,30% | 1,65% |
| Gesamtrate Wärmeschutz: | | | | | | | 2,46% |
| Jährliche Raten des Einbaus von Lüftungsanlagen (grob geschätzt) | | | | | | | gesamt** |
| Abluftanlagen | 0,05% | 0,05% | 0,05% | 0,05% | 0,05% | 0,05% | 0,05% |
| LWRG | 0,50% | 0,50% | 0,05% | 0,50% | 0,50% | 0,05% | 0,44% |
| Jährliche Raten der Erneuerung der Wärmeverteilung | | | | | | | gesamt** |
| Heizung | 3,0% | 2,5% | 0,5% | 3,0% | 2,5% | 0,5% | 2,6% |
| Warmwasser | 3,0% | 2,5% | 0,5% | 3,0% | 2,5% | 0,5% | 2,6% |
| Jährliche Erneuerungsraten der Heizung (Haupt-Wärmeerzeuger) | | | | | | | gesamt** |
| | 3,5% | 3,5% | 1,0% | 3,5% | 3,5% | 1,0% | 3,2% |
| Aufteilung der neu eingebauten Wärmeerzeuger nach Systemen | | | | | | | |
| Fernwärme | 1,5% | 1,5% | 1,5% | 9,0% | 9,0% | 9,0% | |
| Gaskessel | 53,5% | 53,5% | 53,5% | 58,0% | 58,0% | 58,0% | |
| Ölkessel | 20,0% | 20,0% | 20,0% | 20,0% | 20,0% | 20,0% | |
| Biomasse-Kessel | 10,0% | 10,0% | 10,0% | 8,0% | 8,0% | 8,0% | |
| el. Wärmepumpe | 15,0% | 15,0% | 15,0% | 5,0% | 5,0% | 5,0% | |
| Rückbau der bisherigen Wärmeerzeuger: Aufteilung nach Systemen | | | | | | | |
| Fernwärme | 0,5% | 0,5% | 0,0% | 1,5% | 1,0% | 0,0% | |
| Gaskessel | 48,9% | 56,5% | 67,0% | 50,4% | 69,6% | 73,0% | |
| Ölkessel | 35,0% | 35,0% | 25,0% | 35,0% | 25,0% | 25,0% | |
| Biomasse-Kessel | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | |
| Kohlekessel | 0,6% | 0,0% | 0,0% | 0,2% | 0,0% | 0,0% | |
| dez. direktelekt. | 6,5% | 7,0% | 7,0% | 4,5% | 4,0% | 2,0% | |
| dez. Systeme | 8,5% | 1,0% | 1,0% | 8,5% | 0,4% | 0,0% | |
| Jährliche Rate des Einbaus thermischer Solaranlagen | | | | | | | gesamt** |
| | 3,0% | 3,0% | 1,5% | 3,0% | 3,0% | 1,5% | 2,8% |
| Anteil der thermischen Solaranlagen mit Heizungsunterstützung | | | | | | | |
| | 75,0% | 75,0% | 75,0% | 75,0% | 75,0% | 75,0% | 75,0% |

* Gesamtwerte Wärmeschutz auf Basis Bauteilflächen

** Gesamtwerte Wärmeversorgung auf Basis Wohnungszahl

Tabelle 14: Zielszenario I: Energetische Modernisierungsraten für Wärmeschutz und Wärmeversorgung

Den resultierenden Zustand des Bestandes 09 zeigt Tabelle 15.

| Baujahr | EFH I | EFH II | EFH III | MFH I | MFH II | MFH III | gesamt* |
|---|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------------|
| | bis 1978 | 1979-1994 | 1995-2009 | bis 1978 | 1979-1994 | 1995-2009 | |
| Modernisierter Anteil der Bauteilfläche | | | | | | | gesamt* |
| Wand | 39% | 16% | 3% | 46% | 24% | 3% | 32% |
| Dach | 85% | 33% | 3% | 85% | 24% | 3% | 61% |
| OGD | 78% | 47% | 3% | 83% | 63% | 3% | 62% |
| KD | 52% | 27% | 3% | 54% | 31% | 3% | 41% |
| Fenster | 59% | 26% | 3% | 68% | 39% | 3% | 47% |
| Gesamt-Modernisierungsfortschritt Wärmeschutz: | | | | | | | 44% |
| Aufteilung nach Wärmeschutz-Niveaus | | | | | | | |
| Modernisierter Anteil Wärmeschutz-Niveau I | | | | | | | |
| Wand | 25% | 7% | 0% | 31% | 15% | 0% | 20% |
| Dach | 64% | 23% | 0% | 64% | 14% | 0% | 46% |
| OGD | 38% | 21% | 0% | 42% | 37% | 0% | 30% |
| KD | 14% | 3% | 0% | 15% | 7% | 0% | 10% |
| Fenster | 37% | 12% | 0% | 46% | 25% | 0% | 30% |
| Modernisierter Anteil Wärmeschutz-Niveau II | | | | | | | |
| Wand | 6% | 5% | 2% | 6% | 5% | 2% | 5% |
| Dach | 12% | 6% | 2% | 12% | 6% | 2% | 9% |
| OGD | 20% | 14% | 2% | 20% | 14% | 2% | 16% |
| KD | 17% | 12% | 2% | 18% | 12% | 2% | 14% |
| Fenster | 14% | 8% | 2% | 14% | 8% | 2% | 11% |
| Modernisierter Anteil Wärmeschutz-Niveau III | | | | | | | |
| Wand | 8% | 4% | 1% | 8% | 4% | 1% | 6% |
| Dach | 8% | 4% | 1% | 8% | 4% | 1% | 6% |
| OGD | 21% | 12% | 1% | 21% | 12% | 1% | 16% |
| KD | 21% | 12% | 1% | 21% | 12% | 1% | 16% |
| Fenster | 8% | 6% | 1% | 8% | 6% | 1% | 7% |
| Anteile Wohnungslüftungsanlagen | | | | | | | gesamt** |
| Lüftungsanlagen | 5,2% | 5,0% | 5,4% | 9,2% | 9,0% | 5,4% | 7,1% |
| Abluftanlagen | 0,9% | 0,9% | 2,1% | 4,5% | 4,5% | 2,1% | 2,7% |
| Anlagen mit LWRG | 4,3% | 4,2% | 3,3% | 4,7% | 4,5% | 3,3% | 4,3% |
| Qualität der Wärmeverteilung*** | | | | | | | gesamt** |
| Wärmevert. Heizung***: Stufe 1 | 12% | 0% | 0% | 11% | 0% | 0% | 8% |
| Wärmevert. Heizung***: Stufe 2 | 57% | 79% | 54% | 55% | 81% | 75% | 61% |
| Wärmevert. Heizung***: Stufe 3 | 31% | 21% | 46% | 33% | 19% | 25% | 31% |
| Wärmevert. WW: Stufe 1 | 11% | 0% | 0% | 5% | 0% | 0% | 5% |
| Wärmevert. WW: Stufe 2 | 58% | 79% | 53% | 62% | 77% | 75% | 63% |
| Wärmevert. WW: Stufe 3 | 31% | 21% | 47% | 33% | 23% | 25% | 31% |
| Anteile der Haupt-Wärmeerzeuger der Heizung | | | | | | | gesamt** |
| Fernwärme | 1,8% | 2,7% | 3,8% | 15,0% | 25,2% | 12,5% | 9,8% |
| Gaskessel | 45,8% | 46,4% | 65,0% | 55,7% | 57,1% | 76,3% | 53,8% |
| Stufe 1:KTK | 1,6% | 2,0% | 2,5% | 2,5% | 2,4% | 2,6% | 2,2% |
| Stufe 2:NTK | 8,5% | 7,2% | 10,5% | 19,0% | 17,9% | 36,3% | 14,9% |
| Stufe 3:BWK | 35,7% | 37,2% | 52,0% | 34,2% | 36,8% | 37,4% | 36,7% |
| Ölkessel | 34,2% | 36,5% | 18,4% | 20,1% | 11,7% | 4,9% | 24,0% |
| Stufe 1:KTK | 1,6% | 0,6% | 0,9% | 1,4% | 0,5% | 0,0% | 1,2% |
| Stufe 2:NTK | 24,2% | 28,9% | 14,9% | 12,8% | 6,3% | 3,1% | 16,7% |
| Stufe 3:BWK | 8,4% | 7,1% | 2,7% | 5,9% | 4,9% | 1,8% | 6,2% |
| Biom.kessel | 8,0% | 6,8% | 3,9% | 5,5% | 3,5% | 4,0% | 6,0% |
| Kohlekessel | 0,1% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% |
| elektr. WP | 5,8% | 6,4% | 7,4% | 2,9% | 1,5% | 1,8% | 4,2% |
| Gasofen | 0,8% | 0,0% | 0,0% | 0,1% | 0,0% | 0,0% | 0,3% |
| Ölofen | 0,8% | 0,1% | 0,2% | 0,1% | 0,0% | 0,0% | 0,3% |
| Holzofen | 2,1% | 0,1% | 0,7% | 0,2% | 0,0% | 0,0% | 0,8% |
| Kohleofen | 0,4% | 0,0% | 0,0% | 0,1% | 0,0% | 0,0% | 0,1% |
| dezentral direktelekt. | 0,3% | 1,1% | 0,6% | 0,3% | 1,0% | 0,2% | 0,4% |
| Anteile thermischer Solaranlagen | | | | | | | gesamt** |
| Solarthermische Anlagen | 34,6% | 39,6% | 32,9% | 27,1% | 25,2% | 16,9% | 30,2% |
| nur Warmwasserbereitung | 11,6% | 15,1% | 15,8% | 7,3% | 6,6% | 5,9% | 9,8% |
| Heizungsunterstützung | 23,0% | 24,5% | 17,2% | 19,8% | 18,6% | 11,0% | 20,4% |

KTK: Konstanttemperaturkessel, NTK: Niedertemperaturkessel, BWK: Brennwertkessel

*Gesamtwerte Wärmeschutz auf Basis der Bauteilflächen gemittelt

** Gesamtwerte Lüftungsanlagen/Wärmeversorgungsstechnik auf Basis der Wohnungsanzahlen gemittelt

*** Wärmeverteilung: Prozentwerte der Heizung nur auf zentrale Systeme (Wärmeerzeuger außerhalb der Gebäudehülle) bezogen

Tabelle 15: Ergebnis des Zielszenarios I: Zustand des Bestandes 09 im Jahr 2020

5.2 Zielszenario II: Einhaltung des Zielwerts für den Wärmebedarf

Gegenüber dem Zielszenario I werden noch deutlich gesteigerte Modernisierungsraten beim Wärmeschutz und bei der Erneuerung der Wärmeverteilung angenommen. Der Gesamtwert der energetischen Modernisierungsrate beim Gebäude-Wärmeschutz steigt auf ca. 3,3 % an.

Darüber hinaus wird angesetzt, dass in 80 % der Fälle das Wärmeschutz-Niveau III umgesetzt werden kann. Im Altbau (EZFH I, EZFH II) wird wiederum angenommen, dass 10 % der Dämmungen bei Dach, Obergeschossdecke und Kellerdecke auf Niveau I erfolgen, bei der Wand wird hier ein Anteil von 15 % angenommen. Alle sonstigen Dämmmaßnahmen (je nach Bauteil und Gebäude 5 % bis 20 %) erfolgen auf Niveau II.

| Baujahr | EZFH I bis 1978 | EZFH II 1979-1994 | EZFH III 1995-2009 | MFH I bis 1978 | MFH II 1979-1994 | MFH III 1995-2009 | |
|---|--------------------|----------------------|-----------------------|-------------------|---------------------|----------------------|-----------------|
| Jährliche energetische Sanierungsraten des Wärmeschutzes | | | | | | | gesamt* |
| Wand | 3,00% | 1,50% | 0,50% | 3,00% | 1,50% | 0,50% | 2,38% |
| Dach | 3,00% | 1,50% | 0,50% | 3,00% | 1,50% | 0,50% | 2,33% |
| OGD | 6,00% | 4,00% | 0,50% | 6,00% | 4,00% | 0,50% | 4,79% |
| KD | 6,00% | 4,00% | 0,50% | 6,00% | 4,00% | 0,50% | 4,84% |
| Fenster | 3,00% | 2,00% | 0,50% | 3,00% | 2,00% | 0,50% | 2,43% |
| Gesamtrate Wärmeschutz: | | | | | | | 3,29% |
| Jährliche Raten des Einbaus von Lüftungsanlagen (grob geschätzt) | | | | | | | gesamt** |
| Abluftanlagen | 0,05% | 0,05% | 0,05% | 0,05% | 0,05% | 0,05% | 0,05% |
| LWRG | 1,00% | 1,00% | 0,50% | 1,00% | 1,00% | 0,50% | 0,94% |
| Jährliche Raten der Erneuerung der Wärmeverteilung | | | | | | | gesamt** |
| Heizung | 4,0% | 3,0% | 1,5% | 4,0% | 3,0% | 1,5% | 3,5% |
| Warmwasser | 4,0% | 3,0% | 1,5% | 4,0% | 3,0% | 1,5% | 3,5% |
| Jährliche Erneuerungsraten der Heizung (Haupt-Wärmeerzeuger) | | | | | | | gesamt** |
| | 3,5% | 3,5% | 1,0% | 3,5% | 3,5% | 1,0% | 3,2% |
| Aufteilung der neu eingebauten Wärmeerzeuger nach Systemen | | | | | | | |
| Fernwärme | 1,5% | 1,5% | 1,5% | 9,0% | 9,0% | 9,0% | |
| Gaskessel | 53,5% | 53,5% | 53,5% | 58,0% | 58,0% | 58,0% | |
| Ölkessel | 20,0% | 20,0% | 20,0% | 20,0% | 20,0% | 20,0% | |
| Biomasse-Kessel | 10,0% | 10,0% | 10,0% | 8,0% | 8,0% | 8,0% | |
| el. Wärmepumpe | 15,0% | 15,0% | 15,0% | 5,0% | 5,0% | 5,0% | |
| Rückbau der bisherigen Wärmeerzeuger: Aufteilung nach Systemen | | | | | | | |
| Fernwärme | 0,5% | 0,5% | 0,0% | 1,5% | 1,0% | 0,0% | |
| Gaskessel | 48,9% | 56,5% | 67,0% | 50,4% | 69,6% | 73,0% | |
| Ölkessel | 35,0% | 35,0% | 25,0% | 35,0% | 25,0% | 25,0% | |
| Biomasse-Kessel | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | |
| Kohlekessel | 0,6% | 0,0% | 0,0% | 0,2% | 0,0% | 0,0% | |
| dez. direktelekt. | 6,5% | 7,0% | 7,0% | 4,5% | 4,0% | 2,0% | |
| dez. Systeme | 8,5% | 1,0% | 1,0% | 8,5% | 0,4% | 0,0% | |
| Jährliche Rate des Einbaus thermischer Solaranlagen | | | | | | | gesamt** |
| | 3,0% | 3,0% | 1,5% | 3,0% | 3,0% | 1,5% | 2,8% |
| Anteil der thermischen Solaranlagen mit Heizungsunterstützung | | | | | | | |
| | 75,0% | 75,0% | 75,0% | 75,0% | 75,0% | 75,0% | 75,0% |

* Gesamtwerte Wärmeschutz auf Basis Bauteilflächen

** Gesamtwerte Wärmeversorgung auf Basis Wohnungsanzahl

Tabelle 16: Zielszenario II: Energetische Modernisierungsraten für Wärmeschutz und Wärmeversorgung

| | EFH I | EFH II | EFH III | MFH I | MFH II | MFH III | | |
|--------------------------------|---|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|----------------|-----------------|
| Baujahr | bis 1978 | 1979-1994 | 1995-2009 | bis 1978 | 1979-1994 | 1995-2009 | | |
| | Modernisierter Anteil der Bauteilfläche | | | | | | gesamt* | |
| Wand | 48% | 20% | 4% | 54% | 28% | 4% | 38% | |
| Dach | 93% | 37% | 5% | 94% | 28% | 5% | 68% | |
| OGD | 86% | 55% | 5% | 91% | 71% | 5% | 70% | |
| KD | 61% | 35% | 4% | 62% | 39% | 4% | 48% | |
| Fenster | 67% | 30% | 5% | 77% | 43% | 5% | 54% | |
| | Gesamt-Modernisierungsfortschritt Wärmeschutz: | | | | | | 50% | |
| | Aufteilung nach Wärmeschutz-Niveaus | | | | | | | |
| | Modernisierter Anteil Wärmeschutz-Niveau I | | | | | | | |
| Wand | 24% | 7% | 0% | 30% | 15% | 0% | 20% | |
| Dach | 65% | 23% | 0% | 65% | 14% | 0% | 46% | |
| OGD | 38% | 21% | 0% | 42% | 37% | 0% | 31% | |
| KD | 15% | 3% | 0% | 16% | 7% | 0% | 11% | |
| Fenster | 37% | 12% | 0% | 46% | 25% | 0% | 30% | |
| | Modernisierter Anteil Wärmeschutz-Niveau II | | | | | | | |
| Wand | 3% | 3% | 1% | 3% | 3% | 1% | 3% | |
| Dach | 8% | 5% | 2% | 8% | 5% | 2% | 6% | |
| OGD | 8% | 9% | 1% | 8% | 9% | 1% | 7% | |
| KD | 6% | 7% | 1% | 6% | 7% | 1% | 5% | |
| Fenster | 11% | 5% | 2% | 11% | 5% | 2% | 8% | |
| | Modernisierter Anteil Wärmeschutz-Niveau III | | | | | | | |
| Wand | 20% | 10% | 3% | 20% | 10% | 3% | 16% | |
| Dach | 20% | 10% | 3% | 20% | 10% | 3% | 15% | |
| OGD | 40% | 26% | 3% | 40% | 26% | 3% | 31% | |
| KD | 40% | 26% | 3% | 40% | 26% | 3% | 32% | |
| Fenster | 20% | 13% | 3% | 20% | 13% | 3% | 16% | |
| | Anteile Wohnungslüftungsanlagen | | | | | | | gesamt** |
| Lüftungsanlagen | 9,3% | 9,0% | 9,0% | 13,4% | 13,0% | 9,0% | 11,1% | |
| Abluftanlagen | 0,9% | 0,9% | 2,1% | 4,5% | 4,5% | 2,1% | 2,7% | |
| Anlagen mit LWRG | 8,4% | 8,2% | 6,9% | 8,9% | 8,5% | 6,9% | 8,4% | |
| | Qualität der Wärmeverteilung*** | | | | | | | gesamt** |
| Wärmevert. Heizung***: Stufe 1 | 4% | 0% | 0% | 3% | 0% | 0% | 2% | |
| Wärmevert. Heizung***: Stufe 2 | 62% | 78% | 51% | 60% | 79% | 71% | 64% | |
| Wärmevert. Heizung***: Stufe 3 | 34% | 22% | 49% | 37% | 21% | 29% | 34% | |
| Wärmevert. WW: Stufe 1 | 3% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 1% | |
| Wärmevert. WW: Stufe 2 | 63% | 78% | 50% | 63% | 75% | 72% | 65% | |
| Wärmevert. WW: Stufe 3 | 35% | 22% | 50% | 37% | 25% | 28% | 34% | |
| | Anteile der Haupt-Wärmeerzeuger der Heizung | | | | | | | gesamt** |
| Fernwärme | 1,8% | 2,7% | 3,8% | 15,0% | 25,2% | 12,5% | 9,8% | |
| Gaskessel | 45,8% | 46,4% | 65,0% | 55,7% | 57,1% | 76,3% | 53,8% | |
| Stufe 1:KTK | 1,6% | 2,0% | 2,5% | 2,5% | 2,4% | 2,6% | 2,2% | |
| Stufe 2:NTK | 8,5% | 7,2% | 10,5% | 19,0% | 17,9% | 36,3% | 14,9% | |
| Stufe 3:BWK | 35,7% | 37,2% | 52,0% | 34,2% | 36,8% | 37,4% | 36,7% | |
| Ölkessel | 34,2% | 36,5% | 18,4% | 20,1% | 11,7% | 4,9% | 24,0% | |
| Stufe 1:KTK | 1,6% | 0,6% | 0,9% | 1,4% | 0,5% | 0,0% | 1,2% | |
| Stufe 2:NTK | 24,2% | 28,9% | 14,9% | 12,8% | 6,3% | 3,1% | 16,7% | |
| Stufe 3:BWK | 8,4% | 7,1% | 2,7% | 5,9% | 4,9% | 1,8% | 6,2% | |
| Biom.kessel | 8,0% | 6,8% | 3,9% | 5,5% | 3,5% | 4,0% | 6,0% | |
| Kohlekessel | 0,1% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | |
| elektr. WP | 5,8% | 6,4% | 7,4% | 2,9% | 1,5% | 1,8% | 4,2% | |
| Gasofen | 0,8% | 0,0% | 0,0% | 0,1% | 0,0% | 0,0% | 0,3% | |
| Ölofen | 0,8% | 0,1% | 0,2% | 0,1% | 0,0% | 0,0% | 0,3% | |
| Holzofen | 2,1% | 0,1% | 0,7% | 0,2% | 0,0% | 0,0% | 0,8% | |
| Kohleofen | 0,4% | 0,0% | 0,0% | 0,1% | 0,0% | 0,0% | 0,1% | |
| dezentral direktelekt. | 0,3% | 1,1% | 0,6% | 0,3% | 1,0% | 0,2% | 0,4% | |
| | Anteile thermischer Solaranlagen | | | | | | | gesamt** |
| Solarthermische Anlagen | 34,6% | 39,6% | 32,9% | 27,1% | 25,2% | 16,9% | 30,2% | |
| nur Warmwasserbereitung | 11,6% | 15,1% | 15,8% | 7,3% | 6,6% | 5,9% | 9,8% | |
| Heizungsunterstützung | 23,0% | 24,5% | 17,2% | 19,8% | 18,6% | 11,0% | 20,4% | |

KTK: Konstanttemperaturkessel, NTK: Niedertemperaturkessel, BWK: Brennwessel

*Gesamtwerte Wärmeschutz auf Basis der Bauteilflächen gemittelt

** Gesamtwerte Lüftungsanlagen/Wärmeversorgungstechnik aus Basis der Wohnungsanzahlen gemittelt

*** Wärmeverteilung: Prozentwerte der Heizung nur auf zentrale Systeme (Wärmeerzeuger außerhalb der Gebäudehülle) bezogen

Tabelle 17: Ergebnis des Zielszenarios II: Zustand des Bestandes 09 im Jahr 2020

5.3 Zielszenario III: Einhaltung des Emissionsziels mit der angestrebten energetischen Modernisierungsrate

Ein Teilziel des Energiekonzepts ist die Steigerung der energetischen Modernisierungsrate (Wärmeschutz) von etwa 0,8 %/a im Trendszenario auf einen Zielwert von rund 1,8 %/a (s. Kap. 2.5). Eine derartige Verstärkung der Dynamik bei der energetischen Modernisierungstätigkeit an der Gebäudehülle ist sicherlich als eine große Herausforderung anzusehen. Um so ehrgeiziger und schwieriger zu erreichen erscheint vor diesem Hintergrund der Anstieg auf 2,5 %/a im Zielszenario I bzw. sogar 3,3 %/a im Zielszenario II.

Es muss dabei auch berücksichtigt werden, dass der Anstoß einer solchen Entwicklung sicherlich Zeit brauchen wird und nicht aus dem Stand heraus ab Jahresbeginn 2013 erfolgen kann, wie es in den vereinfachten Modellbetrachtungen vorausgesetzt wurde. Um also tatsächlich eine mittlere Modernisierungsrate von z. B. 2,5 %/a über den gesamten Zeitraum 2013 – 2020 zu erreichen, müsste die Dynamik der Modernisierung bei realistischer Betrachtung zum Ende dieser Periode hin noch deutlich zunehmen.

Vor diesem Hintergrund wird hier ein Szenario betrachtet, das sich auf die Einhaltung des Zielwertes von 1,8 %/a (als Mittelwert über den Betrachtungszeitraum) beschränkt und sich somit noch etwas weiter von der Zielvorgabe für den Wärmebedarf wegbewegt. Auch die Einbaurrate von thermischen Solaranlagen wird niedriger angesetzt. Gleichzeitig wird durch weitergehende Maßnahmen bei der Wärmeversorgung das CO₂-Minderungsziel eingehalten. Aufbauend auf Zielszenario I werden die Modernisierungsraten beim Wärmeschutz vermindert, gleichzeitig wird beim Einbau neuer Heizsysteme eine verstärkte Nutzung von Biomasse und gleichzeitig eine verstärkte Ablösung von Öl- und Gaskesseln angenommen³².

Die angenommenen Erneuerungsraten sind in Tabelle 18, die Resultate für den Bestand 09 in Tabelle 19 dargestellt.

³² Der Anteil der Biomasse am Endenergieverbrauch steigt damit von etwa 50 TWh/a (2009) auf rund 70 TWh/a (2020) an. Die Konsequenzen eines erhöhten Biomasseverbrauchs vor dem Hintergrund begrenzter Ressourcen werden später im Zusammenhang mit der langfristigen Perspektive 2050 noch ausführlicher diskutiert (s. Kapitel 6).

| Baujahr | EZFH I bis 1978 | EZFH II 1979-1994 | EZFH III 1995-2009 | MFH I bis 1978 | MFH II 1979-1994 | MFH III 1995-2009 | |
|---|--------------------|----------------------|-----------------------|-------------------|---------------------|----------------------|-----------------|
| Jährliche energetische Sanierungsraten des Wärmeschutzes | | | | | | | gesamt* |
| Wand | 1,80% | 0,80% | 0,30% | 1,80% | 0,80% | 0,30% | 1,41% |
| Dach | 2,00% | 0,80% | 0,30% | 2,00% | 0,80% | 0,30% | 1,51% |
| OGD | 3,00% | 2,00% | 0,30% | 3,00% | 2,00% | 0,30% | 2,40% |
| KD | 3,00% | 2,00% | 0,30% | 3,00% | 2,00% | 0,30% | 2,43% |
| Fenster | 2,00% | 1,50% | 0,30% | 2,00% | 1,50% | 0,30% | 1,65% |
| Gesamtrate Wärmeschutz: | | | | | | | 1,82% |
| Jährliche Raten des Einbaus von Lüftungsanlagen (grob geschätzt) | | | | | | | gesamt** |
| Abluftanlagen | 0,05% | 0,05% | 0,05% | 0,05% | 0,05% | 0,05% | 0,05% |
| LWRG | 0,50% | 0,50% | 0,05% | 0,50% | 0,50% | 0,05% | 0,44% |
| Jährliche Raten der Erneuerung der Wärmeverteilung | | | | | | | gesamt** |
| Heizung | 3,0% | 2,0% | 0,5% | 3,0% | 2,0% | 0,5% | 2,5% |
| Warmwasser | 3,0% | 2,0% | 0,5% | 3,0% | 2,0% | 0,5% | 2,5% |
| Jährliche Erneuerungsraten der Heizung (Haupt-Wärmeerzeuger) | | | | | | | gesamt** |
| Aufteilung der neu eingebauten Wärmeerzeuger nach Systemen | | | | | | | |
| Fernwärme | 1,5% | 1,5% | 1,5% | 9,0% | 9,0% | 9,0% | |
| Gaskessel | 48,5% | 48,5% | 48,5% | 51,0% | 51,0% | 51,0% | |
| Ölkessel | 15,0% | 15,0% | 15,0% | 15,0% | 15,0% | 15,0% | |
| Biomasse-Kessel | 20,0% | 20,0% | 20,0% | 20,0% | 20,0% | 20,0% | |
| el. Wärmepumpe | 15,0% | 15,0% | 15,0% | 5,0% | 5,0% | 5,0% | |
| Rückbau der bisherigen Wärmeerzeuger: Aufteilung nach Systemen | | | | | | | |
| Fernwärme | 0,5% | 0,5% | 0,0% | 1,5% | 1,0% | 0,0% | |
| Gaskessel | 48,9% | 56,5% | 67,0% | 50,4% | 69,6% | 73,0% | |
| Ölkessel | 35,0% | 35,0% | 25,0% | 35,0% | 25,0% | 25,0% | |
| Biomasse-Kessel | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | |
| Kohlekessel | 0,6% | 0,0% | 0,0% | 0,2% | 0,0% | 0,0% | |
| dez. direktelekt. | 6,5% | 7,0% | 7,0% | 4,5% | 4,0% | 2,0% | |
| dez. Systeme | 8,5% | 1,0% | 1,0% | 8,5% | 0,4% | 0,0% | |
| Jährliche Rate des Einbaus thermischer Solaranlagen | | | | | | | gesamt** |
| Anteil der themischen Solaranlagen mit Heizungsunterstützung | | | | | | | |
| 75,0% | | | | | | | 75,0% |

* Gesamtwerte Wärmeschutz auf Basis Bauteilflächen

** Gesamtwerte Wärmeversorgung auf Basis Wohnungszahl

Tabelle 18: Zielszenario III: Energetische Modernisierungsraten für Wärmeschutz und Wärmeversorgung

| Baujahr | EFH I bis 1978 | EFH II 1979-1994 | EFH III 1995-2009 | MFHI bis 1978 | MFHII 1979-1994 | MFHIII 1995-2009 | |
|---|-------------------|---------------------|----------------------|------------------|--------------------|---------------------|----------------|
| Modernisierter Anteil der Bauteilfläche | | | | | | | gesamt* |
| Wand | 38% | 14% | 3% | 44% | 22% | 3% | 30% |
| Dach | 85% | 32% | 3% | 85% | 23% | 3% | 61% |
| OGD | 62% | 39% | 3% | 66% | 55% | 3% | 50% |
| KD | 36% | 19% | 3% | 37% | 23% | 3% | 28% |
| Fenster | 59% | 26% | 3% | 68% | 39% | 3% | 47% |
| Gesamt-Modernisierungsfortschritt Wärmeschutz: | | | | | | | 38% |
| Aufteilung nach Wärmeschutz-Niveaus | | | | | | | |
| Modernisierter Anteil Wärmeschutz-Niveau I | | | | | | | |
| Wand | 24% | 7% | 0% | 30% | 15% | 0% | 20% |
| Dach | 64% | 23% | 0% | 64% | 14% | 0% | 46% |
| OGD | 36% | 21% | 0% | 40% | 37% | 0% | 29% |
| KD | 13% | 3% | 0% | 14% | 7% | 0% | 9% |
| Fenster | 37% | 12% | 0% | 46% | 25% | 0% | 30% |
| Modernisierter Anteil Wärmeschutz-Niveau II | | | | | | | |
| Wand | 8% | 5% | 2% | 8% | 5% | 2% | 7% |
| Dach | 15% | 6% | 2% | 15% | 6% | 2% | 11% |
| OGD | 17% | 13% | 2% | 17% | 13% | 2% | 14% |
| KD | 14% | 11% | 2% | 15% | 11% | 2% | 12% |
| Fenster | 16% | 10% | 2% | 17% | 10% | 2% | 13% |
| Modernisierter Anteil Wärmeschutz-Niveau III | | | | | | | |
| Wand | 5% | 2% | 1% | 5% | 2% | 1% | 4% |
| Dach | 6% | 2% | 1% | 6% | 2% | 1% | 4% |
| OGD | 9% | 6% | 1% | 9% | 6% | 1% | 7% |
| KD | 9% | 6% | 1% | 9% | 6% | 1% | 7% |
| Fenster | 6% | 4% | 1% | 6% | 4% | 1% | 5% |
| Anteile Wohnungslüftungsanlagen | | | | | | | |
| Lüftungsanlagen | 5,2% | 5,0% | 5,4% | 9,2% | 9,0% | 5,4% | 7,1% |
| Abluftanlagen | 0,9% | 0,9% | 2,1% | 4,5% | 4,5% | 2,1% | 2,7% |
| Anlagen mit LWRG | 4,3% | 4,2% | 3,3% | 4,7% | 4,5% | 3,3% | 4,3% |
| Qualität der Wärmeverteilung*** | | | | | | | |
| Wärmevert. Heizung***: Stufe 1 | 12% | 0% | 0% | 11% | 0% | 0% | 8% |
| Wärmevert. Heizung***: Stufe 2 | 57% | 81% | 54% | 55% | 82% | 75% | 62% |
| Wärmevert. Heizung***: Stufe 3 | 31% | 19% | 46% | 33% | 18% | 25% | 30% |
| Wärmevert. WW: Stufe 1 | 11% | 0% | 0% | 5% | 0% | 0% | 5% |
| Wärmevert. WW: Stufe 2 | 58% | 81% | 53% | 62% | 78% | 75% | 64% |
| Wärmevert. WW: Stufe 3 | 31% | 19% | 47% | 33% | 22% | 25% | 31% |
| Anteile der Haupt-Wärmeerzeuger der Heizung | | | | | | | |
| Fernwärme | 1,8% | 2,7% | 3,8% | 15,0% | 25,2% | 12,5% | 9,8% |
| Gaskessel | 44,3% | 45,0% | 64,6% | 53,7% | 55,1% | 75,7% | 52,2% |
| Stufe 1:KTK | 1,6% | 2,0% | 2,5% | 2,5% | 2,4% | 2,6% | 2,2% |
| Stufe 2:NTK | 8,4% | 7,1% | 10,4% | 18,9% | 17,8% | 36,2% | 14,8% |
| Stufe 3:BWK | 34,3% | 35,9% | 51,6% | 32,2% | 34,9% | 36,9% | 35,2% |
| Ölkessel | 32,7% | 35,1% | 18,0% | 18,6% | 10,3% | 4,5% | 22,7% |
| Stufe 1:KTK | 1,6% | 0,6% | 0,9% | 1,4% | 0,5% | 0,0% | 1,2% |
| Stufe 2:NTK | 23,9% | 28,5% | 14,8% | 12,4% | 6,0% | 3,0% | 16,3% |
| Stufe 3:BWK | 7,3% | 6,0% | 2,4% | 4,7% | 3,9% | 1,5% | 5,2% |
| Biom.kessel | 10,9% | 9,6% | 4,7% | 9,0% | 6,9% | 5,0% | 8,9% |
| Kohlekessel | 0,1% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% |
| elektr. WP | 5,8% | 6,4% | 7,4% | 2,9% | 1,5% | 1,8% | 4,2% |
| Gasofen | 0,8% | 0,0% | 0,0% | 0,1% | 0,0% | 0,0% | 0,3% |
| Ölofen | 0,8% | 0,1% | 0,2% | 0,1% | 0,0% | 0,0% | 0,3% |
| Holzofen | 2,1% | 0,1% | 0,7% | 0,2% | 0,0% | 0,0% | 0,8% |
| Kohleofen | 0,4% | 0,0% | 0,0% | 0,1% | 0,0% | 0,0% | 0,1% |
| dezentral direktelekt. | 0,3% | 1,1% | 0,6% | 0,3% | 1,0% | 0,2% | 0,4% |
| Anteile thermischer Solaranlagen | | | | | | | |
| Solarthermische Anlagen | 30,4% | 35,6% | 24,9% | 22,9% | 21,2% | 8,9% | 25,5% |
| nur Warmwasserbereitung | 10,5% | 14,1% | 13,8% | 6,2% | 5,6% | 3,9% | 8,6% |
| Heizungsunterstützung | 19,9% | 21,5% | 11,2% | 16,7% | 15,6% | 5,0% | 16,9% |

KTK: Konstanttemperaturkessel, NTK: Niedertemperaturkessel, BWK: Brennwertkessel

*Gesamtwerte Wärmeschutz auf Basis der Bauteilflächen gemittelt

** Gesamtwerte Lüftungsanlagen/Wärmeversorgungstechnik aus Basis der Wohnungsanzahlen gemittelt

*** Wärmeverteilung: Prozentwerte der Heizung nur auf zentrale Systeme (Wärmeerzeuger außerhalb der Gebäudehülle) bezogen

Tabelle 19: Ergebnis des Zielszenarios III: Zustand des Bestandes 09 im Jahr 2020

5.4 Zielszenario IV: Kontinuierliche Erhöhung der energetischen Modernisierungsrate und Übergang zu einer neuen Wärmeversorgungsstruktur

Die Zielszenarien I-III betrachten einheitliche Umsetzungsraten über den Betrachtungszeitraum 2013 – 2020. Tatsächlich ist anzunehmen, dass die Entwicklung – ausgehend von dem bis Ende 2012 angesetzten Trendszenario – nicht sprunghaft, sondern kontinuierlich erfolgt, d. h. dass die erhöhten Modernisierungsraten beim Wärmeschutz und die erhöhten Anteile zukunftsweisender Wärmeversorgungsstrukturen allmählich zunehmen. Der Ansatz einheitlicher Umsetzungsraten ist dennoch korrekt, wenn diese als Mittelwerte über den Betrachtungszeitraum interpretiert werden. Allerdings würde dies z. B. bedeuten, dass die im Zielszenario III zu ca. 1,8 %/a angenommene mittlere Wärmeschutz-Modernisierungsrate (vgl. Tabelle 18) am Ende des Betrachtungszeitraums noch deutlich überschritten werden müsste: So müsste im Fall einer linearen Zunahme der Modernisierungsrate ausgehend von 0,8 %/a im Trendszenario bis Ende 2012 im Jahr 2020 ein Wert von 2,8 %/a erreicht werden, wenn der Mittelwert über den gesamten Zeitraum 1,8 %/a betragen soll. Gleichzeitig ist festzustellen, dass dem Ziel der Einführung einer neuen Struktur der Wärmeversorgung bis 2020 in den bisherigen Szenarien noch keine unmittelbare Beachtung geschenkt wurde, da eine solche Vorgabe für den Gebäudesektor nicht explizit im Energiekonzept genannt wird. Ein solches Ziel ergibt sich aber indirekt aus den Analysen zur Erreichung der langfristigen Klimaschutzziele 2050, die in Kapitel 6 durchgeführt werden. Vor diesem Hintergrund erscheint es sinnvoll, ein weiteres Zielszenario IV zu betrachten, das von den folgenden Prämissen ausgeht:

- Die im Zielszenario III erreichte Wärmeschutz-Modernisierungsrate von 1,8 %/a wird im Zielszenario IV nicht als Mittelwert über den Betrachtungszeitraum 2013 - 2020, sondern als Endwert für das Jahr 2020 angenommen, der durch kontinuierliche Steigerungsraten erreicht wird. Der Mittelwert bis 2020 liegt demnach – ausgehend von 0,8 % im Jahr 2012 – bei rund 1,3 %/a.
- Auch bei weiteren Umsetzungsraten (z. B. Installation von thermischen Solaranlagen und Lüftungsanlagen) wird angenommen, dass die Ansätze des Zielszenarios III keine Mittelwerte über den gesamten Zeitraum darstellen, sondern erst am Ende des Betrachtungszeitraums erreicht werden.
- Bei einer Modernisierung des Haupt-Wärmeerzeugers der Heizung wird eine deutlich stärkere Dynamik in Richtung auf zukunftsweisende Systeme als in den Zielszenarien I-III angenommen: Ausgehend vom Trendszenario wird angenommen, dass die Anteile zukunftsweisender Heizsysteme (Wärmepumpen, Pelletkessel, Erdgas- bzw. Biomasse-BHKW) kontinuierlich ansteigen und im Jahr 2020 einen Anteil von ca. 90 % der Neuanlagen ausmachen, so dass nur noch etwa 10 % auf herkömmliche Erdgas- und Ölkessel entfallen.

Die mittleren Umsetzungsraten und Technologieanteile des Zielszenarios IV sind in Tabelle 20 eingetragen.

| | EZFH I | EZFH II | EZFH III | MFH I | MFH II | MFH III | |
|---|---------------|----------------|-----------------|--------------|---------------|----------------|-----------------|
| Baujahr | bis 1978 | 1979-1994 | 1995-2009 | bis 1978 | 1979-1994 | 1995-2009 | |
| Jährliche energetische Sanierungsraten des Wärmeschutzes | | | | | | | gesamt* |
| Wand | 1,35% | 0,55% | 0,30% | 1,35% | 0,55% | 0,30% | 1,06% |
| Dach | 2,00% | 0,78% | 0,30% | 2,00% | 0,78% | 0,30% | 1,51% |
| OGD | 2,10% | 1,38% | 0,30% | 2,10% | 1,38% | 0,30% | 1,69% |
| KD | 1,65% | 1,05% | 0,30% | 1,65% | 1,05% | 0,30% | 1,34% |
| Fenster | 1,90% | 1,08% | 0,30% | 1,90% | 1,08% | 0,30% | 1,50% |
| Gesamtrate Wärmeschutz: | | | | | | | 1,31% |
| Jährliche Raten des Einbaus von Lüftungsanlagen (grob geschätzt) | | | | | | | gesamt** |
| Abluftanlagen | 0,05% | 0,05% | 0,05% | 0,05% | 0,05% | 0,05% | 0,05% |
| LWRG | 0,28% | 0,28% | 0,05% | 0,28% | 0,28% | 0,05% | 0,25% |
| Jährliche Raten der Erneuerung der Wärmeverteilung | | | | | | | gesamt** |
| Heizung | 2,5% | 1,6% | 0,5% | 2,5% | 1,6% | 0,5% | 2,1% |
| Warmwasser | 2,5% | 1,6% | 0,5% | 2,5% | 1,6% | 0,5% | 2,1% |
| Jährliche Erneuerungsraten der Heizung (Haupt-Wärmeerzeuger) | | | | | | | gesamt** |
| | 3,5% | 3,5% | 1,0% | 3,5% | 3,5% | 1,0% | 3,2% |
| Aufteilung der neu eingebauten Wärmeerzeuger nach Systemen | | | | | | | |
| Ferwärme | 1,5% | 1,5% | 1,5% | 1,5% | 9,0% | 9,0% | |
| Gaskessel | 31,3% | 31,3% | 31,3% | 32,0% | 32,0% | 32,0% | |
| Ölkessel | 15,5% | 15,5% | 15,5% | 14,5% | 14,5% | 14,5% | |
| Biomasse-Kessel | 10,0% | 10,0% | 10,0% | 6,5% | 6,5% | 6,5% | |
| el. Wärmepumpe | 41,8% | 41,8% | 41,8% | 5,5% | 5,5% | 5,5% | |
| Gas-BHKW | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 15,0% | 15,0% | 15,0% | |
| Biom.-BHKW | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 17,5% | 17,5% | 17,5% | |
| Rückbau der bisherigen Wärmeerzeuger: Aufteilung nach Systemen | | | | | | | |
| Ferwärme | 0,5% | 0,5% | 0,0% | 1,5% | 1,0% | 0,0% | |
| Gaskessel | 48,9% | 56,5% | 67,0% | 50,4% | 69,6% | 73,0% | |
| Ölkessel | 35,0% | 35,0% | 25,0% | 35,0% | 25,0% | 25,0% | |
| Biomasse-Kessel | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | |
| Kohlekessel | 0,6% | 0,0% | 0,0% | 0,2% | 0,0% | 0,0% | |
| dez. direktelekt. | 6,5% | 7,0% | 7,0% | 4,5% | 4,0% | 2,0% | |
| dez. Systeme | 8,5% | 1,0% | 1,0% | 8,5% | 0,4% | 0,0% | |
| Jährliche Rate des Einbaus thermischer Solaranlagen | | | | | | | gesamt** |
| | 1,9% | 1,9% | 0,8% | 1,4% | 1,3% | 0,3% | 1,5% |
| Anteil der thermischen Solaranlagen mit Heizungsunterstützung | | | | | | | |
| | 62,5% | 62,5% | 62,5% | 62,5% | 62,5% | 62,5% | 62,5% |

* Gesamtwerte Wärmeschutz auf Basis Bauteilflächen

** Gesamtwerte Wärmeversorgung auf Basis Wohnungszahl

Tabelle 20: Zielszenario IV: Energetische Modernisierungsraten für Wärmeschutz und Wärmeversorgung: Mittelwerte über den Zeitraum 2013-2019

Tabelle 21 zeigt demgegenüber die Situation am Ende der Periode im Jahr 2020. Die Annahmen zu den Anteilen verschiedener Wärmeversorgungstechnologien sind dabei nur exemplarisch zu verstehen: Es wurde hier ein denkbarer, aber bei weitem nicht der einzig mögliche „Mix“ für den betrachteten Zeitraum angesetzt³³.

³³ Für die Blockheizkraftwerke wurden hier aus Gründen der Vereinfachung der Analyse eine Installation in den Gebäuden angenommen (elektrischer Jahresnutzungsgrad 30 %, thermischer Jahresnutzungsgrad 55 %). Ebenso denkbar wäre eine Fern-/Nahwärmeversorgung. Auch die Annahme, dass der Einsatz der neuen Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen im Mehrfamilienhaussektor erfolgt, stellt eine vereinfachende Annahme dar: Sie ist in der Tendenz durch die besseren Einsatzbedingungen von BHKW im Mehrfamilienhausbereich begründet (ausreichende Gebäudegröße für Einzelanlagen,

| | EZFH I | EZFH II | EZFH III | MFH I | MFH II | MFH III | |
|---|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------------|
| Baujahr | bis 1978 | 1979-1994 | 1995-2009 | bis 1978 | 1979-1994 | 1995-2009 | |
| Jährliche energetische Sanierungsraten des Wärmeschutzes | | | | | | | gesamt* |
| Wand | 1,80% | 0,80% | 0,30% | 1,80% | 0,80% | 0,30% | 1,41% |
| Dach | 2,00% | 0,80% | 0,30% | 2,00% | 0,80% | 0,30% | 1,51% |
| OGD | 3,00% | 2,00% | 0,30% | 3,00% | 2,00% | 0,30% | 2,40% |
| KD | 3,00% | 2,00% | 0,30% | 3,00% | 2,00% | 0,30% | 2,43% |
| Fenster | 2,00% | 1,50% | 0,30% | 2,00% | 1,50% | 0,30% | 1,65% |
| Gesamtrate Wärmeschutz: | | | | | | | 1,82% |
| Jährliche Raten des Einbaus von Lüftungsanlagen (grob geschätzt) | | | | | | | gesamt** |
| Abluftanlagen | 0,05% | 0,05% | 0,05% | 0,05% | 0,05% | 0,05% | 0,05% |
| LWRG | 0,50% | 0,50% | 0,05% | 0,50% | 0,50% | 0,05% | 0,44% |
| Jährliche Raten der Erneuerung der Wärmeverteilung | | | | | | | gesamt** |
| Heizung | 3,0% | 2,0% | 0,5% | 3,0% | 2,0% | 0,5% | 2,5% |
| Warmwasser | 3,0% | 2,0% | 0,5% | 3,0% | 2,0% | 0,5% | 2,5% |
| Jährliche Erneuerungsraten der Heizung (Haupt-Wärmeerzeuger) | | | | | | | gesamt** |
| | 3,5% | 3,5% | 1,0% | 3,5% | 3,5% | 1,0% | 3,2% |
| Aufteilung der neu eingebauten Wärmeerzeuger nach Systemen | | | | | | | |
| Fernwärme | 1,5% | 1,5% | 1,5% | 9,0% | 9,0% | 9,0% | |
| Gaskessel | 5,0% | 5,0% | 5,0% | 6,0% | 6,0% | 6,0% | |
| Ölkessel | 5,0% | 5,0% | 5,0% | 5,0% | 5,0% | 5,0% | |
| Biomasse-Kessel | 10,0% | 10,0% | 10,0% | 5,0% | 5,0% | 5,0% | |
| el. Wärmepumpe | 78,5% | 78,5% | 78,5% | 10,0% | 10,0% | 10,0% | |
| Gas-BHKW | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 30,0% | 30,0% | 30,0% | |
| Biom.-BHKW | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 35,0% | 35,0% | 35,0% | |
| Rückbau der bisherigen Wärmeerzeuger: Aufteilung nach Systemen | | | | | | | |
| Fernwärme | 0,5% | 0,5% | 0,0% | 1,5% | 1,0% | 0,0% | |
| Gaskessel | 48,9% | 56,5% | 67,0% | 50,4% | 69,6% | 73,0% | |
| Ölkessel | 35,0% | 35,0% | 25,0% | 35,0% | 25,0% | 25,0% | |
| Biomasse-Kessel | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | |
| Kohlekessel | 0,6% | 0,0% | 0,0% | 0,2% | 0,0% | 0,0% | |
| dez. direktelekt. | 6,5% | 7,0% | 7,0% | 4,5% | 4,0% | 2,0% | |
| dez. Systeme | 8,5% | 1,0% | 1,0% | 8,5% | 0,4% | 0,0% | |
| Jährliche Rate des Einbaus thermischer Solaranlagen | | | | | | | gesamt** |
| | 2,5% | 2,5% | 0,5% | 2,5% | 2,5% | 0,5% | 2,2% |
| Anteil der themischen Solaranlagen mit Heizungsunterstützung | | | | | | | |
| | 75,0% | 75,0% | 75,0% | 75,0% | 75,0% | 75,0% | 75,0% |

* Gesamtwerte Wärmeschutz auf Basis Bauteilflächen

** Gesamtwerte Wärmeversorgung auf Basis Wohnungszahl

Tabelle 21: Zielszenario IV: Energetische Modernisierungsraten für Wärmeschutz und Wärmeversorgung: Endwerte im Jahr 2020

ausreichende Wärmebedarfsdichte für leitungsgebundene Wärmeversorgung), in ihrer Ausschließlichkeit dient sie im Zielszenario IV allerdings allein der Vereinfachung der Modellrechnungen. Um Wechselwirkungen mit dem allgemeinen Stromsektor auszuklammern, wurde in der Gesamt-Energiebilanz angenommen, dass der in den Blockheizkraftwerken produzierte Strom vollständig zur Versorgung elektrischer Wärmepumpen in anderen Wohngebäuden eingesetzt wird (vgl. hierzu auch die Überlegungen zur Kraft-Wärme-Kopplung in Kap. 6.2).

Der Zustand des Bestandes 09 im Jahr 2020 ist für das Zielszenario IV in Tabelle 22 dargestellt. Die Berechnung dieser Endwerte erfolgte durch Ansatz der mittleren Umsetzungsrate aus Tabelle 20 für die Periode 2013-2019 und der Werte aus Tabelle 21 für das Jahr 2020.

| Baujahr | EFH I bis 1978 | EFH II 1979-1994 | EFH III 1995-2009 | MFH I bis 1978 | MFH II 1979-1994 | MFH III 1995-2009 | |
|---|-------------------|---------------------|----------------------|-------------------|---------------------|----------------------|-----------------|
| Modernisierter Anteil der Bauteilfläche | | | | | | | gesamt* |
| Wand | 34% | 13% | 3% | 41% | 21% | 3% | 28% |
| Dach | 85% | 31% | 3% | 85% | 22% | 3% | 61% |
| OGD | 55% | 35% | 3% | 59% | 51% | 3% | 45% |
| KD | 26% | 13% | 3% | 27% | 17% | 3% | 20% |
| Fenster | 58% | 23% | 3% | 68% | 36% | 3% | 46% |
| Gesamt-Modernisierungsfortschritt Wärmeschutz: | | | | | | | 35% |
| Aufteilung nach Wärmeschutz-Niveaus | | | | | | | |
| Modernisierter Anteil Wärmeschutz-Niveau I | | | | | | | |
| Wand | 24% | 7% | 0% | 30% | 15% | 0% | 19% |
| Dach | 64% | 23% | 0% | 64% | 14% | 0% | 46% |
| OGD | 35% | 21% | 0% | 39% | 37% | 0% | 29% |
| KD | 12% | 3% | 0% | 13% | 7% | 0% | 9% |
| Fenster | 37% | 12% | 0% | 46% | 25% | 0% | 30% |
| Modernisierter Anteil Wärmeschutz-Niveau II | | | | | | | |
| Wand | 7% | 4% | 2% | 7% | 4% | 2% | 6% |
| Dach | 15% | 6% | 2% | 15% | 6% | 2% | 11% |
| OGD | 13% | 10% | 2% | 14% | 10% | 2% | 11% |
| KD | 9% | 6% | 2% | 9% | 6% | 2% | 8% |
| Fenster | 16% | 8% | 2% | 16% | 8% | 2% | 12% |
| Modernisierter Anteil Wärmeschutz-Niveau III | | | | | | | |
| Wand | 4% | 2% | 1% | 4% | 2% | 1% | 3% |
| Dach | 6% | 2% | 1% | 6% | 2% | 1% | 4% |
| OGD | 6% | 4% | 1% | 7% | 4% | 1% | 5% |
| KD | 5% | 3% | 1% | 5% | 3% | 1% | 4% |
| Fenster | 6% | 3% | 1% | 6% | 3% | 1% | 4% |
| Anteile Wohnungs Lüftungsanlagen | | | | | | | gesamt** |
| Lüftungsanlagen | 3,6% | 3,5% | 5,4% | 7,5% | 7,4% | 5,4% | 5,7% |
| Abluftanlagen | 0,9% | 0,9% | 2,1% | 4,5% | 4,5% | 2,1% | 2,7% |
| Anlagen mit LWRG | 2,7% | 2,6% | 3,3% | 3,0% | 2,9% | 3,3% | 2,9% |
| Qualität der Wärmeverteilung*** | | | | | | | gesamt** |
| Wärmevert. Heizung***: Stufe 1 | 16% | 0% | 0% | 15% | 0% | 0% | 10% |
| Wärmevert. Heizung***: Stufe 2 | 55% | 82% | 55% | 53% | 84% | 75% | 60% |
| Wärmevert. Heizung***: Stufe 3 | 29% | 18% | 45% | 32% | 16% | 25% | 29% |
| Wärmevert. WW: Stufe 1 | 14% | 0% | 0% | 9% | 0% | 0% | 8% |
| Wärmevert. WW: Stufe 2 | 56% | 82% | 53% | 59% | 79% | 75% | 63% |
| Wärmevert. WW: Stufe 3 | 30% | 18% | 47% | 32% | 21% | 25% | 30% |
| Anteile der Haupt-Wärmeerzeuger der Heizung | | | | | | | gesamt** |
| Fernwärme | 1,8% | 2,7% | 3,8% | 15,0% | 25,2% | 12,5% | 9,8% |
| Gaskessel | 38,4% | 39,2% | 63,0% | 47,1% | 48,9% | 73,9% | 46,6% |
| Stufe 1:KTK | 1,6% | 2,0% | 2,5% | 2,5% | 2,4% | 2,6% | 2,2% |
| Stufe 2:NTK | 8,1% | 6,8% | 10,4% | 18,6% | 17,5% | 36,1% | 14,5% |
| Stufe 3:BWK | 28,7% | 30,4% | 50,0% | 26,0% | 29,0% | 35,2% | 29,9% |
| Ölkessel | 32,5% | 34,9% | 18,0% | 18,1% | 9,8% | 4,4% | 22,4% |
| Stufe 1:KTK | 1,6% | 0,6% | 0,9% | 1,4% | 0,5% | 0,0% | 1,2% |
| Stufe 2:NTK | 23,8% | 28,5% | 14,7% | 12,3% | 5,8% | 2,9% | 16,3% |
| Stufe 3:BWK | 7,1% | 5,8% | 2,4% | 4,4% | 3,5% | 1,4% | 5,0% |
| Biom.kessel | 8,0% | 6,8% | 3,9% | 5,0% | 3,0% | 3,9% | 5,7% |
| Kohlekessel | 0,1% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% |
| elektr. WP | 14,9% | 15,2% | 9,9% | 3,2% | 1,8% | 1,9% | 8,2% |
| Gas-BHKW | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 5,1% | 4,7% | 1,7% | 2,4% |
| Biom-BHKW | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 5,8% | 5,5% | 1,6% | 2,8% |
| Gasofen | 0,8% | 0,0% | 0,0% | 0,1% | 0,0% | 0,0% | 0,3% |
| Ölofen | 0,8% | 0,1% | 0,2% | 0,1% | 0,0% | 0,0% | 0,3% |
| Holzofen | 2,1% | 0,1% | 0,7% | 0,2% | 0,0% | 0,0% | 0,8% |
| Kohleofen | 0,4% | 0,0% | 0,0% | 0,1% | 0,0% | 0,0% | 0,1% |
| dezentral direktelekt. | 0,3% | 1,1% | 0,6% | 0,3% | 1,0% | 0,2% | 0,4% |
| Anteile thermischer Solaranlagen | | | | | | | gesamt** |
| Solarthermische Anlagen | 25,7% | 31,0% | 26,7% | 14,8% | 12,8% | 7,5% | 19,9% |
| nur Warmwasserbereitung | 11,0% | 14,6% | 14,9% | 5,5% | 4,6% | 3,8% | 8,5% |
| Heizungsunterstützung | 14,7% | 16,4% | 11,8% | 9,3% | 8,2% | 3,7% | 11,4% |

KTK: Konstanttemperaturkessel, NTK: Niedertemperaturkessel, BWK: Brennwärtekessel

* Gesamtwerte Wärmeschutz auf Basis der Bauteilflächen gemittelt

** Gesamtwerte Lüftungsanlagen/Wärmeversorgungs-technik aus Basis der Wohnungsanzahlen gemittelt

*** Wärmeverteilung der Heizung nur auf zentrale Systeme (Wärmeerzeuger außerhalb der Gebäudehülle) bezogen

Stufe I: bis 1979 errichtet, unmodernisiert; Stufe II: ca. 1979-2000 errichtet o. modernisiert; Stufe III: verbesserter Standard

Tabelle 22: Zielszenario IV: Zustand des Bestandes 09 im Jahr 2020

5.5 Ergebnisse der Szenarien im Vergleich

In Abbildung 11 bis Abbildung 13 sind die Ergebnisse für das Trendszenario und die vier Zielszenarien dargestellt. Die Kurvenverläufe beziehen sich jeweils auf den gesamten Wohngebäudebestand (Bestand 09 + Neubau)³⁴.

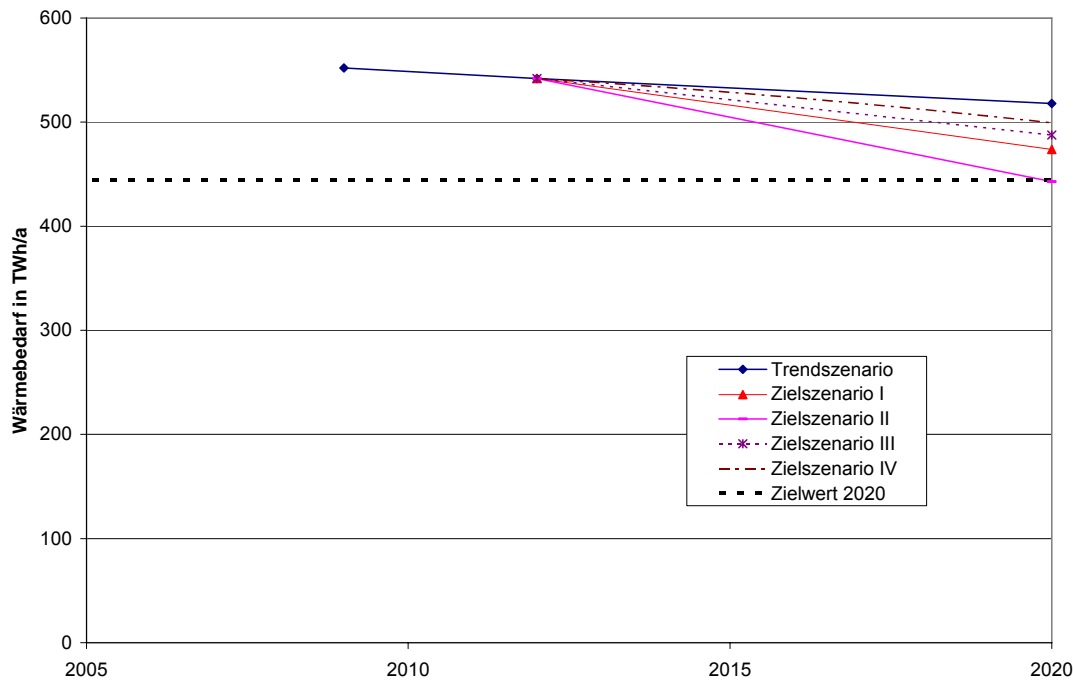


Abbildung 11: Vergleich der Szenarien bis 2020: Entwicklung des Wärmebedarfs ab 2009 für den gesamten Wohngebäudebestand (Bestand 09 + Neubau)

³⁴ Die zumeist linearen Kurvendarstellungen in den folgenden Abbildungen stellen eine Vereinfachung bzw. nur ein Beispiel für den möglichen Verlauf dar. Die Berechnungen wurden generell mit mittleren Umsetzungsrate durchgeführt, die tatsächliche Umsetzung kann von Jahr zu Jahr schwanken. Speziell beim Zielszenario IV wurde der zugrunde liegende Ansatz einer kontinuierlichen Zunahme der Umsetzungsrate dadurch betont, dass die Zwischenwerte bis 2020 in der graphischen Darstellung durch Parabeln und nicht wie bei den anderen Szenarien durch Geraden angenähert wurden.

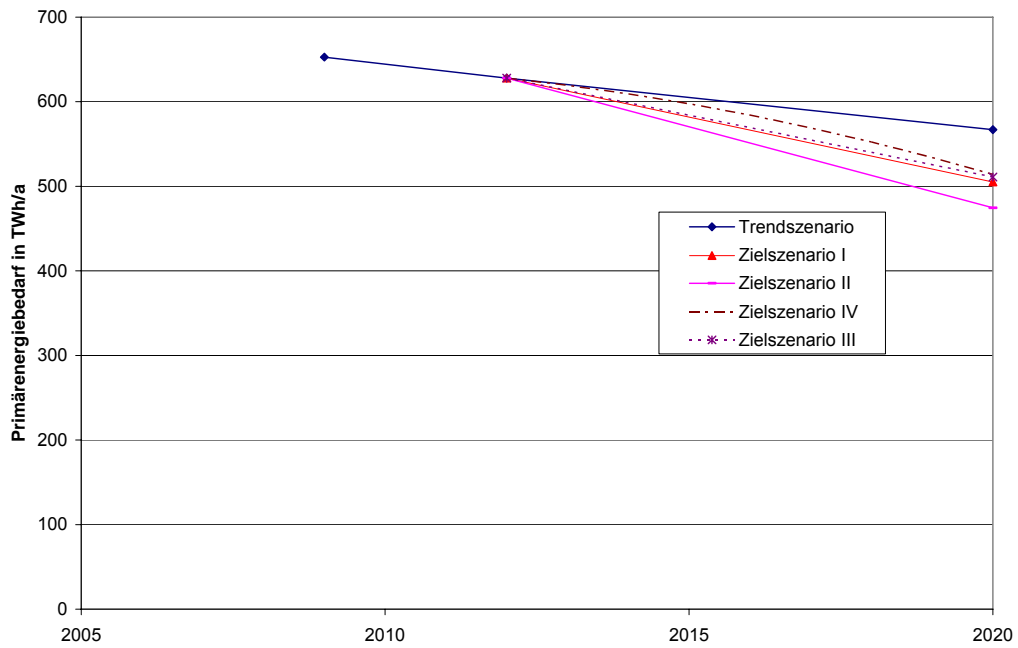


Abbildung 12: Vergleich der Szenarien bis 2020: Entwicklung des Primärenergiebedarfs ab 2009 für den gesamten Wohngebäudebestand (Bestand 09 + Neubau)

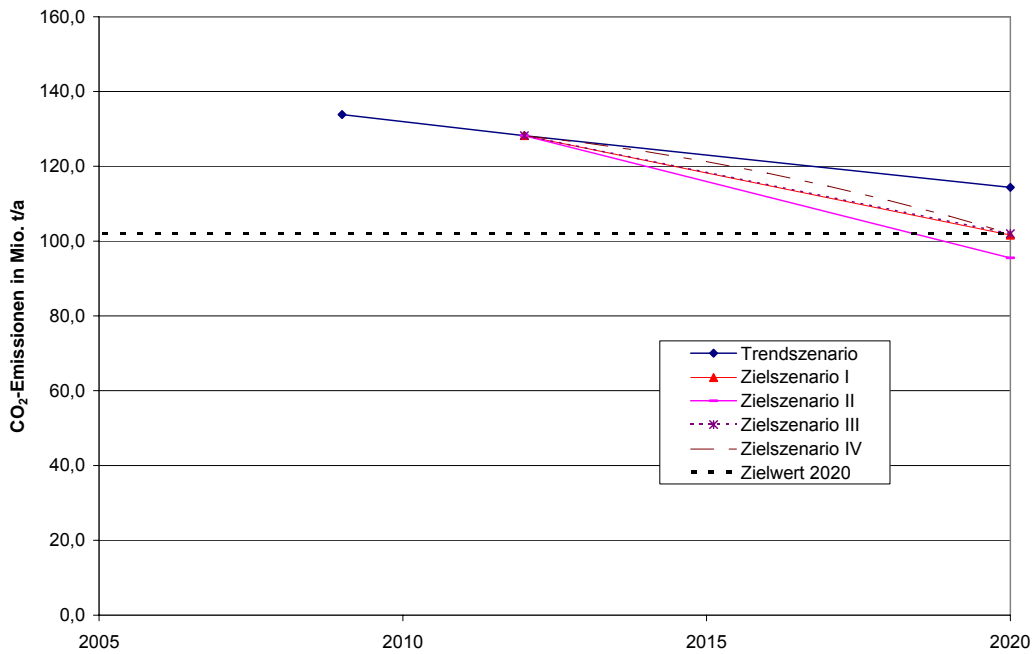


Abbildung 13: Vergleich der Szenarien bis 2020: Entwicklung der CO₂-Emissionen ab 2009 für den gesamten Wohngebäudebestand (Bestand 09 + Neubau)

Tabelle 23 zeigt die Berechnungsergebnisse im Überblick.

| | Wärmebedarf | Primärenergie- bedarf | CO ₂ -Emissionen |
|-------------------------------|-------------|--------------------------|-----------------------------|
| | TWh/a | TWh/a | Mio. t/a |
| Gesamtbestand 2009 | 552 | 653 | 134 |
| Trendszenario 2020 | 518 | 567 | 114 |
| Zielszenario I 2020 | 474 | 505 | 102 |
| Zielszenario II 2020 | 443 | 475 | 96 |
| Zielszenario III 2020 | 488 | 511 | 102 |
| Zielszenario IV 2020 | 499 | 514 | 102 |
| Zielwert 2020 | 445 | | 102 |
| Ergebnis relativ zum Zielwert | | | |
| Trendszenario 2020 | 116% | | 112% |
| Zielszenario I 2020 | 107% | | 100% |
| Zielszenario II 2020 | 100% | | 94% |
| Zielszenario III 2020 | 110% | | 100% |
| Zielszenario IV 2020 | 112% | | 100% |

Tabelle 23: Gesamt-Wärmebedarf, Primärenergiebedarf und CO₂-Emissionen für die Szenarien bis 2020 (Bestand 09 + Neubau)

Entsprechend den gewählten Szenarienansätzen werden die Zielwerte des Wärmebedarfs nur bei Zielszenario II, die (aus den sektorübergreifenden Zielen des Energiekonzepts abgeleiteten) Vorgaben für die CO₂-Emissionen aber in allen vier Zielszenarien erfüllt.

Die Überschreitung des Zielwerts für den Wärmebedarf beläuft sich beim Zielszenario I auf einen Prozentsatz von 7 %, beim Zielszenario III sind es 10 % und im Zielszenario IV 12 %. Im Trendszenario würde der Wert um 16 % überschritten.

5.6 Betrachtung des Netto-Wärmebedarfs und des Heizwärmebedarfs

Etwas weniger deutlich ist die Verfehlung der Zielwerte, wenn man statt des (Gesamt-) Wärmebedarfs der Gebäude (Heizwärmebedarf + Warmwasserverbrauch + Verteil- u. Speicherverluste) den „**Netto-Wärmebedarf**“ betrachtet, der auch den Beitrag thermischer Solaranlagen auf den Gebäuden berücksichtigt³⁵. Hierzu wird vom Gesamt-Wärmebedarf die von den Solaranlagen gelieferte, ins Verteilnetz des Gebäudes eingespeiste Wärme abgezogen.

³⁵ Normalerweise wird die Rolle der thermischen Solaranlage als die eines Wärmeerzeugers interpretiert, der nicht den Wärmebedarf des Gebäudes reduziert, sondern – gemeinsam mit anderen Systemen – dessen Deckung gewährleistet. Da Solaranlagen aber – anders als andere Wärmeerzeuger – ihre Wärmeproduktion mit Hilfe von Kollektoren am Gebäude selbst und ohne externe Energieträger leisten (von einem geringen Hilfsstrombedarf abgesehen), erscheint auch die Definition des Netto-Wärmebedarfs durch Subtraktion dieses solaren Anteils vom Gesamt-Wärmebedarf als eine sinnvolle Betrachtung. Hier gerät sozusagen der Bedarf des Gebäudes an extern gespeisten Systemen zur

Auf Basis eines Netto-Wärmeverbrauchs von 552 TWh im Jahr 2008 ergäbe sich bei Übertragung des Ziels einer 20prozentigen Einsparung bis 2020 ein Zielwert von 442 TWh. Beim Trendszenario beträgt der Netto-Wärmebedarf im Jahr 2020 508 TWh (Überschreitung um 15 %), in den Zielszenarien 452 TWh (I), 422 TWh (II), 468 TWh (III) bzw. 487 TWh (IV). Ein Zielwert für den Netto-Wärmebedarf würde also im Zielszenario I nur noch knapp verfehlt (Überschreitung um 10 TWh bzw. 2 %) ³⁶.

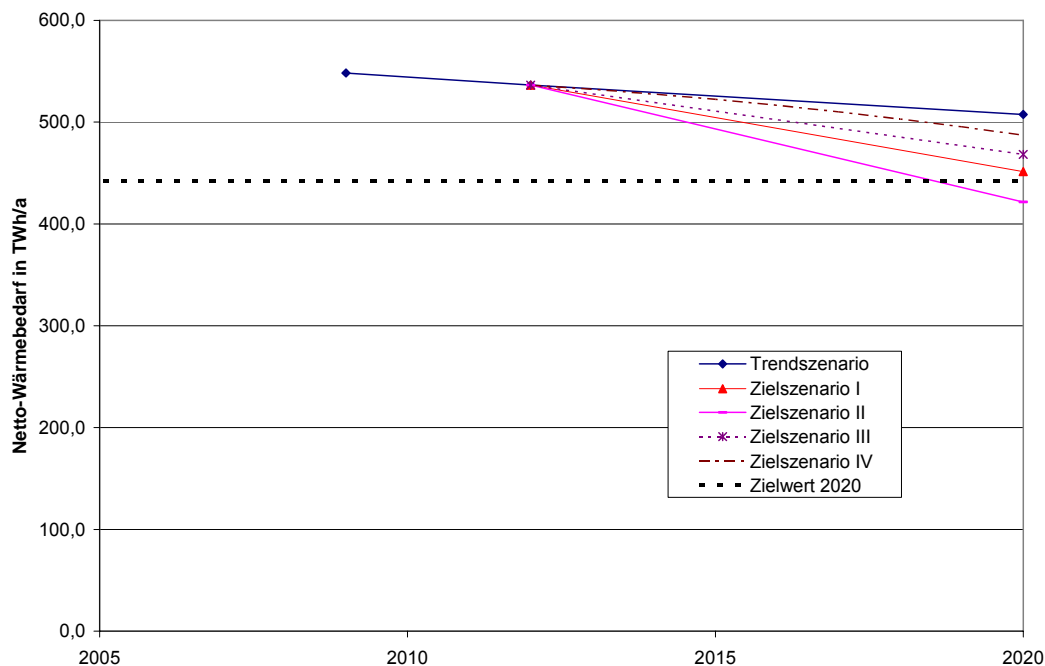


Abbildung 14: Vergleich der Szenarien bis 2020: Entwicklung des Netto-Wärmebedarfs ab 2009 für den gesamten Wohngebäudebestand (Bestand 09 + Neubau)
 Netto-Wärmebedarf = Wärmebedarf - Wärmelieferung Solarthermie

Wärmeproduktion ins Blickfeld. Zu beachten ist dabei allerdings, dass auf diese Weise in verstärktem Maße langlebige Maßnahmen (Gebäude-Wärmeschutz) und vergleichsweise kurzlebige Maßnahmen (Solaranlage) in einer einzigen Zielgröße zusammengefasst werden. Beim Gesamt-Wärmebedarf wird dagegen als einzige „kurzlebige“ Wärmeerkzeugungskomponente die Lüftungswärmerückgewinnung (die eigentlich keine Wärmeerkzeugung, sondern ein „Wärmerecycling“ vornimmt) berücksichtigt. Der (Gesamt-)Wärmebedarf ist somit weiterhin als die eigentliche Kenngröße für die „Nachfrage“ bzw. den „Bedarf“ des Gebäudes anzusehen.

³⁶ Hierzu trägt im Zielszenario I neben der höheren Wärmeschutzrate auch die hohe Einbaurrate von thermischen Solaranlagen bei. Da im Zielszenario IV von einem kontinuierlichen Anwachsen dieser Rate auf den Mittelwert des Zielszenarios III ausgegangen wurde, wird der Zielwert auch des Netto-Wärmebedarfs im Szenario IV noch um ca. 10 % überschritten.

Wenn man die Vorgabe für den (Netto-)Wärmebedarf als Modernisierungsziel für den Bestand 09 interpretiert, also den Neubau ausklammert, so berechnet sich der Netto-Wärmebedarf 2020 im Trendszenario zu 491 TWh und in den Zielszenarien I bis IV zu 438 TWh, 408 TWh und 455 TWh und 470 TWh. Der Zielwert von 442 TWh wird nun also durch den Bestand 09 im Zielszenario I unterschritten, während er im Zielszenario III noch knapp, nämlich um ca. 3 %, überschritten wird.

Auch im Zielszenario IV beträgt die Überschreitung nur noch rund 6 %. Im Übrigen würde das Ziel für den Netto-Wärmebedarf im Gebäudebestand im Jahresverlauf 2023, also mit etwas weniger als drei Jahren Verspätung eingehalten werden können, wenn die Modernisierungsraten des Jahres 2020 über diesen Zeitraum beibehalten würden.

Untersucht man statt des Gebäude-Wärmebedarfs (insgesamt oder netto) den **Heizwärmebedarf**³⁷ der Gebäude, so zeigt sich folgendes Bild: Ausgehend von rund 430 TWh im Jahr 2008 ergäbe sich für den Fall einer 20prozentigen Einsparung ein Zielwert von ca. 345 TWh für 2020. Die Zielszenarien führen hier auf 353 TWh (I), 325 TWh (II), 367 TWh (III) bzw. 378 TWh (IV). In den Szenarien I, III und IV würde der Zielwert also um 2 %, 6 % bzw. 10 % überschritten.

Falls man auch hier den Neubau ausklammert, ergeben sich Werte von 345 TWh (I), 316 TWh (II), 359 TWh (III) bzw. 370 (IV). Der Zielwert würde in dieser Betrachtung nur noch in den Szenarien III und IV (und zwar um 4 % bzw. 7 %) überschritten.

5.7 Diskussion der Zielgröße Wärmebedarf

Die für den Wohngebäudebereich durchgeführten Analysen zeigen, dass die angestrebte Reduktion der CO₂-Emissionen in allen Zielszenarien erreicht wird, das im Energiekonzept formulierte Ziel einer 20prozentigen Einsparung beim Wärmebedarf bis 2020 aber nur schwer eingehalten werden kann. Dies gilt insbesondere bei Betrachtung des Gesamt-Wärmebedarfs. Hier ist festzustellen, dass die Vorgabe offenbar nicht mit dem gleichzeitig formulierten Ziel für die Erhöhung der energetischen Modernisierungsrate korrespondiert: Das Ziel der Erhöhung dieser Rate von 0,8 %/a auf 1,8 %/a (hier zwischen der Verdopplung auf 1,6 %/a und dem Zielwert 2%/a angesetzt) kann einerseits als eine erhebliche, vor dem Hintergrund der kurzfristigen (2020) und insbesondere auch der langfristigen (2050) Klimaschutzziele aber notwendig zu erfüllende Herausforderung angesehen werden³⁸. Die Einhal-

³⁷ In den Untersuchungen wurde hier immer der „Netto-Heizwärmebedarf“ betrachtet, der die Beiträge von Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung berücksichtigt. Der Unterschied zum Brutto-Heizwärmebedarf ist in den Szenarien bis 2020 angesichts der geringen Anteile solcher Anlagen aber gering. Beiträge von Solaranlagen spielen bei der Betrachtung dieser beiden Varianten des Heizwärmebedarfs keine Rolle.

³⁸ Vergleiche hierzu die Analysen in Kapitel 6.

tung führt allerdings andererseits noch nicht zur Erreichung der Vorgaben für den Gesamt-Wärmebedarf 2020. Hierfür wäre gemäß Zielszenario III ein Wert von 3,3 %/a, also mehr als eine Vervierfachung notwendig.

Dabei ist zu beachten, dass der Wärmebedarf ebenso wie die energetische Modernisierungsrate – anders als Primärenergiebedarf und CO₂-Emissionen – keine grundlegenden Zielgrößen für den Umwelt- und Ressourcenschutz darstellen. Es handelt sich hier quasi um einen zusätzlichen Ansatz, der in erster Linie auf den Gebäude-Wärmeschutz abzielt und damit – ähnlich wie die Nebenanforderungen in der EnEV oder bei der KfW-Förderung – die besondere Bedeutung der Maßnahmen an der Gebäudehülle unterstreicht. Angesichts der hohen Nutzungsdauer der Wärmeschutzmaßnahmen und der Schwierigkeiten, die sich bei einer ausschließlichen Betrachtung übergreifender Zielgrößen wie Primärenergie und CO₂-Emissionen ergeben können³⁹, erscheint ein solcher separater Ansatz auch tatsächlich sinnvoll und notwendig. Ausreichend wäre hier aber die Beschränkung auf eine einzige Zielgröße – Modernisierungsrate oder Wärmebedarf – bzw. die Formulierung aufeinander abgestimmter Ziele für beide Größen.

Vor diesem Hintergrund kann die Verdopplung der energetischen Modernisierungsrate als das erste sinnvolle Teilziel angesehen werden. Das zusätzliche Ziel für den Wärmebedarf steht dann in einem einigermaßen ausgewogenen Zusammenhang mit der energetischen Sanierungsrate, wenn man es nicht – wie bei wörtlichem Verständnis vielleicht zunächst naheliegend – auf den Gesamt-Wärmebedarf der Gebäude, sondern auf den Netto-Wärmebedarf (der zusätzlich vom Beitrag thermischer Gebäude-Solaranlagen abhängt) bezieht und die Verdopplung der energetischen Modernisierungsrate wie im Zielszenario III kurzfristig erreicht wird⁴⁰. Es erscheint nach den vorliegenden Analysen immer noch ehrgeiziger als das Ziel für die energetische Sanierungsrate, allerdings nicht mehr sehr weit davon entfernt, insbesondere wenn man es hier ausnahmsweise⁴¹ allein auf den Gebäudebestand

³⁹ Bei alleiniger Betrachtung des Primärenergiebedarfs oder der CO₂-Emissionen ergeben sich Probleme wie die angemessene Bewertung von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen und des notwendigen sparsamen Umgangs mit der knappen Ressource Biomasse (vgl. dazu auch die Ansätze in Kapitel 6).

⁴⁰ Dies würde auch bei Bezugnahme auf den Heizwärmebedarf gelten, die Zielgröße wäre dann aber weniger umfassend und somit auch weniger flexibel in der Auswahl unterschiedlicher Maßnahmenkombinationen zur Zielerreichung.

⁴¹ Übergreifende Klimaschutz- und Energiesparziele, insbesondere für die CO₂-Emissionen und den Primärenergiebedarf müssen sich natürlich sinnvollerweise immer auf die Gesamtheit des Gebäudebestandes (inklusive Neubau) beziehen. Eine separate Betrachtung des Bestandes ohne Neubau erscheint in diesem Sonderfall aber dennoch angemessen, da es sich beim Wärmebedarf um ein zusätzliches Ziel handelt, das nach der vorliegenden Interpretation im Zusammenhang mit der energetischen Sanierungsrate gesehen wird, für die der Neubau irrelevant ist. Darüber hinaus ist für den

(ohne Neubau) bezieht. Wenn wie im Zielszenario IV die Verdopplung über längere Zeiträume erreicht wird, der Mittelwert der Sanierungsrate also im Gesamtzeitraum bis 2020 noch deutlich niedriger liegt, wird zwar auch das Ziel für den (Netto-)Wärmebedarf deutlicher verfehlt, könnte aber nach etwa drei Jahren ebenfalls erreicht werden (s. Abschnitt 5.6).

Bei Betrachtung der Vorgaben des Energiekonzepts für das Jahr 2020 fällt gleichzeitig auf, dass für den Gebäudesektor kein explizit formuliertes übergreifendes Ziel für den Klima- und Ressourcenschutz vorliegt, welches sowohl den Wärmeschutz als auch die Wärmeversorgung der Gebäude berücksichtigt. In den vorangegangenen Analysen war zu diesem Zweck das deutschlandweite CO₂-Ziel in den Gebäudesektor quasi „übersetzt“ worden. Vor diesem Hintergrund erscheint es naheliegend, das für den Wärmebedarf formulierte Ziel auf den Primärenergiebedarf zu übertragen, der eine umfassende energetische Kenngröße für Gebäude und Wärmeversorgung darstellt⁴². Ausgehend von rund 660 TWh Primärenergieverbrauch 2008 ergäbe sich ein Zielwert von 528 TWh für das Jahr 2020. Tabelle 23 zeigt, dass dieser Wert im Trendszenario verfehlt wird, in allen vier Zielszenarien aber eingehalten werden könnte: Die Endwerte des Primärenergiebedarfs liegen dort zwischen 474 und 514 TWh. Ein Vorteil der Betrachtung des Primärenergiebedarfs besteht darin, dass er wie die CO₂-Emissionen aus der nationalen Endenergiebilanz bestimmt werden kann, also bei bekannten Primärenergiefaktoren grundsätzlich messbar ist, während der Wärmebedarf des Gebäudebestandes über Modellrechnungen ermittelt werden muss⁴³.

Neubau bereits ein separater und ehrgeiziger Zielpfad bis zur Klimaneutralität ab dem Jahr 2020 vorgegeben.

⁴² Das deutschlandweite (nicht allein auf den Gebäudesektor bezogene) Ziel einer 20prozentigen Minderung des Primärenergieverbrauchs bis 2020 ist im Energiekonzept ebenfalls genannt. Der Begriff Primärenergieverbrauch ist aber nicht notwendigerweise mit dem im Gebäudesektor üblichen Begriff des Primärenergiebedarfs identisch, da letzterer die Beiträge erneuerbarer Energien nicht beinhaltet (vgl. Fußnote 16 auf S. 22).

⁴³ Die Ermittlung des Primärenergiebedarfs bzw. der CO₂-Emissionen kann z. B. wie in Kapitel 1.2 aus den von der AG Energiebilanzen ermittelten Endenergieverbräuchen mit Hilfe von Primärenergie- bzw. CO₂-Emissions-Faktoren der einzelnen Endenergieträger erfolgen. Eine direkte Verwendung der Endenergie als Zielgröße ist dagegen nicht sinnvoll, da in diesem Fall z. B. die zur Heizung eingesetzten Brennstoffe und Strom gleichgesetzt würden, obwohl der elektrische Strom selbst mit Verlusten aus Brennstoffen erzeugt wird. Auch die energetische Modernisierungsrate und der Modernisierungsfortschritt der Gebäudehülle sind, anders als der Wärmebedarf der Gebäude, direkt „messbar“, z. B. über repräsentative Erhebungen wie in [Diefenbach et al. 2010a].

5.8 Investitionskosten der Szenarien im Vergleich

Es wird hier grundsätzlich von realen Kosten ausgegangen, d.h. die Kostenangaben beziehen sich auf den heutigen Geldwert ohne Berücksichtigung von Inflation. Mögliche reale Kostenänderungen im Laufe der Jahre (insbesondere auch Kostensenkungen aufgrund von technischem Fortschritt) sind hier nicht berücksichtigt. Die Mehrwertsteuer ist enthalten.

Die Entwicklung der jährlichen Investitionskosten im Neubau ist in Abbildung 15 dargestellt. In den Szenarienanalysen wurden die Mehrkosten für verschiedene Energieeffizienzmaßnahmen gegenüber einer Referenzvariante (Wärmeschutz nach Referenzgebäude EnEV 2009, Wärmeversorgung über Heizkessel) berechnet. Die absolute Höhe dieser Basiskosten wurde hier zu 1300 € pro Quadratmeter Wohnfläche angesetzt.

Die unterschiedlichen Balkenhöhen auch im Trendszenario sind auf die unterschiedlichen Neubaupläche zurückzuführen (vgl. Abbildung 3: bis 2012 16,3 Mio. m²/a, 2013 - 2020 21 Mio. m²/a, ab 2021: 14 Mio. m²/a).

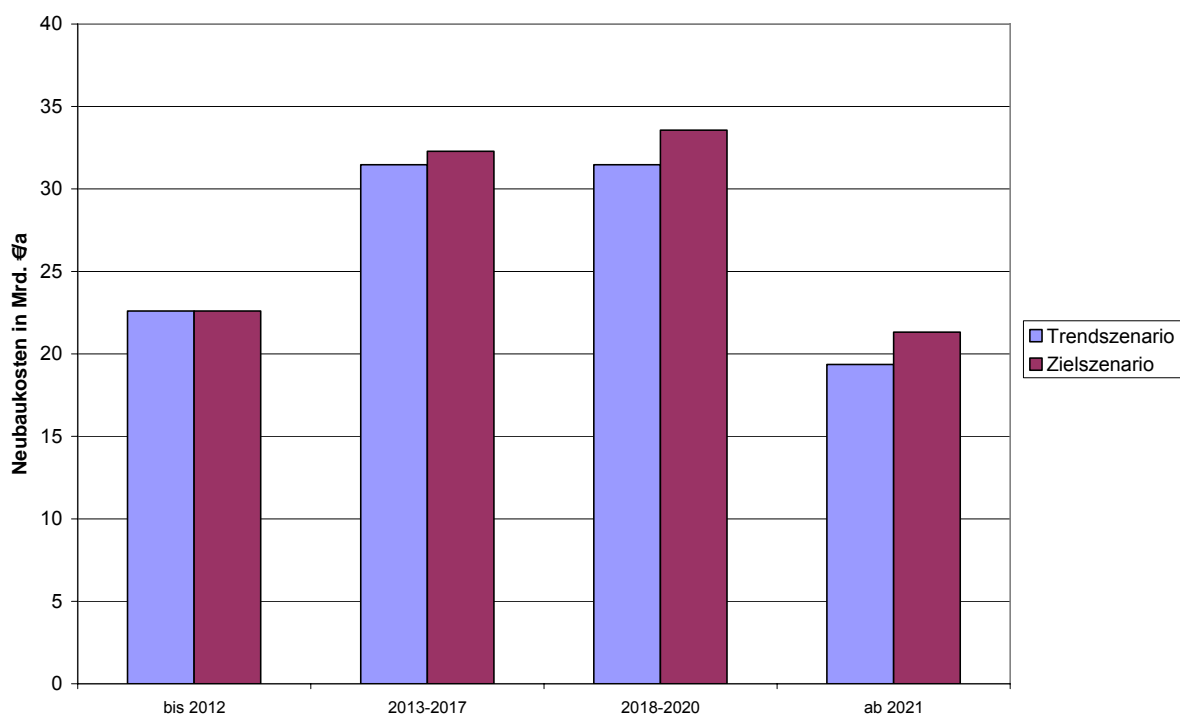


Abbildung 15: Neubau-Szenarien: Entwicklung der jährlichen Investitionskosten

Die Differenzkosten zwischen Ziel- und Trendszenario belaufen sich 2013-2017 auf 0,82 Mrd. €/a, 2018 – 2020 auf 2,09 Mrd. €/a und ab 2021 auf 1,95 Mrd. €/a. Bezogen auf die jeweiligen Gesamtkosten des Trendszenarios sind dies 2,6 % (2013-2017), 6,7 % (2018 – 2020) bzw. 10,1 % (ab 2021).

Die Kosten für energetische Modernisierungsmaßnahmen (Wärmeschutz und Wärmeversorgung) im Bestand 09 ergeben sich aus den Trend-Modellrechnungen zu einem Gesamtwert von 16,8 Mrd. € pro Jahr. Gleichzeitig werden – auf Grundlage der Datenbasis Gebäudebestand – Investitionskosten für die Fassadenerneuerung ohne gleichzeitige Dämmung⁴⁴ und für den Anstrich von Außenwänden (ohne gleichzeitige Putzerneuerung bzw. Dämmung)⁴⁵ in Höhe von insgesamt ca. 1,9 Mrd. € pro Jahr angenommen, so dass sich in der Summe 18,7 Mrd. €/a ergeben.

In den vier Zielszenarien für den Bestand 09 ergeben sich durch den größeren Umfang der energetischen Modernisierungsmaßnahmen deutlich höhere Kosten, gleichzeitig wird aber angenommen, dass im Fall der Außenwanddämmung ein Teil der sonst fälligen Kosten für die Fassadenerneuerung bzw. den Anstrich eingespart werden⁴⁶.

Um Aussagen für die Gesamt-Baukosten im Gebäudebestand treffen zu können, wird auch hier – entsprechend dem Ansatz im Neubau – eine grobe Abschätzung getroffen: Die Gesamtinvestitionskosten für Baumaßnahmen im Bestand lagen in den vergangenen Jahren sehr grob gesprochen in einer Größenordnung von 80 bis 120 Mrd. €/a abschätzen (Angaben für 2001 bis 2010 in [Gornig et al. 2011]). Vor diesem Hintergrund werden hier im Trendszenario als überschlägiger Anhaltswert 100 Mrd. €/a angesetzt. In dieser Zahl sind die genannten 18,7 Mrd. €/a enthalten. Die Gesamtkosten für die Zielszenarien ergeben sich auf dieser Grundlage aus den gegenüber dem Trendszenario ermittelten Differenzkosten.

Das Ergebnis der Untersuchungen ist in Abbildung 16 dargestellt.

⁴⁴ Die angenommene jährliche Umsetzungsrate beträgt 0,3 %/a bezogen auf die gesamte Außenwandfläche. Zumeist handelt es sich hier um eine Erneuerung des Außenputzes.

⁴⁵ Als jährliche Rate werden hier 1,6 %/a angesetzt.

⁴⁶ Diese Einsparungen, die ja nur ein einzelnes Bauteil betreffen, fallen hier allerdings nicht entscheidend ins Gewicht: Der ursprüngliche Betrag von 1,9 Mrd. €/a reduziert sich auf Basis der getroffenen Annahmen auf Werte von 1,2 Mrd €/a, 0,8 Mrd €/a, 1,3 Mrd. €/a bzw. 1,5 Mrd. €/a in den Zielszenarien I bis IV.

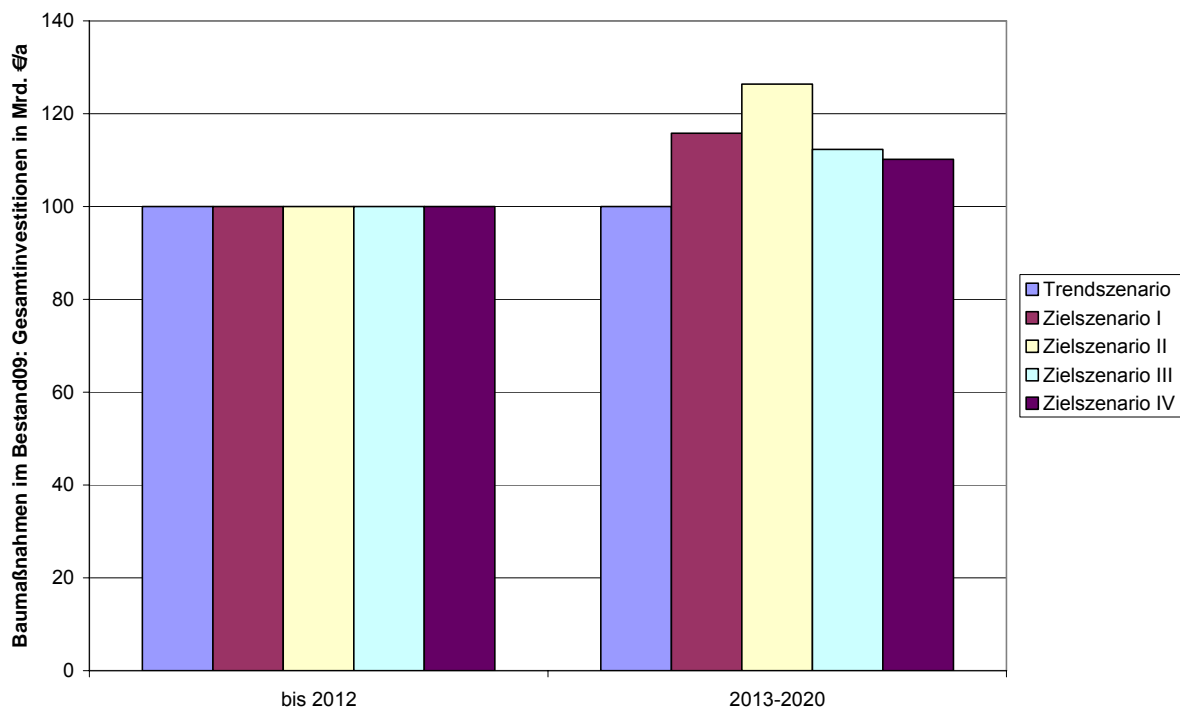


Abbildung 16: Szenarien bis 2020 für den Bestand 09: Entwicklung der jährlichen Investitionskosten (Mittelwerte über den Betrachtungszeitraum)

Für den Zeitraum 2013 – 2020 ergeben sich bei den mittleren jährlichen Investitionskosten die folgenden Differenzen gegenüber dem Trendszenario:

- Mehrkosten Zielszenario I: 15,8 Mrd. €/a bzw. 15,7 %
- Mehrkosten Zielszenario II: 26,4 Mrd. €/a bzw. 26,4 %
- Mehrkosten Zielszenario III: 12,3 Mrd. €/a bzw. 12,3 %
- Mehrkosten Zielszenario IV⁴⁷: 10,2 Mrd. €/a bzw. 10,2 %

Die kumulierten, d. h. über die Jahre aufsummierten Investitionskosten (Bestand 09 + Neubau) sind in Abbildung 17 dargestellt⁴⁸.

⁴⁷ Im Zielszenario IV wird der Endwert der Mehrkosten im Jahr 2020 erreicht. Er beträgt dann etwa 17,4 Mrd. €/a.

⁴⁸ In der Kurvendarstellung wurden hier die Zwischenwerte für alle Szenarien (auch Zielszenario IV) vereinfachend linear interpoliert (vgl. Fußnote 34 auf S. 56).

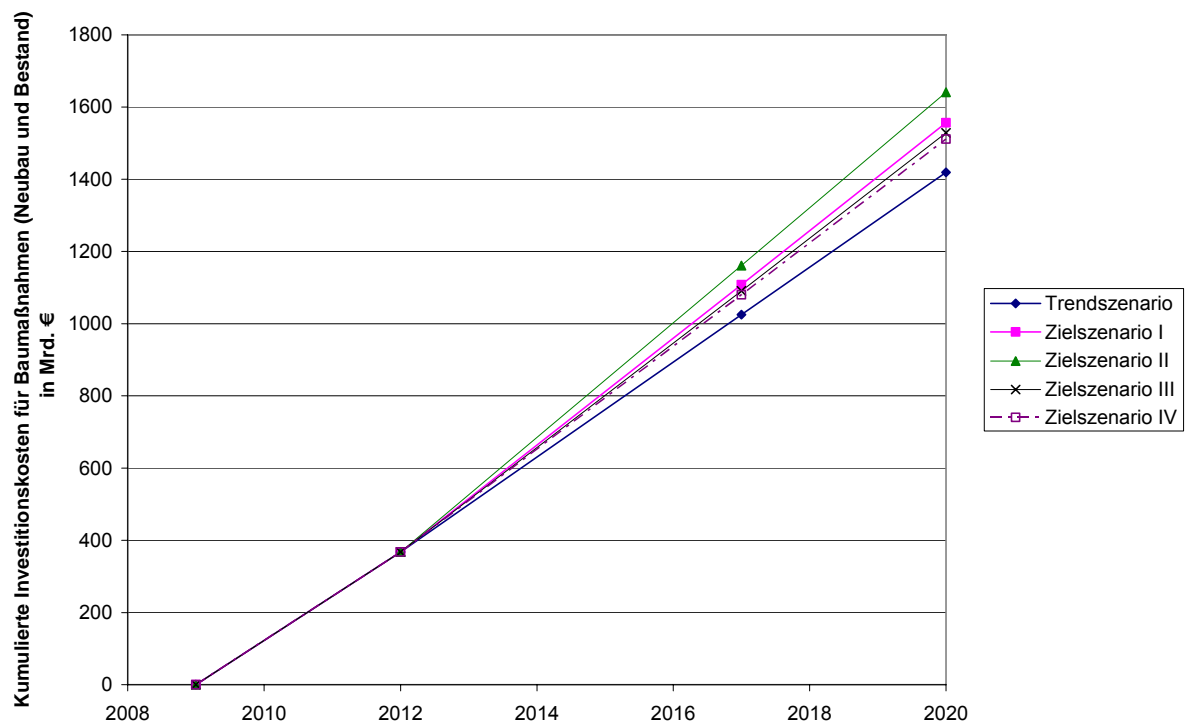


Abbildung 17: Szenarien bis 2020: Entwicklung der kumulierten Investitionskosten für Baumaßnahmen (Bestand 09 und Neubau)

Die Endwerte im Jahr 2020 liegen bei 1.420 Mrd. € (Trendszenario), 1.560 Mrd. € (Zielszenario I), 1.640 Mrd. € (Zielszenario II), 1.530 Mrd. € (Zielszenario III) bzw. 1.510 Mrd. € (Zielszenario IV).

6 Zielanalyse für 2050

Der Versuch, Aussagen für das Jahr 2050, also über die Entwicklung der nächsten rund 40 Jahre, zu treffen, ist mit großen Unsicherheiten verbunden. Dennoch ist es wichtig, eine konkrete Vorstellung über die Technologien und Maßnahmen zu entwickeln, mit denen die langfristige Klimaschutzziele im Wohngebäudebereich erreicht werden können, um auf diese Weise zu prüfen, ob gegenwärtige Maßnahmen und Technologien sowie die Geschwindigkeit von deren Umsetzung ausreichen bzw. welche Veränderungen notwendig sind.

Als ein erster Schritt zur Diskussion dieser Problematik wird hier als „Basisvariante“ ein hypothetischer Endzustand für den Wohngebäudebestand des Jahres 2050 angesetzt. Dabei handelt es sich noch nicht um die Formulierung eines Zielszenarios – die Basisvariante hält die Zielvorgaben vielmehr noch nicht ganz ein – sondern um einen vorläufigen Ansatz, der als Ausgangspunkt für weitere Varianten dient. Es wird zunächst der Wärmebedarf, der im wesentlichen vom Gebäude-Wärmeschutz dominiert wird, betrachtet. In einem zweiten Schritt werden die Wärmeversorgungstechnologien mit hinzugenommen und die Einhaltung der Klimaschutzziele diskutiert. Abschließend werden Variationen des Wärmebedarfs und der Wärmeversorgungsstruktur untersucht. Dabei werden auch exemplarische Zielvarianten betrachtet.

6.1 Basisvariante für den Wärmeschutz und den Wärmebedarf im Jahr 2050

Als Basisvariante – d. h. als Ausgangspunkt für weitere Analysen über den Wohngebäudebestandes 2050 – werden folgende Annahmen getroffen:

- Die Entwicklung der Wohnflächen entspricht den Ansätzen aus Kapitel 1.5.
- Die Entwicklung im Neubau (ab 2010) folgt dem Zielszenario aus Kapitel 3.
- Der Modernisierungsfortschritt für den Wärmeschutz der Bestandsgebäude der Altersklasse I („Altbauten“ mit Baujahren bis 1978) beläuft sich im Jahr 2050 auf 95 %, d.h. fast alle Altbauten sind bis 2050 mindestens einmal mit einem verbesserten Wärmeschutz versehen worden⁴⁹.

⁴⁹ Mit Blick auf mögliche Restriktionen (z. B. erhaltenswerte Fassaden, Denkmalschutz) wird keine vollständige Dämmung aller Bauteile angenommen. Laut Datenbasis Gebäudebestand beträgt der Anteil der denkmalgeschützten Gebäude am gesamten Altbau (Baujahr bis 1978) rund 5 %, der Anteil der Gebäude mit erhaltenswerter Fassade etwa 7 % (nach Einschätzung der befragten Eigentümer, inklusive Denkmalschutz, nicht unbedingt alle Fassaden des Gebäudes sind betroffen). Auch bei solchen Gebäuden sind aber in der Regel Wärmeschutzmaßnahmen möglich (z. B. Innendämmung der Außenwand).

- Für die Gebäude der Baualtersklasse II (Baujahre 1979 – 1994), die schon unsaniert deutlich bessere U-Werte als die eigentlichen Altbauten aufweisen, wird bis 2050 ein Wärmeschutz-Modernisierungsfortschritt von 65 % angenommen.
- Für die Gebäude der Altersklasse III (Baujahre 1995 – 2009), die nach der letzten Wärmeschutzverordnung (WSchV 1995) bzw. nach EnEV 2002/2007 errichtet wurden, wird ein Wärmeschutz-Modernisierungsfortschritt von lediglich 20 % angesetzt.
- Es wird angenommen, dass Modernisierungen bevorzugt auf dem Wärmeschutz-Niveau III erfolgen, so dass am Ende sehr grob gesprochen die Hälfte aller nachträglich gedämmten Bauteile in den Baualtersklassen I und II und drei Viertel aller nachträglich gedämmten Bauteile in Altersklasse III diesem Niveau entsprechen. Ansonsten erfolgen die Dämmungen weitgehend auf Wärmeschutzniveau II, im Altbau dagegen häufig auch noch auf Wärmeschutzniveau I (z. B. Innendämmung bzw. Kerndämmung der Außenwand).
- Es wird die Annahme getroffen, dass Wohnungslüftungsanlagen deutlich häufiger als bisher eingesetzt werden, so dass sie im Jahr 2050 einen Anteil von 30 % erreichen (10 % Abluftanlagen, 20 % Anlagen mit Lüftungswärmerückgewinnung)
- Im Hinblick auf die Dämmung von Wärmeverteilsystemen wird angesetzt, dass diese im Jahr 2050 zu 70 % das höchste Niveau (Stufe III) erreichen. Die restlichen Systeme entsprechen dem mittleren Niveau (Stufe II), nur im Altbau werden 5 % noch auf Stufe I angenommen.

Einen detaillierteren Überblick über die Ansätze zeigt Tabelle 24. Der Modernisierungsfortschritt beim Wärmeschutz beläuft sich über alle Gebäude des Bestandes 09 gemittelt auf 77 %, also auf einen Anteil von etwas mehr als drei Viertel.

| | EZFH I | EZFH II | EZFH III | MFHI | MFHII | MFHIII | |
|--------------------------------|---|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|----------------|
| Baujahr | bis 1978 | 1979-1994 | 1995-2009 | bis 1978 | 1979-1994 | 1995-2009 | |
| | Modernisierter Anteil der Bauteilfläche | | | | | | gesamt* |
| Wand | 95% | 65% | 20% | 95% | 65% | 20% | 77% |
| Dach | 95% | 65% | 20% | 95% | 65% | 20% | 76% |
| OGD | 95% | 65% | 20% | 95% | 65% | 20% | 76% |
| KD | 95% | 65% | 20% | 95% | 65% | 20% | 77% |
| Fenster | 95% | 65% | 20% | 95% | 65% | 20% | 76% |
| | Gesamt-Modernisierungsfortschritt Wärmeschutz: | | | | | | 77% |
| | Aufteilung nach Wärmeschutz-Niveaus | | | | | | |
| | Modernisierter Anteil Wärmeschutz-Niveau I | | | | | | |
| Wand | 30% | 7% | 0% | 30% | 15% | 0% | 21% |
| Dach | 35% | 23% | 0% | 35% | 14% | 0% | 26% |
| OGD | 15% | 21% | 0% | 15% | 21% | 0% | 14% |
| KD | 15% | 3% | 0% | 15% | 7% | 0% | 10% |
| Fenster | 20% | 12% | 0% | 20% | 15% | 0% | 15% |
| | Modernisierter Anteil Wärmeschutz-Niveau II | | | | | | |
| Wand | 25% | 18% | 5% | 25% | 10% | 5% | 20% |
| Dach | 20% | 12% | 5% | 20% | 21% | 5% | 16% |
| OGD | 25% | 9% | 5% | 25% | 9% | 5% | 18% |
| KD | 30% | 22% | 5% | 30% | 18% | 5% | 24% |
| Fenster | 25% | 13% | 5% | 25% | 10% | 5% | 19% |
| | Modernisierter Anteil Wärmeschutz-Niveau III | | | | | | |
| Wand | 40% | 40% | 15% | 40% | 40% | 15% | 36% |
| Dach | 40% | 30% | 15% | 40% | 30% | 15% | 34% |
| OGD | 55% | 35% | 15% | 55% | 35% | 15% | 44% |
| KD | 50% | 40% | 15% | 50% | 40% | 15% | 42% |
| Fenster | 50% | 40% | 15% | 50% | 40% | 15% | 42% |
| | Anteile Wohnungslüftungsanlagen | | | | | | |
| Lüftungsanlagen | 30,0% | 30,0% | 30,0% | 30,0% | 30,0% | 30,0% | 30,0% |
| Abluftanlagen | 10,0% | 10,0% | 10,0% | 10,0% | 10,0% | 10,0% | 10,0% |
| Anlagen mit LWRG | 20,0% | 20,0% | 20,0% | 20,0% | 20,0% | 20,0% | 20,0% |
| | Qualität der Wärmeverteilung*** | | | | | | |
| Wärmevert. Heizung***: Stufe 1 | 5% | 0% | 0% | 5% | 0% | 0% | 3% |
| Wärmevert. Heizung***: Stufe 2 | 25% | 30% | 30% | 25% | 30% | 30% | 27% |
| Wärmevert. Heizung***: Stufe 3 | 70% | 70% | 70% | 70% | 70% | 70% | 70% |
| Wärmevert. WW: Stufe 1 | 5% | 0% | 0% | 5% | 0% | 0% | 3% |
| Wärmevert. WW: Stufe 2 | 25% | 30% | 30% | 25% | 30% | 30% | 27% |
| Wärmevert. WW: Stufe 3 | 70% | 70% | 70% | 70% | 70% | 70% | 70% |

Tabelle 24: Basisvariante 2050: Ansatz für den Wärmeschutz der Gebäude

Für den (Gesamt-)Wärmebedarf des Bestandes 09 ergibt sich auf dieser Grundlage ein Wert von 289 TWh. Addiert man hierzu den Wärmebedarf des Neubaus – dieser beträgt laut den Modellrechnungen des Zielszenarios rund 37 TWh (vgl. Abbildung 5) – so erhält man den **Wärmebedarf des Wohngebäudebestandes im Jahr 2050 von 326 TWh (Basisvariante, Bestand 09 und Neubau)**. Dieser Wert liefert eine erste Grundlage für die Analyse der Wärmeversorgung der Wohngebäude in späteren Abschnitten.

Würde man statt der Basisvariante das Trendszenario 2020 bis zum Jahr 2050 fortschreiben, so ergäbe sich stattdessen ein Wärmebedarf von 418 TWh⁵⁰.

⁵⁰ Davon entfallen 3368 TWh auf den Bestand 09 und 50 TWh auf den Neubau. Hierbei ist allerdings angenommen, dass die Modernisierungsraten für die verschiedenen Bestands-Altersklassen I – III genau dem bisherigen Trend entsprechen. Stattdessen wäre es plausibel anzunehmen, dass auch in

Im (nur theoretisch zu betrachtenden) Fall einer vollständigen Dämmung des gesamten Bestandes 09 auf das Wärmeschutzniveau III und eine vollständige Ausstattung mit Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung, ergäbe sich ein Wärmeverbrauch von ca. 209 TWh⁵¹.

Abbildung 18 zeigt die drei Varianten im Vergleich.

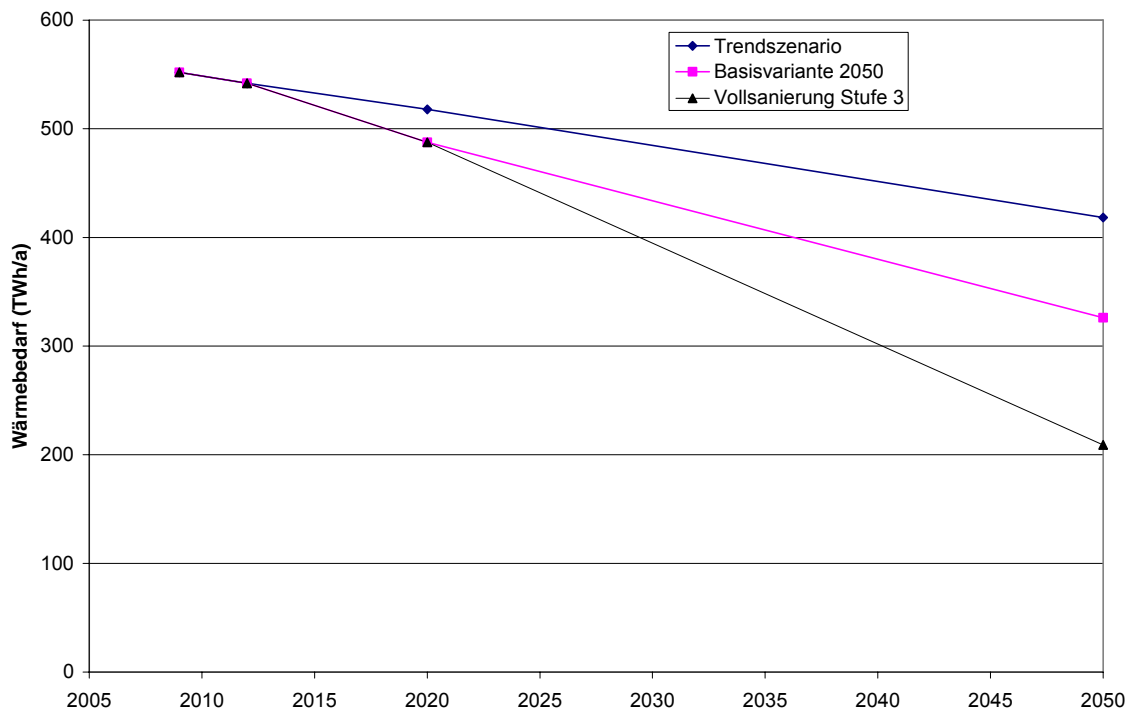


Abbildung 18: Drei Varianten für die Entwicklung des (Gesamt-)Wärmebedarfs bis 2050

Für die kurzfristige Entwicklung bis 2020 wurde in der mittleren und unteren Kurve (Basisvariante bzw. Vollsanieung auf Stufe 3) das Zielszenario III angesetzt. Die Kurven wurden dann linear bis zu den Ergebniswerten für das Jahr 2050 extrapoliert.

den jüngeren Altersklassen II und III die Modernisierungsraten allmählich etwas ansteigen. Setzt man daher z. B. für die Jahre 2020-2050 in der Altersklasse II (Baujahre 1979-1994) dieselben Modernisierungsraten an wie in der Klasse I (Baujahre bis 1978) und überträgt entsprechend die bisherigen Erneuerungsraten der Klasse II auf die Klasse III (Baujahre 1995 - 2009), so ergibt sich ein – allerdings nur geringfügig – verminderter Wärmebedarf von 420 TWh (davon 369 TWh im Bestand 09 und weiterhin 51 TWh im Neubau).

⁵¹ Für den Bestand 09 ergäben sich ca. 172 TWh. Addiert man den Wert des Neubau-Zielszenarios hinzu (ohne hier weitere Wärmeschutz-Optimierungen anzusetzen, die z. B. bei überwiegender Passivhausbauweise noch möglich wären), so kommt man auf die genannten 209 TWh.

An dieser Stelle soll noch die Frage behandelt werden, welche Dynamik (d. h. welche Modernisierungsraten) notwendig wären, um zur Wärmeschutz-Basisvariante im Jahr 2050 zu kommen. Tabelle 25 zeigt die entsprechenden Modernisierungsraten, die im Durchschnitt über den Zeitraum 2010 – 2050 im Bestand 09 erreicht werden müssten⁵².

Außerdem sind zum Vergleich die Modernisierungsraten des Trendszenarios und des Zielszenarios III 2020 aus den Kapiteln 4 bzw. 5 eingetragen.

| | Basisvariante 2050 | Trendszenario 2020 | Zielszenario III 2020 |
|---------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|
| Wand | 1,47% | 0,68% | 1,41% |
| Dach | 1,18% | 1,50% | 1,51% |
| OGD | 1,46% | 0,96% | 2,40% |
| KD | 1,63% | 0,23% | 2,43% |
| Fenster | 1,35% | 1,34% | 1,65% |
| gesamt | 1,45% | 0,79% | 1,82% |

Tabelle 25: Jährliche Wärmeschutz-Modernisierungsraten (Mittelwerte Bestand 09 für den Zeitraum 2010-2050): Basisvariante 2050, Trendszenario 2020 und Zielszenario III 2020 im Vergleich

Es zeigt sich, dass zur Erreichung der Basisvariante eine mittlere energetische Modernisierungsrate (Wärmeschutz) von 1,45 %/a notwendig wäre. Gegenüber dem Trendszenario mit 0,79 %/a entspricht dies einer deutlichen Steigerung, während der Durchschnittswert 1,82 %/a des Zielszenarios III 2020 nicht ganz erreicht werden muss⁵³.

Allerdings müssen bei einem Vergleich auch die unterschiedlichen Bauteile und Baualterklassen beachtet werden: So ist beispielsweise im Fall der Wanddämmung die Modernisierungsrate in der Basisvariante 2050 noch etwas höher als im Zielszenario III 2020. Außerdem waren die Werte bei den Obergeschoss- und Kellerdecken für alle 2020er Zielszenarien bewusst relativ hoch angesetzt worden, da diese Maßnahmen unabhängig von Instandsetzungszyklen und daher kurzfristig umsetzbar sind. Auf lange Sicht sind diese hohen Raten also ohnehin kaum aufrecht zu erhalten. Außerdem ist zu beachten, dass in der Basisvariante 2050 verstärkt auch neuere Gebäude bis hin zur Altersklasse III (Baujahre 1994 - 2009) in die Modernisierung einbezogen werden. Diese weisen auch vor der Modernisierung deutlich bessere U-Werte auf als unsanierte Altbauten, so dass die Energieeinsparungen bei glei-

⁵² Die Modernisierungsraten sind auch hier auf den Gebäudebestand 2009 (ohne Berücksichtigung des späteren Abgangs) bezogen. Der Modernisierungsfortschritt bezieht sich dagegen immer auf den aktuellen Bestand (also auf die 2050 noch vorhandenen Bestandsgebäude des Jahres 2009).

⁵³ Dies gilt auch, wenn man die Überlegungen entsprechend auf das Zielszenario IV überträgt: Hier werden im Durchschnitt von 2013 bis 2019 1,31 %/a und 2020 der Höchstwert von 1,82 %/a erreicht. Würde man diesen Wert bis 2050 fortschreiben, so ergäben sich im Mittel 1,75 %/a.

chen Wärmeschutzmaßnahmen deutlich geringer ausfallen. Diese Gebäude in die Wärmeschutz-Modernisierung einzubeziehen ist also eine anspruchsvolle Aufgabe, die im Rahmen der Basisvariante zu lösen wäre. Dies könnte sicherlich erst in späteren Jahren gelingen, wenn auch bei den jüngeren Bestandsgebäuden allmählich Sanierungs- oder Modernisierungsbedarf entsteht. Insofern muss im Hinblick auf einen Vergleich insbesondere mit den Zielszenarien daran erinnert werden, dass die hier betrachteten mittleren Modernisierungsraten der Basisvariante Durchschnittswerte über den gesamten Zeitraum 2010 - 2050 darstellen, während für eine differenziertere Betrachtung eine unterschiedliche Aufteilung auf einzelne Zeitperioden vorzunehmen wäre. Insofern wäre es z. B. durchaus denkbar, dass einzelne Zielszenarien nach dem Jahr 2020 langfristig in die Basisvariante 2050 übergehen könnten. Dabei ist es durchaus plausibel anzunehmen, dass in der Anfangszeit, wenn der Schwerpunkt der Modernisierung noch bei den Altbauten mit Baujahren bis 1978 liegt, höhere Modernisierungsraten erreicht werden können als in späteren Jahren.

6.2 Annahmen für die Wärmeversorgung im Jahr 2050

Die Nutzungsdauer von Wärmeerzeugungssystemen ist deutlich niedriger als bei baulichen Wärmeschutzmaßnahmen. Angesichts einer mittleren Modernisierungsrate von fast 3 % (s. Tabelle 9: 2,9 %/a im Trendszenario) kann davon ausgegangen werden, dass bis zum Jahr 2050 die Wärmeerzeuger in den Wohngebäuden quasi noch einmal komplett erneuert werden können, so dass insbesondere die Chance für den Übergang zu einer neuen Struktur der Wärmeversorgung besteht.

Die Frage, wie die Wärmeversorgung der Wohngebäude im Jahre 2050 aussehen wird (bzw. aus Klimaschutzgründen aussehen muss), kann allerdings heute noch nicht abschließend beantwortet werden. Neben denkbaren technologischen Weiterentwicklungen (z. B. erhöhte Wirkungsgrade von Wärmeerzeugern, Nutzung der Tiefengeothermie in Wärmenetzen) sind hier insbesondere die Wechselbeziehungen mit der Elektrizitätswirtschaft zu beachten: Bei zwei wesentlichen, heute schon weit entwickelten und in den Markt eingeführten Effizienztechnologien, den elektrischen Wärmepumpen und der Kraft-Wärme-Kopplung, spielt elektrischer Strom eine entscheidende Rolle, da er im Zusammenhang mit der Wärmeproduktion entweder verbraucht oder erzeugt wird.

Gleichzeitig ist die Elektrizitätswirtschaft von großen Umbrüchen betroffen: Die Klimaszutzziele müssen durch Effizienzverbesserungen, insbesondere aber durch einen möglichst weitgehenden Übergang zur Stromerzeugung aus regenerativen Energiequellen erreicht werden, außerdem ist der mittelfristige Ausstieg aus der Kernenergie zu bewältigen. Durch die im Zeitverlauf ungleichmäßige Einspeisung von Sonnen- und Windenergie ins Stromnetz ergeben sich besondere Anforderungen an den zeitlichen Ausgleich von Energieangebot und -nachfrage. Während also die Gebäude-Wärmeversorgung bisher durch die starke Dominanz von Heizkesseln weitgehend unabhängig zu behandeln war, stellt sich für die Zukunft in stärkerem Maße auch die Frage nach den Zusammenhängen mit der Energiewirtschaft

insgesamt. Szenarienuntersuchungen in diesem Bereich (wie z. B. [Nitsch et al. 2010]) werden daher wesentlich für das Verständnis der zukünftigen Entwicklung auch im Gebäudesektor sein. Angesichts der Vielzahl von Einflussfaktoren und Unwägbarkeiten ist allerdings kaum zu erwarten, dass hier im Ergebnis eine eindeutige, quasi „optimale“ Lösung ermittelt werden kann. Vielmehr ist davon auszugehen, dass Lösungskorridore identifiziert werden, innerhalb derer unterschiedliche, im zeitlichen Verlauf ineinander übergehende Zukunftspfade existieren. Die Aufgabe der konkreten Umsetzung einer Energiespar- und Klimaschutzstrategie besteht dann darin, einen Weg einzuschlagen, der sich innerhalb eines vielversprechenden (insbesondere kostengünstigen) und gleichzeitig zukunfts-offenen Korridors bewegt, und diesen Weg bei Veränderungen der äußeren Rahmenbedingungen und neuen Erkenntnissen gegebenenfalls zu korrigieren.

Vor diesem Hintergrund erscheint es im Sinne eines vorsichtigen Ansatzes sinnvoll, für erste Überlegungen zu einer möglichen Struktur der Wohngebäude-Wärmeversorgung im Jahr 2050 einerseits vom Einsatz bekannter und weitgehend etablierter Technologien und andererseits von einer nicht zu starken Verschränkung mit der Stromwirtschaft auszugehen. Darüber hinaus muss das Modell angesichts einer großen Vielfalt denkbarer Möglichkeiten mit pauschalisierenden Ansätzen operieren. Daher wird hier bewusst ein stark vereinfachender, dadurch aber gleichzeitig auch gut überschaubarer Ansatz gewählt. Es wird eine mittlere Struktur der Wärmeversorgung definiert, mit der der Gesamt-Wärmebedarf (326 TWh in der Basisvariante, s.o.) gedeckt wird. Dabei werden als „Bausteine“ die folgenden Systeme betrachtet:

- Thermische Solaranlagen auf den Gebäuden:
Es wird davon ausgegangen, dass diese Anlagen teils nur zur Warmwasserbereitung, zumeist aber gleichzeitig auch zur Heizungsunterstützung dienen. Der Gesamtbeitrag zur Deckung des Wärmebedarfs von Gebäuden, die Solaranlagen installiert haben, wird – bezogen auf die Wohnfläche A_w – im Mittel zu $20 \text{ kWh/m}^2_{A_w} \text{a}$ angenommen.
- Erdgas-, Heizöl- und Biomassekessel:
Im Fall von Gas- und Öl-Kesseln wird ein mittlerer Jahresnutzungsgrad von 96 % (Brennwertkessel), im Fall der Biomasse Festbrennstoffkessel mit 85 % Jahresnutzungsgrad angenommen⁵⁴.
- Elektrische Wärmepumpen:
Es wird davon ausgegangen, dass sowohl Erdreich- als auch Abluft- und Außenluftwärmepumpen eingesetzt werden. Die mittlere Jahresarbeitszahl wird zu 3,0 angenommen.

⁵⁴ Alle Angaben zu Nutzungsgraden und zur Endenergie beziehen sich im Fall von Brennstoffen auf den (unteren) Heizwert.

- **Kraft-Wärme-Kopplung (KWK):**
Es wird davon ausgegangen, dass mit Erdgas betriebene Systeme einen elektrischen Jahresnutzungsgrad von 40 % und einen thermischen Nutzungsgrad von 45 %, mit Biomasse betriebene Systeme einen elektrischer Nutzungsgrad von 30 % und einen thermischen Nutzungsgrad von 55 % aufweisen. Ob es sich hierbei um Anlagen in Fernwärme- bzw. Nahwärmesystemen bzw. um dezentrale Anlagen in Gebäuden handelt, ist offengelassen, ebenso die eingesetzte Technologie (Heizkraftwerk, motorbetriebenes Blockheizkraftwerk oder Brennstoffzelle)⁵⁵. Die Speicherverluste bzw. die erhöhten Verteilverluste einer Fern- bzw. Nahwärmeversorgung sind in dem thermischen Nutzungsgrad von 45 % überschlägig berücksichtigt⁵⁶.
- **Gesamtsystem Kraft-Wärme-Kopplung / elektrische Wärmepumpen:**
Bei KWK-Anlagen stellt sich im Allgemeinen das Problem, wie der eingesetzte Brennstoff auf die beiden Produkte Wärme und Strom aufzuteilen ist. In den folgenden Betrachtungen tritt diese Frage allerdings nicht auf, da hier davon ausgegangen wird, dass eine Verrechnung der Stromproduktion der KWK-Anlagen mit dem Strombedarf elektrischer Wärmepumpen erfolgen kann. Diese Verrechnung erscheint insofern gerechtfertigt, als ja beide Anlagen dem selben Zweck dienen, nämlich der Gebäude-Wärmeversorgung, so dass man tatsächlich davon ausgehen kann, dass das Stromangebot wärmegeführter KWK-Anlagen und der Strombedarf elektrischer Wärmepumpen zeitlich wenigstens ungefähr zusammenfallen. KWK-Anlagen und elektrische Wärmepumpen bilden somit gemeinsam ein Gesamtsystem – es handelt sich hier quasi um eine mit Brennstoff betriebene Wärmepumpe mit räumlich getrennten

⁵⁵ Die pauschalen Ansätze zur Anlageneffizienz sollen hier nur ungefähr ein typisches Niveau wiedergeben. So hängen die erreichbaren elektrischen Nutzungsgrade stark von den Randbedingungen und den eingesetzten Technologien ab. Beim Erdgas sind die angenommenen 40 % für Blockheizkraftwerke (BHKW) ab etwa 500 kW_{el} typisch [ASUE 2011]. Große Erdgas-GuD-Kraftwerke im Bereich über 100 MW_{el} zur Fernwärmeversorgung erreichen auch bei Wärmeauskopplung deutlich höhere Werte (bis über 45 %, vgl. [Diefenbach 2002]). Erdgas-BHKW mit 10 kW_{el} – 50 kW_{el}, die sich in kleinen Wärmenetzen oder großen Gebäuden einsetzen lassen, kommen dagegen auf Werte im Bereich von 30-35 % [ASUE 2011]. Im Fall der Biomasse-Anlagen hängen die elektrischen Nutzungsgrade von der Größe, der eingesetzten Technologie und vom Brennstoff ab. Die angenommenen 30 % werden bei mit Holz betriebenen Heizkraftwerken häufig noch unterschritten, bei größeren Pflanzenöl-BHKW, vor allem aber bei Biogas-BHKW können dagegen auch deutlich höhere elektrische Nutzungsgrade erreicht werden [Nitsch et al. 2010, ASUE 2011].

⁵⁶ Für die Erdgas-KWK-Anlage selbst könnte man durchaus auch mit einem Gesamtnutzungsgrad von 90 %, hier also mit einem thermischen Nutzungsgrad von 50 %, rechnen. Der stattdessen angesetzte Wert lässt sich also so interpretieren, dass hier zusätzliche Verteilungs- und Speicherverluste in pauschaler Höhe von 10 % - bezogen auf die Wärmeproduktion der Anlage - mit berücksichtigt wurden.

Komponenten⁵⁷. Insgesamt ergibt sich z. B. bei Verwendung von Erdgas-Anlagen bei 10 TWh Brennstoffeinsatz eine Gesamtwärmeproduktion von 4,5 TWh (direkte Wärmeerzeugung) + 4,0 TWh x 3 (Stromeinsatz in elektrischen Wärmepumpen) = 16,5 TWh. Das System verhält sich also wie ein Wärmeerzeuger mit einer Gesamteffizienz bzw. Jahresarbeitszahl von 1,65 (s. auch Abbildung 19)⁵⁸. Die Biomasse-KWK-Anlagen erreichen unter den getroffenen Annahmen bei entsprechender Betrachtung eine Gesamteffizienz von 1,45⁵⁹.

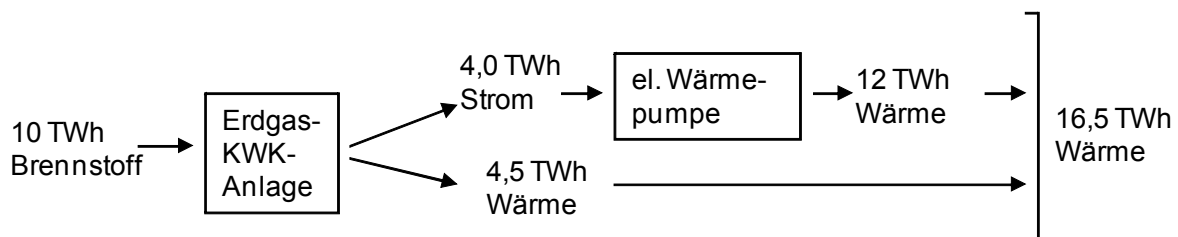


Abbildung 19: Interpretation von mit Erdgas betriebenen KWK-Anlagen und elektrischen Wärmepumpen als ein Gesamtsystem (Basisvariante)

⁵⁷ Man könnte sich durchaus vorstellen, dass hier anteilig auch tatsächlich solche Systeme, z. B. gasmotorische Wärmepumpen, mit vertreten sind. Diese müssen also nicht mehr separat betrachtet werden.

⁵⁸ In der Praxis werden KWK-Anlagen in der Regel mit ergänzenden Heizkesseln zur Spitzenlastabdeckung betrieben. Würde man die Spitzenlastkessel im Schema von Abbildung 19 ergänzen und einen Anteil von 20 % an der Wärmelieferung im Teilsystem KWK + Spitzenkessel ansetzen (gegenüber 75 % für die Wärmeauskopplung aus KWK-Anlagen), so würden die Kessel mit etwa 1,1 TWh zur Wärmelieferung von dann insgesamt 17,6 TWh beitragen. Je nach Annahmen zum Nutzungsgrad der Kesselversorgung (ggf. inklusive anteiliger Verteilverluste) ergäben sich dann für die Effizienz des Gesamtsystems KWK+Spitzenkessel/ elektr.Wärmepumpe Werte von 1,55 bis 1,58 (gegenüber 1,65 ohne Betrachtung des Spitzenkessels).

Zur Vereinfachung der Darstellung der Wärmeversorgungsstruktur werden die Spitzenlastkessel in den Energiebilanzberechnungen für den Gebäudesektor in der Kategorie Heizkessel subsummiert (vgl. Tabelle 27 auf S. 80). Details zur Einteilung in reine Heizkessel-Wärmeversorgungs-systeme einerseits und Spitzenlastkessel andererseits werden aber ebenfalls noch angegeben (s. Tabelle 28 auf S. 81).

⁵⁹ Aus 10 TWh Brennstoff werden 3 TWh Strom und daraus 9 TWh Wärme produziert. Zusammen mit 5,5 TWh Abwärme ergeben sich insgesamt 14,5 TWh Wärme.

- Weitere Stromerzeugung für den Wärmemarkt:

Nach den Annahmen des vorangegangenen Abschnitts wird der in KWK-Anlagen erzeugte Strom vollständig von elektrischen Wärmepumpen abgenommen. Es ist dabei allerdings denkbar, dass der Anteil der elektrischen Wärmepumpen noch höher ist, dass also noch weiterer Strombedarf besteht⁶⁰. Außerdem muss der gesamte Hilfsstrombedarf der Wohngebäude ebenfalls noch abgedeckt werden. Aus diesem Grund ist ein zusätzlicher – über die KWK-Produktion hinausgehender – Strombezug für die Wohngebäude-Wärmeversorgung notwendig. Es stellt sich somit die Frage, mit welcher Effizienz und welchen Energieträgern dieser Strom im Jahr 2050 erzeugt wird. Grundsätzlich ist im Hinblick auf die Klimaschutzziele mit einem deutlich erhöhten Beitrag erneuerbarer Energieträger an der Stromerzeugung zu rechnen. Gleichzeitig ist nicht von vornherein klar, ob ein Ansatz mit sehr hohem Anteil erneuerbarer Energien für den Strommix des Jahres 2050 direkt auf die Wärmeanwendung übertragbar wäre. So stellt sich z. B. die Frage, ob ein wachsender Strombedarf im Wärmemarkt (durch hohe Anteile elektrischer Wärmepumpen) regenerative Stromerzeugungskapazitäten binden würde, die eventuell dringender für andere Anwendungen benötigt würden. Vor diesem Hintergrund wird hier als erster Ansatz für die dem Wärmemarkt zuzurechnende Stromerzeugung des Jahres 2050 ein erheblicher, aber kein dominierender Anteil erneuerbarer Energien angesetzt. Insgesamt wird folgende Aufteilung gewählt:

- 33 % der Stromerzeugung durch regenerative Energien. Davon 10 % mit Biomasse (Nutzungsgrad der Stromerzeugung aus Biomasse: 38 %) und 23 % aus anderen erneuerbaren Energiequellen ohne Brennstoffeinsatz (z. B. Windstrom, Solarstrom).
- 33 % der Stromerzeugung aus Kohlekraftwerken (häufig Braunkohle/Steinkohle) mit einem Jahresnutzungsgrad von 45 %.
- 34 % der Stromerzeugung aus Erdgas-Kraftwerken mit einem Jahresnutzungsgrad von 55 %.

⁶⁰ Ein zusätzlicher Strombedarf für Wärmepumpen besteht z. B. auch in dem Fall, dass an kalten Tagen KWK-Anlagen durch Spitzenlastkessel ergänzt werden, die aus diesen Anlagen versorgten Wärmepumpen (wenn sie selbst ohne ergänzenden Kessel betrieben werden) also auf zusätzliche Quellen der Stromversorgung zurückgreifen müssen.

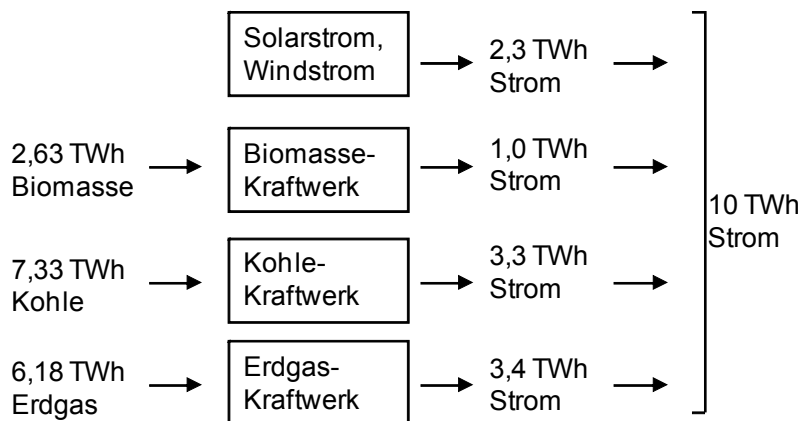


Abbildung 20: Basisvariante: Ansatz für die dem Wärmemarkt zugeordnete Stromproduktion im Jahr 2050

exemplarisch: Produktion von 10 TWh Strom mit Erdgas, Kohle, Biomasse und anderen erneuerbaren Energiequellen

- Einsatz von Biomasse:

Es werden hier zwei Typen von Biomasse unterschieden:

- Biomasse Typ I: Festbrennstoffe, vor allem Holz, überwiegend als Reststoffe, in der Regel nicht aus Energiepflanzenanbau. Hier wird ein Primärenergiefaktor von $f_p = 0,2$ angenommen⁶¹.

- Biomasse Typ II: Pflanzenöle bzw. Biogas aus Energiepflanzenanbau. Der Primärenergiefaktor wird hier gemäß [DIN 18599/2011] zu 0,5 angenommen. Dies entspricht 45 % des Wertes der hier für fossile Energieträger angenommen wird (Gas, Öl, Kohle: $f_p = 1,1$)⁶².

In den folgenden Betrachtungen wird davon ausgegangen, dass 2/3 der eingesetzten Biomasse dem Typ I und 1/3 dem Typ II entsprechen. Der mittlere Primärenergiefaktor der Biomasse ergibt sich damit zu $f_p = 0,3$.

⁶¹ Dies entspricht dem Ansatz für Holzpellets. Andere Verwendungsformen, z. B. Holzhackschnitzel, weisen in der Regel niedrigere Primärenergiefaktoren auf. Ein höherer Ansatz erscheint allerdings auch hier gerechtfertigt, wenn man gleichzeitig annimmt, dass auch Holz in Zukunft möglicherweise zum Teil aus Energiepflanzenanbau stammt.

⁶² Die direkten CO₂-Emissionen, die ja definitionsgemäß keine vorgelagerten Prozesse berücksichtigen, werden weiterhin für beide Typen der Biomasse (als nachwachsender Rohstoff) zu Null gesetzt. Insbesondere im Fall des Typs II treten allerdings relevante vorgelagerte Emissionen auch anderer Treibhausgase auf. Bei den folgenden Analysen werden daher ergänzend (jeweils in Fußnoten) auch die äquivalenten CO₂-Emissionen betrachtet, in denen die weiteren Treibhausgase und die Vorketten der Energieträgergewinnung mitberücksichtigt sind (s. Anhang I).

Bei der Biomasse ist außerdem deren insgesamt begrenztes Potential zu beachten. Dieses lässt sich nur schwer quantifizieren, in [Nitsch et al. 2010] wird ein nachhaltiges nutzbares Gesamtpotential von 1500 PJ (420 TWh) in Deutschland angenommen. Es stellt sich die weitere Frage nach der Aufteilung dieses Gesamtwertes auf einzelne Sektoren, insbesondere hier auf den Sektor der Wärmeversorgung von Wohngebäuden. Im Folgenden wird ein Wert von **100 TWh als „Biomasse-Potential“ für die Wärmeversorgung von Wohngebäuden** angesetzt⁶³.

Tabelle 26 gibt einen Überblick über den Primärenergiefaktor und CO₂-Emissionsfaktor der angesetzten Stromerzeugung und über die Primärenergie- und CO₂-Aufwandszahlen⁶⁴ der betrachteten Wärmeerzeugungsvarianten.

| | Primärenergiefaktor f_P | CO ₂ -Faktor f_{CO_2} in kg _{CO2} /kWh |
|-------------------------|----------------------------------|--|
| Strom für Wärmesektor | 1,57 | 0,39 |
| | Primärenergie-Aufwandszahl e_P | CO ₂ -Aufwandszahl e_{CO_2} in kg _{CO2} /kWh |
| Wärmeerzeugungssysteme: | | |
| Gaskessel | 1,15 | 0,21 |
| Ölkessel | 1,15 | 0,28 |
| Biomassekessel | 0,35 | 0,00 |
| Erdgas-KWK / el. WP | 0,67 | 0,12 |
| Biomasse-KWK / el. WP | 0,21 | 0,00 |
| weitere el. Wärmepumpen | 0,52 | 0,13 |

Tabelle 26: Basisvariante Wärmeversorgung: Primärenergiefaktoren und direkte CO₂-Emissionsfaktoren der betrachteten Wärmeerzeugungssysteme

⁶³ Würde man die Aufteilung z. B. entsprechend dem Anteil der Wohngebäude-Wärmeversorgung an den gesamten energiebedingten CO₂-Emissionen in Deutschland vornehmen, so käme man auf einen Anteil von etwa 19 %, also ca. 80 TWh. In der Leitstudie wird andererseits davon ausgegangen, dass eine bevorzugte Nutzung von Biomasse in stationären Anwendungen zur Strom- und Wärmeerzeugung sinnvoll sei, so dass auch die Annahme eines etwas höheren Wertes zu rechtfertigen ist.

⁶⁴ Die dargestellten Aufwandszahlen e_P und e_{CO_2} der Wärmeerzeugungssysteme geben den Primärenergiebedarf bzw. die CO₂-Emissionen pro erzeugter Kilowattstunde Wärme an. Es handelt es sich jeweils um das Produkt aus der Erzeugeraufwandszahl e_g (z. B. Kehrwert des Nutzungsgrads beim Heizkessel) und dem Primärenergie- bzw. CO₂-Faktor (f_P bzw. f_{CO_2}) des verwendeten Endenergieträgers. Beim Strom handelt es sich um einen Endenergieträger, so dass die entsprechende Kenngröße hier als Primärenergie- bzw. CO₂-Emissionsfaktor (f_P bzw. f_{CO_2}) bezeichnet wird.

6.3 Energie- und Emissionsbilanz der Basisvariante

Laut Abschnitt 6.1 wird in der Basisvariante von einem **Wärmebedarf der Wohngebäude** von $Q_{W,ges} = 326 \text{ TWh}$ im Jahr 2050 ausgegangen. Hinsichtlich der Wärmeversorgung bzw. Gebäudetechnik werden hier folgende Annahmen getroffen:

- 75 %, also etwa drei Viertel der Gebäude sind mit thermischen Solaranlagen ausgestattet. Diese liefern einen Beitrag von 56 TWh zur Wärmeversorgung, so dass sich der **Netto-Wärmebedarf** $Q_{W,netto} = 326 \text{ TWh} - 56 \text{ TWh} = 270 \text{ TWh}$ ergibt⁶⁵.
- Der Hilfsstromverbrauch für die Wärmeversorgung des Wohngebäudebestandes (inklusive Neubau) ergibt sich in den Modellrechnungen für die Basisvariante zu einem Betrag von $Q_{el,HE} = 10 \text{ TWh}$.
- Nicht berücksichtigt wurde bisher der Strombedarf zur Klimatisierung von Wohngebäuden. Angesichts von dessen aktuell sehr geringer Bedeutung erscheint dies gerechtfertigt⁶⁶. Die weitere Entwicklung bis 2050 ist allerdings unsicher: Einerseits ist zu hoffen, dass eine Klimatisierung von Wohnungen weiterhin nicht in größerem Maßstab erforderlich ist und einem eventuellen Bedarf durch passive Maßnahmen entgegengewirkt werden kann (Wärmeschutz, Verschattung, Nachtlüftung, Reduzierung interner Wärmequellen durch sparsame Elektrogeräte). Andererseits kann ein Anstieg der klimatisierten Fläche im Wohngebäudebereich gerade auch angesichts des erwarteten Klimawandels nicht ausgeschlossen werden. Belastbare Abschätzungen über die zu erwartende Entwicklung liegen hier nicht vor. Als vorläufiger Ansatz für den **Stromverbrauch zur Klimatisierung** von Wohngebäuden wird hier ein Wert von $Q_{el,Kl} = 5 \text{ TWh}$ angenommen⁶⁷.

Der Gesamtwert des **elektrischen Energieverbrauchs als Hilfsstrom inklusive Stromverbrauch für Klimatisierung** beträgt damit $Q_{el,HE+Kl} = 15 \text{ TWh}$.

⁶⁵ Der Gesamtbeitrag der Solarthermieanlagen hängt von deren Ertrag ab. Hier wird eine mittlere Wärmelieferung von 20 kWh/m²a angenommen (pro Quadratmeter Wohnfläche, s. Kap. 6.2). Könnten z. B. 23 kWh/m²a erreicht werden, so wäre der gleiche Gesamtbeitrag zur Wärmeversorgung mit Anlagen auf etwa 65 % bzw. ca. zwei Dritteln der Gebäude erreichbar.

⁶⁶ Laut Datenbasis Gebäudebestand sind etwa 1 % der Wohngebäude mit Anlagen zur Kühlung bzw. Klimatisierung ausgestattet. Eine für das UBA erstellte Studie geht von einem Anteil der klimatisierten Wohnfläche von 2 % aus und schätzt den dadurch verursachten jährlichen Stromverbrauch zu rund 0,2 TWh/a ab [Bettgenhäuser et al. 2011b].

⁶⁷ Dies ist geschätzt das 25fache des bisherigen Wertes (Ausgangsbasis UBA-Studie), entspräche also z. B. einer Ausweitung der klimatisierten Fläche von 2 % auf rund 25 % der gesamten Wohnfläche, wenn man gleichzeitig einen erheblichen klimabedingten Anstieg des flächenbezogenen Kältebedarfs um den Faktor 2 annimmt und den Wohnflächenzuwachs von rund 10 % bis 2050 mitberücksichtigt.

- Die Struktur der Wärmeerzeugung zur Deckung des Netto-Wärmebedarfs von 270 TWh wird folgendermaßen angesetzt: je 10 % Gas-, Öl- und Biomasse-Heizkessel, 27 % Erdgas-KWK+Wärmepumpen, 33 % Biomasse-KWK+Wärmepumpen und 10 % sonstige elektrische Wärmepumpen.

Tabelle 27 zeigt die Ergebnisse der Energiebilanz. Neben dem Primärenergiebedarf und den direkten CO₂-Emissionen ist der Verbrauch an Brennstoffen dargestellt. Dieser beinhaltet auch den Brennstoffverbrauch, der in KWK-Anlagen und bei der Erzeugung der elektrischen Energie anfällt, die als Hilfsenergie, für die Klimatisierung und die Versorgung der weiteren (nicht direkt mit KWK-Strom verrechneten) Wärmepumpen dient (s. auch Abbildung 20). Der für die Wärmeerzeugung eingesetzte elektrische Strom ist demnach unabhängig von der Brennstoffbilanz zu sehen, der Gesamtverbrauch ist in der letzten Tabellenspalte separat dargestellt.

| Wärmeerzeugung | Anteile an der Netto-Wärmebereitstellung | Netto-Wärmebereitstg. | Primärenergiebedarf | CO ₂ -Emissionen |
|--|--|--------------------------|---------------------|-----------------------------|
| | | TWh/a | TWh/a | Mio. t/a |
| Gaskessel | 10% | 27 | 31 | 5,7 |
| Ölkessel | 10% | 27 | 31 | 7,5 |
| Biomassekessel | 10% | 27 | 9 | 0,0 |
| Erdgas-KWK / el. WP | 27% | 73 | 49 | 8,9 |
| Biomasse-KWK / el. WP | 33% | 89 | 18 | 0,0 |
| weitere el. Wärmepumpen | 10% | 27 | 14 | 3,5 |
| Summen: | 100% | 270 | 152 | 25,6 |
| Strombedarf als Hilfsstrom inklusive Klimatisierung | | elektr. Energie in TWh/a | | |
| | | 15 | 24 | 6,0 |
| Gesamtergebnis | | Summen: | | 176 |
| Zielwerte | | | | 130 |
| | | Ergebnis/Zielwert: | | 136% |
| | | | | 93% |

| Wärmeerzeugung | Einsatz von Brennstoffen | | | | | Strom (in Brennstoffbilanz enthalten) |
|--|--------------------------|-----------------------------|-----------|-----------|-------------------|---------------------------------------|
| | Erdgas | Öl | Kohle | Biomasse | Summe Brennstoffe | |
| | TWh/a | TWh/a | TWh/a | TWh/a | TWh/a | TWh/a |
| Gaskessel | 28 | 0 | 0 | 0 | 28 | 0 |
| Ölkessel | 0 | 28 | 0 | 0 | 28 | 0 |
| Biomassekessel | 0 | 0 | 0 | 32 | 32 | 0 |
| Erdgas-KWK / el. WP | 44 | 0 | 0 | 0 | 44 | 18 |
| Biomasse-KWK / el. WP | 0 | 0 | 0 | 61 | 61 | 18 |
| weitere el. Wärmepumpen | 6 | 0 | 7 | 2 | 15 | 9 |
| Summen: | 78 | 28 | 7 | 96 | 208 | 45 |
| Strombedarf als Hilfsstrom inklusive Klimatisierung | | | | | | |
| | | 9 | 0 | 11 | 4 | 25 |
| Gesamtergebnis | | 87 | 28 | 18 | 100 | 233 |
| | | Zielwert Biomasse (Ansatz): | | | | 100 |
| | | Ergebnis/Zielwert: | | | | 100% |

Tabelle 27: Basisvariante Wärmeversorgung: Energiebilanz mit Primärenergiebedarf, direkten CO₂-Emissionen, Brennstoffverbrauch und Stromverbrauch
Brennstoffverbrauch inklusive Brennstoffeinsatz der Stromerzeugung

Im Hinblick auf die Einhaltung der Ziele des Energiekonzepts ist festzustellen, dass angesichts eines Primärenergiebedarfs von 176 TWh/a der Zielwert von 130 TWh/a noch deutlich (um ca. 36 %) überschritten wird. Die direkten CO₂-Emissionen erreichen dagegen einen Wert von etwa 32 Mio. t/a und unterschreiten die gesetzte Marke von 34 TWh/a um etwa 7 %⁶⁸.

Das in der vorliegenden Untersuchung (nicht im Energiekonzept) zusätzlich gesetzte Ziel für einen nachhaltigen Biomasse-Einsatz in Höhe von 100 TWh/a wird gerade eingehalten.

Weitere Einzelheiten zur Struktur der Wärmeversorgung sind in Tabelle 28 dokumentiert.

| Wärmeproduktion nach Erzeugungssystemen | | |
|---|--|------------------------------------|
| | Anteile an der Netto-Wärmebereitstellung | Netto-Wärmebereitstellung in TWh/a |
| Heizkessel | 30% | 81 |
| KWK-Anlagen | 20% | 54 |
| Wärmepumpen | 50% | 135 |
| Summe: | 100% | 270 |
| Wärmeproduktion nach Wärmeversorgungstypen | | |
| | Anteile an der Netto-Wärmebereitstellung | Netto-Wärmebereitstellung in TWh/a |
| Heizkessel separat | 25% | 68 |
| KWK (80%)+Spitzenkessel (20%) | 25% | 67 |
| Wärmepumpen | 50% | 135 |
| Summe: | 100% | 270 |

Tabelle 28: Basisvariante Wärmeversorgung: Wärmeproduktion nach Erzeugungssystemen und Wärmeversorgungstypen

Im oberen Teil der Tabelle, der die Typen von Wärmeerzeugungssystemen darstellt, ist zu erkennen, dass die Wärmepumpen mit einem Anteil von 50 % an der Wärmeproduktion deutlich dominieren. Ein Vergleich mit Tabelle 28 zeigt, dass 10 % der Wärmeproduktion auf „weitere“ (nicht mit KWK-Strom versorgte) Wärmepumpen entfällt. Bei Betrachtung der Systemkombination KWK/Wärmepumpe, die insgesamt (Erdgas und Biomasse) einen Anteil von 27 % + 33 % = 60 % an der Wärmeversorgung ausmacht, liefern demnach die Wärmepumpen einen Beitrag von 40 % und die KWK-Anlagen einen Beitrag von 20 %. Der untere Teil der Tabelle 28 zeigt den Anteil verschiedener Wärmeversorgungssysteme an der Wärmeproduktion. Der Anteil der Systeme mit KWK-Anlagen an der Wärmeproduktion ist hier grö-

⁶⁸ Bei Betrachtung der äquivalenten CO₂-Emissionen inklusive Vorketten wird das Ziel für das Jahr 2050 allerdings nicht eingehalten: Nach Anhang II ergeben sich hier in der Basisvariante CO₂-Äquivalentemissionen von 45,1 Mio. t/a, während sich der Zielwert auf 40 Mio. t/a beläuft. Er wird also um ca. 13 % überschritten.

ßer als die oben genannten 20 %, da in der Regel auch noch ein ergänzender Spitzenkessel eingesetzt wird. Unter der Annahme, dass bei einer Wärmeversorgung mit Kraft-Wärme-Kopplung der Spitzenkessel einen Anteil von durchschnittlich 20 % an der Wärmeproduktion einnimmt, ergibt sich für das Gesamtsystem KWK + Spitzenkessel ein Anteil von 25 % an der Wärmeerzeugung. Gleichzeitig wird deutlich, dass sich unter diesen Annahmen die Wärmeproduktion in Heizkesseln, die insgesamt 30 % beträgt, mit 25 % auf reine Heizkesselsysteme und mit 5 % auf die Spitzenlastabdeckung in KWK-Systemen bezieht⁶⁹.

6.4 Allgemeine Kenngrößen für die Energiebilanz der Wärmeversorgung im Wohngebäudesektor

Die hier angesetzte Basisvariante für den Wärmeschutz der Wohngebäude und die Struktur der Wärmeversorgung dient wie gesagt nur als ein erster Ansatz, der in weiteren Analysen variiert werden kann. Um solche Untersuchungen besser vergleichbar zu machen, werden hier einige Bilanzgleichungen und Kenngrößen eingeführt. Dabei werden zwei Niveaus der Detaillierung berücksichtigt. Die sehr grobe Stufe I betrachtet die folgenden Beziehungen:

$$Q_P = Q_{W,ges} \times e_{P,ges}$$

$$X_{CO_2} = Q_{W,ges} \times e_{CO_2,ges}$$

Darin sind:

Q_P : Primärenergiebedarf für die Wärmeversorgung des Wohngebäudebestands (TWh/a)

$Q_{W,ges}$: (Gesamt-)Wärmebedarf des Wohngebäudebestands (TWh/a)

X_{CO_2} : Direkte CO_2 -Emissionen, die durch die Wärmeversorgung des Wohngebäudebestandes verursacht werden (Mio. t/a).

$e_{P,ges}$: Gesamt-Primärenergieaufwandszahl der Wärmeversorgung (dimensionslos)

$e_{CO_2,ges}$: Gesamt-Emissionsaufwandszahl der Wärmeversorgung für direkte CO_2 -Emissionen (kg/kWh = Mio. t/TWh)

Der Wärmebedarf $Q_{W,ges}$ ist dabei als ein Maß für die Energieeffizienz der Gebäude selbst, insbesondere für deren Wärmeschutz, zu interpretieren, während die Größen $e_{P,ges}$ und $e_{CO_2,ges}$ Kennwerte für die Effizienz der Wärmeversorgung liefern – dies jeweils vor dem Hintergrund einer auf die Primärenergie bzw. die direkten CO_2 -Emissionen bezogenen Bewertung. Tabelle 29 zeigt die Bilanzgrößen für den Ausgangspunkt der Modellrechnungen im Jahr 2009 und für die Basisvariante 2050 im Vergleich.

⁶⁹ Im Fall der Wärmepumpen wurde zur Vereinfachung der Darstellung angenommen, dass der Anteil bivalenter Systeme mit separaten Spitzenkesseln vernachlässigbar ist.

| | | Wohngebäude- bestand 2009 | Basisvariante 2050 | Relation 2050/2009 |
|----------------|-------------------------|------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| $Q_{W,ges}$ | TWh/a | 552 | 326 | 59% |
| $e_{P,ges}$ | | 1,18 | 0,54 | 46% |
| Q_P | TWh/a | 652 | 176 | 27% |
| $e_{CO_2,ges}$ | kg _{CO2} /kWh | 0,24 | 0,10 | 40% |
| X_{CO_2} | Mio t _{CO2} /a | 134 | 32 | 24% |

Tabelle 29: Bilanzkennwerte auf Stufe I: Wohngebäudebestand 2009 und Basisvariante 2050

Es ist zu erkennen, dass der Wert für den Wärmebedarf 2050 noch 59 % des Ausgangswertes 2009 beträgt. Hier hat also in der Basisvariante eine Reduzierung um ca. 40 % stattgefunden⁷⁰.

Der Effizienzfortschritt bei der Wärmeversorgung beläuft sich auf deutlich mehr als 50 %: Der Primärenergieaufwand pro erzeugter Wärmemenge beträgt noch 46 % des Ausgangswertes. Im Fall der direkten CO₂-Emissionen pro erzeugter Wärmemenge sind es nur noch 40 %, hier gibt es also eine Reduzierung um etwa 60 %⁷¹.

Insgesamt zeichnet sich die Basisvariante also gegenüber der heutigen Situation durch erhebliche Fortschritte sowohl beim Wärmeschutz als auch bei der Wärmeversorgung aus. Die Effizienzverbesserungen liegen in beiden Feldern ganz grob gesprochen im Bereich „Faktor 2“ (d.h. knappe Halbierung des Energieaufwandes beim Wärmebedarf $Q_{W,ges}$ und mehr als Halbierung bei der Primärenergiebereitstellung $f_{P,ges}$), insgesamt also ungefähr bei „Faktor 4“.

Die damit bewirkte Reduktion des Primärenergiebedarfs auf knapp ein Viertel (hier: 27 %) reicht noch nicht ganz aus, um das Primärenergie-Ziel des Jahres 2050 von 130 TWh/a zu erreichen, sondern überschreitet dieses mit 176 TWh/a wie schon gesehen um etwas mehr als ein Drittel. Bezogen auf den erreichten Wert von 176 TWh/a beträgt die Differenz etwas mehr als 25 %. Die Bedingungen für die Einhaltung des Ziels können nun allerdings im Bezug auf die definierten Kenngrößen diskutiert werden. Folgende Kombinationen würden beispielsweise zu einem Primärenergiebedarf von 130 TWh/a führen:

- Bei gleichbleibender Effizienz der Wärmeversorgung ($e_{P,ges} = 0,50$): Weitere Absenkung des Wärmebedarfs um rund ein Viertel von 326 auf 240 TWh/a, insbesondere

⁷⁰ Ohne Berücksichtigung des Neubaus ergäbe sich eine Reduktion von 552 auf 289 TWh, also um fast 50 %.

⁷¹ Dieser Wert ist allerdings auch vor dem Hintergrund eines Ansatz eines Emissionsfaktors von „Null“ für Biomasse bei gleichzeitig erheblichem Anteil der Biomasse am Brennstoffverbrauch (100 TWh von insgesamt 233 TWh laut Tabelle 27 zu sehen).

durch eine Ausweitung von Wärmeschutzmaßnahmen. Es gilt hier: $Q_P = Q_{W,ges} \times e_{P,ges} = 240 \text{ TWh/a} \times 0,54 = 130 \text{ TWh/a}$.

- Bei gleichbleibendem Wärmebedarf: Weitere Verbesserung der primärenergetischen Effizienz der Wärmeversorgung um etwa 25 %, d.h. Absenkung der Primärenergieaufwandszahl $e_{P,ges}$ von 0,54 auf 0,40, z. B. durch andere Kombinationen der betrachteten Wärmeversorgungsmaßnahmen bzw. durch eine weitere Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien⁷². Im Resultat ergibt sich: $Q_P = 326 \text{ TWh/a} \times 0,40 = 130 \text{ TWh/a}$.

Auch andere Kombinationen der Größen $Q_{W,ges}$ und $e_{P,ges}$ sind denkbar. Abbildung 21 zeigt abhängig vom erreichten Wärmebedarf die dafür notwendigen Werte der Primärenergieaufwandszahl. Der Wärmebedarf wurde dabei zwischen 200 TWh/a und 400 TWh/a variiert.

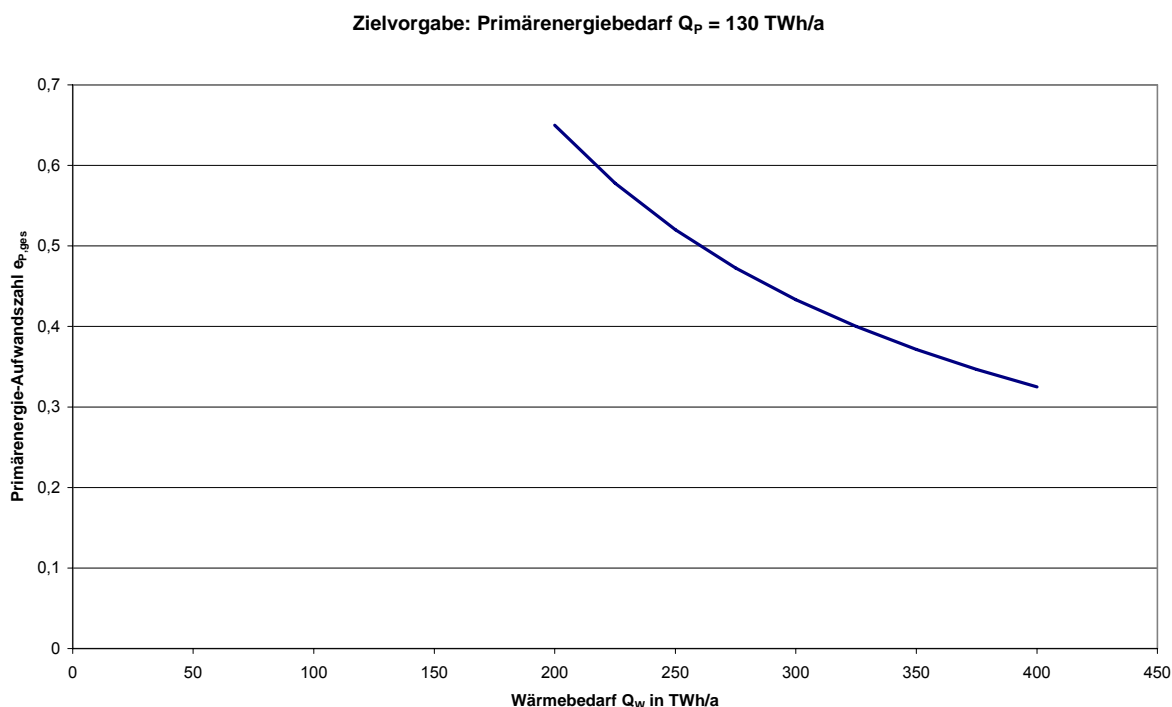


Abbildung 21: Erreichung des Primärenergie-Ziels $Q_P = 130 \text{ TWh/a}$ durch verschiedene Kombinationen des Wärmebedarfs $Q_{W,ges}$ und der Primärenergieaufwandszahl der Wärmeversorgung $e_{P,ges}$

⁷² Da das angenommene Biomasse-Potential allerdings in der Basisvariante schon weitgehend ausgeschöpft ist, müsste hier z. B. der im Wärmesektor verwendbare Solarstrom- bzw. Windstromanteil wachsen (vgl. hierzu die Parametervariationen in Kap. 6.6) bzw. es müssten weitere regenerative Energiequellen direkt im Wärmesektor erschlossen werden (z. B. solare Nahwärme mit saisonaler Speicherung, Fern-/Nahwärmeversorgung über Tiefengeothermie).

Neben der bisher dargestellten sehr groben Betrachtung auf Stufe I wird hier noch eine Stufe II mit etwas verfeinerten Bilanzierungsgleichungen eingeführt. Die Primärenergiebilanz wird dabei durch folgende Ansätze beschrieben:

$$Q_P = Q_{W,netto} \times e_{P,netto} + Q_{el,HE+KI} \times f_{P,el,HE+KI}$$

mit:

$$Q_{W,netto} = Q_W - Q_{W,Sol,Geb} \quad \text{Netto-Wärmebedarf (TWh/a)}$$

$Q_{W,Sol,Geb}$: Wärmelieferung thermischer Solaranlagen („dezentrale“ Anlagen an den Gebäuden, TWh/a)

$e_{P,netto}$: Primärenergieaufwandszahl der Netto-Wärmeerzeugung (dimensionslos)

$Q_{el,HE+KL} = Q_{el,HE} + Q_{el,KI}$: Stromverbrauch als Hilfsenergie für Wärmeversorgung + Stromverbrauch für Klimatisierung (TWh/a)

$f_{P,el,HE+KI}$: Primärenergiefaktor der Strombereitstellung für die Wärmeversorgung (dimensionslos)

Dieses Modell unterscheidet also bei der Wärmeversorgung zwischen einerseits dezentralen thermischen Solaranlagen und andererseits den eigentlichen „Haupt-Wärmeerzeugungssystemen“ zur Deckung des verbleibenden Netto-Wärmebedarfs, denen die Primärenergieaufwandszahl $e_{P,netto}$ zugeordnet wird⁷³. Außerdem wird der Hilfsstromverbrauch getrennt betrachtet.

Die Bilanzgleichung lässt sich entsprechend auch für die CO₂-Emissionen formulieren:

$$X_{CO_2} = Q_{W,netto} \times e_{CO_2,netto} + Q_{el,HE+KI} \times f_{CO_2,el,HE+KI}$$

Dabei steht die Bezeichnung e_{CO_2} für die CO₂-Aufwandszahl bzw. f_{CO_2} für die entsprechenden Emissionsfaktoren (direkte CO₂-Emissionen).

Tabelle 30 zeigt die Ergebnisse für die Primärenergiebilanz im Vergleich zwischen dem Wohngebäudebestand 2009 und der Basisvariante 2050.

Während der Gesamt-Wärmebedarf, wie schon gesehen, in der Basisvariante bis 2050 auf 59 % des Ausgangswertes sinkt (Faktor 0,59), nimmt der Netto-Wärmebedarf durch den stark gestiegenen Anteil thermischer Solaranlagen sogar etwa um die Hälfte auf 49 % des Ausgangswertes ab. Der Hilfsstrombedarf nimmt (u. a. durch zusätzliche Solar- und Lüftungssysteme und Neubau) etwa um 50 % zu, beim Strombedarf für Klimatisierung ist der relative Anstieg angesichts des geringen Basiswertes sehr stark. Die Effizienz der Netto-

⁷³ Dies entspricht der Darstellung in Tabelle 27, die die Wärmeversorgungsstruktur für die Deckung des Netto-Wärmebedarfs zeigt.

Wärmeerzeugung und der Stromerzeugung verbessern sich deutlich: Die jeweiligen Primärenergieaufwandszahlen bzw. -faktoren sinken auf 54 % bzw. 58 % des Ausgangswertes.

| | | Wohngebäude- bestand 2009 | Basisvariante 2050 | Relation 2050/2009 |
|------------------|-------|------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| $Q_{W,ges}$ | TWh/a | 552 | 326 | 0,59 |
| $Q_{W,Sol,Geb}$ | TWh/a | 4 | 56 | 14,49 |
| $Q_{W,netto}$ | TWh/a | 548 | 270 | 0,49 |
| $Q_{el,HE}$ | TWh/a | 6,8 | 10,3 | 1,50 |
| $Q_{el,KI}$ | TWh/a | 0,2 | 5,0 | 25,00 |
| $e_{P,netto}$ | | 1,04 | 0,56 | 0,54 |
| $f_{P,el,HE+KI}$ | | 2,70 | 1,57 | 0,58 |

Tabelle 30: Primärenergie-Bilanzkennwerte auf Stufe II: Wohngebäudebestand 2009 und Basisvariante 2050

6.5 Variation des Wärmebedarfs

Ausgehend vom Basisfall mit einem jährlichen Gesamt- bzw. Bruttowärmebedarf $Q_{W,ges} = 326$ TWh und einem Netto-Wärmebedarf $Q_{W,netto} = 270$ TWh werden hier mögliche Varianten betrachtet, die zu einer Veränderung des Wärmebedarfs führen. Insbesondere soll hier die Sensitivität für verschiedene Einflussfaktoren dargestellt werden.

- Wesentlich für den Wärmebedarf des Jahres 2050 ist die **Gesamtgröße der Wohnfläche** in den deutschen Wohngebäuden. Im Basisfall wurde gemäß Kapitel 1.5 ein Wert von 3,73 Mrd. m² angenommen, von denen etwa 3,09 Mrd. m² bzw. 83 % auf den Bestand 09 (Bestandsgebäude des Jahres 2009) und 0,64 Mrd. m² bzw. 17 % auf den Neubau der Jahre 2010-2050 entfallen. Letzterer trägt zum Wärmebedarf mit 37 TWh (brutto) bzw. 30 TWh (netto) bei. Nimmt man an, dass die Wohnfläche 2050 insgesamt rund 10 % höher liegt (also ca. 4,1 Mrd. m² beträgt) und dies durch eine entsprechende **Erhöhung des Neubaus** proportional über den Betrachtungszeitraum erreicht wird, so ergibt sich eine Erhöhung des Brutto-Wärmebedarfs um rund 22 TWh bzw. 6 % von 326 auf 347 TWh. Der Netto-Wärmebedarf würde sich entsprechend ebenfalls um etwa 6 % von 270 auf 287 TWh erhöhen. Diese Überlegungen gelten entsprechend für weitere durch Veränderungen des Neubaus verursachte Variationen der Gesamtwohnfläche. Beispielsweise würde eine Reduzierung der für 2050 angesetzten Wohnfläche um 5 % aufgrund geringerer Neubautätigkeit eine Absenkung des Wärmebedarfs um etwa 3 % mit sich bringen.
- Auch bei gegenüber dem Basisfall **unveränderter Wohnfläche** (3,73 Mrd. m²) stellt sich die Frage nach der **Gewichtung von Abriss und Neubau**. Diese Diskussion

wird auch unter dem Begriff **Ersatzneubau** geführt. Nimmt man hier exemplarisch an, dass sich ausgehend vom Basisfall mit seiner konstanten Abrissrate von 0,23 %/a (bezogen auf die Wohnfläche des Gebäudebestandes 2009) ab dem Jahr 2021 ein Anstieg auf 0,69 %/a (also eine Verdreifachung) ergibt, so verringert sich die Wohnfläche des Bestands 2009 im Jahre 2050 von 3,09 auf 2,60 Mrd. m². Unter der Voraussetzung, dass dieser zusätzliche Wohnflächenverlust ab 2021 durch einen erhöhten Neubau im Effizienzhaus 40-Standard ausgeglichen wird, ergibt sich eine Reduktion des jährlichen Brutto-Wärmeverbrauchs $Q_{W,ges}$ um etwa 17 TWh bzw. 5 % von 326 auf 309 TWh. Die Frage, ob und in welchem Umfang der Ersatzneubau tatsächlich zu einer gleichzeitigen Verminderung des gesamten Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen in Deutschland beitragen kann, ist damit allerdings noch nicht beantwortet, da die „graue Energie“, hier also insbesondere der für die Errichtung zusätzlicher Neubauten erforderliche Energieaufwand, in der vorliegenden Untersuchung nicht berücksichtigt werden kann.

- Erhebliche Unsicherheiten bestehen hinsichtlich **zukünftiger Klimaänderungen** und deren Auswirkungen auf den Heizwärmebedarf. Diese sind nicht nur in den Schwierigkeiten der Vorhersage des in ca. 40 Jahren zu erwartenden geographisch und jahreszeitlich aufgelösten Klimas begründet. Vielmehr ist auch die Frage, inwieweit es gelingt, durch weltweite Maßnahmen eine Eindämmung der befürchteten Klimaänderungen zu erreichen, von ausschlaggebender Bedeutung. Das Energiekonzept, das den Rahmen der vorliegenden Untersuchung vorgibt, ist in diesem Kontext zu sehen. Vor diesem Hintergrund wurde im Basisfall 2050 bei der Berechnung des Wärmebedarfs noch kein Temperaturanstieg in der Heizperiode berücksichtigt⁷⁴. In anderen Studien werden Temperaturanstiege angesetzt, beispielsweise wird in [Kirchner et al. 2009] davon ausgegangen, dass sich 2050 bei einem Temperaturanstieg von 1,75 °C in Mitteleuropa eine Verringerung der Heizgradtage um 18,4 % ergibt. Übertragen auf den Basisfall erhielte man damit grob überschlägig eine Einsparung beim Heizwärmebedarf (inklusive Verteilverlusten der Heizung, ohne Warmwasser) von ebenfalls 18,4 %. Dies entspricht insgesamt rund 42 TWh bzw. 13 % des Gesamt-Wärmebedarfs $Q_{W,ges}$ von 326 TWh, der sich somit auf 284 TWh reduzieren würde. Allerdings würde dieser Ansatz bedeuten, dass die in der internationalen Klimaschutzpolitik angestrebte maximale Temperaturerhöhung von 2 °C im Jahr 2050 schon fast erreicht wäre (hier jedenfalls in Deutschland während der Heizperiode), eine langfristig über 2050 hinausgehende Eindämmung auf 2 °C aufgrund der Trägheit des Klimasystems und somit zunächst weiter steigender Temperaturen also

⁷⁴ Hinsichtlich eines steigenden Klimatisierungsbedarfs sind die getroffenen Annahmen in Abschnitt 6.3 dokumentiert.

kaum noch realistisch wäre⁷⁵. Daher erscheint es plausibel, im vorliegenden Kontext einer ergebnisorientierten Klimaschutzstrategie den möglichen Beitrag von Klimaänderungen zur Reduzierung des Wärmebedarfs vorsichtiger abzuschätzen und für die Absenkung der Heizgradtage bzw. des Heizwärmebedarfs einen Wert von maximal 10 % anzusetzen⁷⁶. Die Einsparung beträgt dann etwa 23 TWh, der Gesamt-Wärmebedarf des Jahres 2050 würde von 326 TWh um 7 % auf 303 TWh sinken.

- Der Basisfall mit seinen Annahmen zum Modernisierungsfortschritt bei der Wärmedämmung im Bestand 09 (95 % in der Baualtersklasse I, 65 % in der Altersklasse II und 20 % in der Altersklasse III, insgesamt 77 %, vgl. Tabelle 24) stellt nur eine Möglichkeit für die Steigerung der Energieeffizienz bis 2050 dar. Insbesondere könnten gegebenenfalls **verstärkte Anstrengungen beim Wärmeschutz im Gebäudebestand** zu einer weiteren Reduzierung des Wärmebedarfs führen. Nimmt man für den Modernisierungsfortschritt der Wärmedämmung erhöhte Werte von 97 % in der Altersklasse I, 90 % in der Altersklasse II und 50 % in der Altersklasse III (Bestand 09 insgesamt: 88 %) an, so verringert sich der Brutto-Wärmebedarf des Jahres 2050 um etwa 36 TWh⁷⁷. Bei Betrachtung des Gesamtwertes ergibt sich damit eine Reduktion um 11 % von 326 auf 290 TWh. Beim Nettowärmebedarf werden im Jahr 2050 236 TWh erreicht, dies sind 34 TWh bzw. 13 % weniger als der Ausgangswert von 270 TWh im Basisfall. Der erhöhte Modernisierungsfortschritt würde gleichzeitig erhöhte jährliche Wärmeschutz-Modernisierungsraten insbesondere in den Alterklassen II und III erfordern. Gegenüber der Basisvariante, die in den Jahren 2010 – 2050 mit einem Durchschnittswert von 1,45 %/a erreicht werden könnte (vgl. Tabelle 25, gemittelt über alle Bauteile und Altersklassen), müsste nun über den gesamten Zeitraum bis 2050 ein mittlerer Wert von grob gesprochen 1,7 %/a erzielt werden (bei differenzierterer Betrachtung: rund 1,75 %/a in der Altersklasse I und 1,9 %/a in der Alterklasse II und 1,2 %/a in der Altersklasse III).
- Bei konstanter Gesamteffizienz der Wärmeversorgung führt eine prozentuale Reduzierung des Wärmebedarfs zu einer gleichen prozentualen Einsparung beim Primärenergiebedarf und bei den CO₂-Emissionen (s. Überlegungen zum Gesamt-Wärmebedarf in Abschnitt 6.4). Bei differenzierterer Betrachtung des **Zusammen-**

⁷⁵ Vergleiche hierzu die Temperaturverläufe von Klimamodellrechnungen z. B. in [WBGU 2009].

⁷⁶ Eine mit den Wetterdaten des Jahres 2010 am Standort Würzburg durchgeführte Abschätzung zeigt, dass eine 10prozentige Absenkung der Heizgradtage in etwa einer Temperaturerhöhung um 1 °C entspricht.

⁷⁷ Dabei wurde angenommen, dass die zusätzlichen Dämmmaßnahmen das Wärmeschutz-Niveau III erreichen. Außerdem wurde angenommen dass sich der Anteil der Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung in allen drei Alterklassen von 20 % (Basisvariante) auf 50 % erhöht.

hangs von Wärmeverbrauch und Wärmeversorgung ergeben sich allerdings auch ohne grundlegende Veränderungen der Versorgungsstruktur (die erst im folgenden Abschnitt 6.6 diskutiert werden) erweiterte Spielräume, welche dadurch entstehen, dass gleichzeitig mit dem Wärmebedarf auch der Verbrauch der Biomasse sinkt. Nimmt man an, dass ausgehend von der Wärmeversorgungsstruktur des Basisfalls (vgl. Tabelle 27) der Anteil der Systeme Biomasse-KWK / elektrische Wärmepumpe entsprechend erhöht wird, bis insgesamt die Biomasse-Potentialgrenze von 100 TWh erreicht ist, so ergeben sich überproportionale Minderungen beim Primärenergiebedarf: Geht man beispielsweise davon aus, dass der Netto-Wärmebedarf gegenüber dem Basisfall um 15 % von 270 auf 229 TWh sinkt, so ließe sich durch gleichzeitige Erhöhung des Anteils des Systems Biomasse KWK / Wärmepumpe von 33 % auf 43 % eine Reduzierung des Primärenergiebedarfs um 25 % von 176 auf 132 TWh und damit ungefähr eine Einhaltung des Primärenergie-Zielwerts von 130 TWh erreichen. Der Biomasse-Verbrauch bliebe gegenüber dem Basisfall fast unverändert⁷⁸.

Umgekehrt würde eine Erhöhung des Wärmebedarfs gegenüber der Basisvariante bei ähnlicher Wärmeversorgungsstruktur zu einer überproportionalen Steigerung des Primärenergiebedarfs führen, da das angenommene Biomasse-Potential im Basisfall bereits ausgeschöpft ist und der zusätzliche Wärmebedarf daher – bei Annahme einer ansonsten weitgehend gleichbleibenden Energieversorgungsstruktur – vorwiegend durch Systeme mit fossilen Brennstoffen (z. B. Erdgas-KWK/Wärmepumpe) gedeckt werden müsste.

6.6 Variation der Struktur der Wärmeversorgung und Definition von Zielvarianten

Die Basisvariante geht davon aus, dass den bereits verfügbaren und mit relevanten Anteilen im Markt vertretenen Effizienztechnologien Wärmepumpe und Kraft-Wärme-Kopplung wesentliche Beiträge in einer zukünftigen Versorgungsstruktur zukommen. Das Zusammenspiel dieser Systeme soll hier zunächst unter allgemeinen Gesichtspunkten diskutiert werden.

Die Effizienz der Wärmebereitstellung aus der Systemkombination Erdgas-KWK / elektrische Wärmepumpe wurde gemäß Abbildung 19 zu 1,65 bzw. 165 % angenommen (d.h. aus 10 TWh Brennstoff werden 16,5 TWh Wärme gewonnen)⁷⁹.

⁷⁸ Eine ähnliche Untersuchung wird in Abschnitt 6.6 in der Zielvariante IV durchgeführt.

⁷⁹ Die Aufwandszahl der Wärmeerzeugung beträgt damit $e_g = 1/1,65 = 0,61$ („g“ für „generation“). Diese Kenngröße ist weniger geläufig als die oben genannte Effizienz, die einem Jahresnutzungsgrad bzw. – beim Vergleich mit Wärmepumpen – einer Jahresarbeitszahl entspricht. Die Aufwandszahl ist

Alternativ zu diesem Ansatz wäre eine Reduzierung des KWK-Anteils und eine Versorgung aus reinen Stromerzeugungsanlagen denkbar. Nimmt man hier beispielsweise ein Erdgas-GuD-Kraftwerk⁸⁰ mit einem Wirkungsgrad der Stromerzeugung von 55 % an, so ergibt sich in Kombination mit einer Wärmepumpe der Arbeitszahl 3,0 eine Effizienz der Wärmebereitstellung von 165 %, also wie bei der KWK-Anlage ohne Spitzenkessel (s. Abbildung 22).

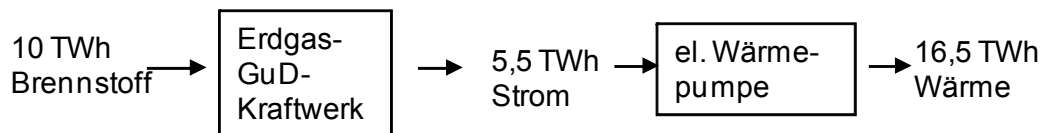


Abbildung 22: Betrachtung eines Gesamtsystems aus Erdgas-Kraftwerken und elektrischen Wärmepumpen

Im Fall des Strommixes aus Abbildung 20 werden unter Beimischung von Solar- bzw. Windstrom aus 16,14 kWh Brennstoff 10 kWh Strom erzeugt⁸¹, die sich mit Wärmepumpen in 30 kWh Wärme umwandeln ließen. Die Effizienz der Wärmebereitstellung beträgt hier sogar 186 % (Aufwandszahl $e_g = 1/1,86 = 0,54$). Vor diesem Hintergrund wird deutlich, dass es allein auf Basis der Gesamteffizienz bei der Umwandlung von Erdgas in Wärme keine eindeutige Präferenz für die Kombination KWK/Wärmepumpe gegenüber der Versorgung von Wärmepumpen aus reinen Stromerzeugungsanlagen gibt. Da elektrische Wärmepumpen auch für die Einzelhausheizung in Einfamilienhäusern einsetzbar sind, besteht darüber hinaus keine eindeutige Präferenz für eine leitungsgebundene Wärmeversorgung über Fern- und Nahwärmenetze aus KWK-Anlagen⁸².

Ein zusätzlicher Nachteil der Kraft-Wärme-Kopplung ist darin zu sehen, dass eine Abhängigkeit von Wärme- und Stromproduktion besteht, so dass sich bei wachsenden Beiträgen erneuerbarer Energien zukünftig Schwierigkeiten für die Einbindung von zeitlich variablem Solar- und Windstrom ergeben könnten: Wenn beispielsweise im Winter in einer windreichen Periode genug Strom aus Windkraftanlagen zur Versorgung aller elektrischen Wärmepum-

allerdings bei gleichbleibendem Wärmebedarf proportional zum Brennstoffverbrauch und damit (bei bekanntem Energieträger bzw. konstantem „Energieträgermix“) auch zum Primärenergiebedarf und zu den CO₂-Emissionen.

⁸⁰ Kraftwerk mit Gas- und Dampfturbine

⁸¹ 2,63 TWh (Biomasse) + 7,33 TWh (Kohle) + 6,18 TWh (Erdgas).

⁸² Auch Erdgas-KWK-Anlagen lassen sich dezentral in Gebäuden einsetzen, insbesondere in Mehrfamilienhäusern. Der elektrische Nutzungsgrad sinkt aber in der Regel bei abnehmender Anlagengröße.

pen verfügbar ist, können Kraftwerke, die zur Versorgung dieser Wärmepumpen bereitstehen, im Allgemeinen heruntergefahren werden. Dagegen müssen Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen zur Gewährleistung der Wärmeversorgung der angeschlossenen Gebäude weiterhin betrieben werden und produzieren gleichzeitig Strom, der zu diesem Zeitpunkt womöglich im Gesamtsystem gar nicht benötigt wird und zur Verdrängung von regenerativen Energiequellen führt.

Andererseits gibt es auch Gründe, von wesentlichen Beiträgen der Kraft-Wärme-Kopplung aus Nah-/Fernwärmenetzen auszugehen. Dies gilt insbesondere in Gebieten mit hoher Bebauungsdichte, da die Verteilnetze bei steigender Dichte geringere anteilige Wärmeverluste und Kosten aufweisen. Gleichzeitig bestehen bei hoher Bebauungsdichte weniger Freiflächen und daher tendenziell auch geringere Potentiale zur Installation von Erdsonden oder Erdkollektoren für Wärmepumpen. Der Einsatz von Außenluftwärmepumpen statt Erdwärmepumpen führt aber zu einer geringeren Anlageneffizienz⁸³. Nimmt man an, dass die in Abbildung 22 untersuchten Kraftwerke mit Außenluft-Wärmepumpen der Jahresarbeitszahl 2,5 kombiniert werden, so werden aus 5,5 TWh Strom nur noch 13,75 TWh Wärme erzeugt. Die Gesamteffizienz sinkt damit auf 137,5 % ($e_g = 0,73$). Würde man umgekehrt davon ausgehen, dass eine geeignete „Arbeitsteilung“ von KWK und elektrischen Wärmepumpen darin resultieren würde, dass letztere vorwiegend in weniger dichter Bebauung als Erdreich-Wärmepumpen mit einer Jahresarbeitszahl von 3,5 ausgeführt werden könnten, so könnten mit den 4 TWh der in Abbildung 19 beschriebenen KWK-Systeme 14 TWh Wärme, insgesamt also inklusive KWK-Abwärme 19,5 TWh Wärme erzeugt werden. Die Gesamteffizienz der Brennstoffausnutzung bei der Kombination KWK/Wärmepumpe würde damit auf $19,5 \text{ TWh} / 10 \text{ TWh} = 195 \%$ ansteigen ($e_g = 0,51$).

Darüber hinaus ist zu beachten, dass das Vorhandensein von Nah-/Fernwärmenetzen als eine Voraussetzung für die Wärmeversorgung über Tiefengeothermie und für den Einsatz saisonaler Wärmespeicher (z. B. Erdbecken- oder Erdsondenspeicher in solaren Nahwärmesystemen) anzusehen ist. Für den Fall, dass diese Technologien zukünftig eine wachsende Rolle spielen, könnten also KWK-Anlagen mit Nah-/Fernwärmenetzen an geeigneten Standorten als Übergangslösungen fungieren⁸⁴.

⁸³ Auch die Frage der Geräuschentwicklung von Außenluftwärmepumpen könnte eventuell bei wachsender Bebauungsdichte eine zunehmende Rolle spielen. Dieser Hinweis soll deutlich machen, dass neben reinen Effizienzbetrachtungen auch andere Aspekte der praktischen Umsetzung eine wesentliche Rolle spielen können. Die Frage des Lärmschutzes ist bei verschiedenen Wärmeversorgungs-technologien, insbesondere beim Einbau von Wärmepumpen oder kleinen Blockheizkraftwerken in Gebäude, zu beachten.

⁸⁴ Außer KWK-Anlagen kommen insbesondere bei kleineren Wärmenetzen auch Wärmepumpen in Betracht (z. B. Gasmotor-Wärmepumpen bzw. die beschriebene Kombination KWK/elektrische Wärmepumpe oder auch rein elektrische Wärmepumpen)

Vor dem Hintergrund dieser Überlegungen, die keine eindeutige Festlegung auf eine bestimmte Systemkombination zulassen, werden im Folgenden fünf „Zielvarianten“ für die Wärmeversorgungsstruktur 2050 betrachtet, die sowohl die aus dem Energiekonzept abgeleiteten Zielwerte für den Primärenergiebedarf (130 TWh) und die CO₂-Emissionen (34 Mio t) als auch das angenommene Biomasse-Potential (100 TWh) ungefähr einhalten.

- In **Zielvariante I** werden gegenüber dem Basisfall erhöhte Anteile der **Systemkombination Kraft-Wärme-Kopplung (Biomasse) / Wärmepumpe** und der weiteren **Wärmepumpen** angenommen. Die eigenständige Wärmeversorgung über Heizkessel wird fast vollständig zurückgedrängt. Außerdem wird eine veränderte **Struktur der Stromerzeugung** für den Wärmesektor angenommen: Fossile Kraftwerke tragen nur noch zu 34 % zur Stromproduktion bei (17 % Erdgas und 17 % Kohle), der Anteil der Biomasse liegt bei 33 %, ebenso hoch ist der Anteil anderer erneuerbarer Stromerzeugungssysteme (z. B. Sonne, Wind).
- In der **Zielvariante II** wird im Sinne einer Grenzbetrachtung ein **Verzicht auf Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen** angenommen. Die Wärmeerzeugung erfolgt hier zu 82 % über elektrische Wärmepumpen und zu 18 % über Heizkessel. Die Struktur der Stromerzeugung entspricht dem Ansatz in Zielvariante I.
- In der **Zielvariante III** wird angenommen, dass die eingesetzten elektrischen **Wärmepumpen vollständig aus Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen versorgt** werden⁸⁵. Gleichzeitig wird davon ausgegangen, dass bei den **Wärmepumpen eine erhöhte Jahresarbeitszahl** von 3,5 (statt 3,0 im Basisfall) erreicht werden kann. Die reine Heizkessel-Wärmeversorgung wird hier wie in Zielvariante 1 fast völlig verdrängt. Der Anteil der Wärmeversorgung aus Kraft-Wärme-Kopplung und Spitzenkessel (ohne Anrechnung der mitversorgten Wärmepumpen) beträgt insgesamt 34 %⁸⁶. Für die

⁸⁵ Dies gilt in der Jahresbilanz, aber nicht unbedingt zu jedem Zeitpunkt. So ist es denkbar, dass der KWK-Strom zu Spitzenzeiten des Wärmebedarfs nicht zur Versorgung der Wärmepumpen ausreicht. Umgekehrt ist es möglich, dass die KWK-Anlagen zu anderen Zeiten zur Deckung des Hilfsstrombedarfs im Wärmesektor beitragen.

⁸⁶ Hier ist wiederum ein Spitzenkessel-Anteil von 20 % im Gesamtsystem KWK + Spitzenkessel angenommen worden.

Grundsätzlich ist sicherlich auch eine noch stärkere Ausweitung der Wärmeversorgung über Kraft-Wärme-Kopplung und eine gleichzeitige Reduzierung des Beitrags elektrischer Wärmepumpen denkbar. Dabei wäre allerdings auch näher zu untersuchen, wie eine solche Wärmeversorgungsstruktur mit der Elektrizitätswirtschaft insgesamt korrespondieren würde. Dabei steht die Frage im Mittelpunkt, bis zu welchem Anteil der Kraft-Wärme-Kopplung sich angesichts der notwendigen Anpassung des zeitlichen Verlaufs von Stromangebot und –nachfrage insgesamt Vorteile ergeben bzw. ab wann eventuell Nachteile überwiegen (z. B. Verdrängung regenerativer Energiequellen).

sonstige Stromerzeugung, die für den Hilfsstrom angerechnet wird, ist dieselbe Struktur wie in den Zielvarianten I und II angesetzt.

- Die **Zielvariante IV** geht gegenüber dem Basisfall von einer **Beibehaltung der Struktur der Stromerzeugung** aus, setzt aber gleichzeitig eine **Senkung des Wärmebedarfs** der Gebäude um weitere 10 % voraus. Das Erreichen der Zielwerte erfolgt hier ähnlich wie bei Zielvariante I durch Erhöhung der Anteils von Biomasse-KWK und Wärmepumpen bei weitgehender Verdrängung der reinen Heizkessel-Heizungen.
- In der **Zielvariante V** wird eine **Reduzierung des Biomasse-Verbrauchs** um 20 % auf 80 TWh bei gleichzeitiger Einhaltung der Vorgabe für den Primärenergiebedarf angestrebt. Mit dieser Betrachtung soll Unsicherheiten über die tatsächliche Höhe des Biomasse-Potentials Rechnung getragen werden (vgl. Fußnote 63 auf S. 78). Das Ziel wird durch Reduzierung des Anteils der Biomasse-KWK und des Biomasseanteils in der Stromversorgung (ausgehend von der verbesserten Stromversorgungsstruktur der Zielvarianten 1 bis 3) erreicht. Gleichzeitig werden größere prozentuale Beiträge von Erdgas-KWK und weiteren Wärmepumpen sowie von Solar- und Windstrom und eine Senkung des Wärmebedarfs der Wohngebäude um 10 % angenommen.

Tabelle 31 zeigt den Vergleich der in Abschnitt 6.4 eingeführten allgemeinen Energiebilanzkenngrößen für die Basisvariante und die fünf Zielvarianten⁸⁷. Der Primärenergiefaktor $f_{\text{Pel,HE+KI}}$ entspricht der Struktur der Stromversorgung, die gegebenenfalls auch zur Versorgung weiterer (nicht aus KWK-Strom gespeister) elektrischer Wärmepumpen angesetzt wurde.

⁸⁷ Aufgrund der Unsicherheiten beim Anteil der Klimatisierung ist der Hilfsstrombedarf nur grob anzugeben und wird daher zur Vereinfachung der Analyse konstant gehalten.

| | | Basisvariante | Zielvarianten | | | | |
|---------------------------------|------------------------------|---------------|---------------|------------|------------|------------|------------|
| | | | I | II | III | IV | V |
| Parameter Stufe I | | | | | | | |
| Q_{W,ges} | TWh/a | 326 | 326 | 326 | 326 | 293 | 293 |
| e_{p,ges} | - | 0,54 | 0,41 | 0,40 | 0,40 | 0,44 | 0,45 |
| Q_p | TWh/a | 176 | 133 | 131 | 132 | 130 | 131 |
| Zielwert QP | TWh/a | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 |
| e_{CO2,ges} | kg/kWh | 0,097 | 0,067 | 0,077 | 0,061 | 0,074 | 0,077 |
| X_{CO2} | Mio t_{CO2}/a | 32 | 22 | 25 | 20 | 22 | 23 |
| Zielwert X_{CO2} | Mio t_{CO2}/a | 34 | 34 | 34 | 34 | 34 | 34 |
| Parameter Stufe II | | | | | | | |
| Q_{W,Sol,Geb} | TWh/a | 56 | 56 | 56 | 56 | 50 | 50 |
| Q_{W,netto} | TWh/a | 270 | 270 | 270 | 270 | 243 | 243 |
| Q_{eI,HE+KI} | TWh/a | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| e_{p,netto} | - | 0,56 | 0,44 | 0,43 | 0,43 | 0,44 | 0,48 |
| f_{PeI,HE+KI} | - | 1,57 | 1,02 | 1,02 | 1,02 | 1,57 | 0,96 |
| e_{CO2,netto} | kg/kWh | 0,095 | 0,069 | 0,081 | 0,062 | 0,065 | 0,080 |
| f_{CO2,HE+KL} | kg/kWh | 0,39 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,39 | 0,20 |
| Einsatz von Biomasse | | | | | | | |
| Q_{Biomasse} | TWh/a | 100 | 102 | 100 | 99 | 99 | 79 |
| Zielwert Biom. | TWh/a | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 80 |

Tabelle 31: Allgemeine Bilanzkenngrößen für die Basisvariante und die fünf Zielvarianten im Jahr 2050

Die Zielwerte für den Primärenergiebedarf (130 TWh/a) und die Biomasse (100 TWh/a) werden in allen drei Zielvarianten ungefähr eingehalten. Bei den CO₂-Emissionen ist die Unterschreitung der Vorgabe (34 Mio. t/a) deutlicher, auch sind größere Differenzen zwischen den Zielvarianten festzustellen. Diese erklären sich nicht zuletzt aus dem unterschiedlichen Energieträgermix: Beim Wärmepumpen-Strombezug aus dem allgemeinen Elektrizitätssektor wurde ein relevanter Anteil von Kohle-Kraftwerken eingerechnet, während bei den Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (und den daran gekoppelten Wärmepumpen) nur eine Versorgung über Biomasse bzw. Erdgas angenommen wurde⁸⁸.

Tabelle 31 gibt einen differenzierten Überblick über die Annahmen zur Struktur der Wärmeversorgung inklusive der allgemeinen Stromversorgung für den Wärmesektor.

⁸⁸ Diese Einschränkung diente hier allein der Vereinfachung der Betrachtung. Die Unterschreitung der CO₂-Zielwerte macht deutlich, dass in den untersuchten Varianten gegebenenfalls auch noch Spielräume für einen anteiligen Einsatz von Kohle bzw. Öl (bei reduziertem Erdgaseinsatz) in der Kraft-Wärme-Kopplung bestehen. Diese Aussage gilt in abgeschwächter Form auch bei Analyse der äquivalenten CO₂-Emissionen: Der Zielwert von 40 Mio. t/a wird von allen fünf Zielvarianten unterschritten. Diese weisen Gesamtemissionen zwischen 31 und 37 Mio. t/a auf (vgl. Anhang II, Tabelle 52).

| | Basisvariante | Zielvarianten | | | | |
|---|---------------|---------------|-----|-----|-----|-----|
| | | I | II | III | IV | V |
| Netto-Wärmeproduktion nach Energieträgern und Erzeugungssystemen | | | | | | |
| Gaskessel | 10% | 3% | 6% | 5% | 2% | 7% |
| Ölkessel | 10% | 1% | 5% | 0% | 3% | 2% |
| Biomassekessel | 10% | 2% | 7% | 3% | 3% | 4% |
| Erdgas-KWK / el. WP | 27% | 32% | 0% | 47% | 32% | 32% |
| Biomasse-KWK / el. WP | 33% | 31% | 0% | 45% | 50% | 24% |
| weitere el. Wärmepumpen (Strommix) | 10% | 31% | 82% | 0% | 10% | 31% |
| Netto-Wärmeproduktion nach Erzeugungssystemen (Kombination KWK/WP getrennt dargestellt) | | | | | | |
| Heizkessel | 30% | 6% | 18% | 8% | 8% | 13% |
| KWK-Anlagen | 20% | 20% | 0% | 27% | 28% | 18% |
| Wärmepumpen | 50% | 74% | 82% | 65% | 64% | 69% |
| Netto-Wärmeproduktion nach Systemtypen (Ansatz: 20 % Spitzenkesselanteil bei KWK-Versorgung) | | | | | | |
| Heizkessel separat | 25% | 1% | 18% | 1% | 1% | 9% |
| KWK+Spitzenkessel | 25% | 26% | 0% | 34% | 35% | 22% |
| Wärmepumpen | 50% | 74% | 82% | 65% | 64% | 69% |
| Stromerzeugung für den Wärmesektor (ohne KWK, für weitere el. Wärmepumpen und Hilfsstrom) | | | | | | |
| Erdgaskraftwerke | 34% | 17% | 17% | 17% | 34% | 17% |
| Kohlekraftwerke | 33% | 17% | 17% | 17% | 33% | 17% |
| Biomassekraftwerke | 10% | 33% | 33% | 33% | 10% | 26% |
| Solar-/Windstrom | 23% | 33% | 33% | 33% | 23% | 40% |

Tabelle 32: Struktur der Wärmeversorgung für die Basisvariante und die Zielvarianten I bis III im Jahr 2050: Anteile an der Netto-Wärmeproduktion bzw. an der Stromerzeugung für den Wärmesektor (ohne KWK, untere Teiltabelle)

Gegenüber der Wärmeversorgungsstruktur der Basisvariante sind in allen fünf Zielvarianten die reinen Heizkessel-Systeme noch einmal deutlich, teils sogar fast vollständig zu Gunsten der Effizienztechnologien Kraft-Wärme-Kopplung bzw. Wärmepumpe zurückgedrängt. Gleichzeitig wurde in allen Zielvarianten entweder eine Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien bei der Stromversorgung (Varianten I-III, V) oder eine Absenkung des Wärmebedarfs der Wohngebäude (Varianten IV und V) angenommen.

Insgesamt zeigt sich, dass auf verschiedenen Wegen mit unterschiedlicher Gewichtung der einzelnen Technologien die gesetzten Zielwerte für Primärenergie, CO₂-Emissionen und Biomasseverbrauch eingehalten werden können. Es handelt sich hier also nicht um einen festgelegten Technologiepfad, sondern um einen Korridor, der unterschiedliche Anteile der einzelnen Technologien zulässt.

Die gezeigten Zielvarianten bilden dabei nur einen Ausschnitt aus den bestehenden Optionen. Auch noch höhere Einsparungen beim Wärmebedarf (s. Kapitel 6.5), weiter erhöhte Anteile regenerativer Energiequellen bei der Stromproduktion für den Wärmesektor, eine

Erhöhung des Anteils der Solarthermie auf den Gebäuden⁸⁹ oder die Einbeziehung weiterer Technologien zur Wärmeversorgung (z. B. Tiefen-Geothermie) sind denkbare Optionen. Der Korridor für die Erreichung der Ziele des Energiekonzepts ist also insgesamt noch wesentlich breiter, als sich dies in den dargestellten Zielvarianten widerspiegelt.

Andererseits ist dieser Korridor sehr wohl begrenzt, die Freiheitsgrade bei der Auswahl zukunftsfähiger Lösungswege sind nicht beliebig groß. Aus den dargestellten Überlegungen und Beispielrechnungen wird deutlich, dass auf jeden Fall erhebliche Anstrengungen sowohl beim Gebäude-Wärmeschutz als auch bei der Wärmeversorgung notwendig werden. Falls Pfade beschritten werden, die sozusagen am äußeren Rand des Zielkorridors liegen, bei denen also z. B. die in den Zielvarianten angenommen Effizienzfortschritte in Einzelaspekten deutlich verfehlt werden, so müssen erhebliche Anstrengungen zur Kompensation an anderer Stelle geleistet werden. Dies wäre etwa der Fall, wenn durch geringeren Modernisierungsumfang im Gebäudebestand oder schlechter gedämmte Neubauten der Wärmebedarf höher ausfällt oder das Ziel, die vergleichsweise ineffiziente Heizkessel-Wärmeversorgung zu ersetzen, nicht in dem beschriebenen Umfang erreicht wird. Während die Zielvarianten auf etablierte Effizienztechnik bei Wärmeschutz und Wärmeversorgung und gleichzeitig auch schon bereits vergleichsweise hohe Anteile erneuerbarer Energien voraussetzen, wäre im Fall verringerter Energieeffizienz eine noch größere Ausweitung des Beitrags erneuerbarer Energien notwendig, wobei dann (aufgrund des bereits ausgeschöpften Biomasse-Potentials) verstärkt auf unetstetige Quellen (Sonne, Wind) oder neue Technologien (z. B. tiefe Geothermie an geeigneten Standorten) zurückgegriffen werden müsste.

6.7 Diskussion möglicher Zielkonflikte zwischen den Vorgaben für 2020 und 2050

Im Hinblick auf die unterschiedlichen Zeithorizonte 2020 und 2050 im Energiekonzept lässt sich die Frage stellen, ob es hier eventuell Zielkonflikte gibt, ob also eine Strategie zur Erreichung der 2020er Ziele eventuell Hindernisse für den langfristigen Klimaschutz bis 2050 aufrichten könnte. Dies könnte insbesondere bei den langlebigen **Wärmeschutzmaßnahmen**

⁸⁹ Hier war in der Basisvariante und in den Zielvarianten eine Ausstattung von 65 % Gebäuden mit solarthermischen Anlagen angenommen worden. Eine Ausweitung der sommerlichen Wärmebereitstellung aus Solarenergie auch auf Gebäuden, die keine für Solaranlagen nutzbare Dachflächen besitzen, wäre beispielsweise durch Einspeisung von solarthermischen Anlagen in Wärmenetze oder alternativ durch die sommerliche Wärmeproduktion aus Wärmepumpen denkbar, die ihren Strom aus Photovoltaikanlagen auf anderen Gebäuden oder Freiflächen beziehen. Vor diesem Hintergrund ist es nicht unwahrscheinlich anzunehmen, dass der sommerliche Wärmebedarf zukünftig vorrangig aus Solarenergie gedeckt wird, brennstoffbetriebene Systeme (KWK-Anlagen, Kraftwerke zur Versorgung von Wärmepumpen) also vorrangig im Winterhalbjahr betrieben werden.

men der Fall sein, wenn etwa eine kurzfristige Erhöhung der Modernisierungsrate auf Kosten der Qualität der Maßnahmen (also z. B. der erreichten Dämmstoffdicke) angestrebt wird. Die aufgeworfene Frage lässt sich im Detail sicherlich nur bei Kenntnis des Instrumentariums beantworten, mit dem die Ziele erreicht werden sollen. Und grundsätzlich ist es sicherlich tatsächlich so, dass sich theoretisch Szenarien konstruieren (und damit auch umsetzen) ließen, in denen derartige Zielkonflikte auftreten. Die bisherigen Untersuchungen zeigen allerdings, dass bei einer konsistenten Strategie, die sowohl die kurzfristigen als auch die langfristigen Klimaschutzziele im Blick hat, keine solchen Widersprüche auftreten:

- Eine deutliche Erhöhung der Qualität der Wärmeschutzmaßnahmen ist auch vor dem Hintergrund des Zeithorizonts 2020 als ein wesentliches Ziel anzusehen. Entsprechende Ansätze sind in alle Zielszenarien 2020 eingeflossen.
- Gleichzeitig ist eine Erhöhung der Modernisierungsraten beim Wärmeschutz auch im Hinblick auf die langfristigen Ziele 2050 von erheblicher Bedeutung: So lässt sich wie gesehen die angesetzte Basisvariante – die selbst noch keiner vollständigen Modernisierung des heutigen Wohngebäudebestandes entspricht – nur mit einer annähernden Verdopplung der durchschnittlichen Modernisierungsrate erreichen, die über den gesamten Zeitraum bis 2050 wirksam ist.

Anders ausgedrückt: Der Verzicht auf eine Erhöhung der Modernisierungsraten mit dem Ziel, erst einmal abzuwarten, bis sich generell noch weiter verbesserte Wärmeschutzstandards im Markt durchsetzen, wäre voraussichtlich sowohl für die kurzfristigen wie für die langfristigen Klimaschutzziele kontraproduktiv. Diese Aussage wird hier in der Erwartung getroffen, dass die substantielle Erhöhung der Wärmeschutz-Modernisierungsraten eine erhebliche Herausforderung darstellen wird. Vorrangiges Ziel sollte es daher sein, eine dauerhaft wirksame Verdopplung der mittleren Modernisierungsrate des Wärmeschutzes ohne zu große Anlaufzeit zu erreichen. Gleichzeitig sollten Regelungen getroffen bzw. Anreize dafür geschaffen werden, dass in den Fällen, in denen dies realisierbar ist, eine möglichst gute Dämmung jenseits der EnEV-Minimalanforderungen erreicht wird. Auf diese Weise können die notwendigen Fortschritte sowohl bei der Qualität und als auch bei der Quantität von Wärmeschutzmaßnahmen erreicht und denkbare Konflikte zwischen diesen beiden Zielen weitgehend aufgelöst werden.

In diesem Zusammenhang ist auch zu betonen, dass ein erfolgreicher Klimaschutz nicht allein durch die Einhaltung des 2050er Ziels, sondern sehr weitgehend auch von dem Weg dorthin bestimmt wird: Untersuchungen des Wissenschaftlichen Beirats Globale Umweltänderungen der Bundesregierung zeigen, dass die Gesamtmenge der bis 2050 emittierten Treibhausgase ganz entscheidend ist [WBGU 2009]. Eine Klimaschutzstrategie, die zunächst hohe und später niedrigere Emissionsminderungen bewirkt, ist daher einem Ansatz, der den gleichen Endwert der jährlichen Emissionen erst durch sehr spätes Umsteuern erreicht, dringend vorzuziehen.

Auch die bestehenden Unsicherheiten über die zukünftige Struktur der **Wärmeversorgung** können nicht als Grund für eine abwartende Haltung in diesem Bereich angesehen werden. Die Betrachtungen und Beispielberechnungen in Abschnitt 6.5 haben deutlich gemacht, dass bis 2050 tiefgreifende Veränderungen bei der Wärmeversorgung notwendig sind und dass dabei auch bereits am Markt verfügbare Wärmeversorgungstechnologien wie Wärmepumpen, Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen und thermische Solaranlagen eine wesentliche Rolle spielen können. Entscheidend wird es sein, im Bereich der Neuanlagen die bisher noch dominierenden Heizkessel in den kommenden Jahren durch die verbesserten Systeme abzulösen. Angesichts einer Modernisierungsrate in der Größenordnung von 3 %/a beim Austausch der Wärmeerzeuger erscheint es notwendig, diese Ablösung nicht viel später als bis zum Jahr 2020 zu erreichen, da die ab diesem Zeitpunkt installierten Neuanlagen möglicherweise bis 2050 zu einem Großteil nicht mehr ausgetauscht werden. Gemäß den Analysen in Abschnitt 6.5 lässt der Zielkorridor für die Wärmeversorgung verschiedene Anteile der einzelnen Technologien zu, so dass es in den nächsten Jahren noch nicht unbedingt entscheidend ist, wie hoch die Gewichtung der einzelnen Systemtypen zueinander tatsächlich ausfällt (z. B. Kraft-Wärme-Kopplung gegenüber Wärmepumpen). Wichtiger erscheint es vorerst, auf einen breiten Mix effizienter Systeme und erneuerbarer Energien zu setzen, der möglichst viele Zukunftspfade offen lässt⁹⁰.

⁹⁰ Die Entwicklung und Markteinführung neuer Technologien ist in diesem Zusammenhang ebenfalls ein wichtiges Ziel.

Von wesentlicher Bedeutung ist auch, dass die mit den Technologien Wärmepumpe und KWK angestrebten Effizienzfortschritte in der Praxis tatsächlich erreicht werden. Dies ist bisher nicht immer der Fall [Diefenbach et al. 2005a]. Beispielsweise kann bei Wärmepumpen ein zu hoher Deckungsbeitrag eines ergänzenden elektrischen Heizstabs die Energiebilanz negativ beeinflussen. In anderen Fällen hat sich gezeigt, dass trotz KWK-Einsatz nur eine sehr geringe Gesamteffizienz der Wärmeversorgung von Wohngebieten erreicht wurde. Die Ursache lag in einer zu kleinen Auslegung der KWK-Anlagen (so dass die Deckungsgrade der Spitzenkessel viel höher als die hier angenommenen 20 % waren) und in relativ hohen Wärmeverlusten der Nah-/Fernwärmenetze. Letzteres kann seinen Grund insbesondere in der Siedlungsstruktur haben: Eine geringe Bebauungsdichte und/oder ein hoher Dämmstandard der versorgten Gebäude haben einen negativen Einfluss auf den Verteilungsnutzungsgrad von Wärmenetzen. Insbesondere bei der Verlegung von neuen Wärmenetzen in Bestandsquartieren ist also beachten, dass deren anteiligen Wärmeverluste auch bei einer späteren Dämmung der Gebäude noch in einem akzeptablen Bereich liegen müssen.

7 Instrumente zur Energieeinsparung und Treibhausgasminderung im Wohngebäudesektor

7.1 Überblick über die Instrumente

Allgemeine umweltökonomische Einordnung

Dem Staat stehen zur Verwirklichung von umweltpolitischen Zielsetzungen – wie z.B. dem Klimaschutz – unterschiedliche Instrumente zur Verfügung. Er muss sich dabei entscheiden, ob er direkt oder indirekt in die Entscheidungen der Wirtschaftssubjekte eingreifen will.

Die direkte Verhaltenssteuerung im Umweltschutz beinhaltet das Festlegen von rechtlichen Rahmenbedingungen, mit denen das umweltpolitische Ziel aufgrund eines einseitigen staatlichen Zwangs zustande kommen soll. Das Festlegen von Rahmenbedingungen erfolgt üblicherweise im Ordnungsrecht. Die direkten Regulierungsinstrumente sind die in der umweltpolitischen Praxis momentan vorherrschenden Instrumente. Dazu zählen in erster Linie unmittelbare gesetzliche Auflagen sowie administrative Kontrollinstrumente, die den Vollzug von Gesetzen und Verordnungen gewährleisten sollen.

Unter indirekter Verhaltenssteuerung im Umweltschutz ist das Setzen von Rahmenbedingungen in Form von finanziellen oder sonstigen Anreizen zu verstehen, mit denen das umweltpolitische Ziel aufgrund „quasi-freiwilliger“ Entscheidungen der Individuen zustande kommen soll. Indirekte Regulierungsinstrumente sind durch das Fehlen eines einseitigen staatlichen Zwangs und durch das Entstehen von finanziellen oder sonstigen Vorteilen aus umweltfreundlichem Verhalten gekennzeichnet. Zu den indirekt wirkenden Instrumenten zählen kooperative Instrumente wie z. B. Selbstverpflichtungen der Industrie und marktwirtschaftliche (ökonomische) Instrumente wie Abgaben, Zertifikate, Umwelthaftungsregeln sowie öffentliche Finanzhilfen (zinsverbilligte Darlehen, Steuervergünstigungen und direkte Zuschüsse).

Die Rolle öffentlicher Finanzhilfen

Maßgeblich für öffentliche Finanzhilfen sind in der Regel die Anschaffungs- und Herstellungsausgaben für die Umweltschutzinvestitionen. Öffentliche Darlehen weisen günstigere Konditionen auf als Kredite, die am Kapitalmarkt aufgenommen werden (niedrigere Effektivverzinsung). Als Steuervergünstigungen kommen vor allem Sonderabschreibungen für Umweltschutzinvestitionen im Rahmen der Einkommens- und Körperschaftssteuer in Betracht. Investitionszuschüsse sind einmalige finanzielle Zuwendungen in Höhe eines bestimmten Prozentsatzes der förderungsfähigen Aufwendungen.

Umweltökonomisch von zentraler Bedeutung ist die Frage, ob mit einer öffentlichen Finanzhilfe selbstständige ökologische Anreize erzielt werden können. Dabei muss man unterscheiden, ob die Umweltschutzinvestition (z. B. die verbesserte wärmetechnische Beschaffenheit des Gebäudes) einen Einnahmestrom für den Investor mit sich bringt oder nicht.

Wenn die Investitionen mit einem Einnahmestrom verbunden sind – und dies ist im Fall der Investition in den Wärmeschutz bzw. in Energiespartechiken in Form der eingesparten Energiekosten der Fall – liegen günstige Voraussetzungen für die Anreizwirkung eines Zuschusses bzw. anderer Fördermechanismen vor. Durch die Förderung können Vermeidungsinvestitionen lukrativ werden. In Verbindung mit einer Auflage kann der Gesetzgeber auf diese Weise versuchen, private Vermeidungsanstrengungen anzuregen, die über die Vorschriften der Auflage hinausgehen. Ob die öffentliche Finanzhilfe als umweltpolitisches Instrument tatsächlich greift, hängt jedoch von einer ganzen Reihe von Faktoren ab (u.a. Höhe des Zuschusses im Vergleich zur Höhe der Investitionsausgabe, Höhe des Einnahmestroms, Eigen- oder Fremdfinanzierung der Investition) [Cansier 1996].

Gegenwärtiger Instrumenteneinsatz für den Klimaschutz im Gebäudebereich

In der gegenwärtigen Klimaschutzpolitik im Gebäudesektor ist die direkte Verhaltenssteuerung über **ordnungsrechtliche Vorschriften** von wesentlicher Bedeutung:

- Von zentraler Bedeutung sind insbesondere das Energieeinspargesetz (EnEG) und die darauf basierende Energieeinsparverordnung (EnEV), parallel dazu wirken weitere Vorschriften wie das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz.

Flankiert werden die derzeitigen ordnungsrechtlichen Vorschriften im Gebäudesektor durch **öffentliche Finanzhilfen** für noch weitergehende Maßnahmen:

- Öffentliche Finanzhilfen in Form von zinsverbilligten Krediten und Investitionszuschüssen werden für den Neubau und die Bestandssanierung derzeit überwiegend durch die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) zur Verfügung gestellt (darüber hinaus z. B. auch durch das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle BAFA)⁹¹.

Ergänzend kommen im Gebäudesektor auch „**weiche**“ **Instrumente** zum Einsatz, die wie die öffentlichen Finanzhilfen eine indirekte Verhaltenssteuerung bezwecken:

⁹¹ Nach Schätzungen des IWU dürfte das (barwertige) Gesamtvolumen der Förderung im Neubau und Bestand durch die KfW und das Marktanreizprogramm des BAFA (ohne Photovoltaik) 2010 grob gesprochen in einer Größenordnung von 1,5 Mrd. € gelegen haben. Bei der Kreditförderung kann der (fiktive) Barwert der Förderung berechnet werden. Der Barwert der Kreditförderung ist u.a. abhängig von den aktuellen Zinskonditionen der KfW und von Annahmen zum Zinssatz eines marktüblichen Hypothekendarlehens. Die genaue (barwertige) Höhe der Förderung schwankt daher je nach Annahmen.

- Hierzu zählen insbesondere Maßnahmen im Bereich der Information / Markttransparenz / Aus- und Weiterbildung. Diesem Themenfeld ist grundsätzlich eine sehr große Bedeutung beizumessen, nicht zuletzt wird hier eine Grundlage für die oben genannten „harten“ Maßnahmen geschaffen. Gleichzeitig ist nach den bisherigen Erfahrungen und angesichts der bestehenden Herausforderungen (z. B. Verdopplung der Wärmeschutz-Modernisierungsraten) nicht davon auszugehen, dass der Durchbruch im Hinblick auf den Klimaschutz allein durch „weiche“ Maßnahmen erreicht werden kann.

Zusätzlich zu den bereits genannten Instrumenten sind in Deutschland seit 1999 mehrfach Gesetze zur Einführung von **Ökosteuern** („ökologische Steuerreform“) erlassen worden, die auch den Verbrauch fossiler Energieträger im Gebäudesektor betreffen. Dabei spielten auch nicht auf Umwelt und Energieverbrauch bezogene Finanzierungsaspekte (Senkung der Sozialversicherungsbeiträge) eine Rolle:

- Die bereits bestehenden Steuern auf den Verbrauch von fossilen Energieträgern (z.B. Mineralölsteuer, Erdgassteuer) wurden nach ökologischen Kriterien gestaffelt. Zusätzlich wurde als neue Verbrauchsteuer eine Stromsteuer eingeführt. Strom aus regenerativen Energieträgern ist davon befreit, sofern der Strom aus Netzen entnommen wird, die ausschließlich mit solchen Energieträgern gespeist werden.

Angenommener Instrumenteneinsatz zur Erreichung der Zielszenarien

Für die vorliegende Studie wird angenommen, dass der bisher bestehende Instrumenten-Mix weitgehend beibehalten werden kann. Die Intensität der im Gebäudesektor eingesetzten Instrumente muss zur Erreichung der Zielszenarien jedoch deutlich gesteigert werden:

- In der vorliegenden Untersuchung wird davon ausgegangen, dass eine **schrittweise Weiterentwicklung der ordnungsrechtlichen Anforderungen** möglich ist⁹². Dies gilt insbesondere im Neubau vor dem Hintergrund des bis 2020 zu erreichenden Ziels einer klimaneutralen Bauweise (Energiekonzept der Bundesregierung) bzw. des Niedrigstenergiehausstandards (EU-Richtlinie EPBD 2010).
- Gleichzeitig wird angenommen, dass die notwendige Dynamik zur Verbesserung der Energieeffizienz im Gebäudebestand vorrangig durch andere, ökonomisch wirksame Instrumente erreicht werden muss. In Abschnitt 7.2 wird diese Annahme näher begründet. Als Beispiel für ein mögliches Konzept werden die gleichzeitige Einführung einer moderaten **Primärenergieabgabe** und die deutliche **Ausweitung der Energiesparförderung**

⁹² Zu diesem Ergebnis kommt in der aktuellen Situation auch das vom IWU durchgeführte und Ende 2011 abgeschlossene Projekt „Evaluation und Fortentwicklung der EnEV 2009“.

betrachtet. Dabei wird angenommen, dass die Energieabgabe im Durchschnitt über mehrere Jahre betrachtet zur Finanzierung des Förderprogramms dient. Entsprechende Szenarien werden in Kapitel 8 untersucht.

- Deutlich intensiviert werden müssen auch die flankierenden „weichen“ Instrumente: Nur wenn flächendeckend das notwendige Maß an **Information, Qualifikation und Markttransparenz** erreicht wird, können sich insbesondere die ökonomischen Steuerungsinstrumente wirksam entfalten und werden Energiesparvorschriften nicht nur „auf dem Papier“, sondern auch in der Praxis im notwendigen Umfang umgesetzt. Allerdings kann der Versuch einer isolierten Quantifizierung der CO₂-Einspareffekte weicher Maßnahmen als aussichtslos betrachtet werden – wie noch zu sehen sein wird, ist dies auch bei den harten ökonomischen Steuerungsmaßnahmen nur sehr eingeschränkt möglich. Vor diesem Hintergrund werden die weichen Instrumente in der vorliegenden Untersuchung nur im Überblick behandelt (s. Kap. 9).

7.2 Ziele und Instrumente im Wohngebäudebestand bis 2020

Überblick

Für den Gebäudebestand ergeben sich vor dem Hintergrund der technischen Szenarienanalysen die folgenden Ziele, zu deren Erreichung aus gegenwärtiger Sicht (vgl. Trendszenario) eine deutliche Ausweitung des Klimaschutzinstrumentariums notwendig ist:

- Eine Verdopplung der energetischen Modernisierungsrate beim Wärmeschutz muss im Hinblick auf die Klimaschutzziele 2020 kurzfristig, d.h. innerhalb weniger Jahre, erreicht werden (Zielbereich 1,6 %/a – 2,0 %/a, Anhaltswert 1,8 %/a). Im Hinblick auf den langfristigen Klimaschutz bis 2050 ist die Modernisierungstätigkeit beim Wärmeschutz dauerhaft mindestens auf diesem Niveau zu stabilisieren.
- Das mittlere Qualitätsniveau der Wärmeschutzmaßnahmen ist weiter zu verbessern. Dies dient sowohl der Einhaltung der kurzfristigen als auch der langfristigen Klimaschutzziele.
- Die Modernisierungsrate der Wärmeerzeugungssysteme liegt in der Größenordnung von 3 %/a und erscheint damit annähernd hoch genug, um bis 2050 einen kompletten Austausch zu erreichen. Die kurzfristige Herausforderung besteht hier darin, die notwendige Umstellung weg vom heutigen Standardsystem Gas-/Ölkessel hin zu effizienteren Technologien und erneuerbaren Energien auch tatsächlich schnell genug zu realisieren. Hier kommt es darauf an, in den nächsten Jahren Klarheit über die zukünftige Struktur der Wärmeversorgung zu gewinnen und diese schrittweise im Markt abzubilden. Je schneller dies geschieht, desto höher ist der Beitrag der verbesserten Wärmeversorgung zu den Klimaschutzzielen 2020. Etwa ab 2020 müssen alle neuen

Wärmeversorgungssysteme im Einklang mit der zukünftigen Struktur stehen, da sie bis 2050 in der Regel nicht mehr erneuert werden.

Im Gebäudebestand sind die Randbedingungen für die Umsetzung von Energiesparmaßnahmen grundsätzlich schwieriger als im Neubau. Aus Kostengründen ist es in der Regel nicht möglich, Gebäudehülle und Anlagentechnik zu einem beliebigen Zeitpunkt rundum energetisch zu modernisieren. Vielmehr muss bei den meisten Außenbauteilen und bei der Wärmeversorgung der Sanierungszyklus beachtet werden: Erst wenn die Notwendigkeit einer Erneuerung des Bauteils gegeben ist, können auch in diesen Fällen mit vertretbarem Aufwand Energiesparmaßnahmen durchgeführt werden. Dabei ist ein exakter Zeitpunkt für die Erneuerung in der Regel nicht definiert: Der Hauseigentümer wird – sofern nicht ein akuter Defekt zu beheben ist – je nach Gebäude und örtlichen Gegebenheiten sowie nach seiner eigenen Lageeinschätzung einzelne Modernisierungsschritte zeitlich vorziehen oder zurückstellen, die Maßnahmen einzeln oder in Paketen durchführen. Auch die Ausgangsbedingungen für die Qualität der Wärmeschutzmaßnahme und die einsetzbaren Wärmeversorgungssysteme sowie die damit verbundenen Kosten können sehr unterschiedlich sein: Die erreichbare Dämmstoffdicke einer Außenwanddämmung kann z. B. von der Bauweise (einschalige/zweischalige Mauerwerkswand, Fachwerk, Plattenbau), vom Dachüberstand, von der Fenstergröße, von der baulichen Lage (angrenzend an Nachbargrundstück oder Straße) und von weiteren architektonischen Aspekten (z. B. erhaltenswerte Fassade, nicht unbedingt nur Denkmalschutz) abhängig sein. Auch bei der Wärmeversorgung spielen viele äußere Aspekte eine Rolle, z.B. das Vorhandensein von für Solaranlagen nutzbaren Dachflächen, die Möglichkeit, Erdwärmepotentiale über eine Wärmepumpe zu erschließen und die Möglichkeit des Anschlusses an ein Erdgas- oder Fernwärmenetz.

Ordnungsrechtliche Ansätze

Vor diesem Hintergrund erscheinen die Möglichkeiten für ordnungsrechtliche Vorgaben begrenzt. So bieten die aktuellen Regelungen der EnEV für den Gebäudebestand das Bild eines ausgewogenen Portfolios von Energiespar-Vorschriften, das unterschiedlichen Bedingungen für Bestandsmaßnahmen Rechnung trägt und im Laufe der Zeit immer weiter ausdifferenziert wurde. Das bestehende Vorschriftenbündel ist aber durch vielfältige und größtenteils einleuchtende Rücksichtnahmen offensichtlich nicht in der Lage, die Entwicklung zu einer breiten Durchführung der notwendigen Energieeffizienzmaßnahmen im Gebäudebestand anzustoßen.

Die Möglichkeit einer schrittweisen Weiterentwicklung ist dabei zwar grundsätzlich gegeben: Aktuelle Spielräume auf Basis der gegebenen Systematik der EnEV sind in [Enseling et al. 2011] beschrieben und weitergehende gesetzliche Regelungen sind ebenfalls grundsätzlich denkbar. Es ist aber fraglich, ob eine vorrangig auf die Ausdehnung der gesetzlichen Anforderungen setzende Strategie der geeignete Weg wäre, um die notwendige Dynamik zu mehr

und besserem Klimaschutz im Gebäudebestand, insbesondere also die angestrebte Erhöhung der Modernisierungsraten beim Wärmeschutz, wirklich in Gang zu bringen. Denn das grundsätzliche Problem, im Rahmen verbindlicher ordnungsrechtlicher Vorschriften den unterschiedlichen Ausgangssituationen im Gebäudebestand gerecht werden zu müssen, besteht bei allen Ansätzen dieser Art.

Dies gilt beispielsweise auch für Überlegungen, Zielvorgaben auf lange Zeiträume vorzuschreiben (z. B. bis 2050 zu erreichende Energiekennwerte), die der Hauseigentümer dann in Form langfristig angelegter, mit Hilfe eines Energieberaters erstellter und auf das individuelle Gebäude zugeschnittener Sanierungskonzepte umsetzt. Angesichts der Schwierigkeiten bei der Definition von angemessenen Zielwerten und bei der langfristigen Aufrechterhaltung eines solchen Konzepts, stellt sich hier insbesondere die Frage nach der praktischen Durchführbarkeit im Rahmen des Ordnungsrechts (vgl. [Diefenbach et al. 2010b]).

Ökonomisch wirksame Instrumente

Alternativ zum Ordnungsrecht stehen als weitere harte Maßnahmen die ökonomischen Steuerungsmechanismen zur Verfügung:

- Die wirtschaftliche Belohnung der Durchführung von Energiesparmaßnahmen, hier also vor allem Förderprogramme („positive Anreize“).
- Die wirtschaftliche Schlechterstellung eines hohen Energieverbrauchs, z. B. Energiesteuern oder -abgaben („negative Anreize“).

Gegenüber Energiesparvorschriften bestehen bei ökonomischen Instrumenten verschiedene Vorteile:

- Es werden Anreize gesetzt, Energiesparmaßnahmen nicht hinauszuzögern, sondern möglichst frühzeitig durchzuführen, da man auf diese Weise gleichzeitig in den Genuss der Fördermittel und einer Senkung der Energiekosten (inklusive Energiesteuern bzw. -abgaben) kommen kann.
- Die Bedingungen, insbesondere der Energiesparförderung, lassen sich sehr flexibel gestalten, so dass unterschiedliche Zielvorstellungen gleichzeitig verfolgt werden können: So lassen sich durch verschiedene und abgestufte Fördersätze Anreize schaffen,
 - Energiesparmaßnahmen (je nach Fall Einzelmaßnahmen oder Maßnahmenpakete) überhaupt erst durchzuführen,
 - eine möglichst hohe Qualität der Maßnahmen zu erreichen, die den langfristigen Erfordernissen genügt (Dämmstoffstärken vom Niedrigenergie- bis Passivhausstandard auch im Bestand),
 - zukunftsweisende Technologien, insbesondere erneuerbare Energiequellen, bevor-

zugt und in dem erforderlichen Umfang einzusetzen, wobei auch die unterschiedlichen Ausgangsbedingungen (z. B. Stand der Markteinführung, begrenzte Potentiale) durch die Höhe der Fördersätze berücksichtigt werden können.

- wenn möglich Maßnahmenpakete durchzuführen, die zu sinnvollen Gesamtlösungen für das Gebäude führen und diese gegebenenfalls durch Maßnahmen zur Energieberatung und Qualitätssicherung zu flankieren.

- Der Hauseigentümer, der in seiner gegenwärtigen Situation keine oder nur begrenzte Energiesparmaßnahmen durchführen will oder kann, verstößt – anders als bei einer offensiven Ausweitung von Energiespar-Vorschriften – nicht gegen gesetzliche Regeln, sondern ist nur mit der Tatsache konfrontiert, dass er (vorerst) nicht in den Genuss der Fördermittel kommt und gegebenenfalls mit den Energiekosten auch noch eine höhere Energiesteuer/-abgabe zahlt.
- Die bestehenden Energiespar-Vorschriften ließen sich gleichwohl in das „Instrumentenportfolio“ einfügen und – wo es sinnvoll und eventuell auch notwendig ist – weiter ausbauen. Dies könnte beispielsweise dann der Fall sein, wenn notwendige Entwicklungen trotz der gesetzten ökonomischen Anreize nicht in Gang kommen. Grundsätzlich wäre dabei aber immer auch zu prüfen, ob dort, wo besonders kostenintensive und auf mittlere Sicht nicht mehr wirtschaftliche Maßnahmen vorgeschrieben werden, eine flankierende Förderung notwendig und sichergestellt ist und ob bei Nichterfüllung der Weg über einen „negativen ökonomischen Anreiz“, also eine wirtschaftliche Schlechterstellung z. B. durch eine entsprechende Abgabe, statt der Ahndung eines Regelverstoßes, nicht die sanftere und flexiblere Maßnahme wäre.

Als möglicher Ansatz einer Klimaschutzstrategie, die im Gebäudebestand vorrangig auf ökonomische Steuerungsinstrumente setzt, ist ein weiterer Ausbau der Energiespar-Förderung anzusehen. Diese hat bereits jetzt – bundesweit nicht zuletzt durch die KfW-Programme und das Marktanzreizprogramm für erneuerbare Energien – beachtliche Volumina erreicht und damit sicher wesentlich zur breiten Markteinführung zukunftsweisender Technologien und erhöhter Energieeffizienzstandards beigetragen.

Im Rahmen eines Gesamtkonzeptes für den Klimaschutz läge eine wichtige Aufgabe darin, für eine noch deutlich ausgeweitete Energiesparförderung die notwendigen Mittel bereitzustellen und zwar mit einem verlässlichen, langfristig gesicherten Mechanismus, der in der Lage wäre, über viele Jahre den notwendigen energetischen Modernisierungsprozess im Gebäudebestand zu tragen.

Auf der anderen Seite sind auch negative Anreizmechanismen in die Überlegungen einzubeziehen. Neben Steuern oder Abgaben auf den Energieverbrauch kommen grundsätzlich auch weiter ausdifferenzierte Mechanismen in Betracht. Da im vorliegenden Bericht nicht Einzelheiten der praktischen Umsetzung, sondern die prinzipiellen Wirkungen der Steuerungsinstrumente im Mittelpunkt stehen, sind die folgenden Betrachtungen auf den wahrscheinlich am einfachsten zu realisierenden Fall einer erhöhten Abgabe auf den Energie-

verbrauch beschränkt. Als Maßstab wird dabei – entsprechend der Zielgröße des Primärenergiebedarfs im Energiekonzept – der Verbrauch nicht-erneuerbarer Primärenergie verwendet. Beispielsweise entspricht eine Erhöhung des Primärenergiepreises um 1 ct/kWh einer Erhöhung des Erdgas- oder Heizölpreises um 1,1 ct/kWh, da Öl und Gas einen Primärenergiefaktor von 1,1 aufweisen.

Im Rahmen einer Strategie, die im Bestand vorrangig auf ökonomische Steuerungsinstrumente setzt, stellt sich die Frage, wie hoch die Anreizwirkung sein muss, um die gewünschten Effekte (z. B. die Erhöhung der Modernisierungsrate beim Wärmeschutz) zu erreichen. Verbindliche Antworten können dabei nicht gegeben werden: Die quantitative Wirkung veränderter ökonomischer Randbedingungen durch Förderung oder Energiepreisanstieg auf die Investitionsentscheidung der Wohngebäudeeigentümer lässt sich nach heutigem Kenntnisstand nicht prognostizieren. Allerdings kann auf Basis eines schlüssigen Konzepts eine Abschätzung plausibler Größenordnungen vorgenommen werden. Entsprechende Überlegungen sind im folgenden Kapitel 8 dargelegt. Bei der konkreten Umsetzung eines solchen Ansatzes wäre eine regelmäßige Zielkontrolle und Nachjustierung notwendig. Ökonomische Steuerungssysteme sind aber gerade hierfür besonders geeignet.

Im Hinblick auf die Gewichtung der positiven und negativen Anreize liegt es nahe, für einen ersten exemplarischen Konzeptansatz von einem Gleichgewicht auszugehen: Es wird also angenommen, dass die jährlichen Kostenbelastungen durch Energieabgaben in der Summe des Gebäudebestandes und im Mittel über mehrere Jahre etwa der Höhe der jährlich gezahlten Fördermittel entsprechen. Auf diese Weise wird ein möglicher Finanzierungsmechanismus für die Förderprogramme definiert und die unterschiedlichen Funktionen und Wirkungsweisen der Instrumente können zum Tragen kommen:

- Durch Energieabgaben und damit erhöhte Energiepreise wird der Druck zur Durchführung von Energieeffizienzmaßnahmen im gesamten Gebäudebestand vergrößert. Betroffen sind z. B. auch diejenigen Gebäudeeigentümer, die bisher keine Pläne zur energetischen Modernisierung haben und daher eventuell allein über Förderprogramme schlecht erreichbar sind. Gleichzeitig ist der Steuerungseffekt über den gesamten Gebäudebestand verteilt, er ist – vom Einzelgebäude her betrachtet – als relativ schwacher, aber auf längere Sicht stetiger Anreiz für energetische Verbesserungen wirksam.
- Wenn die erhobene Energieabgabe in ein Förderprogramm umgelenkt wird, tritt ein Konzentrationseffekt auf: Die im betrachteten Jahr im gesamten Wohngebäudebestand eingesammelten Mittel werden auf die entscheidenden Fälle fokussiert, in denen aktuell die Durchführung von Maßnahmen möglich ist. Dabei wird ein gegenüber der Energieabgabe nochmals verstärkter Anreiz gesetzt, die Maßnahmen tatsächlich durchzuführen. Weiterhin erlaubt das Förderprogramm anders als eine allgemeine

Energieabgabe die notwendige Ausdifferenzierung der Regelungen im Hinblick auf verschiedene Maßnahmen und Technologien.

Im folgenden Kapitel wird ein denkbare Szenario für das Zusammenspiel von Energieabgabe und Förderprogramm im Wohngebäudesektor beschrieben. Dabei wird auch noch einmal näher auf die unterschiedliche Wirkung von Energieabgabe und Energiesparförderung eingegangen.

8 Szenario 2020 „Ökonomische Steuerungsinstrumente“

In diesem Kapitel soll eine denkbare Entwicklung dargestellt werden, bei der die Ziele des Energiekonzepts bis 2020 – hier insbesondere die Zielszenarien III bzw. IV – durch vorwiegend ökonomische Steuerungsinstrumente (im Neubau zusätzlich auch durch Verschärfungen der EnEV) erreicht werden. Die Auswahl des betrachteten Instrumentenmixes – hier insbesondere ein Förderprogramm, das im Mittel über den Betrachtungszeitraum durch eine Primärenergieabgabe gegenfinanziert werden könnte – ist dabei als exemplarischer Ansatz zu verstehen. Weder kann die tatsächliche Wirkung vorhergesagt werden (so dass bei der praktischen Durchführung Erfolgskontrolle und Nachsteuern erforderlich wären), noch kann die Frage untersucht werden, ob alternative Konzepte, z. B. andere Gewichtungen der positiven und negativen Anreize (Förderung und Abgabe), Vor- oder Nachteile gegenüber dem betrachteten Ansatz mit sich bringen würden. Ziel ist hier in erster Linie die Darstellung einer plausiblen, in sich schlüssigen Entwicklung, mit der eine Vorstellung von der Größenordnung der notwendigen Steuerungsmechanismen (Förderhöhe, Höhe einer Energieabgabe) gewonnen werden kann. Die Auswirkungen auf Haushalte mit niedrigem Einkommen stellen eine weitergehende Fragestellung dar, sie werden in Kap. 11 diskutiert.

8.1 Ansätze im Neubau

Das in Kapitel 3 beschriebene Zielszenario für den Neubau geht davon aus, dass der „klimaneutrale“ Neubau – der nach der hier verwendeten Definition gemäß Energiekonzept in etwa dem KfW-Effizienzhaus 40 (EH 40) entspricht – in drei Stufen umgesetzt wird. In der ersten Stufe erreichen 50 % der Neubauten die Stufe „EnEV -20 %“, 25 % das mittlere Niveau der heutigen KfW-Förderung („KfW-Ist“) und 25 % den Effizienzhaus-40-Standard. In der zweiten Stufe erreichen 50 % der Neubauten das mittlere KfW-Niveau und 50 % den Effizienzhaus-40-Standard. In der letzten Stufe ab 2020 wird der Effizienzhaus-40-Standard allgemein eingeführt⁹³.

Als geeignetes Instrumentarium zur Erreichung dieser Ziele kann die Kombination aus einer schrittweisen Anhebung der Anforderungen im Ordnungsrecht (insbesondere der EnEV) und einer Anpassung der Energiesparförderung (insbesondere im KfW-Programm „Energieeffizient Bauen“) angesehen werden. Dabei liegt es nahe, das jeweils untere Effizienzniveau als Minimalanforderung im Ordnungsrecht zu verankern. Dies entspräche den Anforderungsni-

⁹³ Vergleiche hierzu auch die Darstellung der Niveaus in Abbildung 2 des 2. Zwischenberichts. Im vorliegenden Bericht geht es nur um die ungefähre Größenordnung und nicht um die detaillierte Festlegung der Anforderungsniveaus.

veaus „EnEV -20%“ in der ersten⁹⁴, „KfW Ist“ in der zweiten und „EH 40“ in der letzten Stufe ab 2020. Alternativ und zu entsprechend höheren Kosten kann versucht werden, auch die unteren Niveaus über Fördermaßnahmen zu erreichen. Für die zweite und dritte Stufe wird diese Option als Alternative mit berücksichtigt.

Die Höhe der Fördermittel wird in Anlehnung an die bisherige KfW-Förderung festgelegt, die über zinsverbilligte Kredite (teilweise mit Tilgungszuschuss) erfolgt. Die Kreditförderung kann nur grob überschlägig in eine äquivalente Förderhöhe umgerechnet werden, da die Zinssätze in der Vergangenheit häufiger verändert wurden und die dem Bauherrn zu Gute kommende Zinsverbilligung von den Annahmen zum marktüblichen Vergleichszins abhängen. Nach Abschätzungen des IWU liegen typische Werte für die Förderhöhe im Neubau durchschnittlich bei knapp 5.000 € pro Wohnung, für das EH 40 bei etwa 7.500 € pro Wohnung. In den folgenden Berechnungen werden als Durchschnittswerte 5.000 € für den Fall „KfW Ist“ und 10.000 € für den Fall „EH 40“ angenommen.

Grundsätzlich ist zu beachten, dass es sich hier nur um eine Beispielbetrachtung handeln kann: Es gibt kein Modell, das es erlauben würde, im Vorhinein die Förderhöhe zu errechnen, die notwendig ist, damit ein bestimmter Prozentsatz der Bauherren sich zur Inanspruchnahme der Mittel und damit auch zur Einhaltung des jeweiligen Standards entscheidet. Dass eine hohe Inanspruchnahme der Förderung im Neubau tatsächlich erreicht werden kann, zeigen allerdings aktuelle Zahlen: So wurde im Jahr 2010 grob geschätzt jede zweite Neubauwohnung von der KfW gefördert [Diefenbach et al. 2011]. Die Annahme von umgerechnet 5.000 € für die Stufe „KfW Ist“ erscheint daher als erster Ansatz gerechtfertigt. Der Anteil des 2010 neu eingeführten und sehr weitgehenden EH 40-Standards ist dagegen zur Zeit noch gering. Ob die gegenwärtige Förderhöhe dafür ausreicht, eine deutliche Ausweitung der Inanspruchnahme zu erzielen, kann nicht vorhergesagt werden. Der erhöhte Ansatz von 10.000 € pro Wohnung trägt dieser Unsicherheit Rechnung⁹⁵.

Eine weitere Unsicherheit liegt im Neubauvolumen der kommenden Jahre. In dieser Untersuchung werden laut Kapitel 1.5 in den Jahren 2013 - 2020 (Stufen 1 und 2) 195.000 Woh-

⁹⁴ In [Enseling et al. 2011] wird ein Spielraum für eine EnEV-Verschärfung im Neubau von rund 20 % gesehen.

⁹⁵ Der Ansatz kann mit Berechnungen für Beispielgebäude in [Enseling et al. 2011] verglichen werden: Demnach entstehen für die Reduzierung des Primärenergiebedarfs auf 40 % des Niveaus der EnEV 2009 (EH 40-Standard) Mehrkosten in Höhe von rund 5 - 10 % der Baukosten (Barwert nach Abzug der eingesparten Energiekosten). Bei angenommenen durchschnittlichen Baukosten von 1.300 € pro m² Wohnfläche und einer mittleren Neubau-Wohnfläche von 116 m² pro Wohnung gemäß den Berechnungsansätzen im vorliegenden Bericht entspricht dies Mehrkosten von 7.500 bis 15.000 € pro Wohnung. Die angenommene Förderhöhe von 10.000 €/Wohnung für das EH 40 liegt in diesem Bereich. Ob sie für die angestrebte Inanspruchnahme der Förderung tatsächlich ausreichend ist, kann aber nicht prognostiziert werden.

nungen pro Jahr angesetzt. Dieser Wert wird im vorliegenden Kapitel auf 200.000 Wohnungen pro Jahr aufgerundet. Für die Zeit nach 2020 (Stufe 3) werden 140.000 Wohnungen pro Jahr angesetzt.

Damit ergibt sich die folgende Abschätzung für den Finanzierungsbedarf der Neubauförderung⁹⁶:

- **Stufe 1** (2013 - 2017, 200.000 Wohnungen/a): **0,75 Mrd. €a** für die Förderung von 25 % der Neubauten gemäß dem Standard KfW Ist und 25 % der Neubauten gemäß „EH 40“.
- **Stufe 2** (2018 - 2020, 200.000 Wohnungen/a): **1,0 Mrd. €a** (50 % „EH 40“) bzw. **1,5 Mrd €a** wenn zusätzlich auch das untere Niveau (50 % der Gebäude gemäß Standard KfW Ist) noch gefördert wird.
- **Stufe 3** (nach 2020, 140.000 Wohnungen/a): **Kein Mittelbedarf (0 €a)** wenn das Niveau „EH 40“ vorgeschrieben ist und nicht mehr gefördert wird⁹⁷ bzw. **1,4 Mrd €a** wenn weiterhin eine Förderung in dem angenommenen Umfang erfolgt⁹⁸.

Zusammenfassend lässt sich also der Mittelbedarf für die Neubauförderung im Wohngebäudektor in den kommenden Jahren in der Größenordnung von 0,75 - 1,5 Mrd. € pro Jahr abschätzen. Bei Verzicht auf die Förderung des jeweils untersten Anforderungsniveaus, das dann allein auf dem Verordnungsweg zu erreichen wäre, ergibt sich ein Bedarf von 0,75 - 1,0 Mrd. €/a bis 2020.

8.2 Grundannahmen im Wohngebäudebestand

Ziel der Untersuchungen zum Gebäudebestand ist wie im Neubau die Darstellung einer in sich schlüssigen Entwicklung, die hier über ökonomisch wirksame Maßnahmen – eine Abga-

⁹⁶ Der Wert ergibt sich folgendermaßen: 200.000 Wohnungen/a insgesamt, davon 50 %, d.h. 100.000 Wohnungen/a, gemäß ordnungsrechtlichen Anforderungen ohne Förderung, 25 % auf Niveau KfW Ist (Mittelbedarf: 50.000 Wohnungen/a x 5.000 €/Wohnung = 250 Mio. €/a) die verbleibenden 25 % auf Niveau EH 40 (Mittelbedarf: 50.000 Whg./a x 10.000 €/Whg. = 500 Mio. €/a). Die Berechnungen für die weiteren Stufen erfolgen analog.

⁹⁷ Bei einer Fortentwicklung in Richtung noch besserer Standards jenseits des Effizienzhaus 40 werden gegebenenfalls weiterhin Fördermittel benötigt.

⁹⁸ Aussagen für den Zeitraum nach 2020 sind mit besonderen Unsicherheiten behaftet, diese Periode wird daher in der Instrumentendiskussion nur ansatzweise betrachtet (s. Kap. 8.7). Ohnehin sind die Förderhöhen und -bedingungen auch in früheren Jahren an die sich verändernden Randbedingungen (z. B. Energiepreise, Kostensenkungen durch Markteinführung und Weiterentwicklung innovativer Technologien) und an die Erfahrungen mit dem Förderkonzept (Inanspruchnahme der Förderung durch die Bauherren) anzupassen.

be auf den Energieverbrauch (Basis: Primärenergie, nicht-erneuerbarer Anteil) und ein dadurch finanziertes Förderprogramm – die Umsetzung der Ziele des Energiekonzepts bis 2020 erreicht. Die im vorliegenden Abschnitt und in den Kapiteln 8.3 und 8.4 erläuterten Ansätze werden in den Kapiteln 8.5 und 8.6 auf die in den Zielszenarien III und IV beschriebenen Wärmeschutz- und Wärmeversorgungsmaßnahmen übertragen. Die in Abschnitt 8.1 diskutierte Neubauförderung wird dabei im Zuge eines Gesamtkonzeptes mit berücksichtigt. In Kapitel 8.7 wird ein Ausblick auf die Periode 2021 - 2030 gegeben. In Kapitel 11.3 wird noch näher auf die Auswirkungen einer Energieabgabe für Haushalte mit niedrigem Einkommen eingegangen.

Im Rahmen der Modelluntersuchungen wird die Energiesparförderung über feste Zuschüsse für Einzelmaßnahmen beschrieben. Ein solcher Ansatz kann als wesentliches Element des eingesetzten Instrumentariums angesehen werden: Die energetische Wohngebäudemodernisierung wird in der Praxis meist in Einzelmaßnahmen und nicht als Gesamtmodernisierung von Gebäudehülle und Anlagentechnik durchgeführt (vgl. [Diefenbach et al. 2010a]). Um das ehrgeizige Ziel einer Verdopplung der Wärmeschutz-Modernisierungsrate zu erreichen, ist ein praxisgerechter Ansatz notwendig, der dieser Ausgangssituation durch eine Förderung von Einzelmaßnahmen Rechnung trägt. Gleichzeitig werden bei geringem Maßnahmenumfang Kredite häufig unattraktiv sein, so dass eine Zuschussförderung notwendig ist.

Die Einzelmaßnahmenförderung über Zuschüsse ist allerdings nur eines der Elemente einer ausgewogenen Förderstrategie: Gleichzeitig ist es genauso möglich und sinnvoll, wie in der aktuellen KfW-Förderung, Zuschüsse und Kredite parallel anzubieten und neben Einzelmaßnahmen auch die Förderung umfangreicher Maßnahmenpakete bis hin zum Erreichen von Energiesparstandards für das Gesamtgebäude vorzusehen⁹⁹. Ein Vorteil der Energiesparförderung im Vergleich zur Energieabgabe oder Energiesparverordnung liegt gerade darin, dass unterschiedliche Ansätze parallel angeboten werden können, um verschiedenen Ausgangssituationen gerecht zu werden. So können Hauseigentümer, die ursprünglich nur Teilmodernisierungen geplant hatten, durch die Förderung von Maßnahmenpaketen oder Gesamt-Effizienzstandards dazu angeregt werden, stattdessen eine umfassende Erneuerung anzustreben. Auch solche Fälle können wesentlich zur Erhöhung der Modernisierungsraten im Bestand beitragen. Gleichzeitig verbessern sich im Rahmen solcher Gesamtpakete die Bedingungen für weitere Optimierungen (z. B.: Auswahl eines abgestimmten Maßnahmenbündels mit Hilfe eines Energieberaters, Durchführung einer baubegleitenden Qualitätssicherung).

⁹⁹ Zwischen der Einzelmaßnahmenförderung und der Förderung von Zielstandards für das Gesamtgebäude (wie bei den gestaffelten Ansätzen für „KfW-Effizienzhäuser“ im aktuellen Programm „Energieeffizient Sanieren“) sind auch weitere Zwischenstufen für sinnvolle Maßnahmenpakete denkbar (z.B. gleichzeitige Dämmung der Kellerdecke und der Wärmeverteilungen).

Umfassende und differenzierte Förderkonzepte – wie in der bisherigen Praxis der KfW-Programme und des Marktanzreizprogramms – sind also auch in Zukunft notwendig. Die Einzelheiten einer konzeptionellen Weiterentwicklung sind aber nicht Thema der vorliegenden Studie. Die Beschränkung der folgenden Betrachtungen auf Zuschüsse und Einzelmaßnahmen dient also der vereinfachten Darstellung und Analyse, die hier in erster Linie darauf abzielt, eine Abschätzung für die Größenordnung der notwendigen Höhe von Fördermitteln und Energieabgabe zu liefern. Der auf diese Weise vereinfachte Förderansatz steht demnach stellvertretend für ein in der Praxis zu realisierendes komplexeres Konzept.

Auf eine differenzierte Betrachtung der einzelnen Maßnahmen kann allerdings insbesondere beim Wärmeschutz nicht verzichtet werden, da hier die unterschiedliche Kopplung an den Instandsetzungszyklus zu beachten ist. Im Hinblick auf das Ziel einer Verdopplung der Sanierungsraten liegen sehr unterschiedliche Voraussetzungen vor:

- Die Dämmung von Obergeschossdecken und Kellerdecken ist weitgehend unabhängig vom Sanierungszeitpunkt möglich. Gleichzeitig handelt es sich um Maßnahmen mit vergleichsweise geringem Investitionsaufwand. Für eine Erhöhung der Modernisierungsraten auf die z. B. im Zielszenario III angestrebten 3,0 %/a bei den Altbauten (Baualtersklasse I) mit überschaubaren Fördermitteln (pro Quadratmeter Bauteilfläche gerechnet), bestehen daher prinzipiell gute Voraussetzungen.
- Die Dämmung von (Steil-)Dächern und die Erneuerung der Fenster sind im Allgemeinen zu teuer, um sie unabhängig von ohnehin anstehenden Erneuerungsmaßnahmen allein aus Gründen der Wärmedämmung durchzuführen. Gleichzeitig wird die Chance, gemeinsam mit Erneuerungsmaßnahmen auch eine Dämmung durchzuführen, in der Praxis auch tatsächlich zumeist genutzt (vgl. [Diefenbach et al. 2010a]), und die Modernisierungsraten liegen in der Größenordnung von bis zu etwa 1,5 %/a im Gesamtbestand bzw. 2 %/a im Altbau (s. Trendszenario in Kap. 4.1, Tabelle 9). Die Förderung kann hier also nicht dazu dienen, die Umsetzungsraten wesentlich zu erhöhen, sie verfolgt vielmehr das bei allen Bauteilen gleichermaßen gesteckte Ziel einer Erhöhung der Qualität der Maßnahmen. Gemessen an den vergleichsweise hohen Gesamtinvestitionskosten der Erneuerung von Fenstern und Dächern können die Fördermittel daher relativ gering ausfallen.
- Die Außendämmung der Wand ist in der Regel ebenfalls an Erneuerungsmaßnahmen gekoppelt. Im Fall einer ungekoppelten Ausführung allein aus Gründen der Energieeinsparung ist der Abstand zur Wirtschaftlichkeit aber deutlich geringer als bei Dach und Fenstern, außerdem kommt hier neben größeren Instandhaltungsmaßnahmen (typisch: Putzerneuerung)¹⁰⁰ gegebenenfalls auch ein Anstrich als An-

¹⁰⁰ Die Erneuerung der Fassadenbekleidung (insbesondere also die Putzerneuerung) wird bereits heute zu einem großen Teil für die gleichzeitige Wärmedämmung genutzt (vgl. Datenbasis Gebäude-

lass für die Dämmung in Betracht. Gleichzeitig ist zu beachten, dass die Außenwand aus Sicht der Energieeinsparung das wichtigste Bauteil der Gebäudehülle darstellt, über das etwa die Hälfte der gesamten Transmissionswärmeverluste der Gebäude stattfindet¹⁰¹. Ziel sollte es daher sein, die Modernisierungsraten bei der Außenwanddämmung durch eine attraktive Förderung zu erhöhen (beim Zielszenario III im Altbau von 0,9 %/a auf 1,8 %/a), die dementsprechend im Vergleich höher ausfallen muss als bei anderen Bauteilen¹⁰².

Zur Abschätzung der Höhe der notwendigen Fördermittel werden folgende Modellannahmen zu Grunde gelegt: Es wird vorausgesetzt, dass Maßnahmen, die aus Sicht der betroffenen Gebäudeeigentümer wirtschaftlich sind, durchgeführt werden. Die Wirtschaftlichkeit wird also aus Sicht der Akteure analysiert, dabei werden im Grundsatz drei unterschiedliche Fälle betrachtet:

- „Langfristige Perspektive“: Die Wirtschaftlichkeit ist erreicht, wenn sich die Maßnahme über die erwartete Lebensdauer des Bauteils rechnet. Bei Wärmedämmmaßnahmen sind hier typischerweise 40 Jahre anzusetzen. Es wird davon ausgegangen, dass nur wenige Bauherren eine so lange Perspektive für die wirtschaftliche Amortisation annehmen. Die Betrachtung der Amortisation über die Bauteillebensdauer ist hier vor allem als Vergleichsfall von Interesse, da sie – unabhängig von kurzfristigeren Gewinnerwartungen – den tatsächlichen wirtschaftlichen Nutzen wiedergibt¹⁰³.
- „Mittelfristige Perspektive“: Hier wird ein Bauherr betrachtet, der in seiner Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einen gegenüber der tatsächlichen Lebensdauer verkürzten Zeitraum von 25 Jahren zu Grunde legt. Es handelt sich um einen typischen Ansatz für Investitionsrechnungen bei baulichen Maßnahmen, der hier z. B. auch üblichen Lauf-

bestand). „Verpasste Chancen“, in denen dies nicht geschieht, machen nur etwa ein Viertel der Fälle aus, diese können zum Teil auch bautechnisch begründet sein (z. B. erhaltenswerte Fassaden). Eine alleinige Ausschöpfung dieses Potentials ist also nicht ausreichend, um die gewünschte Erhöhung der Umsetzungsrate zu erreichen.

¹⁰¹ Dies folgt aus überschlägigen Berechnungen mit der IWU-Gebäudetypologie [Diefenbach et al. 2005b] bzw. mit den in Kapitel 1.3 beschriebenen Modellgebäuden.

¹⁰² Diese Ausführungen gelten für die Außendämmung der Wand. Daneben sollte die Förderung auch diejenigen Fälle berücksichtigen, in denen nur eine Innendämmung möglich bzw. eine Kerndämmung sinnvoll ist. Diese Maßnahmen verursachen geringere Investitionskosten und sind im Hinblick auf die möglichen Dämmstoffdicken eingeschränkt, so dass hier auch die Förderung geringer ausfallen kann.

¹⁰³ Dabei handelt es sich immer noch um den wirtschaftlichen Nutzen aus Eigentümersicht, für eine Gesamtbetrachtung müssten zusätzlich die positiven externen Effekte der Verminderung von Treibhausgasen berücksichtigt werden.

zeiten von Krediten entspricht¹⁰⁴. Bei Maßnahmen, die in dieser mittelfristigen Perspektive wirtschaftlich sind, wird angenommen, dass der Umfang der Umsetzung in etwa den heute zu beobachtenden Trends entspricht, dass aber eine erhebliche Steigerung der Modernisierungsraten, wie sie in den Zielszenarien bei Außenwand, Obergeschossdecke und Kellerdecke angenommen wurden, noch nicht erreichbar sein wird.

- „Kurzfristige Perspektive“: Hier wird die Sichtweise eines kurzfristig denkenden Bauherrn eingenommen, der eine wirtschaftliche Amortisation der durchgeführten Maßnahmen innerhalb von nur 15 Jahren erwartet. Es wird die Modellannahme getroffen, dass eine deutliche Steigerung der Modernisierungsraten durch ökonomische Anreize nur möglich ist, wenn auch in diesem Fall die Wirtschaftlichkeit erreicht wird.

Bei der Wirtschaftlichkeitsanalyse werden generell reale Kosten und Preise inklusive Mehrwertsteuer angesetzt, der betrachtete Realzinssatz beträgt 3,0 %. Im Fall der Wärmeschutzmaßnahmen erfolgt die Umrechnung der verminderten Wärmeverluste in die eingesparte Endenergie unter Annahme einer modernen Gas-/Ölkesselheizung mit einem Jahresnutzungsgrad von 95 %. Der Ausgangspreis des Brennstoffs wird mit 7,5 ct pro Kilowattstunde angesetzt (bezogen auf den Heizwert)¹⁰⁵.

¹⁰⁴ Auch bei einer Verkürzung des Betrachtungszeitraums kann die eigentlich erwartete längere Lebensdauer der Maßnahme durch eine Berücksichtigung von Restwerten abgebildet werden. Die Wirtschaftlichkeitsanalyse würde damit quasi wieder in die langfristige Perspektive übergehen. Auf die Restwertbetrachtung wird hier aber bewusst verzichtet, da nicht die tatsächliche Wirtschaftlichkeit der Energiesparinvestitionen, sondern die Sichtweise eines Investors mit kurzfristigeren Gewinnerwartungen wiedergegeben wird.

¹⁰⁵ Umgerechnet auf die durch Wärmeschutzmaßnahmen eingesparte Kilowattstunde Heizwärme ergibt sich eine Energiekosteneinsparung von 7,9 ct/kWh. Der Ansatz lässt sich grundsätzlich auch für andere Wärmeversorgungssysteme umrechnen: Im Fall einer Wärmepumpe mit einer Jahresarbeitszahl von 3,0 ergeben sich beispielsweise für die Wirtschaftlichkeitsanalyse der Dämmmaßnahmen die gleichen Energiekosteneinsparungen, wenn der Strompreis 23,5 ct/kWh beträgt. Dies entspricht dem Niveau heutiger Haushaltsstrompreise. Sondertarife für Wärmepumpen sind günstiger, allerdings ist schwer absehbar, wie sich diese Kosten angesichts einer sich ändernden Stromversorgungsstruktur in Zukunft entwickeln. Darüber hinaus ist zu beachten, dass bei wärmegeprägten Gebäuden eine Leistungsminderung des Wärmeerzeugers und damit eine Einsparung der Investitionskosten für neue Anlagen möglich ist. Dieser hier nicht berücksichtigte Effekt erhöht zusätzlich die Wirtschaftlichkeit von Wärmeschutzmaßnahmen, er ist bei Wärmepumpen deutlich größer als bei Heizkesseln. Bei der Nah- und Fernwärmeversorgung liegen die Wärmepreise vermutlich in der Regel deutlich über dem Vergleichspreis von 7,9 ct/kWh, so dass die Energiekosteneinsparungen der Dämmmaßnahmen höher ausfallen als beim Heizkessel.

Beim Erdgas wird der Energiepreis häufig nicht auf den Heizwert, sondern auf den Brennwert bezogen. Der Ausgangspreis von 7,5 ct/kWh ergibt sich dann umgerechnet zu ca. 6,8 ct/kWh.

Die reale Energiepreissteigerung wird mit 1 %/a angenommen. Dieser im Vergleich zur Entwicklung der letzten Jahre niedrige Wert dient nicht einer realistischen Prognose des tatsächlich zu erwartenden Preisanstiegs, sondern soll die Perspektive eines eher kurzfristig denkenden Investors wiedergeben, der bei seinen Investitionsentscheidungen nur geringe zukünftige Preissteigerungen in Erwägung zieht¹⁰⁶. Als mittlere Energiepreise über den Betrachtungszeitraum ergeben sich unter diesen Annahmen aus heutiger Sicht Werte von 8,1 ct/kWh (15 Jahre), 8,4 ct/kWh (25 Jahre) und 8,9 ct/kWh (40 Jahre).

8.3 Wirtschaftlichkeitsanalysen für Wärmeschutz-Modernisierungsmaßnahmen

Im Folgenden sind Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen für die Außendämmung der Wand dargestellt. Die Abbildungen zeigen den Barwert der Dämmung einer Altbau-Außenwand (Wärmedurchgangskoeffizient im Ausgangszustand: $U = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$) in Abhängigkeit von dem U-Wert, der nach der Modernisierung durch verschiedene Dämmstoffdicken erreicht wird. Der barwertige Gewinn errechnet sich aus dem Barwert der über den Betrachtungszeitraum eingesparten Energiekosten minus den „energiebedingten“ Mehrkosten. Diese der Energiesparmaßnahme zuzurechnenden Mehrkosten ergeben sich aus den Gesamtinvestitionskosten der Dämmung (z. B. ca. 125 €/m^2 für das Erreichen des U-Wertes von $0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$) abzüglich den Kosten einer ohnehin notwendigen Instandhaltung (rund 70 €/m^2 im Fall einer Putzerneuerung). Neben dem Verlauf der Kostenkurve ist auch der Grenzwert der EnEV 2009 eingezeichnet ($U = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$). In dem Fall, dass die Dämmung durchgeführt wird, sind also in der Regel nur U-Werte links von der gestrichelten Linie zulässig¹⁰⁷. Die Darstellung erfolgt für die drei verschiedenen Perspektiven der Wirtschaftlichkeitsrechnung und für zwei unterschiedliche Modernisierungsanlässe: Im ersten Fall, bei der Kopplung an eine ohnehin notwendige Putzerneuerung (Abbildung 23), ergeben sich fast im gesamten U-Wert-Bereich positive Barwerte, d. h. diese Maßnahme ist in jedem Fall wirtschaftlich durchführbar.

¹⁰⁶ Unter der Annahme einer Inflationsrate von 2 %/a entsprächen die dargestellten Ansätze einer nominalen Energiepreissteigerung von rund 3 %/a und einem Nominalzinssatz von etwa 5 %/a.

¹⁰⁷ Wenn allerdings der Nachweis nicht für Einzelbauteile, sondern für das Gesamtgebäude erfolgt – z. B. bei einer umfassenden Gebäudemodernisierung –, können auch höhere U-Werte zulässig sein.

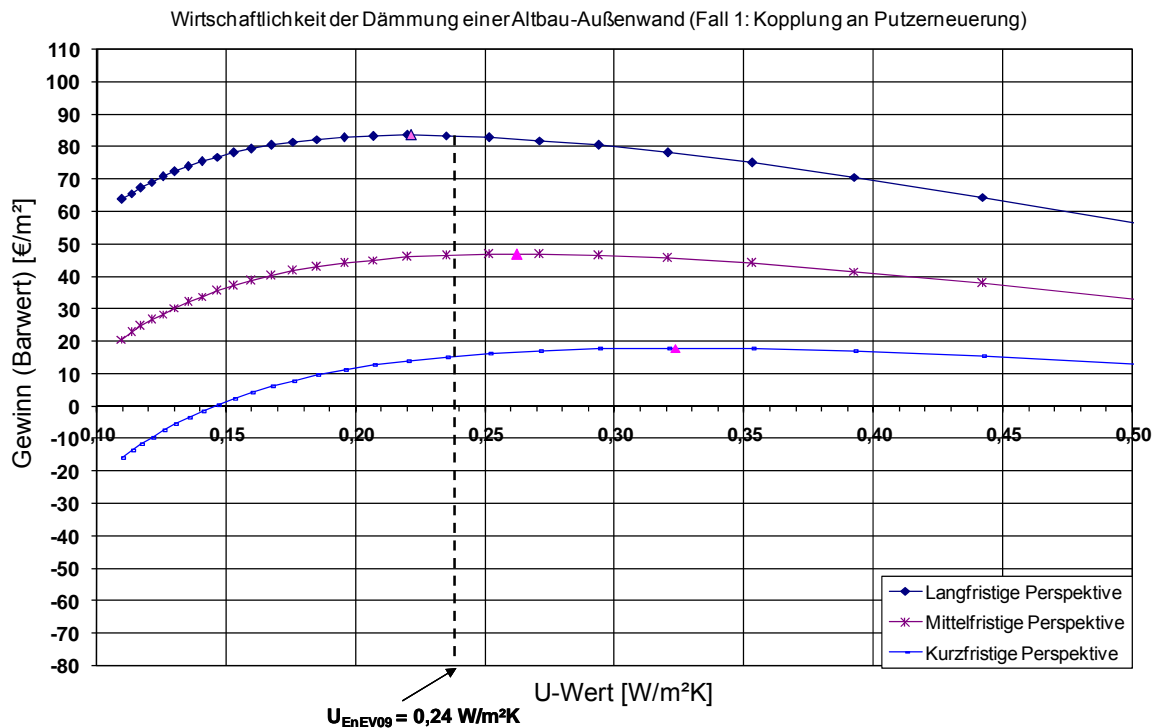


Abbildung 23: Wirtschaftlichkeit der Dämmung einer Altbau-Außenwand ($U_0 = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$) für die langfristige, mittelfristige und kurzfristige Perspektive. Fall 1: Kopplung an Putzerneuerung

Im zweiten Fall (Abbildung 24) wurden dagegen deutlich niedrigere Ohnehin-Kosten von nur noch 25 €/m^2 , also etwa einem Drittel des ursprünglichen Wertes, angesetzt. Dies kann als ein exemplarischer Ansatz für eine Maßnahme verstanden werden, die viele Jahre vor dem Zeitpunkt durchgeführt wird, an dem die Putzerneuerung eigentlich fällig wäre („vorgezogene Modernisierung“). Außerdem entsprechen die 25 €/m^2 ungefähr den Kosten eines Anstrichs der Außenwand, so dass dieser Fall auch der direkten Kopplung an einen ohnehin geplanten Anstrich entspricht.

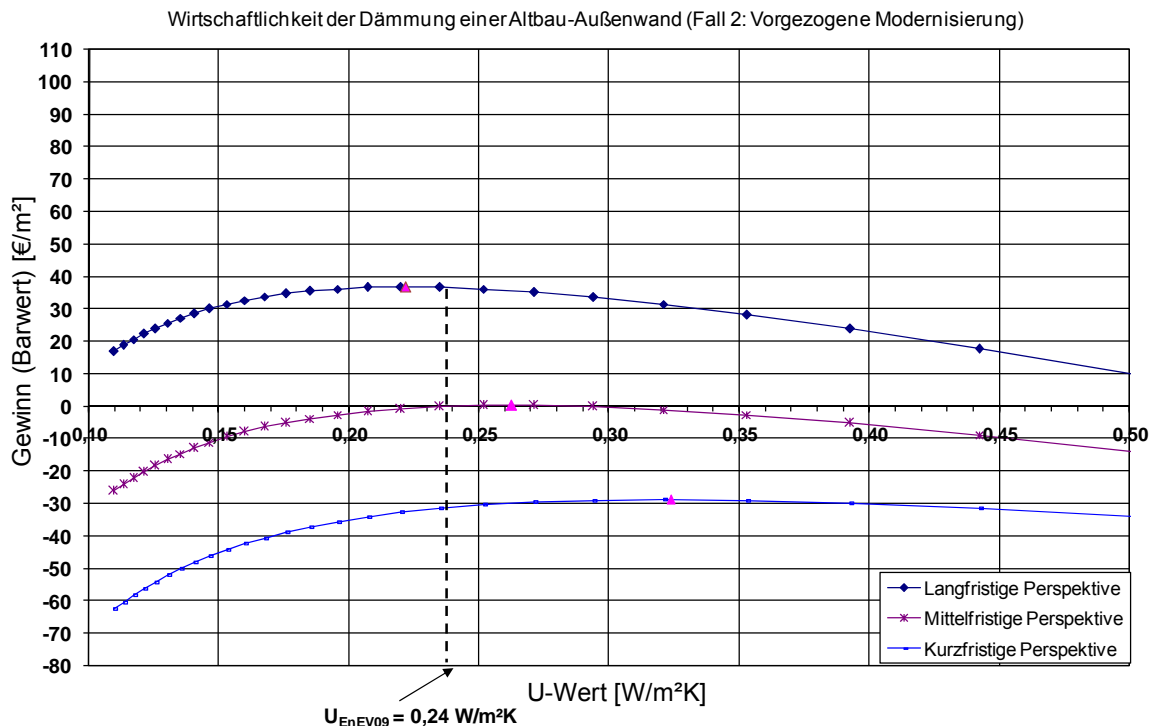


Abbildung 24: Wirtschaftlichkeit der Dämmung einer Altbau-Außenwand ($U = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$) für die langfristige, mittelfristige und kurzfristige Perspektive. Fall 2: Vorgezogene Modernisierung (bzw. Kopplung an Anstrich der Wand)

Es zeigt sich hier, dass sich diese Maßnahme bei mittelfristigem Betrachtungshorizont gerade noch wirtschaftlich darstellt, für den kurzfristig denkenden Investor aber aufgrund negativer Barwerte nicht mehr attraktiv erscheint.

Gerade der Fall einer vorgezogenen bzw. an den Anstrich gekoppelten Wärmedämmung bei kurzfristiger Akteursperspektive ist aber nach dem hier gewählten Modellansatz (s. Kap. 8.2) für die Erhöhung der Modernisierungsrate wesentlich¹⁰⁸.

Abbildung 25 zeigt für diese Situation die Wirkung einer Energiepreiserhöhung (z. B. durch eine Energieabgabe).

¹⁰⁸ Gemäß der Datenbasis Gebäudebestand ergibt sich ein theoretisches (in der Praxis sicherlich nicht voll ausschöpfbares) Potential für die Umsetzungsrate der Außenwanddämmung von ungefähr 3 %/a im Altbau, wenn neben den ohnehin stattfindenden Wärmeschutzmaßnahmen und der Putzerneuerung auch jeder Anstrich für die Ankopplung einer Dämmung genutzt würde [Diefenbach et al. 2010a].

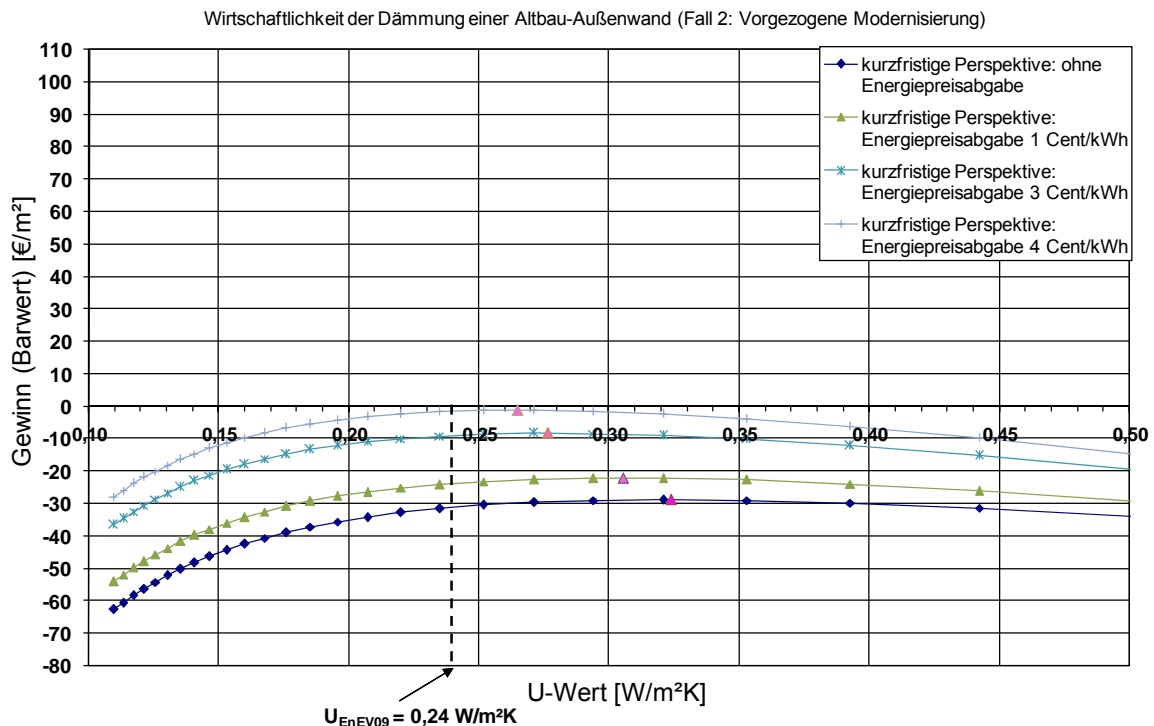


Abbildung 25: Wirtschaftlichkeit der Dämmung einer Altbau-Außenwand ($U = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$): Kurzfristige Akteursperspektive, Fall 2: Vorgezogene Modernisierung, Einfluss einer Erhöhung des Energiepreises bzw. einer Energieabgabe (angegeben in Cent pro kWh Heizwert)

Es ist zu erkennen, dass Energiepreiserhöhungen – ob durch eine Energieabgabe oder äußere Entwicklungen herbeigeführt – eine merkliche Auswirkung auf die ökonomische Bewertung der Energiesparmaßnahmen haben. Die Wirtschaftlichkeit der vorgezogenen Modernisierung bei kurzzeitigem Betrachtungshorizont wird allerdings erst bei einer deutlichen Energiepreiserhöhung von 4 ct/kWh gerade erreicht. Wenn die Absicht bestünde, die ökonomische Anreizwirkung für Energiesparmaßnahmen allein über Energiesteuern oder -abgaben zu erreichen, wären also ganz erhebliche Preiserhöhungen notwendig. Gleichzeitig macht die Abbildung zumindest plausibel, warum die erwünschten Modernisierungsraten bei der Außenwanddämmung trotz der gestiegenen Energiepreise der letzten Jahre noch nicht erreicht wurden.

Auffällig ist auch der flache Verlauf der Kurven, der für Wärmedämmmaßnahmen typisch ist: Die Kostenunterschiede sind über weite Bereiche des erreichten U-Werts marginal. Das als rötliches Dreieck eingezeichnete ökonomische Optimum verschiebt sich zwar bei steigendem Energiepreis nach links, d. h. hin zu niedrigeren U-Werten bzw. höheren Dämmstoffdicken. Ein Anreiz, besonders niedrige U-Werte unterhalb des Grenzwerts der EnEV 2009 einzuhalten, besteht aber nicht.

Abbildung 26 zeigt demgegenüber die Wirkung eines zielgerichteten Einsatzes von Fördermitteln. Angenommen wurde ein prozentualer Zuschuss zu den Investitionskosten ab Erreichen eines U-Wertes von $0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$. Bei einem Zuschuss von 30 % ist die Wirtschaftlichkeit der Dämmung auch bei vorgezogener Modernisierung gegeben (der Barwert liegt über Null). Außerdem liegt nun auch das Kostenoptimum bei dem geförderten maximalen U-Wert von $0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$.

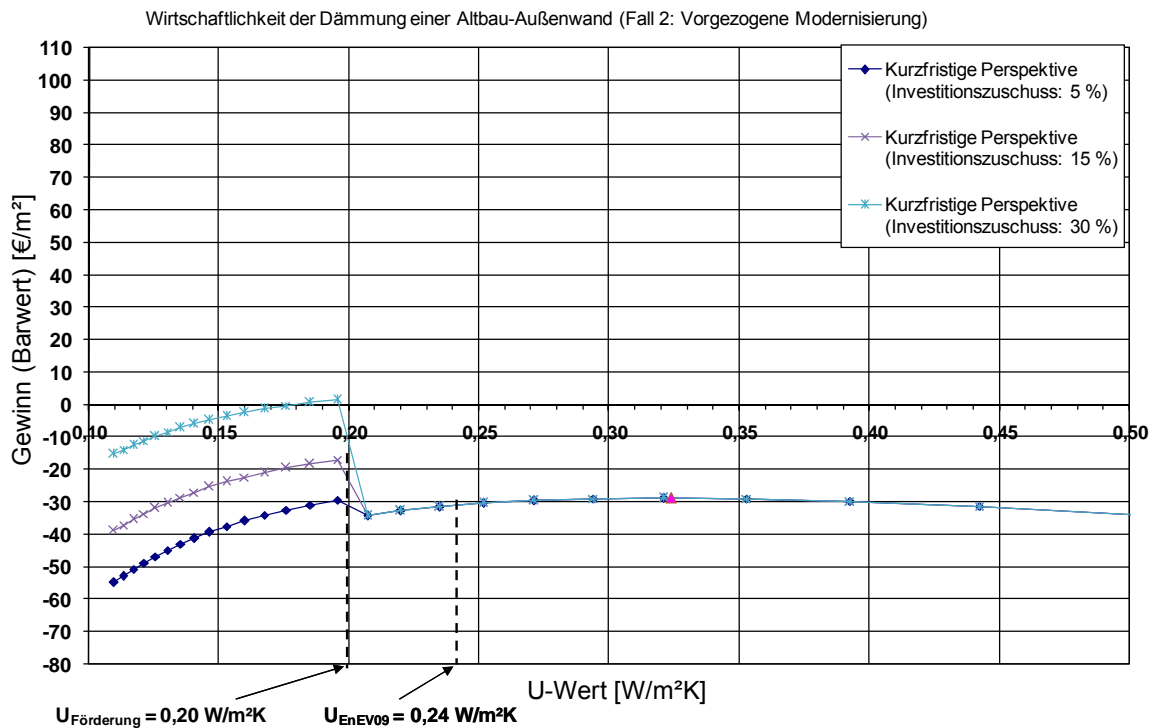


Abbildung 26: Wirtschaftlichkeit der Dämmung einer Altbau-Außenwand ($U = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$): Kurzfristige Akteursperspektive, Fall 2: Vorgezogene Modernisierung, Einfluss einer prozentualen Zuschussförderung ab $U = 0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$

Abbildung 27 zeigt das Zusammenwirken positiver und negativer ökonomischer Anreize, d. h. einer Energieabgabe und einer Energiesparförderung. Die Höhe der Energieabgabe wurde im Vorgriff auf die Ansätze in Kapitel 8.6 (Zielszenario IV) zu $1,2 \text{ ct/kWh}$ festgelegt (umgerechnet auf den Heizwert¹⁰⁹). Im Fall der Förderung wurde ein fester Zuschuss pro Quadratmeter Bauteilfläche angenommen, der bei $U = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ mit 30 €/m^2 einsetzt, mit abnehmendem U-Wert linear bis auf 40 €/m^2 bei $U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ ansteigt und dann konstant bleibt. Auch hier wird die wirtschaftliche Durchführung einer Dämmung mit $U = 0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$

¹⁰⁹ Die Höhe der auf den Primärenergieinhalt erhobenen Abgabe beträgt in diesem Fall also ca. 1,1 Cent pro Kilowattstunde.

ermöglicht, im Vergleich zur prozentualen Förderung in Abbildung 26 wird außerdem die Wirtschaftlichkeit noch weitergehender Dämmmaßnahmen verbessert, so dass diese bis etwa $U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ ebenfalls attraktiv sind.

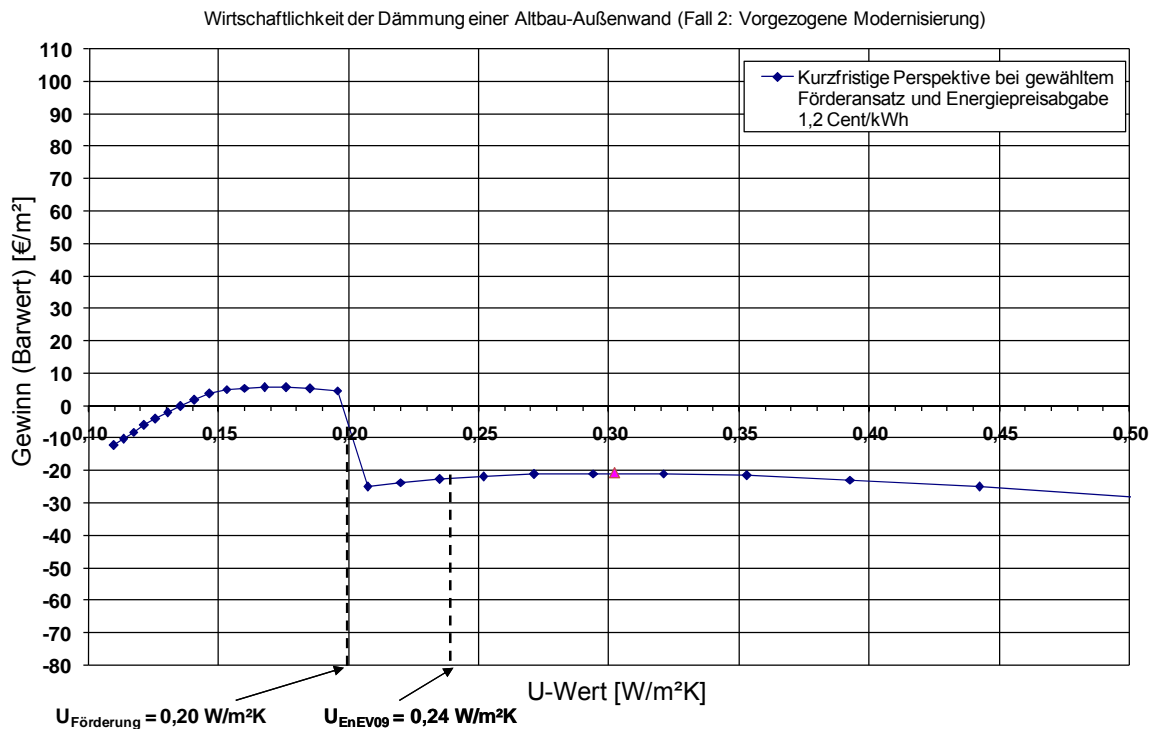


Abbildung 27: Wirtschaftlichkeit der Dämmung einer Altbau-Außenwand ($U = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$): Kurzfristige Akteursperspektive bei Erhöhung des Energiepreises um 1,2 Cent/kWh und gewähltem Förderansatz 30-40 €/m² ab $U = 0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$, Fall 2: Vorgezogene Modernisierung

Die bisherigen Betrachtungen haben sich auf den Fall einer Außenwand mit einem U-Wert von $1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ konzentriert, die für Altbauten typisch ist, deren Baujahr bis 1978, also vor der ersten Wärmeschutzverordnung liegt¹¹⁰. Abbildung 28 berücksichtigt demgegenüber mit einem Ausgangs-U-Wert von $0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ eine typische Außenwand der zweiten Baualterklasse (1978 - 1994). Dargestellt ist auch hier die kurzfristige Akteursperspektive. Im Gegensatz zu den vorherigen Abbildungen wird nun neben dem Fall der vorgezogenen Modernisierung auch wiederum die Kopplung an die Putzerneuerung berücksichtigt.

¹¹⁰ In den Szenarienrechnungen wird hier für ungedämmte Wände $1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ angesetzt, der etwas niedrigere Wert von $1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ liegt damit aus Perspektive der Wirtschaftlichkeitsberechnungen auf der sicheren Seite.

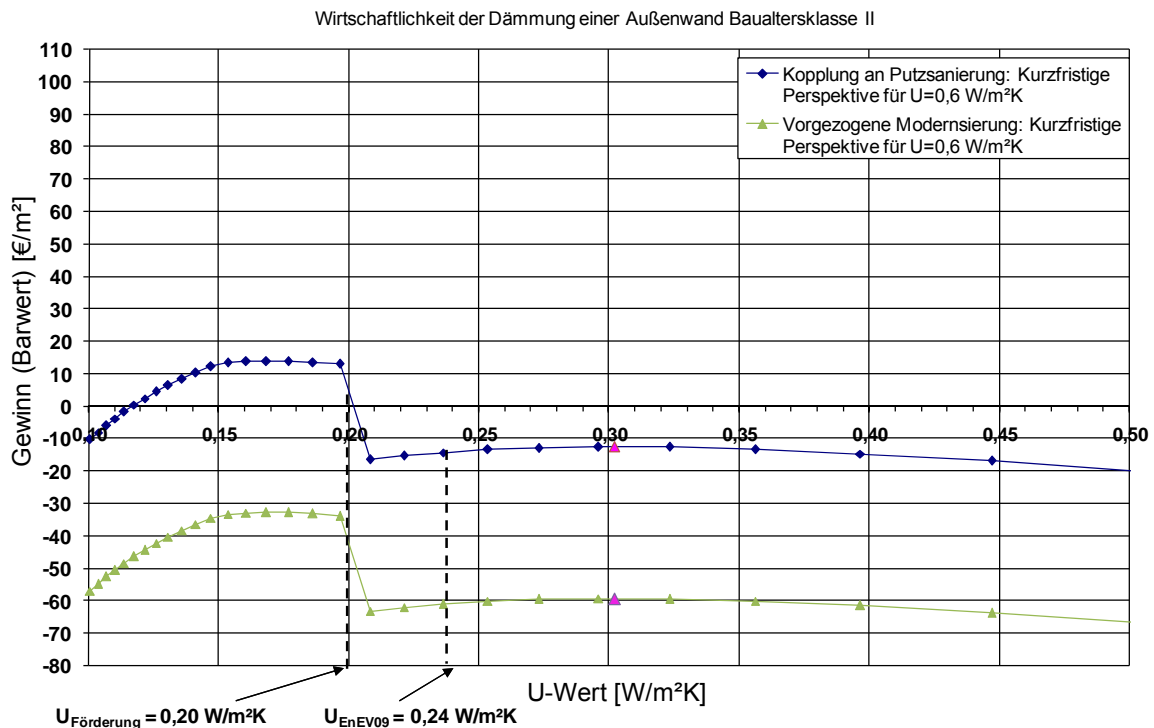


Abbildung 28: Wirtschaftlichkeit der Dämmung einer Außenwand der Baualtersklasse II ($U = 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$): Kurzfristige Akteursperspektive bei Erhöhung des Energiepreises um 1,2 Cent/kWh und gewähltem Förderansatz 30-40 €/m², Fall 1: Kopplung an Putzerneuerung und Fall 2: Vorgezogene Modernisierung

Die Kurvenverläufe zeigen die Wirkung des Konzepts aus Energieabgabe und gleichzeitiger Förderung: Ein Anreiz, im Fall der Durchführung der Maßnahme eine gute Dämmung mit U-Werten zwischen 0,15 und 0,20 W/m²K anzustreben, ist in beiden Fällen gegeben. Die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme insgesamt (d. h. ein positiver Barwert) wird aber nur im Fall der Kopplung an die Putzerneuerung erreicht. Ohne die ökonomische Anreizwirkung von Energieabgabe und Fördermitteln wäre auch diese Maßnahme aus kurzfristiger Perspektive noch nicht wirtschaftlich.

Vor diesem Hintergrund ist es plausibel, in Szenarienrechnungen davon auszugehen, dass die heutigen Umsetzungsraten der Außenwanddämmung in der Baualtersklasse I, die in der Größenordnung von 0,9 %/a liegen, mittelfristig auch in der Baualtersklasse II erreicht werden können – insbesondere bei entsprechenden ökonomischen Anreizen. Für eine weitere deutliche Erhöhung der Umsetzungsraten durch vorgezogene Modernisierungen, wie sie in

der Baualtersklasse I angestrebt sind, stellen sich die ökonomischen Voraussetzungen dagegen wesentlich ungünstiger dar¹¹¹.

Entsprechende Untersuchungen wie für die Außenwand wurden auch für die weiteren Bauteile der Gebäudehülle durchgeführt. Dabei wurde ebenfalls eine Energieabgabe von 1,2 ct/kWh (umgerechnet auf den Heizwert) zu Grunde gelegt. Die Fördersätze, die im Rahmen der Untersuchung der Zielszenarien III und IV in den folgenden Kapiteln angenommen wurden, orientieren sich an diesen Ergebnissen. Tabelle 33 zeigt die Ansätze sowie die jeweilige Intention der Förderung im Überblick. Die Förderhöhe ist in Euro pro Quadratmeter Bauteilfläche angegeben, zusätzlich werden prozentuale Anhaltswerte für den Anteil der Förderung an den Gesamtinvestitionskosten der Modernisierungsmaßnahme genannt.

| | Förderung für Wärmeschutz | | | | Ziel der Förderung |
|----------------------|---------------------------|------------------|-------------------------|------------|---|
| | Niveau II | Niveau III | Niveau II | Niveau III | |
| | €/m ² | €/m ² | bezogen auf Investition | | |
| Wand* (Außendämmung) | 30 | 40 | 25% | 30% | Erhöhung der Modernisierungsrate: Wirtschaftlichkeit einer vorgezogenen Modernisierung auch für kurzfristig denkende Gebäudeeigentümer im Altbau. In der Baualtersklasse II: Kopplung an Putzermuerung auch bei kurzfristiger, bzw. vorgezogene Modernisierung bei mittelfristiger Perspektive wirtschaftlich. Erhöhung der Maßnahmenqualität: Anreiz zur Erreichung eines Wärmedämmstandards zwischen Niveau II und III |
| Dach | 15 | 25 | 7% | 11% | Erhöhung der Modernisierungsrate: Angesichts hoher Investitionskosten nur geringer Anreiz möglich. Umsetzungsrate im Altbau sind bereits relativ hoch. Erhöhung der Maßnahmenqualität: Anreiz zur Erreichung eines Wärmedämmstandards zwischen Niveau II und III |
| OGD (begehbar) | 15 | 25 | 30% | 37% | Erhöhung der Modernisierungsrate: Wirtschaftlichkeit der Durchführung unabhängig von Instandhaltung auch für kurzfristig denkende Gebäudeeigentümer Erhöhung der Maßnahmenqualität: Anreiz zur Erreichung eines Wärmedämmstandards zwischen Niveau II und III |
| OGD (n. begehbar) | 5 | 10 | 34% | 39% | Erhöhung der Modernisierungsrate: Wirtschaftlichkeit der Durchführung unabhängig von Instandhaltung auch für kurzfristig denkende Gebäudeeigentümer Erhöhung der Maßnahmenqualität: Anreiz zur Erreichung eines Wärmedämmstandards zwischen Niveau II und III |
| Kellerdecke | 15 | 20 | 37% | 40% | Erhöhung der Modernisierungsrate: Wirtschaftlichkeit der Durchführung unabhängig von Instandhaltung auch für kurzfristig denkende Gebäudeeigentümer Erhöhung der Maßnahmenqualität: Anreiz zur Erreichung eines Wärmedämmstandards zwischen Niveau II und III |
| Fenster | 10 | 35 | 3% | 9% | Erhöhung der Modernisierungsrate: Angesichts hoher Investitionskosten nur geringer Anreiz möglich. Umsetzungsrate im Altbau sind bereits relativ hoch. Erhöhung der Maßnahmenqualität: Anreiz zur Erreichung eines Wärmedämmstandards zwischen Niveau II und III** |

* bei Wänden mit Innen- oder Kerndämmung (Niveau I): 15 €/m² als Mittelwert angesetzt.

** bei Fenstern: Niveau II je zur Hälfte 2-Scheiben-(ohne Förderung) und 3-Scheibenverglasung, Niveau III 3-Scheibenverglasung, dabei zur Hälfte Passivhausfenster

Tabelle 33: Überblick über die für die Szenarienuntersuchungen gewählten Fördersätze abhängig vom Wärmeschutzniveau. Angaben in Euro pro Quadratmeter Bauteilfläche bzw. in Prozent bezogen auf typische Gesamtinvestitionskosten der Modernisierungsmaßnahme

In allen Fällen werden Anreize gesetzt, einen Wärmeschutzstandard einzuhalten, der mindestens das Wärmeschutzniveau 1 erreicht, aber gleichzeitig das Niveau 2 ebenfalls attraktiv

¹¹¹ Diese Aussage korrespondiert mit den Ansätzen der Zielszenarien I, III und IV (s. Kap. 5): So wurde im Zielszenario III für den Altbau (Baualtersklasse I) eine Erhöhung der Modernisierungsrate bei der Außenwanddämmung von 0,9 %/a im Trendszenario auf 1,8 %/a angesetzt. In der Altersklasse II wurden dagegen nur ein Anstieg von 0,3 %/a auf 0,8 %/a angesetzt. Im Zielszenario II wurden dagegen noch deutlich höhere Modernisierungsraten angenommen, für deren Erreichung gegebenenfalls noch weitergehende ökonomische Anreize notwendig wären.

macht¹¹². Zusätzliche Anreize zur Erhöhung der Modernisierungsrate werden vor allem bei der Außenwand, bei der Obergeschosdecke und der Kellerdecke gesetzt, die entsprechenden Fördersätze decken einen relativ hohen Anteil an den Gesamtinvestitionskosten ab. Insbesondere bei Maßnahmen mit geringen Investitionskosten (Obergeschosdecke, Kellerdecke) kann dies bereits mit relativ geringen absoluten Förderbeträgen (in €/m² gerechnet) erreicht werden.

Die dargestellten Untersuchungen zum Wärmeschutz zeigen, dass eine differenzierte Behandlung der unterschiedlichen Bauteile im Sinne eines zielgerichteten Fördermitteleinsatzes sinnvoll ist. Dennoch handelt es sich hier nur um Beispielbetrachtungen, denn für die konkrete Ausgestaltung einer gegenüber den heutigen Programmen noch einmal stark ausgeweiteten Energiesparförderung sind weitere Überlegungen notwendig, bei denen nicht nur die hier stellvertretend betrachtete Einzelmaßnahmenförderung, sondern auch Maßnahmenpakete bis hin zu Effizienzhäusern berücksichtigt werden müssen.

8.4 Ansätze für die Wärmeversorgung

Entsprechend differenzierte Betrachtungen wären auch im Bereich der Wärmeversorgung notwendig. Eine Festlegung von Fördersätzen stößt hier auf die besondere Schwierigkeit, dass der Beitrag der verschiedenen Systeme zu einer zukünftigen klimagerechten Wärmeversorgung noch offen ist. In Kapitel 6 wurde diese Frage ausführlich behandelt.

Als Vergleichsmaßstab verschiedener Wärmeversorgungsanlagen, z. B. zur Bewertung im Rahmen eines Förderprogramms, bietet sich zwar die Gesamteffizienz der jeweiligen Anlage an, die z. B. über primärenergetisch bewertete Aufwandszahlen (eingesetzte Primärenergie dividiert durch die gelieferte Wärmemenge) beschrieben werden kann¹¹³. Allerdings erscheint es kaum möglich, alle Aspekte zur Bewertung einer nachhaltigen Wärmeversorgung in einer einzigen Kenngröße zusammenzufassen: So ist bei Biomasse-Heizsystemen, die

¹¹² Die in den Szenarienanalysen angenommenen Wärmeschutzniveaus sind in Kap. 4.1 dargestellt. Zur Anpassung der Kostenberechnungen an die Ansätze des Szenarienmodells wurde angenommen, dass die Förderung jeweils bereits bei Niveau 2 einsetzt (z. B. im Fall der Außendämmung der Außenwand bereits bei $U = 0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$ und nicht erst wie in den vorangegangenen Beispielbetrachtungen bei $0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$). Dieser Ansatz dient der Vereinfachung der Berechnung vor dem Hintergrund, dass das Ziel der Analysen in einer ersten groben Einschätzung der notwendigen Fördermittel besteht. Im Fall der Außenwand ist zu beachten, dass bei Gebäuden, in denen eine Außendämmung nicht möglich ist, eine Innendämmung oder Kerndämmung (im Fall von zweischaligem Mauerwerk) sinnvoll sein kann. Auch hier wäre situationsabhängig eine differenzierte Förderung denkbar, vereinfachend wurden Fördermittel von 15 €/m^2 für das Wärmeschutz-Niveau I angenommen.

¹¹³ Solche primärenergetischen Aufwandszahlen können für verschiedene Systemgrenzen, z. B. mit oder ohne Berücksichtigung der Verteilungsverluste im Gebäude, definiert werden (vgl. [Diefenbach et al. 2005a]).

generell eine sehr hohe Primärenergieeffizienz aufweisen, das zusätzliche Problem der begrenzten Verfügbarkeit von Biomasse zu beachten. Bei elektrischen Wärmepumpen stellt sich andererseits das Problem, dass deren primärenergetische Bewertung von der zukünftigen Entwicklung der Effizienz und des Anteils erneuerbarer Energien im Stromsektor abhängt. Bei entsprechendem Fortschritt in der Stromerzeugung wird also auch die Primärenergieeffizienz bereits bestehender Wärmepumpensysteme zunehmen. Gleichzeitig stellt sich die Frage, welche Rolle z. B. Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen in einer zukünftigen durch regenerative Energien dominierten Stromwirtschaft spielen können, wobei gleichzeitig die Möglichkeit besteht, eine teilweise Entkopplung zwischen Strom- und Wärmesektor herzustellen, wenn die KWK-Anlagen ihren Strom vorrangig an elektrische Wärmepumpen liefern.

In der jetzigen Situation kann also die Frage nach dem zukünftigen „Wärmeversorgungs-Mix“ noch nicht abschließend beantwortet werden. Die unter heutigen Randbedingungen ermittelte Primärenergieeffizienz der verschiedenen Systeme gibt zwar eine Orientierung, aber sie stellt noch keine endgültige Rangfolge für die Bewertung dar. Gleichzeitig erscheint es aber sicher, dass sich mit dem bisherigen Standardsystem der Wärmeversorgung in Deutschland, dem Erdgas- oder Ölheizkessel, die für den Klimaschutz erforderlichen Effizienzziele nicht erreichen lassen (vgl. Kap. 6)

Die Aufgabe der nächsten Jahre besteht also darin, die unterschiedlichen Systeme, die für die zukünftige Wärmeversorgung relevant erscheinen, immer stärker in den Markt einzuführen, so dass bis etwa 2020 bei Neuanlagen die konventionelle Wärmeversorgung über Heizkessel weitgehend verdrängt wird. Die ab diesem Zeitpunkt installierten Anlagen werden dann bis 2050 voraussichtlich zu einem Großteil nicht mehr ausgetauscht werden können.

Gleichzeitig ist die Klimaschutzstrategie für den Gebäudesektor unter Berücksichtigung der bestehenden Wechselbeziehungen mit dem Stromsektor beständig weiterzuentwickeln, so dass die Erkenntnisse über die Rolle der einzelnen Wärmeversorgungssysteme (sowie über das Zusammenspiel Wärmeschutz/Wärmeversorgung) weiter zunehmen und bei der Ausgestaltung der Klimaschutzinstrumente (hier: des Förderprogramms) berücksichtigt werden können. Wahrscheinlich ist, dass auch in Zukunft keine endgültige Klarheit über einen „optimalen“ Wärmeversorgungs-Mix hergestellt werden kann. Ziel sollte es aber sein, einen Maßnahmenkorridor zu identifizieren, der sinnvolle Bandbreiten für die Anteile der verschiedenen Technologien beschreibt und in dessen Grenzen sich dann – jeweils aktuell beeinflusst von den sich ändernden Rahmenbedingungen – die tatsächliche Entwicklung zu einer nachhaltigen und klimagerechten Wärmeversorgung schrittweise realisieren lässt.

Vor diesem Hintergrund wird an dieser Stelle darauf verzichtet, wie beim Wärmeschutz konkrete Modellberechnungen für die Fördersätze verschiedener Wärmeversorgungstechnologien durchzuführen. Die generelle Schwierigkeit, auch bei begründeten Annahmen zur Förderhöhe Aussagen über den Umfang der Inanspruchnahme zu treffen, bleibt darüber hinaus wie beim Wärmeschutz ohnehin bestehen.

Stattdessen wird ein Ad-hoc-Ansatz auf Basis der bisherigen Förderung im Marktanzreizprogramm für erneuerbare Energien und bei der KfW durchgeführt. Bei der KfW liegt die Förderung für Einzelmaßnahmen zwischen etwa 5 % bei der Zuschuss- und typischerweise 15 - 20 % bei der Kreditförderung¹¹⁴. Die Höhe der Zuschussförderung von erneuerbaren Wärmeversorgungssystemen im Marktanzreizprogramm ist je nach Anlagentyp unterschiedlich, im Mittel ergaben sich 2009 laut einer Evaluationsuntersuchung etwa 15 % der Investitionskosten [Langniß et al. 2010].

Unter der Annahme, dass eine wesentliche Erhöhung der Fördersätze erforderlich ist, wenn eine deutliche Steigerung des Anteils zukunftsweisender Energietechnologien¹¹⁵ bis hin zur Ablösung des bisherigen Standardsystems Heizkessel in einem Zeitraum bis etwa 2020 angestrebt ist, wird in den Szenarienbetrachtungen pauschal ein Zuschuss von 25 % der Investitionskosten für anlagentechnische Maßnahmen (ohne Förderung für Erdgas- und Heizölkessel) angesetzt¹¹⁶. Berücksichtigt werden die Erneuerung der Wärmeverteilung, Lüftungssysteme mit Wärmerückgewinnung, thermische Solaranlagen, Wärmepumpen, Blockheizkraftwerke, Holzpelletkessel und der Anschluss an ein Fernwärmenetz. Auch hier gilt, dass dieser Ansatz nur dazu dient, einen ersten Anhaltswert für die Größenordnung der notwendigen Fördermittel zu erhalten, während die tatsächliche Ausgestaltung eines Förderkonzepts wie in den bereits bestehenden Programmen differenzierter Ansätze bedarf – sowohl hinsichtlich der einzelnen Wärmeversorgungstechnologien als auch im Zusammenspiel von Wärmeschutz und Wärmeversorgung bei der Förderung von Gesamtpaketen.

8.5 Übertragung auf das Zielszenario III

Auf Basis der Ansätze des Zielszenarios III (vgl. insbesondere Tabelle 18 in Kap. 5.3) wurde die Höhe der jährlich benötigten Fördermittel berechnet. Es wurde davon ausgegangen, dass die Umsetzungsraten der Energiesparmaßnahmen den Ansätzen des Szenarios entsprechen und dass die Höhe der gewährten Fördermittel mit den Ansätzen der Abschnitte 8.2 und 8.3 korrespondiert. Darüber hinaus wurde angenommen, dass für jede durchgeführte

¹¹⁴ Dies folgt aus Abschätzungen des IWU für die Förderhöhen im Jahr 2011, die Zahlen schwanken entsprechend den sich ändernden Zinssätzen und dem angenommenen Vergleichzinssatz. Bei Gesamtpaketen inklusive Wärmeschutz (Effizienzhäuser) errechnen sich zum Teil noch höhere Fördersätze.

¹¹⁵ Wie bereits erwähnt, geht es hier – außer bei den additiv eingesetzten thermischen Solaranlagen – nicht um eine relevante Ausweitung der Modernisierungsraten bei der Wärmeversorgung, sondern um eine Verschiebung der Technologieanteile bei ohnehin stattfindendem Austausch des Wärmeerzeugers.

¹¹⁶ Auch hier ist die Annahme, dass im Sinne eines Gesamtkonzepts positiver und negativer ökonomischer Anreize eine Energieabgabe auf die Primärenergie zusätzliche Anreize für effiziente Systeme und erneuerbare Energiequellen setzt.

und förderfähige Energiesparmaßnahme – dies sind hier alle Maßnahmen außer dem Einbau eines neuen Erdgas- oder Ölkessels – die Förderung auch tatsächlich in Anspruch genommen wird. Im Ergebnis erhält man ein Volumen der Fördermittel für **Energiesparmaßnahmen im Gebäudebestand von etwa 5,4 Mrd. € pro Jahr**. Davon entfallen etwa 2,8 Mrd. €/a auf Wärmeschutzmaßnahmen, 1,0 Mrd. €/a auf den Einbau neuer Haupt-Wärmeerzeuger, 0,9 Mrd. €/a auf thermische Solaranlagen und 0,7 Mrd. €/a auf Sonstiges (Lüftungsanlagen, Modernisierung der Wärmeverteilung). Rechnet man zusätzlich den Neubau mit einem Förderbedarf von ca. 1,0 Mrd. €/a hinzu (vergleiche Kapitel 8.1), so ergibt sich im **Zielszenario III ein Fördervolumen für Bestand und Neubau von etwa 6,4 Mrd. €/a**.

In dem hier untersuchten Konzept soll ein Gleichgewicht zwischen dem Fördermittelbedarf und einer Primärenergieabgabe hergestellt werden. Der Primärenergiebedarf im Zielszenario III sinkt in den Jahren 2013 – 2020 von knapp 610 TWh/a auf ca. 510 TWh/a, beläuft sich also im Mittel des achtjährigen Betrachtungszeitraums auf ungefähr 560 TWh/a bzw. 560 Mrd. kWh/a¹¹⁷. **Die Primärenergieabgabe im Zielszenario III** müsste demnach also 6,4 Mrd. € / 560 Mrd. kWh = **1,15 Cent pro Kilowattstunde Primärenergie** betragen. Umgerechnet auf den **Heizwert von Öl bzw. Erdgas** entspricht dies einer Preissteigerung von **1,27 ct/kWh bzw. 17 %** bei einem angenommenen Ausgangswert des Brennstoffpreises von 7,5 ct/kWh¹¹⁸.

8.6 Übertragung auf das Zielszenario IV

Anders als die Zielszenarien I-III geht das Zielszenario IV von einer allmählichen Steigerung der Modernisierungsraten und des Anteils neuer Wärmeversorgungstechnologien aus. Ein solcher Ansatz ist nicht nur aus Sicht einer realistischen Einschätzung der tatsächlich zu erreichenden Dynamik bei Wärmeschutz und Wärmeversorgung gerechtfertigt: Sprunghafte Anstiege bei der Erhöhung der Modernisierungsraten und der Einführung neuer Technologien können auch insoweit unerwünscht sein, als dadurch kurzfristig Kapazitätsengpässe auf der Angebotsseite (Hersteller und ausführendes Handwerk) entstehen. Diese wiederum bewirken kurzfristig allein kapazitätsbedingte Preissteigerungen zulasten geförderter Güter und Dienstleistungen (z.B. Dämmmaterialien, Wärmepumpen, Handwerkerleistungen) sowie damit einhergehende zusätzliche Gewinnmargen auf Anbieterseite, die erst auf mittlere Sicht dann wieder verschwinden, wenn die Kapazitäten wettbewerbsinduziert angepasst und die Engpässe entsprechend beseitigt sind. Ein solcher Effekt ist nicht auf Förderinstrumente

¹¹⁷ Die Angaben beziehen sich auf alle Wohngebäude inklusive Neubauten.

¹¹⁸ Dabei wurde der Primärenergiefaktor 1,1 von Erdgas und Heizöl berücksichtigt. Die Preiserhöhung bei anderen Energieträgern würden sich in diesem Konzept ebenfalls nach dem Primärenergiefaktor richten. Bei der praktischen Umsetzung wären insbesondere beim Strom weitergehende Überlegungen notwendig, da hier nur der für die Wärmeversorgung verwendete Anteil zu berücksichtigen ist.

beschränkt, sondern erstreckt sich auch auf andere Instrumente, die kurzfristige Nachfragesteigerungen auslösen (z. B. Nachrüstverpflichtungen auf dem Ordnungsweg). Gleichzeitig zeigt die Entwicklung z. B. im Fall der Förderung der erneuerbarer Energiequellen im Stromsektor, dass auf längere Sicht bei funktionierenden Marktmechanismen die erwünschten und notwendigen, durch die breite Einführung neuer Technologien bewirkten Kostensenkungen auch im Rahmen eines Förderinstrumentes erzielt werden können.

Im vorliegenden Kontext sprechen die vorangegangenen Überlegungen jedenfalls dafür, kurzfristig keine sprunghafte, sondern eine schrittweise Verstärkung der Dynamik bei der Durchführung von Energiesparmaßnahmen im Wohngebäudebestand anzustreben. Im Fall des Zielszenarios IV ist diese Entwicklung über acht Jahre gestreckt¹¹⁹.

Im Hinblick auf den Fördermittelbedarf und die damit zusammenhängende Höhe einer Primärenergieabgabe ergeben sich für den Betrachtungszeitraum 2013 – 2020 insgesamt ähnliche Ergebnisse wie im Zielszenario III: Die erforderlichen **Fördermittel** betragen im Mittel der Periode 5,2 Mrd. €/a im Gebäudebestand¹²⁰, **für Bestand und Neubau** also zusammen etwa **6,2 Mrd. €/a**. Der Primärenergiebedarf liegt im Mittel knapp über 560 TWh/a, so dass sich die Primärenergieabgabe, mit der das Fördervolumen theoretisch abgedeckt werden könnte, zu einem Betrag von **1,1 Cent pro Kilowattstunde Primärenergie** errechnet. Umgerechnet auf den **Brennstoffpreis (Erdgas / Heizöl)** entspricht dies einem Preisanstieg von ca. **1,2 ct/kWh** bzw. 16 % bezogen auf den Ausgangswert von 7,5 ct/kWh.

8.7 Ausblick auf eine Fortführung nach 2020

Die bisherigen Analysen zeigen für die Zielszenarien III und IV, wie in der Periode bis 2020 mit den getroffenen Annahmen zur Förderhöhe eine Deckung des Fördervolumens mit den durch eine Energieabgabe erzielten Einnahmen erreicht werden könnte. Für eine längerfristige Fortschreibung stellt sich bei dem untersuchten Ansatz das Problem, dass der Primärenergiebedarf (und damit bei gleichbleibender Energieabgabe auch die Einnahmen) kontinuierlich sinken. So liegt im Zielszenario IV am Ende des Jahres 2020 die folgende Situation vor: Der Primärenergiebedarf beträgt 514 TWh/a, eine Primärenergieabgabe von 1,1 Cent pro Kilowattstunde führt demnach zu Einnahmen von ca. 5,65 Mrd. €/a. Unter der Annahme

¹¹⁹ Die Frage, wie dieser kontinuierliche Anstieg der Umsetzungsraten tatsächlich realisiert werden kann, wäre im Rahmen einer ausdifferenzierten Förderstrategie zu klären. Viele unterschiedliche Ansätze sind hier denkbar, so könnte – um nur ein Beispiel zu nennen - zunächst ein Schwerpunkt auf Maßnahmenpakete gelegt und die Attraktivität der Einzelmaßnahmenförderung demgegenüber etwas langsamer bzw. zeitversetzt gesteigert werden.

¹²⁰ Die Aufteilung ist hier aufgrund der langsamer ansteigenden Raten beim Wärmeschutz und der stärkeren Anteile der Wärmeversorgung etwas anders als im Zielszenario III: Wärmeschutz 2,2 Mrd. €/a, Haupt-Wärmeerzeuger 1,8 Mrd. €/a, Solarthermie 0,7 Mrd. €/a, Sonstiges 0,5 Mrd. €/a.

dass der Primärenergiebedarf weiter stetig abnimmt, ergibt sich bei linearer Interpolation bis zum Zielwert von 130 TWh/a im Jahr 2050 eine jährliche Einsparung von 12,8 TWh bzw. ein Mittelwert des Primärenergiebedarfs von 450 TWh/a für die 10-Jahres-Periode 2021-2030. Die mittleren jährlichen Einnahmen betragen dann also nur noch ca. 5,0 Mrd. €/a, gegenüber dem Mittelwert 2013-2020 von 6,2 Mrd. €/a ist dies ein Rückgang von ca. 20%.

Gleichzeitig ist im Zielszenario IV das Maximum der Modernisierungsraten und der Anteile neuer Wärmeversorgungstechnologien erst im Jahr 2020 erreicht (vgl. Tabelle 21 in Kap. 5.4). Der Fördermittelbedarf in diesem Jahr liegt über dem Mittelwert der Periode 2013-2020 und beträgt im Gebäudebestand 7,4 Mrd. €/a. Unter der Annahme, dass sich diese Dynamik in den Folgejahren ohne weitere Anstiege bei den Modernisierungsraten fortsetzt und dass gleichzeitig die Neubauförderung nach allgemeiner Einführung eines klimaneutralen Standards ab 2021 deutlich gesenkt werden kann, im Hinblick auf eine Weiterentwicklung der Standards jenseits des Effizienzhauses 40 aber nicht vollständig zurückgefahren wird, ergibt sich mit einem Ad-hoc-Ansatz von 0,3 Mrd. €/a für Neubaumaßnahmen eine erste Schätzung des jährlichen Mittelbedarfs von insgesamt 7,7 Mrd. €/a¹²¹.

Vor diesem Hintergrund sind bei Fortschreibung des Zielszenarios IV folgende Situationen und Ansätze für die Periode 2020 – 2030 denkbar:

- Die Primärenergieabgabe wird angehoben, um trotz sinkenden Energiebedarfs die angenommenen Mittel bereitzustellen. Für die Periode 2021 – 2030 ergäbe sich damit eine Höhe der Abgabe von 7,7 Mrd. € / 450 Mrd. kWh = 1,71 Cent pro Kilowattstunde Primärenergie. Umgerechnet auf den Brennstoffpreis (Heizwert) beträgt die Energieabgabe 1,88 ct/kWh, sie müsste also gegenüber dem Ausgangswert von 1,2 ct/kWh um ca. 55 % erhöht werden¹²². Allerdings ist zu beachten, dass diese Preiserhöhung gleichzeitig eine verstärkte Anreizwirkung zur Energieeinsparung mit sich bringt, so dass im Gegenzug die Fördersätze gesenkt werden können. In Abbildung 29 ist eine Abschätzung der Effekte für das Beispiel der Außenwanddämmung dargestellt. Es zeigt sich, dass bei $U = 0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ zur Erreichung des gleichen Barwerts wie im Vergleichsfall (Periode bis 2020 mit 30 €/m² Förderhöhe und 1,2 ct/kWh Energieabgabe) eine Förderhöhe von nur noch 26 €/m² notwendig wäre. Die Höhe der

¹²¹ Die ohnehin exemplarisch gewählten Ansätze des Zielszenarios IV können hier nur einen vorläufigen Anhaltswert liefern, denn es ist nicht damit zu rechnen, dass der Technologie- und Maßnahmenmix über längere Zeiträume nach 2020 immer gleich bleiben wird.

¹²² Dieser deutliche Anstieg ist nicht nur durch die Absenkung des Primärenergiebedarfs verursacht, die ja im Zeitraum 2021 - 2030 nur 20 % gegenüber der Periode bis 2020 beträgt. Entscheidend ist hier ebenfalls der Anstieg der Modernisierungsraten bzw. der Anteile neuer Wärmeversorgungstechnologien im Zeitraum 2013 - 2020, der aber annahmegemäß 2020 annähernd abgeschlossen ist.

Energieabgabe könnte also insgesamt etwas geringer als die zunächst veranschlagten 1,88 ct/kWh ausfallen¹²³.

- Im vorangegangenen Absatz ist noch nicht berücksichtigt worden, dass generell auch mit real steigenden Energiepreisen gerechnet wird. Unter der Annahme einer Steigerungsrate von 1,5 %/a ergibt sich ausgehend von 7,5 ct/kWh im Jahr 2012 bis 2025 (Mitte der Periode 2020 – 2030) ein Anstieg um 1,6 ct/kWh¹²⁴. Wird die Energieabgabe in ihrer alten Höhe von 1,2 ct/kWh (bezogen auf den Heizwert) beibehalten, beträgt die Preiserhöhung insgesamt 2,8 ct/kWh. Abbildung 29 zeigt, dass in diesem Fall nur noch eine Förderhöhe von 18 €/m² (40 % weniger als vorher) notwendig wäre, um die gleiche Anreizwirkung wie im Vergleichsfall zu erzielen. Da die betrachtete Energieabgabe von 1,2 ct/kWh nur um 36 % unter dem Wert von 1,88 ct/kWh liegt, der für eine Erreichung des ursprünglichen Fördervolumens notwendig wäre (s.o.), ergäbe sich hier also sogar die Möglichkeit einer Senkung der Energieabgabe¹²⁵.
- Es ist davon auszugehen, dass eine Ausweitung des Marktes für Wärmeschutzmaßnahmen und zukunftsweisende Wärmeversorgungstechnologien aufgrund von Skaleneffekten und durch technischen Fortschritt längerfristig – wie bei den erneuerbaren

¹²³ Eine genauere Betrachtung zeigt, dass bei einer Energieabgabe von ca. 1,65 ct/kWh, (also einer Absenkung um rund 10 % auf der Einnahmenseite gegenüber den ursprünglich angesetzten 1,88 ct/kWh) und mit einer Förderhöhe von ca. 27 €/m² (10 % unter dem Ausgangswert 30 €/m²) etwa die gleiche Anreizwirkung wie im Vergleichsfall erreicht werden könnte. Unter der Annahme, dass sich die Situation bei anderen Energiesparmaßnahmen ähnlich darstellen würde wie im betrachteten Beispiel Außenwand, könnte die Höhe der Energieabgabe also mit ca. 1,65 statt 1,88 ct/kWh deutlich niedriger ausfallen als zunächst angenommen. Das Gesamtaufkommen und der Gesamtbedarf an Fördermitteln würde von 7,7 Mrd. €/a auf etwa 6,8 Mrd. €/a sinken. Die Übertragung der Analyseergebnisse von der Außenwand auf das Gesamtprogramm stellt hier eine starke Vereinfachung dar. Eine Betrachtung der anderen Bauteile der Gebäudehülle führt allerdings zu ähnlichen, teilweise auch noch niedrigeren Werten für die festzulegende Energieabgabe.

¹²⁴ In den Wirtschaftlichkeitsanalysen ist eine geringere Steigerungsrate von 1 %/a angenommen worden. Diese Annahme dient allerdings nicht einer realistischen Einschätzung der zu erwartenden Energiepreissteigerungen, sondern sie soll die Perspektive eines kurzfristig und optimistisch denkenden Investors wiedergeben. Auch diese niedrigere Rate würde aber zu einem Anstieg von 1 ct/kWh bis 2025 führen.

¹²⁵ Genauere Analysen des Beispiels Außenwanddämmung mit einem realen Energiepreisanstieg von 1,5 %/a zeigen, dass die Energieabgabe auf ca. 1,15 ct/kWh abgesenkt werden könnte. Bei Hochrechnung dieses Ergebnisses auf alle Maßnahmen würde sich dann das Gesamtaufkommen von Energieabgabe bzw. Fördermitteln von 7,7 Mrd. €/a auf ca. 4,7 Mrd. €/a verringern. Im Fall einer Energiepreiserhöhung von 3 %/a könnte die Energieabgabe unter gleichen Voraussetzungen auf etwa 0,53 ct/kWh gesenkt werden. Das Gesamtaufkommen würde dann im Durchschnitt des Zeitraums 2021 - 2030 nur noch etwa 2 Mrd. €/a betragen.

Energien im Stromsektor zu beobachten – zu Kostensenkungen führen wird. Dies würde eine Senkung der Förderhöhen und eine weitere Begrenzung der Energieabgabe mit sich bringen, die in den Beispielberechnungen nicht berücksichtigt sind¹²⁶.

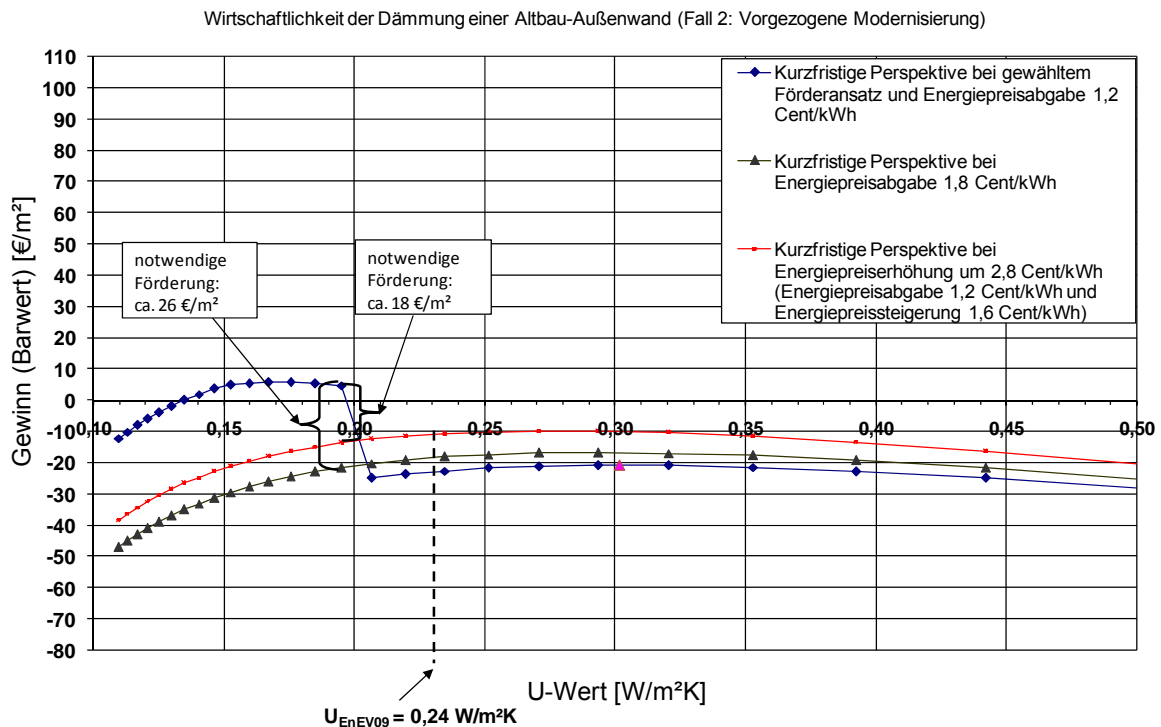


Abbildung 29: Wirtschaftlichkeit der Dämmung einer Altbau-Außenwand ($U = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$): Kurzfristige Akteursperspektive, Vorgezogene Modernisierung. Vergleichsfall: Erhöhung des Energiepreises um 1,2 Cent/kWh und Förderansatz 30- 40 €/m² ab $U = 0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Ansatz Zielszenario IV bis 2020) Ermittlung einer gleichwertigen Förderhöhe bei Energiepreiserhöhungen von 1,8 Cent/kWh bzw. 2,8 Cent/kWh (jeweils bezogen auf den Heizwert).

Insgesamt wird deutlich, dass bei einer längerfristigen Fortführung des beschriebenen Ansatzes eine flexible Anpassung der Energieabgabe und der Fördersätze an sich ändernde Rahmenbedingungen vorgenommen werden muss. In der Tendenz verringert sich die Höhe der notwendigen Fördersätze, und zwar um so stärker, je höher die Energiepreise steigen

¹²⁶ Solche Kostensenkungen sind auf den ersten Blick eventuell vor allem in dem „technologieorientierten“ Bereich der Wärmeversorgung zu erwarten und erscheinen dort aufgrund des – im Vergleich zum Heizkessel – noch sehr hohen Kostenniveaus auch besonders wichtig. Andererseits hat sich gezeigt, dass auch beim Wärmeschutz entsprechende Weiterentwicklungen stattfinden – dies zeigt sich etwa bei der Verbesserung der Wärmeleitfähigkeit der Wärmedämmstoffe oder am steigenden Marktanteil der Drei-Scheiben-Wärmeschutzverglasungen in den letzten Jahren.

und die erhoffte Kostensenkung durch technischen Fortschritt eintritt. Trotz stetig sinkenden Primärenergiebedarfs muss die Energieabgabe daher nicht in gleichem Maße erhöht werden, je nach Randbedingungen kann sie eventuell sogar abgesenkt werden.

Ohne reale Energiepreisanstiege und ohne Kostensenkungen bei den eingesetzten Technologien müsste die Energieabgabe angesichts des kontinuierlich sinkenden Primärenergiebedarfs angehoben werden, die notwendigen Fördermittel und die Gesamtbelastung (in Mrd. €/a) würden aber auch hier wegen der zunehmenden Lenkungswirkung der Abgabe leicht sinken und sich von dem oben abgeschätzten Maximalwert von 7,7 Mrd. €/a wegbewegen¹²⁷.

Der Zusammenhang zwischen der längerfristigen Entwicklung der Energieabgabe und der Erhöhung der Energiepreise wird in den folgenden Abbildungen noch einmal veranschaulicht. Abbildung 30 zeigt die Entwicklung der realen (um den Anstieg der Lebenshaltungskosten bereinigten) Energiepreise im Zeitraum 1991-2010 und eine Fortschreibung (noch ohne Energieabgabe) bis 2030.

Während in den 1990er Jahren zunächst noch ein leichter realer Preisrückgang zu beobachten war, ist seit etwa 1998 ein starker Anstieg zu verzeichnen. Im Mittel über die Dekade 2000-2010 entspricht dies einer jährlichen Steigerungsrate von 3,2 %/a beim Heizöl und 3,3 %/a beim Erdgas. Zwischenzeitlich lagen – auch über mehrere Jahre – teils noch deutlich höhere Steigerungsraten vor¹²⁸.

¹²⁷ Diese Betrachtungen gelten für die idealisierte Annahme, dass gleiche (positive oder negative) Anreize in der Summe immer die gleiche Wirkung entfalten. Tatsächlich wäre beim Nachsteuern der Instrumente deren tatsächliche Wirkung auf die Durchführung von Energieeffizienzmaßnahmen zu beachten.

¹²⁸ So betrug der reale Anstieg der Heizölpreise im Zeitraum 2004 und 2008 etwa 75 %, die jährliche, über vier Jahre wirksame durchschnittliche Rate der Preiserhöhung errechnet sich zu etwa 15 %/a.

Für den Gesamtzeitraum des beobachteten Realpreisanstiegs, hier gerechnet von 1998 bis 2010, ergeben sich Durchschnittswerte von 7,9 %/a beim Heizöl und 3,6 %/a beim Erdgas, im gesamten Betrachtungszeitraum 1991 – 2010 betragen die realen Preissteigerungen im Mittel 3 %/a beim Heizöl und 1,2 %/a beim Erdgas.

Die mittleren nominalen Preissteigerungsraten sind noch deutlich höher, in der Dekade 2001 - 2010 liegen sie bei 4,8 %/a (Heizöl) bzw. 4,9 %/a (Erdgas), im Zeitraum 1998 - 2010 bei 9,5 %/a (Heizöl) bzw. 5,1 %/a (Erdgas) und im Gesamtzeitraum 1991 - 2010 bei 4,9 %/a (Heizöl) bzw. 3,2 %/a (Erdgas).

In der Darstellung ist die Entwicklung des Jahres 2011, die wiederum deutliche Preissteigerungen mit sich brachte (für Heizöl siehe z. B. www.tecson.de), noch nicht berücksichtigt.

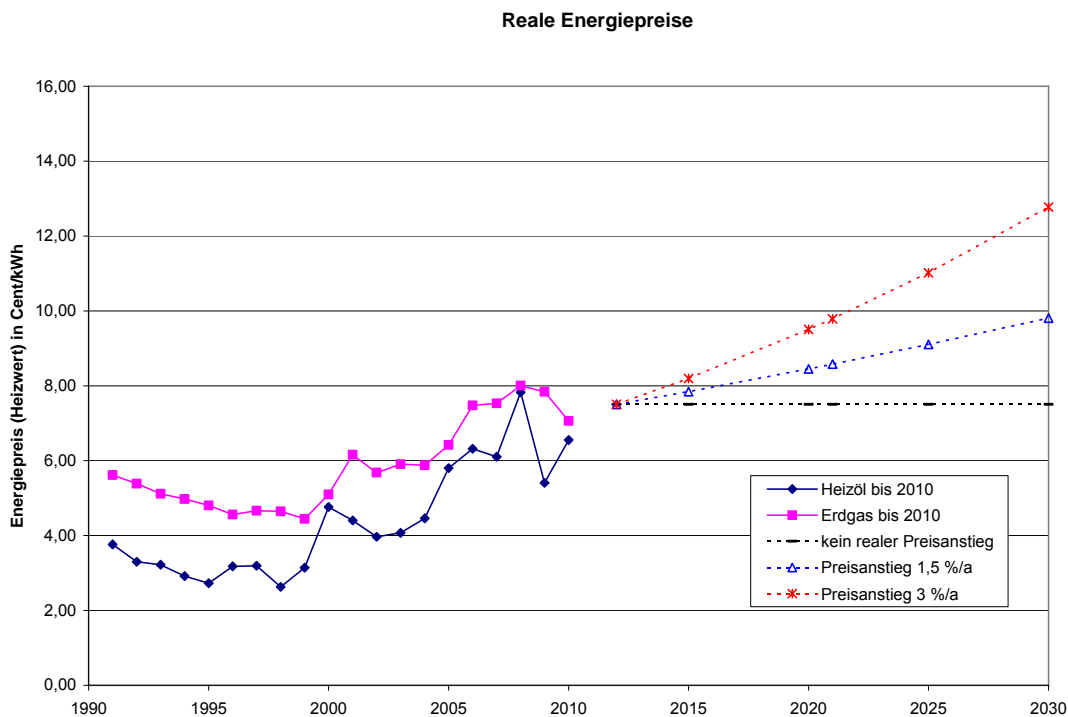


Abbildung 30: Entwicklung der realen, auf den Heizwert bezogenen Energiepreise von Heizöl und Erdgas für Haushalte¹²⁹ und drei Varianten für die Entwicklung bis 2030

Neben der Entwicklung der vergangenen Jahre sind noch drei Varianten für zukünftige Preissteigerungen angesetzt, die mit den oben genannten Beispielberechnungen korrespondieren: Der unterste Ansatz (kein realer Preisanstieg) dient eher als theoretischer Vergleichsfall, die beiden anderen Varianten (3 %/a bzw. 1,5 %/a) liegen ungefähr in der Größenordnung, die im Mittel über die letzten 10 bzw. 20 Jahre beobachtet wurden. Angesichts der zeitweise noch deutlich höheren Kostenzuwächse in den vergangenen Jahren und vor dem Hintergrund der weltweiten Herausforderungen von Wirtschafts- und Bevölkerungswachstum und Ressourcenverknappung erscheint eventuell auch die obere Variante noch als moderater Ansatz.

Die oben dokumentierten Beispielrechnungen haben gezeigt, dass die Höhe der Energieabgabe, die für die Periode bis 2020 zunächst konstant zu real 1,2 ct/kWh (bezogen auf den Heizwert) angesetzt wurde, in der folgenden Dekade 2021 - 2030 abhängig vom Energie-

¹²⁹ Die nominalen Energiepreise und der für die Bereinigung der Lebenshaltungskosten herangezogene Index finden sich in Tabelle 26 von [BMW i 2011]. Die Realwerte wurden auf das Preisniveau 2010 bezogen. Die Erdgas- und Heizölpreise wurden überschlägig auf die Kilowattstunde Heizwert umgerechnet.

preisanstieg verändert werden kann, wenn die Gesamt-Anreizwirkung von Energiepreis (inklusive Abgabe) und Förderhöhe auf die Durchführung von Energiesparmaßnahmen konstant gehalten werden soll: Im Fall, dass kein realer Preisanstieg erfolgt, ergab sich der Schätzwert für die neue Abgabenhöhe zu 1,65 ct/kWh (Anstieg um ca. 40 %), bei einem Preisanstieg von 1,5 %/a zu 1,15 ct/kWh (etwa konstantes Niveau) und bei einem Preisanstieg von 3 %/a zu 0,53 ct/kWh (etwa Halbierung)¹³⁰.

In Abbildung 31 ist die Entwicklung mit Energieabgabe ergänzt, die Darstellung ist aus Gründen der Übersichtlichkeit auf die untere und obere Variante des Energiepreisanstiegs beschränkt.

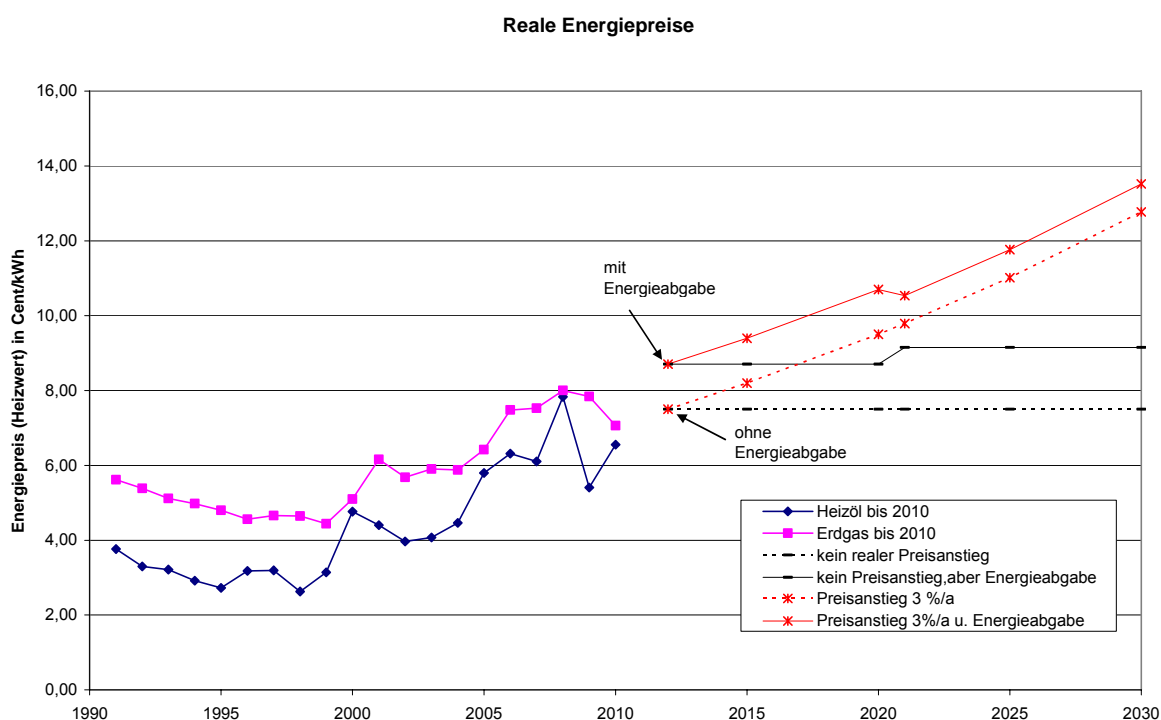


Abbildung 31: Entwicklung der realen Energiepreise von Heizöl und Erdgas bis 2030 mit und ohne Energieabgabe für die untere Variante (kein realer Preisanstieg) und die obere Variante (Preisanstieg 3 %/a)

Im Fall der oberen Variante wurde dabei außerdem angenommen, dass der Spielraum für die Absenkung der Abgabe nicht ganz ausgeschöpft wird, um die für das Förderprogramm zur Verfügung stehenden Mittel und damit auch die Steuerungsmöglichkeiten dieses Pro-

¹³⁰ Vergleiche hierzu die in den Fußnoten 123 und 125 genannten Beträge.

gramms nicht zu stark zu begrenzen. Die Abgabenhöhe wurde daher exemplarisch zu 0,75 ct/kWh (statt 0,53 ct/kWh) angesetzt¹³¹.

Es ist zu erkennen, dass in der Variante ohne realen Preisanstieg die Erhöhung der Energieabgabe im Jahr 2021 zu einer weiteren Mehrbelastung gegenüber der Kurve ohne Energieabgabe (untere waagerechte Linie) führt. Der durch die Abgabe verursachte Aufschlag auf die Energiekosten (ursprünglich 7,5 ct/kWh) erhöht sich von 16 % (bis 2020) auf 22 % (2021 - 2030). Gleichzeitig wird aber deutlich, dass die Betroffenen von den fast gleichbleibenden Energiekosten profitieren: In der oberen Energiepreisvariante lägen die Kosten auch ohne Abgabe im gesamten Zeitraum 2021 - 2030 deutlich höher.

In der oberen Variante führt die konstante Energieabgabe ebenfalls zu einer Verschiebung der Kostenkurve nach oben, wegen des realen Preisanstieg von 3 %/a (der auf den ursprünglichen Energiepreis ohne Abgabe angerechnet wird) verläuft die Steigung parallel zur Kurve ohne Abgabe. Im Jahr 2021 führt die Senkung der Energieabgabe dazu, dass sich die obere Kurve wieder stärker an die untere (ohne Abgabe) annähert¹³². Im Jahr 2025, also in der Mitte der Dekade, entspricht die durch die Energieabgabe verursachte Kostendifferenz von 0,75 ct/kWh einem Anteil von 7 % der unbeaufschlagten Energiekosten.

Eine Eigenschaft der proportional zum Primärenergieverbrauch erhobenen Abgabe liegt darin, dass Gebäude mit hohem Energieverbrauch entsprechend hoch belastet werden. Dieser Effekt ist einerseits erwünscht, denn auf diese Weise werden bei Hochverbrauchern verstärkte Anreize zur Energieeinsparung gesetzt. Die Energieabgabe entspricht darüber hinaus dem Grundsatz, jede verbrauchte Kilowattstunde Primärenergie, die ja in gleicher Weise zur Gesamtbilanz des Gebäudebestandes beiträgt, auch gleich zu belasten. Andererseits ist zu beachten, dass bei Gebäuden mit hohem Energieverbrauch durch hohe Energiekosten (insbesondere bei steigenden Energiepreisen) ohnehin ein starker Anreiz zur Durchführung von Energiesparmaßnahmen besteht und auf Grund langer Erneuerungszyklen im Gebäudebestand die Maßnahmen nicht zu einem beliebigen Zeitpunkt ergriffen werden können.

Vor diesem Hintergrund könnte auf längere Sicht erwogen werden, den Mechanismus der Energieabgabe zu einem späteren Zeitpunkt zu verändern. Denkbar wäre etwa der Übergang zu einer Stufenabgabe (z. B. in Euro pro Quadratmeter Wohnfläche), die in Abhängig-

¹³¹ Das mittlere jährliche Aufkommen der Energieabgabe im Zeitraum 2021 - 2030 beträgt daher etwa 3 Mrd. €/a und nicht 2 Mrd. €/a wie bei Ansatz von 0,53 ct/kWh.

¹³² Aufgrund des deutlichen Energiepreisanstiegs (und der damit verbundenen Lenkungswirkung) könnte die Abgabe im Prinzip auch schon vor dem Jahr 2020 gesenkt werden. Bei der Annahme eines konstanten Realwertes von 1,2 ct/kWh bis zum Ende der Dekade, dessen Höhe an der Variante ohne Preisanstieg bemessen wurde, handelt es sich um einen vereinfachenden Ansatz, der der Übersichtlichkeit der Beispielbetrachtungen dienen soll.

keit vom Primärenergiebedarf des Gebäudes (gestaffelt nach Klassen) erhoben werden könnte. Auf diese Weise würde bei Gebäuden mit hohem Verbrauch eine Deckelung der Abgabe erreicht. Gleichzeitig könnte in der Nähe des Zielbereichs für einen klimaneutralen Gebäudebestand, d. h. bei Gebäuden mit niedrigen Primärenergiekennwerten, die Lenkungswirkung der Abgabe durch einen stufenförmigen Verlauf erhöht werden, denn im Fall ohnehin geringer Energieverbräuche spielt die Höhe der Energiekosten eine untergeordnete Rolle, während eine Stufenabgabe deutlich höhere Anreize zur Erreichung besonders energieeffizienter Gebäudestandards setzen kann. Der Übergang zu einer solchen ausdifferenzierten Form der Energieabgabe würde aber eine lange und gründliche Vorbereitung erfordern, z. B. müsste als Voraussetzung eine immer aktuelle, nach einem einheitlichen, nicht zu aufwändigen, aber ausreichend zuverlässigen Verfahren vorgenommene Klassifizierung der Bestandsgebäude vorliegen. Kurzfristig ließe sich ein solcher Ansatz angesichts vieler offener Fragen der praktischen Umsetzung kaum realisieren.

9 Überblick über den Bereich Information, Qualifikation und Markttransparenz

Die Diskussion der Instrumente zur Erreichung der gesetzten Energiespar- und Klimaschutzziele im Wohngebäudebestand in Kapitel 7 hat sich im Wesentlichen auf „harte“ Maßnahmen, d. h. ordnungsrechtliche Vorschriften für Energiesparmaßnahmen bzw. direkt auf die Maßnahmenumsetzung wirkende ökonomische Anreizmechanismen (z. B. Förderung, Energieabgabe) beschränkt. Daneben ist ein weites Feld „weicher“ Instrumente zu beachten, das insbesondere die Themenbereiche Information, Aus- und Weiterbildung und Markttransparenz umfasst. Die Bedeutung dieser Maßnahmen ist nicht zu unterschätzen: Zwar ist davon auszugehen, dass die bestehenden Herausforderungen für den Klimaschutz und die Umsetzung des Energiekonzepts – die Verdopplung der energetischen Modernisierungsrate, der Übergang zu einer neuen Struktur der Wärmeversorgung und die Erreichung eines klimaneutralen Neubaus – ohne die harten Maßnahmen kaum bewältigt werden können. Dennoch kommt auch den weichen Instrumenten eine ganz wesentliche Bedeutung zu, denn eine ausreichende Information und Qualifikation der betroffenen Akteure (z. B. Hauseigentümer bzw. Planer und Handwerker) und das Vorhandensein von Markttransparenz (z. B. Kenntnis der energetischen Qualität des Gebäudes zur Beurteilung von dessen Wert) bilden sozusagen die Grundlage für die Realisierung der Energiespar- und Klimaschutzmaßnahmen und damit auch für den Erfolg der härteren Maßnahmen.

Die Übergänge zwischen den einzelnen Instrumentenbereichen sind zum Teil fließend, so kann auch die Verbesserung der Markttransparenz durchaus eine quantifizierbare ökonomische Auswirkung auf die Betroffenen haben und damit in Teilbereichen grundsätzlich ähnlich wirken wie z. B. eine Förderung. Fragen des Zusammenspiels von Investor und Nutzer im vermieteten Wohnungsbestand und verschiedene Aspekte bei Haushalten mit niedrigen Einkommen fallen in diesen Grenzbereich. Sie werden in den Kapiteln 10 und 11 separat behandelt.

Auch ohne diese spezielleren Fragestellungen handelt es sich bei den weichen Instrumenten um ein sehr breites und vielfältiges Themenfeld, innerhalb dessen schon eine Vielzahl verschiedener Maßnahmen realisiert wird und das in der vorliegenden Untersuchung nur ansatzweise und exemplarisch behandelt werden kann.

Ein wichtiger Teilbereich betrifft die **Qualifikation** der im Bau und in der Wärmeversorgung tätigen Berufsgruppen – vom Handwerker bis zum Architekten, Fachplaner und Fachingenieur. Einerseits ist sicherlich davon auszugehen, dass in Deutschland ein generell hohes Ausbildungsniveau auf allen Ebenen erreicht wird, andererseits ist aber zu beachten, dass die Umsetzung des Energiekonzepts besondere Herausforderungen mit sich bringt, und zwar sowohl im Hinblick auf Quantität als auch auf Qualität: Eine Verdopplung der Raten bei der wärmetechnischen Modernisierung der Gebäudhülle bedeutet, dass hier deutlich mehr

Fachkräfte, insbesondere auch gut ausgebildete Handwerker, für die Umsetzung notwendig sein werden als vorher. Gleichzeitig steigen die Anforderungen an die Einzelmaßnahmen, und insbesondere das Ineinandergreifen unterschiedlicher Maßnahmen und Gewerke wird wichtiger, wenn im Zuge einer Komplettsanierung Wärmebrücken vermieden werden sollen oder – schwieriger noch – die Erneuerung der Gebäudehülle nicht in einem Zug sondern in Etappen erfolgt und die späteren Schritte bei den aktuellen Teilmaßnahmen z. B. im Hinblick auf die Bauteilanschlüsse schon mit berücksichtigt werden müssen. Im Bereich der Heizungstechnik muss die Rate der Installation von Solaranlagen erhöht werden und bei der Installation neuer Heizungsanlagen zwar nicht unbedingt eine höhere Rate, wohl aber eine Verschiebung zu effizienteren, aber gleichzeitig auch komplizierteren und fehleranfälligeren Systemen stattfinden. Die Realisierung dieser Prozesse in der Praxis in dem notwendigen Umfang und gleichzeitig mit der notwendigen Qualität stellt in den betroffenen Berufsgruppen Herausforderungen an die Ausbildung und die tägliche Praxis. Im Rahmen einer Umsetzung des Energiekonzepts der Bundesregierung ist – gemeinsam mit den betroffenen Berufsgruppen, Verbänden und Ausbildungseinrichtungen (bis hin zur universitären Ausbildung) – zu prüfen, inwieweit diese Herausforderungen durch die bestehenden Aktivitäten und Marktmechanismen bewältigt werden können bzw. inwieweit gezielt neue Konzepte und Initiativen zu entwickeln sind, die gewährleisten, dass für einen wachsenden Markt bei Wärmeschutz und energiesparender Wärmeversorgung ausreichend Fachkräfte zur Verfügung stehen¹³³.

Eine Besonderheit im Bausektor, sowohl im Neubau als auch bei der Sanierung, ist das Zusammenwirken unterschiedlicher Berufsgruppen an einem Endprodukt. Dadurch werden besondere Anforderungen an die **Planung und Qualitätssicherung** gestellt. Anders als bei typischen Industrieprodukten, die zumindest am Ende der Fertigungskette aus den Werkhallen eines einzelnen Industrieunternehmens ihren Weg zum Verbraucher finden und von diesem leicht auf ihre Funktionstüchtigkeit überprüft werden können, sind im Gebäudebereich die Verantwortlichkeiten auf verschiedene Schultern verteilt. Gleichzeitig ist eine Fehlfunktion (z. B. Wärmebrücken oder eine defekte Heizungsregelung) häufig nicht zu erkennen: Wenn der gewünschte Energieverbrauch am Ende der Heizperiode überschritten wird, kann dies gleichermaßen an den Wetterverhältnissen, am Nutzerverhalten wie am Versagen baulicher oder anlagentechnischer Komponenten gelegen haben, ohne dass dabei unbedingt klar ist, um welche Komponente es sich handelt. Angesichts der besonderen Anforderungen, die bei Energiespargebäuden an die Qualität der baulichen Maßnahmen und an eine immer komplexere Lüftungs- und Heizungstechnik gestellt werden, werden derartige Prob-

¹³³ Als Beispiele für bestehende Ansätze seien hier Initiativen auf Europäischer Ebene unter dem Titel „Build Up Skills“ im Programm „Intelligent Energy Europe“ erwähnt (www.buildup.eu; http://ec.europa.eu/energy/intelligent/about/index_en.htm).

leme in Zukunft wahrscheinlich eher zunehmen¹³⁴. Viele Erfahrungen mit neuen Technologien müssen erst noch gemacht werden. Die Organisation des Planungs- und Bauprozesses bis hin zur Inbetriebnahme und Einregulierung der Gebäudetechnik stellt damit zusätzliche Anforderungen an die Tätigkeiten der einzelnen Berufsgruppen und erfordert deren Abstimmung und Kooperation. Die Notwendigkeit für ein Zusammenwirken unterschiedlicher Berufsgruppen setzt bereits in einem sehr frühen Projektstadium im Planungsprozess ein („integrale Planung“)¹³⁵, erstreckt sich aber auch auf die Bauphase und darüber hinaus. Eine konkrete Maßnahme zur Unterstützung ist in diesem Themenbereich z. B. die Förderung der Baubegleitung durch einen Sachverständigen im aktuellen KfW-Programm „Energieeffizient Sanieren“.

Auch eine Erfolgskontrolle in der späteren Betriebsphase ist wichtig. So könnte die tatsächliche Effizienz von Wärmeversorgungsanlagen z. B. durch den Hauseigentümer selbst überprüft werden, wenn die Wärmeproduktion der Heizungsanlagen über Wärmemengenzähler erfasst wird. Solche Praktiken können aber nicht allein aufgrund der Eigeninitiative von Bauherren, sondern nur durch eine professionelle Vorbereitung und Unterstützung entsprechender Verfahren Verbreitung finden. Ob und inwieweit im Bereich der Qualitätssicherung wirksame staatliche Maßnahmen (z. B. erweiterte gesetzliche Regelungen oder Fördermaßnahmen) notwendig sind bzw. die Aufgabe vorrangig darin besteht, die Selbstorganisation und Zusammenarbeit innerhalb und zwischen den betroffenen Berufsgruppen zu fördern, kann an dieser Stelle nicht näher untersucht werden.

Wichtige Weichenstellungen erfolgen zum Teil schon vor der eigentlichen Planungsphase der Wärmeschutz- und Wärmeversorgungsmaßnahmen. Dies gilt z. B. bei der Quartiersplanung, etwa bei Wohngebieten im Neubau. Wenn hier Entscheidungen z. B. für die zukünftige Wärmeversorgungsstruktur fallen, sind nicht nur Fachplaner, sondern z. B. auch kommunale Entscheidungsträger gefragt. In der Gebietsplanung sind daher Verfahrensabläufe notwendig, die gewährleisten, dass alle relevanten Informationen vor der Entscheidungsfindung berücksichtigt werden¹³⁶. Wenn Wohngebiete bzw. Stadtquartiere im Gebäudebestand be-

¹³⁴ Vergleiche hierzu die in [Diefenbach et al. 2005a] dokumentierten Erfahrungen aus Modellprojekten mit Wärmeversorgungssystemen für Niedrigenergiehäuser.

¹³⁵ Neben den Handwerkern und Planern vor Ort sind bei der Sicherstellung einer ungestörten und effizienten Funktion des Gebäudekonzeptes auch bereits die Hersteller gefragt, insbesondere durch Systemintegration und Entwicklung robuster Gesamtpakete. Dies gilt insbesondere bei komplexen Lösungen für die Wärmeversorgung, wenn mehrere Wärmeerzeuger (z. B. Solaranlagen und Wärmepumpe) zusammenwirken müssen (vgl. [Diefenbach et al. 2009]).

¹³⁶ Beispielsweise ist bei Prüfung der Option einer Fern-/Nahwärmeversorgung zu untersuchen, ob die zu erwartenden Leitungsverluste nicht zu hoch sind und bei Einsatz einer KWK-Anlage ein ausreichender Deckungsgrad erzielt wird (vgl. [Diefenbach et al. 2005a] und Kapitel 6.7).

troffen sind, so sind langfristige Konzepte (z. B. Wärmeversorgungsplanung unter Einbeziehung von möglichen zukünftigen Wärmeschutzmaßnahmen an den Gebäuden) erforderlich¹³⁷.

Bei Einzelgebäuden werden entsprechende Entscheidungen in der Regel nicht von Expertengremien, sondern vom Hauseigentümer allein getroffen. In diesem Zusammenhang spielt die **Energieberatung** privater Bauherren eine ganz zentrale Rolle. Um den komplexen Anforderungen zu begegnen, die durch hochwertigen Wärmeschutz und neue Wärmeversorgungsstechnologien gestellt werden, ist die Bedeutung einer ausführlichen und qualitativ hochwertigen Energieberatung zu betonen. Auch für Einzelgebäude gilt, dass bei der Konzepterstellung die langfristige Perspektive der energetischen Erneuerung des betroffenen Gebäudes in den Blick zu nehmen ist, wenn – was sehr häufig der Fall ist – die günstige Konstellation einer möglichen Komplettmodernisierung von Gebäudehülle und Anlagentechnik nicht vorliegt. Die Energieberatung sollte daher gegebenenfalls auf geeignete Stufenpläne abzielen und möglichst auch Einzelheiten der Vorbereitung späterer Maßnahmen in früheren Stufen benennen (z. B. Anschlüsse zwischen verschiedenen Bauteilen berücksichtigen). Die deutliche Ausweitung einer solchen hochwertigen und umfassenden Energieberatung ist generell anzustreben. Hier liegt beispielsweise mit der „Vor-Ort“-Energieberatung des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle ein geeignetes Förderinstrumentarium vor.

Generell ist zu beachten, dass die Energieberatung und die energetische Bewertung von Gebäuden zwei unterschiedliche Ziele darstellen, die nicht den gleichen Adressaten betreffen. Während die Energieberatung in erster Linie auf den Hauseigentümer und Investor abzielt, stellt die Bewertung des Gebäudes (z. B. im Energieausweis) und die Pflicht der Weitergabe dieser Information (z. B. an einen Mieter oder Käufer) ein allgemeines öffentliches Interesse dar, das die Markttransparenz im Blick hat. Dies führt beispielsweise dazu, dass der Energieberater, der einen Energieausweis ausstellt, eine doppelte Funktion erfüllen muss, da er einerseits mit Beratungshinweisen für den Gebäudeeigentümer und andererseits bei der Energieausweiserstellung für ein öffentliches Ziel tätig ist.

¹³⁷ Hier ist zu erwähnen, dass entsprechende konzeptionelle und strategische Planungen nicht nur die Quartiersplanung, sondern auch andere Gebäudeportfolios wie z. B. die Gebäudebestände des Bundes, der Länder und der Kommunen betreffen. Zum Bereich der Nichtwohngebäude ist generell anzumerken, dass hier die Komplexität auch bei den Einzelgebäuden (z. B. Gebäudetechnik moderner Bürobauten) häufig noch größere Anforderungen an die Planung und Qualitätssicherung stellt als bei Wohngebäuden.

Der Gedanke, den Anlass der Energieausweiserstellung mit einer Beratung zu verknüpfen¹³⁸ ist gleichwohl zur Ausnützung von „Synergieeffekten“ (die Gebäudedaten werden ohnehin erhoben und können daher auch zur Beratung ausgewertet werden) sinnvoll und richtig. Wesentlich ist in diesem Zusammenhang, dass dies nicht die einzige Möglichkeit der Energieberatung darstellt, dass also insgesamt eine **Vielfalt von Informations- und Beratungsangeboten** besteht, die der Eigentümer zu unterschiedlichen Anlässen nutzen kann. Verschiedene Ansätze, von der detaillierten Energieberatung mit Begehung im Vorfeld einer geplanten Gebäudemodernisierung über die Initialberatung durch einen Handwerker, bei der ein z. B. ohnehin bestehender Kontakt mit dem Hauseigentümer auch ohne konkrete Modernisierungsabsicht zur Information genutzt wird, bis hin zu öffentlichen Beratungsstellen z. B. bei den Verbraucherzentralen, sind hier zu nennen. Auch Internetportale und Informationsbroschüren für die Hauseigentümer und Gebäudenutzer können eine wichtige Rolle spielen. Es ist davon auszugehen, dass dieses Portfolio der Informations- und Beratungsangebote einer weiteren Stärkung bedarf, wenn das Ziel einer erheblich erhöhten Qualität der Wärmeschutz- und Wärmeversorgungsmaßnahmen und einer erheblichen Steigerung der Modernisierungsraten erreicht werden soll. Wo hier Schwerpunkte zu setzen sind, bedarf einer genaueren Analyse und auch der Erfahrung mit der Wirkung der Instrumente (vgl. [Stieß 2012]). Dabei sind unterschiedliche Ziele zu verfolgen: So geht es einerseits darum, Bauherren, die schon zur Durchführung von Energiesparmaßnahmen entschlossen sind, kompetent zu beraten, in anderen Fällen und mit anderen Instrumenten müssen zunächst einmal Anstöße und Motivationen geliefert werden, die Option der energetischen Modernisierung oder des energieeffizienten Neubaus überhaupt ins Blickfeld zu nehmen und die verschiedenen Möglichkeiten kennenzulernen¹³⁹.

Innerhalb der notwendigen großen Breite des Informationsangebots¹⁴⁰ erscheint es dabei sinnvoll, besondere Anlässe und Situationen gezielt ins Blickfeld zu nehmen. Bereits existierende Marktmechanismen und Transaktionen sollten so weit wie möglich auch dazu genutzt werden, Informationsvermittlung und Beratung anzukoppeln (z. B. Energiekostenabrechnung, Vermietung, Verkauf oder Vererbung, Finanzierung). Die für die energetische Moder-

¹³⁸ Dies ist in der EU-Richtlinie [EPBD 2002] und in der Energieeinsparverordnung seit 2007 [EnEV 2007, EnEV 2009] vorgesehen.

¹³⁹ Auch z. B. Probleme und Schwierigkeiten, die bei der energetischen Modernisierung auftreten können, sind dabei zu benennen und Lösungsmöglichkeiten aufzuzeigen.

¹⁴⁰ Im weiteren Sinne gehören hierzu auch Werbemaßnahmen zur Motivation der Hauseigentümer und Gebäudenutzer (wie z. B. innerhalb der Kampagne „Klima sucht Schutz“, www.klima-sucht-schutz.de). Eine verstärkte Öffentlichkeitsarbeit sollte neben dem Umwelt- und Klimaschutz und der Heizkostensparnis (hier auch der Versicherung gegen steigende Energiepreise) weitere Aspekte wie die thermische Behaglichkeit und die generelle Aufwertung der Gebäude berücksichtigen und konkrete positive Erfahrungen von Eigentümern und Bewohnern aufgreifen.

nisierung günstigen Momente wie ohnehin stattfindende Instandsetzungen und Renovierungen, zeitweiser Leerstand oder Bewohnerwechsel sollten nicht verpasst werden. Nichtprofessionelle Gebäudeeigentümer treffen Entscheidungen über Modernisierungen oft in einem kurzen Zeitfenster. Daher müssen verschiedene schnelle, auf die Situation zugeschnittene Zugänge zu Informationen bereitstehen.

Als ein Beispiel für einen bisher nicht ausreichend genutzten Weg der Informationsvermittlung ist die jährliche Energie- und Heizkostenabrechnung durch Energieversorger bzw. Abrechnungsunternehmen zu nennen. Die an die Hauseigentümer und Mieter gelieferten Unterlagen sind uneinheitlich und häufig schwer verständlich. Durch eine **transparente Energie- und Heizkostenabrechnung** könnte die Chance genutzt werden, einen Großteil der Hauseigentümer und Mieter in Deutschland mit jährlich aktuellen Informationen über den Energieverbrauch des Gebäudes und der Wohnung inklusive der zeitlichen Entwicklung in den vergangenen Jahren und aktuellen Vergleichswerten (z. B. Durchschnittsverbräuche vergleichbarer Gebäudekategorien) zu versorgen¹⁴¹.

Für die energetische Bewertung von Gebäuden sind Basisinformationen über Wärmeschutz und Wärmeversorgung notwendig. Ein wichtiger Schritt zur Verbesserung der Markttransparenz könnte in der Einführung einer **einheitlichen Dokumentation der wichtigsten energetischen Merkmale** von Gebäude und Wärmeversorgungstechnik bestehen. Hier geht es darum, die wesentlichen Eigenschaften der Gebäudehülle und des Heizsystems in wenigen relevanten Merkmalen zu erfassen. Betroffen sind neben Basisdaten über das Gebäude (Zahl der Wohnungen, Wohnfläche, Etagenzahl) der Fenstertyp, Informationen über vorhandene Dämmung von Außenwänden, Dach/Obergeschossdecke, und Fußboden/Kellerdecke, die Art des Heizsystems (Energieträger, Heizungsart (z. B. Zentralheizung), Typ und Baualter des Wärmeerzeugers, Alter und Dämmstandard der Verteilungen, Information über ergänzende Solaranlagen). Mit wenigen Parametern ließen sich so die wichtigsten Eigenschaften der energetischen Qualität dokumentieren und in verschiedenen Anwendungssituationen nutzen. Gleichzeitig handelt es sich um Informationen, die auch von Nicht-Fachleuten, insbesondere vom Hauseigentümer selbst, weitgehend verstanden und selbst erhoben werden können. Sie erlauben – anders als z. B. die Ergebniswerte einer energetischen Gesamtanalyse – eine differenzierte Einschätzung der Stärken und Schwächen des Gebäudes. Gleichzeitig wird es möglich, Energiekennwerte auf Plausibilität zu testen, dies kann z. B. für Fördermittelgeber relevant sein. Eine weitere Anwendung besteht darin, mit den vorhandenen Informationen je nach Kontext unterschiedliche Bewertungsmaßstäbe zu betrachten. Beispielsweise wurde vom IWU für die energetische Bewertung von Gebäuden in Mietspiegeln ein Punktesystem erstellt, welches auf entsprechenden Basisinformationen über Wär-

¹⁴¹ Siehe auch [Loga 2005]. Für Erdgas und Strom ist die Einführung von Vergleichswerten im Energiewirtschaftsgesetz (§40) bereits grundsätzlich geregelt [EnWG 2012].

meschutz und Wärmeversorgung aufbaut [Knissel et al. 2010a,b]. Schließlich könnte eine Dokumentation des aktuellen Zustands der Gebäude auch eine wichtige, z. B. bei Stichprobenerhebungen zu nutzende Informationsquelle für das notwendige Monitoring der Fortschritte bei der energetischen Modernisierung des deutschen Gebäudebestandes darstellen. Die Einführung der beschriebenen einfachen Form der Gebäudedokumentation kann einerseits unabhängig vom Energieausweis betrachtet werden, andererseits könnte es sich hier auch um ein verbindendes Element von Energiebedarfs- und Energieverbrauchsausweis handeln: Für den Bedarfsausweis müssen die notwendigen Daten ohnehin erhoben werden¹⁴² und auch beim Verbrauchsausweis müssen entsprechende Informationen z. B. vom Eigentümer abgefragt werden, damit überhaupt sinnvolle Beratungshinweise in den Ausweis eingetragen werden können.

¹⁴² Bei der Erstellung des Energiebedarfsausweises fallen noch weit mehr und detailliertere Informationen an, deren Dokumentation für den Hauseigentümer ebenfalls eine wichtige Aufgabe darstellt – z. B. als differenzierte Grundlage für spätere Modernisierungsvorhaben.

10 Investor-Nutzer-Problematik: Fragestellung und Lösungsansätze im Überblick

Bei selbstgenutzten Gebäuden profitiert der Eigentümer direkt von energiesparenden Investitionen in Form der zukünftig eingesparten Energiekosten (Investor-Nutzer-Identität). Bei vermieteten Gebäuden muss der Investor (also der Gebäudeeigentümer bzw. Vermieter) die Energiesparinvestitionen tragen, während der Nutzer (also der Bewohner bzw. Mieter) von den Energiekosteneinsparungen profitiert. Die Investor-Nutzer-Identität wird somit im vermieteten Bestand aufgelöst. Der Vermieter wird für nicht preisgebundenen Wohnraum versuchen, zur Refinanzierung seiner Investitionen eine Erhöhung der Kaltmiete vorzunehmen und ist dabei an mietrechtliche Rahmenbedingungen und Grenzen gebunden.

Im Anschluss an eine Modernisierung gibt es bei bestehenden Mietverträgen für die Vermieter zwei Möglichkeiten die Miete zu erhöhen:

- Mieterhöhung nach § 559 BGB: 11 % der umlagefähigen Modernisierungskosten können auf die Jahresnettomiete umgelegt werden.
- Mieterhöhung nach § 558 BGB: Mieterhöhung bis zur ortsüblichen Vergleichsmiete.

Ob es zu einem fairen Interessenaustausch zwischen Vermieter und Mieter kommt, oder ob die Beziehung zwischen Vermieter und Mieter durch das sogenannte „Investor-Nutzer-Dilemma“ gekennzeichnet ist, hängt im Wesentlichen vom Ausmaß der Mieterhöhung (im Verhältnis zur Energiekosteneinsparung der Mieter) und der Dauerhaftigkeit des zusätzlichen Mietertrags ab:

1. Das Ausmaß der Mieterhöhung wird durch mietrechtliche Bestimmungen und die Zahlungsfähigkeit der Mieter begrenzt. Wird eine Mieterhöhung nach § 559 BGB vorgenommen, orientiert sich ihr möglicher Betrag an den sog. umlagefähigen Modernisierungskosten. Wird die Mieterhöhung nach § 558 vorgenommen, orientiert sie sich an dem im Mietspiegel ausgewiesenen Zuschlag für energetisch modernisierte Gebäude. Sie hängt dann außerdem davon ab, inwieweit die ortsüblichen Vergleichsmiete vor Modernisierung unterschritten wurde.
2. Modernisierungsbedingte zusätzliche Mieteinnahmen zur Refinanzierung der energiesparenden Investitionen ergeben sich aus der Differenz zwischen den Mieteinnahmen des nicht modernisierten und des energetisch modernisierten Gebäudes. Ob diese zusätzlichen Mieteinnahmen dauerhaft erzielt werden können, wird in erster Li-

nie davon bestimmt, ob der Markt grundsätzlich zwischen energetisch modernisierten Gebäuden mit relativ geringen Energiekosten und energetisch nicht modernisierten Gebäuden mit relativ hohen Energiekosten unterscheidet. Diese Frage spielt insbesondere im Hinblick auf die örtlichen Mietspiegel eine wichtige Rolle. Ohne energetische Differenzierung wird bei Mieterhöhungen nach § 559 BGB der modernisierungsbedingte zusätzliche Mietertrag durch den inflationsbedingten Anstieg der ortsüblichen Vergleichsmiete im Zeitverlauf „aufgezehrt“. Die zusätzlichen Mieteinnahmen können nicht dauerhaft erzielt werden.

In der Diskussion um die Erreichung ambitionierter Energiespar- und Klimaschutzziele wird die Verbesserung der mietrechtlichen Rahmenbedingungen als ein wichtiger Bestandteil des vorstellbaren Instrumentenbündels aus ordnungsrechtlichen, ökonomischen und sonstigen Maßnahmen angesehen.

Die in der Fachöffentlichkeit diskutierten Vorschläge zur Verbesserung der mietrechtlichen Rahmenbedingungen betreffen dabei – wie oben skizziert – in erster Linie das Ausmaß der Mieterhöhung und/oder die Dauerhaftigkeit des zusätzlichen Mietertrages. Daneben werden auch Vorschläge gemacht, die sonstige miet- oder eigentumsrechtliche Hemmnisse betreffen, aber an dieser Stelle nicht weitergehend behandelt werden. Dazu zählen zum Beispiel¹⁴³ Ansätze zur Neuregelung des Rechtes der Duldung von Erhaltungs- und Modernisierungsmaßnahmen¹⁴⁴, zum Wärmelieferungscontracting¹⁴⁵ sowie zum Beschluss über energetische Modernisierungen bei Eigentümergemeinschaften¹⁴⁶.

Einige Vorschläge, die an der Dauerhaftigkeit des zusätzlichen Mietertrages bzw. am Ausmaß der Mieterhöhung ansetzen, werden im Folgenden diskutiert:

Ausweis energetischer Differenzierungsmerkmale in Mietspiegeln:

Als Teil der Beschaffenheit kann auch die energetische Qualität in die ortsübliche Vergleichsmiete integriert werden. Hier wird die Miete, die am Markt für energetisch modernisier-

¹⁴³ Siehe [IFS 2012]

¹⁴⁴ Referentenentwurf des BMJ vom Oktober 2011 mit Regelungen zu §§ 555a bis 555f BGB

¹⁴⁵ in § 556c BGB im Referentenentwurf des BMJ vom Oktober 2011

¹⁴⁶ Änderungen an § 22 WEG Abs. 2 Wohnungseigentumsgesetz (WEG), wonach energetische Modernisierungen von drei Vierteln aller stimmberechtigten Wohnungseigentümer und mehr als der Hälfte aller Miteigentumsanteile beschlossen werden müssen.

te Gebäude bezahlt wird, empirisch beobachtet und explizit im Mietspiegel ausgewiesen. Nur wenn ein Mietspiegel energetische Differenzierungsmerkmale enthält, kann dieses Merkmal im Rahmen des durch den Mietspiegel gesteuerten Preismechanismus auch Berücksichtigung finden. Dort, wo dies nicht der Fall ist, kann der – objektiv vorhandene und insbesondere für den Mieter anhand der Energiekosten spürbare – Unterschied zwischen Gebäuden mit hohem und niedrigem Energieverbrauch nicht berücksichtigt werden. In der Praxis kann dies dazu führen, dass der Interessenausgleich zwischen Mieter und Vermieter behindert wird und auf diese Weise eine eigentlich sinnvolle Investition, von der beide profitieren könnten unterbleibt, weil der Mietspiegelmechanismus ohne energetische Kriterien keine angemessene Refinanzierung erlaubt [Enseling et al. 2011].

Dieser vom IWU entwickelte und bereits in die Praxis umgesetzte Vorschlag führt zu sachgerechteren ortsüblichen Vergleichsmieten. Als Nebeneffekt wird hierdurch auch eine Verbesserung der Refinanzierung von energetischen Modernisierungen erreicht, da der zusätzliche Mietertrag dauerhaft erhalten bleibt. Die Ausweisung energetischer Differenzierungsmerkmale im Mietspiegel ist damit sowohl für Vermieter als auch für Mieter vorteilhaft. Investitionsbereite Vermieter haben die Möglichkeit, den erhöhten Wohnwert mietrechtlich gesichert (nach § 558 BGB) dauerhaft preislich geltend zu machen, während andererseits die Mieter schlechter gedämmter Wohnungen nur den dem schlechteren Wohnwert entsprechenden niedrigeren Preis zahlen müssen [Knissel et al. 2010a,b].

Zwar werden energetische Differenzierungsmerkmale schon vielfach in verschiedenen Mietspiegeln berücksichtigt, allerdings häufig nur punktuell und ohne die energetische Qualität der Gebäude umfassend wiedergeben zu können [Knissel et al. 2010a,b]. Neben der Verbreitung, die nicht zuletzt von den kommunalen Entscheidungsträgern abhängt, besteht die Aufgabe auch in der Weiterentwicklung energetisch differenzierter Mietspiegel.

Ausweis eines separaten Zuschlags zur Miete:

Auch dieser Vorschlag stellt die Dauerhaftigkeit der zusätzlichen Mieterträge in den Vordergrund. Die Nettokaltmiete wird dabei aufgeteilt in eine Grundmiete (vor Modernisierung) und einen modernisierungsbedingten Zuschlag. Der Zuschlag wird weiterhin in Anlehnung an § 559 BGB auf Kostenbasis berechnet oder an die Zahlungsfähigkeit der Mieter angepasst. Die Grundmiete kann nach § 558 sofort weiter an die Vergleichsmiete angepasst werden. Ein solcher Zuschlag könnte nicht nur für energetische Modernisierungen, sondern prinzipiell für alle Modernisierungsmaßnahmen eingeführt werden [Neitzel et al. 2011]. In einer Variante wird auch ein zeitlich befristeter Zuschlag diskutiert [Enseling et al. 2012].

Der Vorschlag eines Zuschlags auf die Miete, der insbesondere im Zusammenhang mit Mieterhöhungen nach §558 wirksam wäre, verbessert die Refinanzierungssituation für energetische Modernisierungen, da die ausgewiesenen Zuschläge dauerhaft oder zumindest über mehrere Jahre erhalten bleiben und nicht durch den inflationsbedingten Anstieg der

Vergleichsmieten aufgezehrt werden. Ein solcher Zuschlag wäre auch in Märkten mit unterschiedlichem Anstieg der Mieten wirksam. Ob es für die Mieter dadurch zu einer Warmmietensteigerung kommt, hängt von der Höhe des Zuschlags ab. Orientiert man sich bei der Festlegung des Modernisierungsanteils am Kopplungsprinzip, ist für energetische Modernisierungen nach EnEV zu erwarten, dass der Zuschlag in etwa der Energiekosteneinsparung der Mieter im Jahr der Maßnahme entspricht. Orientiert man sich an den wohnungswirtschaftlich üblichen Modernisierungsanteilen, resultieren daraus höhere Zuschläge, die in der Regel dauerhaft nicht mehr warmmietenneutral sind. Die Höhe des Zuschlags ist also eine offene Frage, diese Festlegung wäre ein bisher nicht üblicher normativer Eingriff in das Mietspiegelsystem und in dieser Hinsicht ein Systembruch. Auch die Frage der Berücksichtigung regionaler Unterschiede im Mietniveau ist dabei noch ungeklärt.

Begrenzung der Mietumlage nach § 559 BGB auf das Doppelte der Energieeinsparung:

Dieser Vorschlag zielt auf das Ausmaß der Mieterhöhung nach § 559 BGB ab. Die Umlage richtet sich für energetische Modernisierungen nicht nach dem Modernisierungsanteil der investiven Kosten sondern nach der erreichten Energieeinsparung. Die Mieterhöhung ist dabei maximal doppelt so groß, wie die anfängliche Energiekostensparnis [Neitzel et al. 2011].

Die Umlage nach § 559 BGB wird unabhängig von Instandsetzungsanteilen bestimmt und fällt dadurch unter Umständen höher aus als nach der bisherigen Regelung, kann aber auch geringer sein. Im ersten Fall wird die Refinanzierbarkeit verbessert, die Dauerhaftigkeit der zusätzlichen Mieterträge aber nicht sichergestellt. Bei der Berechnung der Umlage müsste sichergestellt werden, dass die berechneten Energieeinsparungen auch tatsächlich erzielt werden können. Dazu wäre die Problematik des dahinter stehenden Energiebilanzverfahrens und der Berechnungsparameter (räumliche und zeitliche Teilbeheizung, Raumtemperatur vor und nach Modernisierung) zu klären.

Pauschalisierungsregelung für den Abzug von Instandsetzungsaufwendungen nach § 559 BGB

Dieser Vorschlag zielt auf das Ausmaß der Mieterhöhung nach § 559 BGB, wobei er die Rechtssicherheit für den Vermieter in den Vordergrund stellt. Im Grundsatz geht es um die Vereinfachung der Berechnung der rechtlich zulässigen Umlage nach § 559 BGB durch eine Pauschalisierung der Instandsetzungsanteile anstelle von einzelfallabhängiger Berechnung [Neitzel et al. 2011].

Zur Durchführung des Vorschlags müsste ein System pauschaler Sätze etabliert und im Zeitverlauf angepasst werden. Je nach Höhe der pauschalen Instandsetzungsanteile sind höhere Umlagen möglich, die Dauerhaftigkeit des zusätzlichen Mietertrags wird jedoch nicht

sichergestellt. Die Bestimmung der Pauschalsätze für Modernisierungs- bzw. Instandsetzungsanteile wirft ungeklärte Fragen auf.

Aufhebung der Anrechenbarkeit von Fördermitteln

Nach geltendem Mietrecht müssen öffentliche Fördermittel vor Berechnung der Umlage nach § 559 BGB in Abzug gebracht werden. Wenn z. B. Zuschüsse der KfW nicht mehr abgezogen werden müssten, erhöht sich die Umlage nach § 559 BGB und die Refinanzierbarkeit wird verbessert [Neitzel et al. 2011].

Der positive Refinanzierungseffekt hängt von der Höhe der gewährten Fördermittel ab. Mit dem Vorschlag wird die Dauerhaftigkeit des zusätzlichen Mietertrags nicht sichergestellt, das ungünstige Mietverlaufsmodell bleibt hier grundsätzlich bestehen. Staatliche Förderung wird jedoch nicht mehr an die Mieter, die andererseits über Mieterhöhungen für die Finanzierung der Energiesparmaßnahmen aufkommen, weitergegeben. Besonders problematisch erscheint dies z. B. in Situationen, in denen Fördermittel gezielt auch dazu beitragen sollen, Warmmietensteigerungen für Haushalte mit niedrigem Einkommen zu verhindern oder abzumildern (vgl. Kapitel 11.5).

Insgesamt ist festzuhalten, dass verschiedene Vorschläge und Ansätze für eine Verbesserung der Refinanzierung von Energiesparmaßnahmen im Mietwohnungsbestand existieren, die zum Teil noch Probleme oder ungeklärte Fragen aufwerfen. Die Berücksichtigung energetischer Differenzierungsmerkmale in Mietspiegeln nimmt hier insofern eine Sonderstellung ein, als es sich dabei um eine Maßnahme handelt, die ohne normative Eingriffe und Gesetzesänderungen unmittelbar durchführbar und auch schon in Anwendungen erprobt ist. Sie steht im Einklang mit dem existierenden Mietspiegelmechanismus und stellt für diesen – ganz unabhängig vom dem Ziel der Energieeinsparung – eine auch wohnungswirtschaftlich sinnvolle Verbesserung dar, da sie zu einer differenzierteren Abbildung der Wohnungsbestände im Vergleichsmietensystem führt.

11 Konzepte für Haushalte mit niedrigem Einkommen

11.1 Problemstellung

Sowohl vorgezogene energetische Sanierungen als auch Energiepreiserhöhungen, z. B. in Folge der in Kapitel 8 untersuchten Energieabgabe, belasten Haushalte mit niedrigem Einkommen besonders. Aus diesem Grund wird diese Gruppe im nun folgenden Kapitel vertieft betrachtet. Um welche Teilgruppen bzw. Transferleistungssysteme es hierbei geht, wird in Abschnitt 11.2 dargestellt. Für sie ist deshalb zu eruieren, welche Möglichkeiten die öffentliche Hand besitzt bzw. zu welchen Maßnahmen sie im bestehenden System gezwungen ist, um die entstehenden Nachteile zu kompensieren. Hierauf geht Abschnitt 11.3 ein. Eine wichtige Frage ist dabei, welche finanziellen Folgen dies für die öffentliche Hand hat.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass für die soziale Absicherung des Wohnens bereits umfangreiche staatliche Unterstützungssysteme für den Niedrigeinkommensbereich bestehen. In Abschnitt 11.4 werden diese Transferleistungssysteme auf die Frage hin analysiert, ob die staatlichen Unterstützungssysteme Anreize zum Energiesparen setzen und wie sie modifiziert werden können, um auch hier zur Erreichung der Klimaschutzziele beizutragen. Abschnitt 11.5 widmet sich analog der Frage, ob damit ein Anreiz oder Fehlanreiz für eine energetische Sanierung von Gebäuden verbunden ist. Dabei werden mögliche Ansätze für anreizkompatible Modifikationen diskutiert.

11.2 Definition der Haushalte mit niedrigem Einkommen

Die Definition des Niedrigeinkommenssektors folgt hier dem EU-Kriterium „Armutrisiko“, welches bei 60 % des Medians des äquivalenzgewichteten Haushaltsnettoeinkommens liegt¹⁴⁷.

Haushalte mit niedrigem Einkommen werden im Folgenden modellhaft in drei Gruppen eingeteilt:

- Empfänger von Grundsicherungsleistungen (ca. 4 Mio. Haushalte)
- Empfänger von Wohngeld (ca. 1 Mio. Haushalte)
- andere Bezieher niedriger Einkommen (ca. 2,7 Mio. Haushalte)

Zum Niedrigeinkommenssektor zählen in Deutschland also ungefähr 7,7 Mio. Haushalte¹⁴⁸.

¹⁴⁷ Neue Definition der OECD

¹⁴⁸ Vgl. [Jacobs et al. 2009, Bundestag 2010] Die auf 2007 bezogenen Zahlen wurden hier überschlägig korrigiert, da sich durch die Ausweitung des Wohngeldbezugs das Verhältnis zwischen Wohngeld-

Da Energiepreissteigerungen auch über die Transferleistungssysteme abgepuffert werden oder abgepuffert werden können, ist es sinnvoll, sich zunächst das bestehende System zu betrachten, bevor die Frage nach der Kompensation von Mehrbelastungen gestellt wird. Gleichzeitig ist die Betrachtung der Transferleistungssysteme notwendig, um die Frage nach den richtigen Anreizen zum energetischen Sanieren und zum Energiesparen zu stellen.

Empfänger von Grundsicherungsleistungen

Empfänger von Grundsicherungsleistungen haben weniger eigenes Einkommen als das soziokulturelle Existenzminimum. Der Sozialstaat sichert das Existenzminimum durch direkte Transfers. Durch Zuverdienstregelungen, welche Anreize zur Arbeitsaufnahme setzen, steht in der Praxis bei Teilen der Gruppe dann ein Einkommen über dem Existenzminimum zur Verfügung. Die Unterscheidung nach den Rechtskreisen des SGB II (Grundsicherung für Arbeitssuchende, oft als „Hartz IV“ bezeichnet), des SGB XII (laufende Hilfe zum Lebensunterhalt sowie Grundsicherung im Alter und bei Erwerbsminderung) und des Asylbewerberleistungsgesetzes ist für genauere Analysen von Bedeutung, spielt im vorliegenden Kontext aber keine wesentliche Rolle. Insgesamt geht es um gut 4 Millionen Haushalte in Deutschland.

Empfänger von Grundsicherungsleistungen erhalten ihre tatsächlichen Wohn- und Heizkosten erstattet, solange diese angemessen sind¹⁴⁹. Die Leistungen werden als Kosten der Unterkunft (KDU) bzw. Kosten der Heizung (KDH) bezeichnet. Sie werden im Regelfall einem Haushalt oder einem Teil eines Haushalts zugesprochen¹⁵⁰. Die Angemessenheitsgrenzen werden von den örtlichen Trägern (in der Regel auf Ebene der Landkreise bzw. kreisfreien Städte) festgelegt. Bedarfsgemeinschaften mit Wohnkosten unterhalb der Angemessenheitsgrenze erhalten nur die tatsächlichen Kosten. Bedarfsgemeinschaften mit Wohnkosten oberhalb der Angemessenheitsgrenze wird in der Regel nach sechs Monaten Übernahme der tatsächlichen Kosten die Zahlung auf das Niveau der Angemessenheitsgrenze gekürzt.

Eigentümer, die Kosten der Unterkunft beziehen, erhalten zwar Zinsleistungen, aber keine Tilgungsleistungen. Die Zinsleistungen sind in Höhe der Angemessenheitsgrenze für Mieter gedeckelt, hier erfolgt also eine Gleichstellung von Mietern und Eigentümern. Investitionen in das Gebäude sind – auch durch die Restriktionen bei der Kreditvergabe – damit nahezu

beziehen (laut Jacobs et al: 0,7 Mio., tatsächlich 2010: 1 Mio. Haushalte) und sonstigen Haushalten im Niedrigeinkommensbereich verschoben hat.

¹⁴⁹ Vgl. § 22 SGB II

¹⁵⁰ Im SGB II orientiert sich der Bedarf an der Größe der so genannten Bedarfsgemeinschaft, im SGB XII an der Haushaltsgemeinschaft.

unmöglich. Allerdings wohnten 2009 auch nur 5 Prozent aller SGB-II-Bedarfsgemeinschaften im selbstgenutzten Wohneigentum.¹⁵¹ Aufgrund der traditionell größeren Flächen im Wohneigentum haben die Betroffenen im Falle eines längerfristigen Bezuges von Transferleistungen ohnehin Probleme, im Wohneigentum wohnen zu bleiben.

Empfänger von Wohngeld

Wohngeldbezieher verfügen in der Regel über ein Einkommen knapp über dem soziokulturellen Existenzminimum. Das Wohngeld dient der wirtschaftlichen Sicherung angemessenen und familiengerechten Wohnens von Haushalten, die entweder keinen Anspruch auf Grundsicherungsleistungen haben oder auf diese verzichten. Wohngeld unterliegt nicht der strengen Kontrolle der Sozialgerichte zur Sicherstellung des Existenzminimums, sondern ist eine freiwillige staatliche Leistung, die in der Vergangenheit mehrfach erhöht oder gesenkt wurde. Derzeit deckt sie bei den Wohngeldempfängerhaushalten im Mittel ca. ein Drittel der bruttokalten Wohnkosten ab.¹⁵² Zur Beurteilung des Mietniveaus ist Deutschland in sechs Wohngeldstufen unterteilt.

Beim Wohngeld handelt sich um eine pauschalierte staatliche Leistung, welche in Abhängigkeit von der Miethöhe, dem Einkommen und der Haushaltsgröße festgelegt wird. 2008 - 2010 gab es zusätzlich einen pauschalierten Zuschuss zu den Heizkosten. Die Tatsache, dass es sich beim Wohngeld um einen Zuschuss handelt und nicht um eine Übernahme der tatsächlichen Kosten, setzt Anreize zu einem sparsamen Wohn- und Heizverhalten.

In Deutschland gibt es ca. eine Million Haushalte, die Wohngeld beziehen.¹⁵³ Überproportionale 46 % (2008) davon sind Rentner, nur 38 % Erwerbstätige.¹⁵⁴ Unter letzteren sind viele Haushalte mit Kindern. Dadurch sind im Wohngeldbezug große und kleine Haushalte überproportional vertreten. 2009 handelte es sich um 91,2 % Mieterhaushalte (Mietzuschuss) und 8,8 % Eigentümerhaushalte (Lastenzuschuss).¹⁵⁵ Durch die geringe Höhe des Wohngeldes in den Grenzbereichen der Bezugsberechtigung wird das Wohngeld von zahlreichen berechtigten Haushalten nicht in Anspruch genommen.

¹⁵¹ [Bundestag 2010, S. 41]

¹⁵² [Bundestag 2010, S. 37]

¹⁵³ Vgl. hierzu Fußnote 148

¹⁵⁴ Vgl. [Bundestag 2010, S. 32]. Bei den Auswertungen zur sozialen Zusammensetzung ist zu beachten, dass die Wohngeldstatistik nur Informationen über den (Erwerbs-)Status der wohngeldberechtigten Person (d. h. der Person, die den Wohngeldantrag stellt) gibt. Der verbleibende Rest sind Arbeitslose, Studierende oder sonstige Nichterwerbspersonen.

¹⁵⁵ Vgl. [Bundestag 2010, S. 30]

Andere Bezieher niedriger Einkommen

Der Niedrigeinkommensbereich umfasst auch Haushalte, die weder Grundsicherung noch Wohngeld beziehen. Hierunter fallen zwei unterschiedliche Gruppen:

- Haushalte mit Einkommen unterhalb der Armutsrisikoschwelle, die keine Bezugsberechtigung für eine der beiden genannten Sozialleistungen haben (z. B. aufgrund von zu hohem Vermögen).
- Haushalte, die aufgrund eines geringen Leistungsanspruchs, der Kürze des Anspruchszeitraums, des Aufwandes der Beantragung oder persönliche Einstellungen ihren Leistungsanspruch nicht einlösen. Kirchner / Ulbrich / Guder¹⁵⁶ erheben anhand der Gebäude- und Wohnungsstichprobe (GWS) 1993 einen Anteil der Wohngeldbezieher an den Anspruchsberechtigten von 64 %. Bei der Grundsicherung errechnen Bruckmeier / Wiemers 2010 einen Wert von 59 %.¹⁵⁷

Die Gruppe der Haushalte im Niedrigeinkommensbereich, die weder Grundsicherung noch Wohngeld beziehen, besteht in Deutschland insgesamt aus etwa 2,7 Millionen Haushalten.¹⁵⁸ Auch hier dürfte es sich mehrheitlich um Mieter handeln. Allerdings bilden auch Rentner mit abbezahlten Immobilien und niedrigem Einkommen eine Gruppe, über die im Zusammenhang mit Energiepreissteigerungen und Sanierungsanreizen zu diskutieren ist.

Exkurs: Objektförderung

Die bisherigen Ausführungen zur Wohnraumversorgung von Beziehern niedriger Einkommen bezogen sich ausschließlich auf die Subjektförderung, d.h. auf die Förderung der Bedürftigen selbst. Daneben wird die Wohnraumversorgung für die Zielgruppe auch über die Objektförderung, d.h. durch die Förderung des Neubaus von Wohnungen mit Belegungsbindung („Sozialwohnungen“), durch den Ankauf von Belegungsbindungen und durch die Wohneigentumsförderung verbessert. Da es im Sozialwohnungsbestand auch zahlreiche Fehlbelegungen gibt und sich insbesondere die Wohneigentumsförderung an mittlere Einkommensgruppen wendet, ist die Objektförderung kein Instrument, welches ausschließlich Niedrigeinkommensbezieher anspricht.

Grundsätzlich lässt sich die soziale Wohnraumförderung mit energetischen Anforderungen koppeln. Hier ist jedoch – auch unter Berücksichtigung verwaltungstechnischer Abläufe – zu

¹⁵⁶ Vgl. [Kirchner et al. 2003, S 53]

¹⁵⁷ [Bruckmeier, Wiemers 2010]

¹⁵⁸ Vgl. hierzu Fußnote 148

fragen, ob eine Koppelung effizienter ist als eine separate Konzeption von zwei kombinierbaren Förderprogrammen mit den eigenen Zielrichtungen „Schaffung von Wohnraum“ und „Steigerung der energetischen Qualität“. Im Falle zusätzlicher energetischer Anforderungen im Rahmen schon bestehender Wohnungsbauförderungsprogramme leidet die Attraktivität des Programms, so dass der Fördermittelbedarf steigt, wenn die gleiche Resonanz wie vorher erzielt werden soll. Auf der anderen Seite ist aus energetischer Sicht zu vermeiden, dass insbesondere im Neubau Chancen zur Herstellung energetisch hochwertiger Gebäude nicht genutzt werden.

Die Wohnraumförderung ist inzwischen Ländersache und schließt teilweise – insbesondere im Bestand – auch energetische Anforderungen mit ein. Aus diesem Grund besteht eine große Vielfalt von Förderansätzen. In der vorliegenden Studie kann hierauf nicht im Detail eingegangen werden,¹⁵⁹ im Kontext von Kapitel 11.5 werden allerdings kurz verschiedene Ansatzmöglichkeiten genannt.

11.3 Auswirkungen von Energiepreissteigerungen auf Niedrigeinkommensbezieher

Im Folgenden werden Kompensationsmöglichkeiten für Energiepreissteigerungen dargestellt, zu denen die öffentliche Hand entweder ohnehin gezwungen ist oder die sie als Ausgleich einführen könnte. Als Beispiel dient hier die in Kapitel 8 untersuchte Energieabgabe.

Eine Differenzierung nach Mietern und Eigentümern ist an dieser Stelle nicht erforderlich. Eine Erhöhung der Energiepreise trifft beide Gruppen gleichermaßen. Gleichzeitig nützt die angestrebte Ausweitung der Energiesparförderung nicht nur Eigentümern, sondern auch Mietern, die in den unteren Einkommensgruppen deutlich in der Mehrzahl sind. Sie profitieren indirekt ebenfalls von Förderprogrammen, wenn diese von den Vermietern zur Durchführung sonst unterlassener Energiesparmaßnahmen genutzt werden bzw. wenn die durch die Energiesparinvestitionen verursachten Mieterhöhungen aufgrund der Fördermittel geringer ausfallen.

Empfänger von Grundsicherungsleistungen

Eine Erhöhung der Energiekosten durch eine Besteuerung findet ebenso wie eine normale Erhöhung der Preise am Markt sehr zeitnah, das heißt im Regelfall innerhalb von einem Jahr, ihren Niederschlag in den Angemessenheitsgrenzen. Empfänger von Grundsicherungsleistungen haben deshalb kein Problem mit einer Erhöhung der Energiekosten. Allerdings ergeben sich zwingend Kosten für die öffentliche Hand durch das höhere Volumen der zu erstattenden Kosten der Heizung, und zwar:

¹⁵⁹ Für einen Überblick siehe [v. Rohr et al. 2011] .

- direkt durch die Höhe der an jeden Leistungsberechtigten zu zahlenden Kosten der Heizung: Geht man in einer groben Überschlagsrechnung von einer mittleren Wohnfläche von 60 m² pro Haushalt, von 4 Millionen Haushalten, einem Endenergieverbrauch (z. B. Erdgas oder Heizöl) von 220 kWh/m²a¹⁶⁰ und 1,2 ct/kWh Zusatzkosten durch eine Energieabgabe aus, so ergeben sich ca. 630 Millionen Euro Zusatzkosten pro Jahr, die hauptsächlich von den Kommunen zu tragen wären und nach aktueller Regelung vom Bund bezuschusst werden.
- indirekt durch eine Erhöhung des Existenzminimums und die Tatsache, dass dann mehr Haushalte berechtigt sind, Grundsicherung zu erhalten. Dieser indirekte Effekt ist nur mit hohem Rechenaufwand quantifizierbar, zumal diese neuen Haushalte bereits Einkommen haben und deshalb nur zur Aufstockung Grundsicherungsleistungen erhalten. Die Kosten der indirekten Effekte dürften aber unter denen der direkten liegen. Sie können im Übrigen durch eine gleichzeitige Anpassung des Wohngeldes weitgehend vermieden werden (s. nächster Abschnitt).

Zu diskutieren ist also vor allem, wie die Heizkosten von Transferleistungsempfängern gesenkt werden können. Hierauf wird in Abschnitt 11.4 noch vertieft eingegangen.

Empfänger von Wohngeld und andere Bezieher niedriger Einkommen

Beim Wohngeld handelt es sich um einen Zuschuss und nicht um eine Übernahme der tatsächlichen Kosten. Da diese Leistung bessere Anreize zum Energiesparen setzt als das System der Grundsicherung, ist sie prinzipiell gut geeignet, um entstehende Nachteile durch höhere Energiepreise abzupuffern, ohne dass damit ein neues Transferleistungssystem geschaffen würde. Würde im Zuge der diskutierten Energieabgabe das Wohngeld erhöht und der Kreis der Anspruchsberechtigten ausgedehnt, so ist davon auszugehen, dass weitere Haushalte im Niedrigeinkommensbereich einen Leistungsanspruch realisieren und mehr Haushalte, die bislang ihren Wohngeldanspruch nicht abrufen, dies in Zukunft tun werden. Die genaue Höhe der notwendigen Leistungen kann nicht beziffert werden, zumal hier erhebliche politische Gestaltungsspielräume bestehen. Geht man von einer vollständigen Kompensation der Energiepreissteigerungen für die bisherigen rund 1 Millionen Wohngeldempfänger aus, so ergeben sich bei Ansatz von wiederum 60 m² Wohnfläche/Haushalt, einem Energieverbrauch von 220 kWh/m²a und einer zusätzlichen Belastung durch die Energieabgabe von 1,2 ct / kWh Gesamtkosten von rund 160 Mio. Euro. Nimmt man andererseits zur Abschätzung einer oberen Kostengrenze an, dass die Kompensation der Zusatzkosten für

¹⁶⁰ Hier wurde zur Vorsicht ein überdurchschnittlicher Verbrauch angesetzt, die entstehenden Kosten werden also eher überschätzt.

alle 3,7 Millionen Haushalte (inklusive der sonstigen Bezieher von Niedrigeinkommen) erfolgt, so ergibt sich ein Betrag von ca. 590 Mio. Euro.

Die geschätzte Belastung der öffentlichen Hand in Form einer Erhöhung der Sozialleistungen in Folge der Energieabgabe bewegt sich damit insgesamt (zuzüglich den oben genannten 630 Mio. € für die Grundleistungsempfänger) in einem Bereich von etwa 800 Mio. Euro bis 1,2 Mrd. Euro. Diese Beträge liegen gleichzeitig in der Größenordnung der staatlichen Mittel, die zuletzt jährlich für die Finanzierung der Förderprogramme zur Energieeinsparung in den deutschen Wohngebäuden aufgebracht wurden¹⁶¹. Diese Mittel würden durch die Finanzierung der Energiesparförderung über die Energieabgabe frei werden.

Haushalte jenseits des Niedrigeinkommensektors

Selbstverständlich treffen höhere Energiepreise auch Haushalte mit Einkommen oberhalb der Berechtigung zum Transferleistungsbezug. Hier ist zunächst einmal generell davon auszugehen, dass eine Abgabe, welche sich in der Höhe üblicher Marktschwankungen bewegt, tragbar ist. Zu beachten ist allerdings, dass die Energieabgabe in ihrer unmittelbaren Wirkung einen regressiven Verteilungseffekt¹⁶² bewirkt, da wohlhabende Haushalte einen geringeren Anteil ihres Haushaltseinkommens für Heizkosten aufwenden müssen als Bezieher von niedrigeren Einkommen.

Eine IWU-Auswertung des Mikrozensus ergab den erwarteten Zusammenhang, dass die absoluten Heizkosten mit zunehmendem Haushaltseinkommen¹⁶³ steigen. Unklarer waren die Erwartungen bezüglich der Heizkosten pro Quadratmeter. Auf der einen Seite stand die Hypothese: Bezieher niedrigerer Einkommen leben in energetisch schlechteren Wohnungen. Auf der anderen Seite stand die Hypothese: Haushalte mit hohen Einkommen leben in energetisch weniger sparsamen Gebäudekubaturen und haben aufgrund der für sie finanziell weniger relevanten Sparpotenziale keinen Anreiz zum sparsamen Heizen. Abbildung 32 zeigt auf der Basis von Daten aus der Mikrozensus-Zusatzerhebung Wohnen 2006 in der rechten Graphik, dass sich die durchschnittlichen, auf die Wohnfläche bezogenen Heizkosten verschiedener Einkommensgruppen weitgehend in einem relativ engen Bereich bewegen (hier: etwa 1,15 – 1,30 €/m² bei 1-Personen-Haushalten). Der zentrale Faktor für die Höhe von absoluten Heizkosten ist also die Wohnfläche. Sie steigt mit zunehmendem Haushaltseinkommen an, allerdings unterproportional. In der Folge sinkt der Anteil der Heizkosten

¹⁶¹ Vergleiche Fußnote 91 auf S. 100.

¹⁶² Dies bedeutet, dass niedrige Einkommen relativ zur Einkommenshöhe stärker belastet werden als hohe Einkommen.

¹⁶³ Verwendet wurden die Intervallmitten der Mikrozensus erfragten Intervalle.

am Haushaltseinkommen mit zunehmendem Einkommen und eine Erhöhung der Energiepreise, u.a. auch durch eine Energieabgabe, bewirkt einen regressiven Verteilungseffekt.

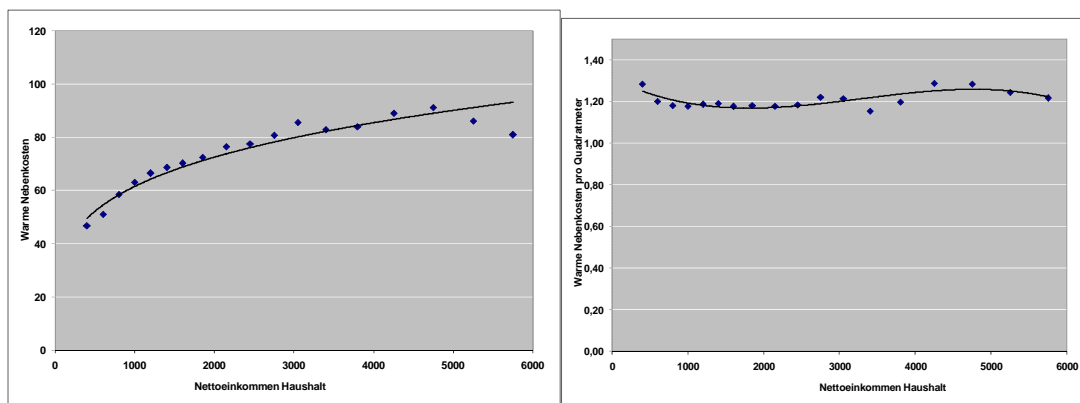


Abbildung 32: Zusammenhang zwischen Haushaltseinkommen und absoluten (links) bzw. quadratemeterbezogenen (rechts) Heizkosten bei 1-Personen- Haushalten (Angaben in Euro pro Monat)

Allerdings ist die Lastenverteilung zwischen hohen und niedrigen Einkommen eine grundsätzliche Fragestellung, die von vielen Faktoren abhängt (Entwicklung der Löhne und Einkommen, Lebenshaltungskosten, Lohn- und Einkommenssteuer, Umsatzsteuer und weitere Steuern und Abgaben) und in einem übergeordneten Zusammenhang diskutiert werden muss. Die hier betrachtete Energieabgabe wäre in diesem Kontext mit zu berücksichtigen, von ihrer Höhe her ist sie aber sicherlich nicht von ausschlaggebender Bedeutung.

Darüber hinaus sind neben den zusätzlichen Belastungen auch die positiven Effekte der Energieabgabe und eines daran gekoppelten Förderprogramms zu berücksichtigen. Diese liegen in einer verstärkten Minderung des Energieverbrauchs und somit beispielsweise auch einer Absicherung gegenüber dem Marktrisiko künftiger Energiepreissteigerungen. Der zunächst einmal regressiven Wirkung der Energieabgabe steht also – wenn eine annähernd gleichmäßige Verteilung der Fördermittel und der Maßnahmendurchführung im gesamten Gebäudebestand erreicht werden kann – an dieser Stelle ein umgekehrter (redistributiver) Verteilungseffekt gegenüber.

Dabei ist zu beachten, dass das in Kapitel 8 im Zusammenhang mit der Energieabgabe diskutierte Förderprogramm nicht nur selbstnutzende Eigentümer anspricht, sondern auch Eigentümer von vermieteten Wohnungen. Da Investitionen, die durch Fördermittel finanziert wurden, nach § 559a BGB nicht auf die Mieterhöhung infolge von Modernisierung aufgeschlagen werden dürfen, sorgt das Förderprogramm auch dafür, dass Investitionen in die energetische Sanierung nicht bzw. in geringerem Umfang auf die Mieter durchschlagen.

Zwar ist auch wahrscheinlich, dass die ortsübliche Vergleichsmiete infolge von Sanierungen steigt und damit Mieterhöhungen nach § 558 BGB möglich werden. Allerdings preist diese – durch die Erstellung energetisch differenzierter Mietspiegel geförderte – Entwicklung die tatsächliche Zahlungsbereitschaft von Mietern für energetisch sanierte Immobilien mit ein. Insofern erreicht das Förderprogramm die ganze Bevölkerung und nicht nur die Eigentümer. Steigenden Energiepreisen stehen somit auch geringere Energiebedarfe und eine Förderung gegenüber, wobei letztere entweder dem selbst nutzenden Eigentümer direkt zugute kommt oder nicht auf die Miete umgelegt werden darf.

11.4 Bewertung von Anreizen zum energiesparenden Nutzerverhalten in den Transferleistungssystemen

Vor dem Hintergrund der Frage, wie Energiepreissteigerungen durch die Transferleistungssysteme abgepuffert werden können, ist auch zu analysieren, inwiefern die staatlichen Unterstützungssysteme Anreize zum Energiesparen setzen und wie sie ggf. modifiziert werden können, um auch hier zur Erreichung der Klimaschutzziele beizutragen. Eine Differenzierung nach Mietern und Eigentümern ist hier nicht notwendig.

Grundsicherungsleistungen

Bei den Heizkosten fällt den Grundsicherungsträgern eine Deckelung der Zahlungen bis zu einer Angemessenheitsgrenze – wie sie bei den Unterkunftskosten üblich ist – schwer. In der Praxis wird häufig die rechte Spalte des kommunalen oder bundesweiten Heizkostenspiegels der Firma co2online – und damit ein sehr hoher Wert – angewandt.¹⁶⁴ Diese Regelung schafft nur für Leistungsbezieher oberhalb der Werte des Heizkostenspiegels einen Anreiz zum energiesparenden Nutzerverhalten. Insbesondere für Bewohner von Wohnungen unterhalb des Flächenrichtwerts oder für Bewohner energetisch sanierter Wohnungen entsteht damit ein Fehlanreiz – es werden die tatsächlichen Heizkosten bezahlt.

Eine erste Lösung zu Verringerung des Fehlanreizes bestünde darin, dass für energetisch sanierte Wohnungen niedrigere Angemessenheitsgrenzen gelten. Die dafür erforderliche Differenzierung der Angemessenheitsgrenzen scheitert bislang aber an den Sozialgerichten. Das Bundessozialgericht hat bislang gebäude- oder wohnungsspezifische Angemessenheitsgrenzen der Kosten der Heizung mit der Begründung abgelehnt, sie seien nicht verläss-

¹⁶⁴ Die rechte Spalte des bundesweiten Heizkostenspiegels stellt das 90%-Perzentil der Haushalte dar, die ihre Daten in das Portal eingegeben haben. Über die Repräsentativität der Daten gibt es keine Angaben. Zur Verwendung des bundesweiten Heizspiegels in der Rechtsprechung siehe bspw. Bundessozialgerichtsentscheid B 14 AS 33/08 R

lich zu bestimmen.¹⁶⁵ Entscheidend für die Sozialgerichte ist, dass in jedem Einzelfall eine mögliche Benachteiligung der Kläger durch Umstände, die sie nicht beeinflussen können, vermieden wird. Die Zahl dieser Einflussfaktoren ist hoch. Individuelle jährliche Heizkosten einer Wohnung bzw. eines Haushalts hängen vom Energieverbrauch, dem Energieträger sowie dem (u. U. örtlich eingeschränkt wählbaren und im Zeitablauf schwankenden) Preisniveau eines Energieanbieters ab. Der Energieverbrauch wird wiederum determiniert durch:

- den Energiebedarf des Gebäudes, der von der Kubatur des Gebäudes (A/V-Verhältnis) und wärmetechnischer Qualität der Außenhülle und der Effizienz der Anlagentechnik bestimmt wird;
- die Lage der Wohnung im Gebäude;
- die mittlere Raumtemperatur der Nachbarn;
- das Nutzerverhalten (mittlere Raumtemperaturen, Lüftungsverhalten, innere Wärmequellen);
- die Betriebsführung der Anlagentechnik und
- das Wetter im jeweiligen Jahr.

Der Einfluss des Nutzerverhaltens lässt sich wiederum in bevölkerungsgruppenspezifische Besonderheiten (z. B. Ältere und Behinderte mit längerer Anwesenheit zuhause und damit im Mittel höheren Raumtemperaturen), die durchaus in einen abstrakten Richtwert einfließen können, sowie in persönliche Präferenzen bzw. Verhaltensweisen des Heizenden aufteilen. Letzteres muss für die Bemessung von Richtwerten irrelevant sein. Trotz der Komplexität der Materie ist es nicht auszuschließen, dass hier durch zukünftige Forschung rechtssichere Systeme entstehen, mit denen haushaltsspezifische Angemessenheitsgrenzen der Kosten der Heizung berechnet werden können. Ansätze wie das Energiepunktesystem im qualifizierten Mietpiegel¹⁶⁶ gehen hier in diese Richtung.

Eine zweite Lösung zur – geringen – Verringerung des Fehlanreizes besteht darin, Umlagemöglichkeiten zwischen KDU und KDH zu schaffen. Da diese Lösung aber vor allem auf die Förderung energetischer Sanierungen in Wohnungen von Transferleistungsempfängern zielt, wird hierauf in Kapitel 11.5 näher eingegangen.

Die dritte Lösung besteht in einer Pauschalierung der Heizkosten. Eine Pauschale ist eine Zahlung unabhängig von den tatsächlichen Kosten im Einzelfall. In der neuen Fassung des § 22a (2) SGB II werden die Länder ermächtigt, den Grundsicherungsträgern per Landesgesetz eine Pauschalierungslösung zu erlauben. Ist die Heizkostenrechnung niedriger als die

¹⁶⁵ Vgl. Bundessozialgerichtsentscheid B 14 AS 33/08 R

¹⁶⁶ Vgl. [Knissel et al. 2010a]

Heizkostenpauschale, so dürfen Leistungsempfänger die überschüssige Summe behalten. Damit entsteht ein klarer Anreiz zum Energiesparen. Die Pauschale muss allerdings so hoch gewählt werden, dass auch in unsanierten Gebäuden das sozio-kulturelle Existenzminimum gesichert ist. Aus diesem Grund sind Mehrkosten für die Kommunen zu erwarten, was gegenwärtig auch ein rechtliches Umsetzungshemmnis darstellt.¹⁶⁷ Auch wenn die ersten Länder (z.B. Hessen, Berlin) entsprechende Ermächtigungen im Landesrecht umgesetzt haben, so ist derzeit nicht zu beobachten, dass die Grundsicherungsträger Pauschalierungslösungen umsetzen. Möglicherweise besteht auch hier – ähnlich wie bei den oben diskutierten Angemessenheitsgrenzen – die Option zukünftig Modelle zu entwickeln, bei denen die Pauschale abhängig von der energetischen Qualität der Gebäude festgelegt und somit eine größere Zielgenauigkeit erreicht wird. Im Hinblick auf die Belastung der öffentlichen Kassen ist zu beachten, dass ein erhofftes sparsameres Heizverhalten zu einer generellen Absenkung der Heizkosten führen könnte, so dass über die Höhe der Mehrkosten einer Pauschalierungslösung längerfristig noch keine Aussage getroffen werden kann.

Andere Haushalte

Durch die festgelegte pauschale Höhe der Leistung werden für die Wohngeldempfänger ebenso Anreize zum sparsamen Heizen gesetzt, wie sie für Haushalte ohne den Bezug von staatlichen Leistungen bestehen. Dies gilt für Eigentümer und Mieter gleichermaßen. Falls hier gebäudespezifisch ein zu hoher individueller Energieverbrauch auftritt, so dürfte die Ursache im Bereich des fehlenden Wissens beispielsweise über das richtige Heiz- und Lüftverhalten liegen.

11.5 Bewertung von Anreizen zur energetischen Sanierung von Wohnungen von Niedrigeinkommensbeziehern

Im folgenden Abschnitt sollen die staatlichen Unterstützungssysteme für den Niedrigeinkommensbereich auf die Frage hin analysiert werden, welche Fehlanreize für eine energetische Sanierung von Gebäuden bestehen und wie gegebenenfalls stärkere Anreize gesetzt werden können. Die Eigentümer werden gesondert betrachtet, da hier – unabhängig von einer eventuellen Subjektförderung – völlig andere Rahmenbedingungen gelten.

Grundsätzlich ist in diesem Kontext zu beachten, dass eine allgemeine Ausweitung der Fördermittel für die energetische Modernisierung, wie sie in Kapitel 8 untersucht wird, auch eine Verbesserung der Rahmenbedingungen für die Sanierung von Gebäuden und Wohnun-

¹⁶⁷ Im Sinne des Wirtschaftlichkeitsgebotes nach § 22a (2) SGB II müssten analoge Einsparungen bei den Verwaltungskosten existieren. Vgl. [Putz 2011]

gen darstellt, die von Niedrigeinkommensbeziehern bewohnt werden. Die erhöhten Fördermittel führen insbesondere dazu, dass auch bestimmte vorgezogene Modernisierungsmaßnahmen wirtschaftlich attraktiv werden, so dass auch in solchen Fällen die Mieterhöhungen niedriger ausfallen können bzw. eine Warmmietenneutralität erreichbar erscheint¹⁶⁸. Davon unabhängig sind aber im Niedrigeinkommenssektor besondere Randbedingungen zu beachten, die im Folgenden näher betrachtet werden sollen.

Mieterhaushalte mit Bezug von Grundsicherungsleistungen

Gesetzgebung und Rechtssprechung des Bundessozialgerichts (BSG) haben in den letzten Jahren dazu geführt, dass die Kosten der Unterkunft mit dem üblichen Preis für Wohnraum des einfachen Segments gedeckelt wurden. Die Festlegung der Grenze ist Gegenstand umfangreicher Diskussionen und Prozesse, die hier aber nicht Gegenstand der Ausführungen sein sollen¹⁶⁹. Da in der Grundsicherung die Kaltmiete unabhängig von den Heizkosten und vom energetischen Gebäudezustand nur bis zu einer (relativ niedrigen) Grenze übernommen wird, besteht von Seiten des Mieters kein Anreiz, in ein energetisch modernisiertes und damit teureres Gebäude zu ziehen und von Seiten des Vermieters kein Anreiz, Gebäude mit Mietern, die Grundsicherungsleistungen beziehen, energetisch zu sanieren. Dies gilt selbst für warmmietenneutrale Sanierungen, sobald damit die Angemessenheitsgrenze der KDU überschritten wird. Problematisch wird es auch, wenn Vermieter die energetische Sanierung nutzen, um die Wohnungen bewusst in gehobeneren Marktsegmenten zu positionieren. Dies kann zu sozial- und stadtentwicklungspolitisch nicht gewünschten Verdrängungseffekten führen, obwohl die Sanierung unter klimaschutzpolitischen Gesichtspunkten gewünscht ist.

Die Neufassung des § 22 ff. SGB II sieht auch eine Gesamtangemessenheitsgrenze für Warmmieten und damit für die Summe aus Bruttokaltmiete und Heizkosten vor. Dies ermöglicht den Vermietern die kostenneutrale Umschichtung zwischen beiden Positionen und damit die Mieterhöhung bei energetischer Sanierung.

Etwas grundlegender kann die Frage diskutiert werden, wenn man auf die Erkenntnisse aus der Erstellung qualifizierter Mietspiegel zurückgreift, wonach es eine negative Korrelation zwischen Kaltmiete und Heizkosten gibt. Niedrige Heizkosten gehen demnach erwartungsgemäß mit einer höheren Kaltmiete einher.¹⁷⁰ Überträgt man diese Erkenntnisse auf die

¹⁶⁸ Vergleiche hierzu insbesondere die Kostenberechnungen von Wärmeschutzmaßnahmen in Abschnitt 8.3.

¹⁶⁹ Vgl. z. B. [Berlit 2009, v. Malotki et al. 2011]

¹⁷⁰ Vgl. [Knissel et al. 2010a]. Dieser statistisch nachgewiesene Zusammenhang ist plausibel, da sich bei energetisch modernisierten Gebäuden Heizkosteneinsparungen ergeben, gleichzeitig aber Mög-

Grundsicherung, so besteht das Grundprinzip der energetischen Differenzierung von Angemessenheitsgrenzen darin, eine Umlagemöglichkeit zwischen KDU und KDH zu schaffen. Schöpft ein Transferleistungsempfänger aufgrund der energetischen Qualität seiner Wohnung die Angemessenheitsgrenze der KDH nicht aus, so bekommt er dafür einen Zuschlag auf die angemessene Kaltmiete eingeräumt.

Im Bereich des Sozialrechts dürfte dabei – anders als beispielsweise bei der energetischen Differenzierung von qualifizierten Mietspiegeln nach dem BGB, die sich an den am Markt erzielbaren Mieten orientiert¹⁷¹ – die warmmietenneutrale Umschichtung zwischen den beiden Blöcken Wohn- und Heizkosten anhand des Maßstabs der eingesparten Heizkosten adäquat sein. Notwendig ist dann eine Umrechnung von Energiekennwerten oder Punktesystemen aus einzelnen Merkmalen in eingesparten Heizkosten.

Eine aktuelle Studie des IWU für die Landeshauptstadt Dresden zeigt verschiedene Umsetzungsmöglichkeiten der Rechenergebnisse auf:¹⁷²

1. Bei einer Warmmietengrenze wird nur die Summe aus KDU und KDH auf ihre Angemessenheit hin geprüft. Damit erhalten Bewohner sanierter Wohnungen die Möglichkeit, Einsparungen bei den Heizkosten auf die Kaltmietengrenze umzulegen. Allerdings funktioniert dies auch umgekehrt: Bewohner billiger Wohnungen dürfen noch über den Heizkostenspiegel hinaus heizen.
2. Prüft man sowohl eine Warmmietengrenze als auch eine Heizkostengrenze, so wird dieses Problem vermieden. Die Berechnung wird dadurch allerdings komplizierter.
3. Für Bewohner energetisch sanierter Wohnungen kann auf Antrag mit Nachweis eines Energieausweises die Umlage von eingesparten Heizkosten auf erhöhte Unterkunftskosten genehmigt werden. Dieses Verfahren erfordert einen höheren Verwaltungsaufwand, schützt aber den Mieter unsanierter Wohnungen vor Mieterhöhungen und die öffentliche Hand vor umfangreichen Nebenkostennachzahlungen.
4. Die in Kapitel 11.4 bereits angesprochene Pauschalierung von Heizkosten bei gleichzeitiger Einführung einer Angemessenheitsgrenze der KDU, die sich nur an unsanierten Beständen orientiert. Mit den Überschüssen aus der Heizkostenpauschale können die Leistungsbezieher dann Wohnen in einer energetisch sanierten Wohnung mit höherer Kaltmiete finanzieren.

lichkeiten zur Umlage der energetischen Modernisierungskosten auf die Mieter bestehen (vgl. Kap. 10).

¹⁷¹ Vgl. [Knissel et al. 2010a].

¹⁷² Vgl. [v. Malottki 2012].

Die verschiedenen Lösungsmöglichkeiten bieten unterschiedliche Anreize für verschiedene Gruppen von Leistungsempfängern. Gleichzeitig verursachen sie unterschiedliche Kosten für den Grundsicherungsträger. Es ist davon auszugehen, dass die Kosten in jedem Fall zunächst steigen. Allerdings sind die Anreize zur Durchführung von Sanierungen ebenso gegenzurechnen wie verbesserte Anreize zum sparsamen Heizen und die Absicherung der öffentlichen Hand gegenüber künftigen Energiepreissteigerungen. Insgesamt ist allerdings noch unklar, wie die Gerichte die unterschiedlichen Konzepte beurteilen werden.

Mieterhaushalte im Wohngeld und ohne Unterstützung

Erhöht sich durch eine energetische Sanierung die Kaltmiete und sinken die Heizkosten, so stellt dies im Wohngeld und bei Einkommen oberhalb der Wohngeldberechtigung kein Problem für energetische Sanierungen dar. Vielmehr ergibt sich durch eine Erhöhung der zu berücksichtigenden monatlichen Bruttokaltmiete sogar eine Erhöhung des Wohngeldanspruchs. Dies stellt aber keine vollständige Kompensation dar und ist zudem durch den Höchstbetrag in § 12 (1) WoGG gedeckelt.

Maßnahmen, die nicht warmmietenneutral sind, schränken den Lebensstandard der Zielgruppe ein. Mieter haben damit ein Interesse, dass derartige Investitionen unterbleiben. Über die Förderung von nicht warmmietenneutralen Maßnahmen und das Verbot, Modernisierungskosten, die durch Fördermittel gedeckt wurden, auf den Mieter umzulegen,¹⁷³ wird diese Problematik allerdings entschärft.

Ähnlich wie bei den Grundsicherungsleistungen könnte unter Umständen der Fall eintreten, dass Vermieter die energetische Sanierung über § 559 BGB auch als Instrument zum Erreichen einer Kündigung nutzen und damit stadtentwicklungspolitisch nicht gewünschte Verdrängungseffekte induzieren. Der Umfang dieser Bestrebungen ist nicht näher quantifizierbar, dürfte aber vermutlich auf wenige Stadtviertel in den Metropolen beschränkt sein, in denen bei einer Wiedervermietung substantiell höhere Neuvertragsmieten verlangt werden können und in denen ohnehin schon Verdrängungsmechanismen wirken. Im Hinblick auf die energetische Modernisierung wird diese Problematik durch Förderung teilweise entschärft. Eine Evaluation der Entwicklung in betroffenen Gebieten und die Prüfung spezifischer Steuerungsinstrumente sind gleichwohl grundsätzlich zu empfehlen.

Theoretisch bestünde die Möglichkeit, die Mietobergrenzen des Wohngeldes in Abhängigkeit von der energetischen Qualität auszudifferenzieren und damit stärkere Anreize zum Bezug einer sanierten Wohnung zu setzen. Es erscheint aber zweifelhaft, dass hier Aufwand und Nutzen in einem positiven Verhältnis stehen.

¹⁷³ Vgl. § 559a BGB

Eigentümer

Eigentümerhaushalte, die Wohngeld empfangen oder ohne Transferleistungsbezug dem Niedrigeinkommensbereich angehören, investieren vermutlich sehr selten in ihre Immobilie. Das Forschungsprojekt ENEF HAUS des BMBF zu den Hemmnissen der Sanierung von Ein- und Zweifamilienhäusern (eine Grundgesamtheit, die stark mit Wohnungseigentümern korreliert) stellt fest, dass die Entscheidung zur Sanierung nicht allein anhand der ökonomischen Rentabilität getroffen wird, sondern stark durch Einstellungen geprägt wird. Von Bedeutung sind dabei die soziodemographische Situation, der Lebensstil, besondere Anlässe wie zum Beispiel der Kauf eines Hauses, die finanziellen Ressourcen und der Grad der Informiertheit.¹⁷⁴ Trotz der nicht allzu hohen Fallzahlen der Untersuchung deutet sich an, dass oberhalb von 2.000 € Haushaltseinkommen kein Unterschied bei der Sanierungsquote besteht. Unter diesem Einkommen sinkt die Sanierungsquote und die Haushalte werden im Rahmen einer Clusteranalyse bevorzugt in die so genannte Gruppe der „Unwilligen“ einsortiert. Problematisch dürften hier insbesondere ältere Eigentümer sein. Auch wenn die Kreditfähigkeit sicherlich bei niedrigen Einkommen eine große und vielfach entscheidende Rolle spielen kann, zeigt die Befragung, dass über alle Einkommensklassen hinweg der Haupthinderungsgrund weniger die fehlende Kreditfähigkeit ist, sondern vielmehr die Aversion gegen die Aufnahme von Krediten an sich.¹⁷⁵

Soll die Modernisierungsquote der Eigentümer im Niedrigeinkommensbereich erhöht werden, so steht grundsätzlich die Vielfalt an (Förder-)Instrumenten zur Verfügung, die nicht speziell auf den Niedrigeinkommensbereich limitiert ist. Aufgrund der finanziellen Situation der Haushalte bestehen jedoch besondere Restriktionen, die den Förderbedarf, z. B. einer Zuschussförderung, höher werden lassen bzw. zu einer voraussichtlich unterdurchschnittlichen Inanspruchnahme führen.

Mögliche weitere Instrumente sind:¹⁷⁶

- Förderprogramme über Kredite: Auch hier ist im Niedrigeinkommensbereich mit geringerer Inanspruchnahme zu rechnen, da die Zielgruppen über keine hohe Bonität verfügen und eine grundsätzliche Abneigung gegenüber einer Verschuldung haben.¹⁷⁷
- Ausweitung des Eigenheimrentengesetzes („Wohn-Riester“) auf energetische Sanierungen: Die Problematik besteht darin, dass das Fördererinstrument selbst bei Neu-

¹⁷⁴ Vgl. [Stieß et al. 2010, S. 7]

¹⁷⁵ Vgl. ebd. S. 47 ff.

¹⁷⁶ Vgl. [Weiß et al. 2010, S. 34 ff]

¹⁷⁷ Vgl. [Stieß et al. 2010, S. 47 u. 57].

bau oder Bestandserwerb (noch) nicht besonders häufig genutzt wird.¹⁷⁸ Hier ist zu beachten, dass Kreditverträge mit Förderung für die Nachfrager nicht zwangsweise bessere Konditionen bieten als Verträge ohne Förderung.

- Übernahme von Bürgschaften: Dies ist ein Instrument, welches sich insbesondere an Niedrigeinkommensbezieher richten kann, gerade dort aber auch besondere Risiken durch Kreditausfälle mit sich bringt.
- Contracting: Ein Contractor identifiziert, finanziert und realisiert kurzfristig wirtschaftliche Maßnahmen und der Eigentümer bezahlt diese über die Jahre ab (gegenfinanziert mit den eingesparten Energiekosten). Das Contracting lohnt sich aufgrund der Transaktionskosten meist nur bei großen Objekten und außerdem verteuern sich die Maßnahmen durch den vom Contractor beanspruchten Gewinn. Ein Contracting im herkömmlichen Sinne fällt bei kleinteiligen Eigentümern im Niedrigeinkommenssegment also weitgehend aus, allerdings wäre darüber nachzudenken, ob es ein angepasstes Modell mit einem staatlich finanzierten „gemeinnützigen“ Contractor geben könnte. Skaleneffekte wären eventuell über gebietsbezogenes Vorgehen (ähnliche Maßnahmen an ähnlichen Häusern mit gegebenenfalls unterschiedlichen Konditionen für Haushalte mit normalem bzw. niedrigem Einkommen) zu erzielen. An dieser Stelle sei auch auf Ansätze zur energetischen Quartierssanierung verwiesen.¹⁷⁹
- Integration energetischer Aspekte in die soziale Wohnraumförderung, insbesondere in die Wohneigentumsförderung

Grundsätzlich existieren also verschiedene Ansätze und Konzepte, gezielte Anreize für energetische Modernisierungen für Hauseigentümer mit niedrigem Einkommen zu setzen. Eine detailliertere Analyse kann im vorliegenden Bericht aber nicht erfolgen.

¹⁷⁸ Vgl. Informationen zum Projekt „Marktübersicht und Methodenstudie zum Eigenheimrentenmodell (Wohn-Riester)“ auf www.bbsr.bund.de.

¹⁷⁹ Vgl. das Projekt „Anforderungen an energieeffiziente und klimaneutrale Quartiere (EQ)“ des BBSR

12 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

12.1 Ergebnisse der Szenarienanalysen zur Entwicklung bei Wärmeschutz und Wärmeversorgung

Im Hinblick auf die Ziele des Energiekonzepts der Bundesregierung im Wohngebäudesektor (Heizung und Warmwasserversorgung) wurden im vorliegenden Projekt Szenarienanalysen durchgeführt. Die Ergebnisse sind im Folgenden zusammengefasst.

Zielszenario für den Neubau

Um einen – gemäß den Ansätzen des Energiekonzepts – „**klimaneutralen**“ **Wohngebäude-Neubau** zu erreichen, muss ein Primärenergiebedarf von ca. $q_p = 27 \text{ kWh/m}^2_{\text{ANA}}$ (bezogen auf die Gebäudenutzfläche A_N) eingehalten werden. Dieser Wert lässt sich aus dem Ziel einer 80prozentigen Reduktion des Primärenergiebedarfs ableiten und entspricht grob gesprochen dem **Effizienzhaus-40-Standard** (auf Basis der EnEV 2009), der von der KfW im Programm „Energieeffizient Bauen“ gefördert wird. Gegenüber dem Neubautrend, der unter Berücksichtigung eines aktuellen KfW-Förderanteils von 50 % zu etwa $q_p = 57 \text{ kWh/m}^2_{\text{ANA}}$ führt, bedeutet dies eine Absenkung um noch etwas mehr als die Hälfte. Dieses Ziel ist sicherlich am besten stufenweise zu erreichen. In dem gewählten Zielszenario für den Neubau ergeben sich drei etwa gleich große Stufen unter folgenden Annahmen:

- 1. Stufe ($q_p = \text{ca. } 47 \text{ kWh/m}^2_{\text{ANA}}$): Verschärfung der EnEV im Neubau um 20 %, Beibehaltung von 50 % KfW-Förderanteil, und zwar 25 % mit bisherigen Standards und 25 % Effizienzhäuser 40.
- 2. Stufe ($q_p = \text{ca. } 37 \text{ kWh/m}^2_{\text{ANA}}$): Weitere EnEV-Verschärfung und/oder Ausweitung der Förderung, so dass 50 % der Gebäude durchschnittlich die bisherigen KfW-Standards und 50 % den Effizienzhaus-40-Standard erreichen .
- 3. Stufe ($q_p = \text{ca. } 27 \text{ kWh/m}^2_{\text{ANA}}$): Effizienzhaus 40 als allgemeiner Standard ab 2020

Die zusätzlichen **jährlichen Investitionskosten** in Wärmeschutzmaßnahmen und Wärmeversorgungstechnik liegen im **Neubau-Zielszenario** bis 2020 gegenüber dem Trendszenario bei etwa 0,8 Mrd. €/a (Stufe 1) bzw. 2,1 Mrd. €/a (Stufe 2). Dies entspricht geschätzten 2,6 % bzw. 6,7 % der gesamten Baukosten. Nach 2020 steigen sie auf 10 % der Baukosten, sinken aber aufgrund eines angenommenen Rückgangs der Neubauflächen absolut gesehen auf 2 Mrd. €/a (Stufe 3). Dabei handelt es sich um reale Kosten inklusive Mehrwertsteuer nach heutigem Geldwert. Längerfristig mögliche Kostensenkungen durch technischen Fortschritt wurden dabei nicht berücksichtigt.

Zielszenarien für den Gebäudebestand bis 2020

Eine **Reduktion der CO₂-Emissionen für die Wärmeversorgung des gesamten Wohngebäudebestands um 40 % bis 2020** (gegenüber 1990) erscheint möglich, erfordert aber noch einige Anstrengungen, denn im Trend würde das CO₂-Ziel noch um mehr als 10 % überschritten. Notwendig zur Erreichung des Emissionsziels ist eine deutliche Ausweitung der **Energieeffizienzmaßnahmen im Gebäudebestand**.

Unter diesen stellt – ausgehend von ca. 0,8 %/a als Trendwert – die Erhöhung der energetischen Modernisierungsrate beim Wärmeschutz eine erhebliche Herausforderung dar. Das im Energiekonzept genannte Ziel einer **Absenkung des Wärmebedarfs bis 2020 um 20 %** (gegenüber 2008) würde allerdings nur bei einer äußerst ehrgeizigen Anhebung der Wärmeschutz-Modernisierungsrate auf durchschnittlich 3,3 %/a erreicht.

Im Einklang mit dem Energiekonzept wurden demgegenüber auch Szenarien mit niedrigeren Modernisierungsraten, insbesondere mit einem Wert von 1,8 %/a untersucht. Dies ist einerseits etwas mehr als die angestrebte **Verdopplung der Wärmeschutz-Modernisierungsrate** und kommt andererseits dem ebenfalls genannten Zielwert von 2 %/a nahe. Realistischerweise ist davon auszugehen, dass die Erhöhung der Modernisierungsrate nicht sofort, sondern allmählich über mehrere Jahre erfolgt. Dies entspricht auch eher einer marktkonformen Entwicklung, da ein sprunghafter Anstieg der Nachfrage nach Energiesparmaßnahmen die Gefahr eines deutlichen Preisanstiegs mit sich bringen würden. In einem der Szenarien (Zielszenario IV) wurde daher angenommen, dass die Wärmeschutz-Modernisierungsrate kontinuierlich ansteigt und erst im Jahr 2020 den Zielwert von 1,8 %/a erreicht. Auch in diesem Fall können die CO₂-Emissionen um 40 % gegenüber 1990 reduziert werden, wenn gleichzeitig entsprechende Fortschritte bei der Wärmeversorgung erreicht werden (s. u.). Das Ziel einer 20prozentigen Senkung des Wärmebedarfs gegenüber 2008 wird in diesem Fall verfehlt, es wird allerdings mit ca. 3 Jahren Verspätung eingehalten, wenn man hier nicht den Gesamt-Wärmebedarf, sondern den Netto-Wärmebedarf betrachtet (bei dem auch der Beitrag von thermischen Solaranlagen auf den Gebäuden mitberücksichtigt wird) und die Vorgabe als Modernisierungsziel interpretiert, d. h. allein auf den Gebäudebestand 2009 (ohne Neubau 2010 - 2020) bezieht.

Bei den angegebenen energetischen Modernisierungsraten handelt es sich um Pauschalwerte, die über alle Bauteile (Wand, Dach/Obergeschossdecke, Fußboden/Kellerdecke, Fenster) gemittelt werden, also insgesamt eine mittlere statistische Jahresrate vollständig wärmegeämmter Gebäude angeben. In der Praxis werden dagegen zumeist Einzelmaßnahmen durchgeführt. Dabei sind die **energetischen Modernisierungsraten für die einzelnen Bauteile sehr unterschiedlich**. Dies wurde auch in den Zielszenarien berücksichtigt: Hier wurden insbesondere für die Außenwand und für die nicht an Instandsetzungsmaßnahmen gekoppelten Elemente Obergeschossdecke und Fußboden/Kellerdecke deutlich erhöhte Raten angesetzt.

Neben der Erhöhung der Modernisierungsrate stellt auch die **deutliche Verbesserung der Qualität der Wärmeschutzmaßnahmen**, d. h. eine Absenkung der durchschnittlich erreichten Wärmedurchgangskoeffizienten bzw. eine Erhöhung der Dämmstoffdicken, einen wesentlichen Schritt zur Einhaltung der Klimaschutzziele dar. Entsprechend verbesserte Standards wurden auch in den Zielszenarien angesetzt. Es wurde allerdings auch berücksichtigt, dass dies nicht durchgängig bei allen Maßnahmen erreicht werden kann. Dies gilt insbesondere für die Außenwanddämmung, z. B. im Fall der Innendämmung oder der Kerndämmung zweischaliger Wände.

Bei der **Erneuerung der Wärmeversorgung** liegt die Modernisierungsrate – hier bezogen auf den Einbau eines neuen Haupt-Wärmeerzeugers – im Trend bei rund 2,9 %/a, also deutlich höher als bei den Wärmeschutzmaßnahmen. In den Zielszenarien wurde vor diesem Hintergrund nur eine leichte Erhöhung auf 3,2 %/a angenommen. Im Hinblick auf die Struktur der neu eingebauten Systeme wurde gegenüber dem Trend eine Verschiebung weg vom mit Gas bzw. Öl betriebenen Heizkessel hin zu elektrischen Wärmepumpen, Biomasse-Heizungen und Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK-Anlagen) angenommen. In dem Szenario, dass die Verdopplung der Wärmeschutzrate erst 2020 erreicht (Zielszenario IV, s.o.) wurde hier die stärkste Dynamik angesetzt: Es wurde davon ausgegangen, dass durch eine ebenfalls kontinuierliche Zunahme des Anteils von Wärmepumpen und KWK-Systemen bis Jahr 2020 deren weitgehende Dominanz im Bereich der Neuanlagen erreicht werden kann. Gleichzeitig wurde in allen Szenarien im Hinblick auf den Einbau von thermischen Solaranlagen – welche als ergänzende Wärmeerzeuger in der oben genannten Modernisierungsrate der Haupt-Wärmeerzeuger nicht berücksichtigt sind – eine deutliche Steigerung der Anzahl jährlich installierter Anlagen angesetzt.

Die zusätzlichen **jährlichen Investitionskosten** in Wärmeschutzmaßnahmen und Wärmeversorgungstechnik im Gebäudebestand (Gebäudebaujahre bis 2009) variieren zwischen rund 10 Mrd. €/a (Mittelwert bis 2020 bei kontinuierlichem Anstieg der Wärmeschutz-Modernisierungsrate auf 1,8 %/a und Übergang zu Wärmepumpe/KWK bei neuen Heizanlagen im Zielszenario IV) und 26 Mrd. €/a (oberer Wert der Wärmeschutz Modernisierungsrate: 3,3 %/a). Unter der Annahme, dass die Gesamtinvestitionen in Baumaßnahmen im Wohngebäudebestand im Trend in der Größenordnung von etwa 100 Mrd. €/a liegen, entspricht dies Mehrinvestitionskosten von 10 % bis 26 %.

Zielanalyse für das Jahr 2050

Mit dem Ziel einer ersten Annäherung an die **langfristige Perspektive des Jahres 2050** wurde eine **Basisvariante** definiert. Dabei handelt es sich nicht um ein Zielszenario, sondern um einen plausiblen Ansatz für eine denkbare Situation bei Gebäude-Wärmeschutz und Wärmeversorgung in etwa vierzig Jahren, der als Ausgangspunkt für weitere Überlegungen und Parametervariationen diene.

Im Hinblick auf den **Gebäude-Wärmeschutz der Basisvariante 2050** wurde angenommen, dass 95 % der Gebäude der Altersklasse I (Baujahre bis 1978), 65 % der Altersklasse II (Baujahre 1979 – 1994) und 20 % der Altersklasse III (Baujahre 1994 - 2009) energetisch modernisiert sind. Innerhalb dieser Gruppe der Bestandsgebäude des Jahres 2009 wird dabei insgesamt ungefähr eine Halbierung des Wärmebedarfs (Heizung und Warmwasser) erreicht. Unter Einbeziehung des Neubaus der Jahre 2010 ergibt sich – wenn hier das oben genannte Zielszenario eingehalten wird – immer noch insgesamt ungefähr eine **Einsparung von 40 % des Wärmebedarfs** im Vergleich zu heute. Um dies zu erreichen, ist eine gegenüber dem Trend annähernd **verdoppelte Modernisierungsrate** (wie im Energiekonzept vorgegeben und in den Zielszenarien 2020 als Mindestziel berücksichtigt) über den gesamten Zeitraum bis 2050 aufrecht zu erhalten.

Im Fall der Wärmeversorgung besteht auch ohne Erhöhung der Modernisierungsraten, die bereits in der Größenordnung von 3 %/a liegen, die Möglichkeit für einen weitgehend kompletten **Umbau der Wärmeversorgung bis 2050**. Entsprechend wurde in der Basisvariante eine Versorgungsstruktur angesetzt, die vorrangig auf elektrischen Wärmepumpen und mit Erdgas bzw. Biomasse betriebenen Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen sowie ergänzenden solarthermischen Anlagen aufbaut. Der Anteil von Heizkesseln als Haupt-Wärmeerzeuger beträgt nur noch etwa 25 %. Bei der Stromerzeugung für den Wärmesektor wird ein Anteil erneuerbarer Energien von rund einem Drittel angenommen. Die Effizienz der Wärmeversorgung wird unter diesen Randbedingungen deutlich mehr als verdoppelt, insbesondere sinkt der Quotient aus Primärenergieaufwand und produzierter Wärmemenge für die Wärmeversorgung insgesamt auf nur noch etwas mehr als 40 % des heutigen Wertes.

Im Hinblick auf die **begrenzten Ressourcen des Energieträgers Biomasse** wird im Rahmen der Untersuchungen ein für die Wohngebäude-Wärmeversorgung nutzbares Potential von 100 Mrd. Kilowattstunden pro Jahr (= 100 TWh/a) angenommen. Eine genaue Grenze lässt sich dabei nicht vorhersagen, die Zahl ist daher als grober Anhaltswert zur Abschätzung der in Frage stehenden Größenordnungen zu verstehen. In den untersuchten Varianten wird diese Potentialgrenze in etwa eingehalten.

Trotz der erheblichen Effizienzfortschritte bei Wärmeschutz und Wärmeversorgung wird das Ziel eines klimaneutralen Gebäudebestandes, d. h. die **Reduzierung des Primärenergiebedarfs um 80 % bis 2050** gegenüber dem Jahr 2008 in der Basisvariante noch nicht erreicht. Der erforderliche Zielwert wird vielmehr noch um ca. ein Drittel überschritten. Im Hinblick auf die CO₂-Emissionen wird das Ziel einer 80prozentigen Reduktion gegenüber 1990 erreicht bzw. sogar um ca. 10 % überschritten. Dies gilt allerdings nicht bei Betrachtung der gesamten Treibhausgasemissionen (CO₂-Äquivalente unter Berücksichtigung weiterer Treibhausgase und Vorketten bei der Gewinnung der Energieträger). Hier liegen die Emissionen um ca. 10 % über dem Zielwert.

Ausgehend von der Basisvariante werden verschiedenen Zielvarianten betrachtet, in denen das Ziel einer 80prozentigen Einsparung auch für den Primärenergiebedarf und die gesamten Treibhausgasemissionen eingehalten wird. Wesentliche Faktoren, um dies erreichen zu können, sind eine **weitere Senkung des Wärmebedarfs** der Gebäude, eine (fast) **vollständige Verdrängung der Heizkessel** als Haupt-Wärmeerzeuger durch die effizienteren Systeme (KWK und Wärmepumpen) und eine **weitere Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien bei der Stromversorgung** für den Wärmesektor.

Schlussfolgerungen für die Energiespar- und Klimaschutzstrategie der nächsten Jahre im Wohngebäudesektor

Ein **Vergleich der Vorgaben 2020 und 2050** des Energiekonzepts führt vor dem Hintergrund der durchgeführten Untersuchungen zu dem Ergebnis, dass hier **keine Zielkonflikte** von wesentlicher Bedeutung vorliegen. Insbesondere erscheint es nicht als sinnvoll, mit der Erhöhung der Wärmeschutz-Modernisierungsrate zu warten, bis sich allgemein noch bessere Wärmeschutzstandards am Markt durchgesetzt haben. Ein solches Vorgehen wäre vielmehr sowohl für die kurzfristigen als auch die langfristigen Klimaschutzziele kontraproduktiv. Ziel sollte es vielmehr sein, mit einer angemessenen aber nicht zu langen Anlaufzeit eine dauerhaft **wirksame Erhöhung der Modernisierungsraten beim Wärmeschutz** zu erreichen und gleichzeitig Anreize dafür zu setzen, dass in allen Fällen, in denen dies möglich ist, bei der Modernisierung möglichst hohe Qualitätsstandards eingehalten werden. Auch der Umstand, dass die Wärmeversorgungsstruktur des Jahres 2050 noch nicht im Einzelnen bekannt ist, kann nicht als Grund für eine abwartende Haltung angesehen werden. Vielmehr ist zu berücksichtigen, dass der Übergang zu einer effizienteren Struktur der Wärmeerzeugung bei Neuanlagen nicht viel länger als bis 2020 dauern darf, da später eingebaute Heizsysteme bis 2050 möglicherweise zu einem großen Teil nicht mehr ausgetauscht werden. Die Gewichtung einzelner Systemtypen (z. B. Kraft-Wärme-Kopplung gegenüber Wärmepumpen) ist dabei in den nächsten Jahren noch nicht ausschlaggebend. Wichtiger erscheint es, auf einen **breiten Mix effizienter Systeme** zu setzen, der möglichst viele Zukunftspfade offenlässt.

Generell ist zu beachten, dass sowohl die Erhöhung der Wärmeschutz-Modernisierungsraten als auch der Übergang zu effizienteren Wärmeversorgungssystemen **einer mehrjährigen Übergangszeit** bedarf, auch um eine marktkonforme Entwicklung zu gewährleisten, d. h. Preissteigerungen durch Angebotsengpässe möglichst zu vermeiden. In einem der untersuchten Szenarien für 2020 (Zielszenario IV) ist dies explizit berücksichtigt. Die Einhaltung des Ziels einer 40prozentigen CO₂-Minderung gegenüber 1990 wird durch das Zusammenwirken der Fortschritte bei Wärmeschutz und Wärmeversorgung erreicht. Die Minderung des Primärenergiebedarfs gegenüber 2008 beträgt deutlich mehr als 20 %. Gleichzeitig werden im Jahr 2020 mit dem Erreichen einer verdoppelten Modernisierungsrate beim Wärmeschutz

und einer neuen Struktur der Wärmeerzeugung bei Neuanlagen wichtige Voraussetzungen im Hinblick auf die langfristigen Ziele des Jahres 2050 erfüllt.

Die wichtigsten Ergebnisse für die Klimaschutzstrategie der nächsten Jahre im Wohngebäudesektor lassen sich damit folgendermaßen zusammenfassen:

- Die angestrebte **Verdopplung der energetischen Modernisierungsrate beim Wärmeschutz** sollte durch einen kontinuierlichen Anstieg bis ungefähr 2020 erreicht werden. Die **Qualität der Wärmeschutzmaßnahmen** (z. B. Dämmstoffdicke) sollte dort, wo es baulich möglich ist, gegenüber dem heutigen Durchschnitt weiter verbessert werden.
- Bei der **Modernisierung der Wärmeversorgung** sollte der Anteil effizienter Systeme kontinuierlich erhöht werden, so dass etwa bis 2020 eine weitgehende Ablösung der heute noch dominierenden Heizkessel bei Neuanlagen erreicht wird. Als Haupt-Wärmeerzeuger stehen mit **Wärmepumpen und Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen** bereits am Markt eingeführte Technologien zur Verfügung. Diese sollten, wo das möglich ist, durch Solaranlagen ergänzt werden.
- Ein gemäß den Ansätzen des Energiekonzepts **klimaneutraler Neubau** entspricht ungefähr dem heute von der KfW geförderten **Effizienzhaus 40**. Ein solcher Standard sollte bis 2020 im Neubau schrittweise eingeführt werden.

12.2 Ergebnisse der Untersuchung der Instrumente zur Erreichung der Ziele im Wohngebäudesektor

Zur Umsetzung der Ziele des Energiekonzepts ist ein entsprechendes Instrumentarium notwendig. Diese Fragestellung wurde in der vorliegenden Untersuchung in Grundzügen diskutiert.

Instrumente im Neubau

Im **Neubau** kann der Übergang zu einem klimaneutralen Standard bis 2020 schrittweise durch **Verschärfung des Ordnungsrechts** (insbesondere der Energieeinsparverordnung) und eine **flankierende Förderung** weitergehender Standards (wie im aktuellen KfW-Programm „Energieeffizient Bauen“) erfolgen. Die Höhe der jährlich benötigten **Fördermittel** (als Zuschuss oder Barwert einer Zinsverbilligung von Krediten) wurde hier in einer Größenordnung von **1 Mrd. €a** abgeschätzt.

Ansätze für den Gebäudebestand

Im Gebäudebestand bestehen ebenfalls Optionen für ordnungsrechtliche Maßnahmen. Als aussichtsreicher Ansatzpunkt für eine Klimaschutzstrategie, die vor dem Hintergrund einer großen Vielfalt unterschiedlicher Ausgangssituationen bei den Bestandsgebäuden die Herausforderung einer Erhöhung der Wärmeschutz-Modernisierungsraten bewältigen muss, wurde aber vor allem der Bereich der **ökonomischen Steuerungssysteme** identifiziert. Grundsätzlich besteht die Möglichkeit positive Anreize (z. B. Fördermittel) oder negative Anreize (z. B. Abgabe auf den Energieverbrauch) zu setzen. Derartige Mechanismen wirken bereits aktuell, z. B. durch die Förderprogramme der KfW oder des BAFA bzw. durch die bestehenden Energiesteuern. Die Trendanalysen zur Entwicklung von Wärmeschutz und Wärmeversorgung haben allerdings gezeigt, dass das vorhandene Instrumentarium aus Ordnungsrecht und ökonomischen Anreizen insgesamt noch nicht ausreicht, um die Ziele des Energiekonzepts umzusetzen.

Eine Weiterentwicklung der ökonomischen Steuerungsinstrumente wurde unter der Annahme untersucht, dass ein **Gleichgewicht zwischen positiven und negativen Anreizen** besteht. Dies bedeutet, dass im Mittel über längere Zeiträume die **Energiesparförderung durch die Energieabgabe finanziert werden könnte**. Dieser Ansatz ist exemplarisch zu verstehen, da auch andere Gewichtungen positiver und negativer ökonomischer Anreize möglich sind, hier aber nicht näher untersucht wurden.

Eine prinzipielle Schwierigkeit bei der Konzipierung ökonomisch wirksamer Steuerungsinstrumente liegt in der Festlegung der Höhe der wirksamen Anreize, die zur Erreichung der gesetzten Ziele führen sollen. Da eine sichere Vorhersage der Auswirkung von Förderprogrammen und Energiepreiserhöhungen auf die Häufigkeit und Qualität von Energiesparmaßnahmen nicht möglich erscheint, ist man hier auf Modellannahmen angewiesen. Bei der Umsetzung der Maßnahmen ist daher eine regelmäßige **Zielkontrolle und Nachjustierung** notwendig. Hierfür erscheinen aber gerade ökonomische Instrumente besonders geeignet.

Szenarienanalysen für die ökonomischen Steuerungsinstrumente

Im Rahmen der Untersuchung wurde davon ausgegangen, dass durch die betrachtete Kombination von Förderung und Energieabgabe eine **deutliche Steigerung der Anreizwirkung gegenüber der heutigen Situation** notwendig ist, um insbesondere die erwünschte Erhöhung der Wärmeschutz-Modernisierungsraten, eine verbesserte Qualität dieser Maßnahmen und den Übergang zu neuen Wärmeversorgungssystemen zu erreichen. Die Festlegung von Anhaltswerten für die notwendige Höhe von Fördermitteln und Energieabgabe erfolgte auf Basis von Plausibilitätsabschätzungen, die sich im Bereich des Gebäude-Wärmeschutzes auf Modellrechnungen aus Sicht eines kurzfristig denkenden Investors stützen. Die Ergeb-

nisse dieser Überlegungen wurden insbesondere auf das oben genannte Zielszenario IV übertragen. Es wurde angenommen, dass die Dynamik der Energieeinsparung diesem Szenario folgt und für alle förderfähigen Maßnahmen auch tatsächlich die Fördermittel in Anspruch genommen werden. Dabei wurde aus Gründen der Vereinfachung der Analyse eine **Zuschussförderung von Einzelmaßnahmen** betrachtet. Eine Ausweitung und Verbesserung dieses Ansatzes erscheint vor dem Hintergrund, dass insbesondere durch Kopplung an den Sanierungszyklus im Gebäudebestand vielfach Einzelmaßnahmen durchgeführt werden müssen, tatsächlich sinnvoll. Die unterschiedlichen Gebäudebauteile und Wärmeversorgungsmaßnahmen sind dabei differenziert zu berücksichtigen. Insgesamt gesehen handelt es sich aber nur um einen Baustein, der hier stellvertretend für eine **breit angelegte Förderstrategie** betrachtet wurde. Diese sollte wie in den KfW-Programmen der letzten Jahre auch weiterhin die Förderung von Maßnahmenpaketen und umfassenden Gebäudemodernisierungen umfassen und kann ergänzend zur Zuschuss- auch die Kreditförderung beinhalten.

Die Untersuchungen für das Zielszenario IV führten unter den getroffenen Annahmen zu dem Ergebnis, dass für die Förderung von Energiesparmaßnahmen im Wohngebäudebestand (Wärmeschutz und Wärmeversorgung) bis 2020 im Durchschnitt jährliche Mittel in Höhe von 5,2 Mrd. €/a notwendig sind. Inklusive den unter ähnlichen Annahmen abgeschätzten 1 Mrd. €/a für die Neubauförderung (s.o.) ergibt sich damit ein **Gesamtbetrag der jährlichen Fördermittel von 6,2 Mrd. €/a**. Gleichzeitig errechnet sich die Höhe der auf den Primärenergiebedarf für die Wärmeversorgung der Wohngebäude erhobenen Energieabgabe, mit der diese Fördermittel im Durchschnitt bis 2020 gegenfinanziert werden könnten, auf ca. 1,1 Cent/kWh. Im Fall von Erdgas oder Heizöl und bezogen auf den Heizwert ergibt sich damit die **Höhe der Energieabgabe zu rund 1,2 Cent/kWh**. Ausgehend von dem angenommenen Basiswert für den Energiepreis für Gas bzw. Öl in Höhe von 7,5 Cent/kWh entspricht dies einem einmaligen Preisanstieg von etwa 16 %.

Es wird auch ein **Ausblick auf eine Fortführung des Konzeptes aus Förderung und Energieabgabe bis 2030** gegeben. Zwar führen die Einsparungen beim Primärenergiebedarf zu einem Rückgang der Einnahmen durch die Energieabgabe, so dass für eine Gegenfinanzierung der Energiesparförderung eine Erhöhung der Abgabe notwendig erscheint. Gleichzeitig ist aber die Steuerungswirkung dieser Abgabenerhöhung sowie möglicher weiterer Energiepreissteigerungen zu beachten. Erste grobe Abschätzungen zeigen, dass die Energieabgabe im Mittel über den Zeitraum 2020 - 2030 – ausgedrückt in realen heutigen Kosten und bezogen auf den Gas- bzw. Ölpreis (Heizwert) – bei real gleich bleibenden Energiepreisen von 1,2 auf 1,65 Cent/kWh angehoben werden müsste, bei einem realen jährlichen Anstieg der Energiepreise von 1,5 %/a in etwa gleich bleiben könnte und bei einem Energiepreisanstieg von 3 %/a auf weniger als 0,75 Cent/kWh abgesenkt werden könnte. Längerfristig denkbare Kostensenkungen durch Innovationen im Bereich der Wärmeschutz- und Wärmeversorgungstechnologien sind dabei nicht berücksichtigt.

Weiterentwicklung der Instrumente im Bereich Information, Qualifikation und Markttransparenz

Neben den „harten“ Maßnahmen des Ordnungsrechts bzw. der ökonomischen Anreize, ohne die eine Umsetzung der Ziele des Energiekonzepts kaum möglich erscheint, sind auch die „weichen“ Maßnahmen zu berücksichtigen, die insbesondere die Bereiche **Information, Qualifikation und Markttransparenz** umfassen. Deren Bedeutung ist nicht zu unterschätzen, denn ohne hier die notwendige Grundlage zu schaffen, drohen auch die harten Maßnahmen teilweise ins Leere zu laufen. Angesichts des Ziels, die energetischen Modernisierungsraten zu steigern, die Qualität der Wärmeschutzmaßnahmen zu verbessern und den Übergang zu einer effizienteren Wärmeversorgungsstruktur inklusive erneuerbaren Energien zu bewältigen, ergibt sich die Notwendigkeit, dass eine ausreichende Anzahl gut qualifizierter Fachkräfte in allen relevanten Berufsgruppen – vom Handwerker bis zum Architekten und Ingenieur – erreicht wird. Dies bedeutet Herausforderungen für die **Aus- und Weiterbildung**. Gleichzeitig stellt der Übergang zu immer besser gedämmten Gebäuden und effizienteren, aber auch komplexeren Wärmeversorgungssystemen steigende Anforderungen an die **Planung** und an die **Qualitätskontrolle** bei der Ausführung und im späteren Betrieb. Auch in diesem Bereich sind gegebenenfalls neue Konzepte und Initiativen notwendig. Aus Sicht des Bauherrn ist eine **qualitativ hochwertige Energieberatung** zur Vorbereitung einer Gebäudemodernisierung, gegebenenfalls auch als längerfristiger Stufenplan, notwendig. Ansätze wie die „Vor-Ort-Energieberatung“ sollten hier gestärkt und ausgeweitet werden. Neben einer intensiven Beratung für Hauseigentümer, die grundsätzlich bereits zur Durchführung von Energiesparmaßnahmen entschlossen sind, ist das gesamte **Portfolio der Energiesparberatung und –information**, das verschiedene Ebenen umfasst und auch bisher gleichgültige oder unentschlossene Eigentümer ansprechen muss, auszubauen und weiterzuentwickeln.

Als konkretes Beispiel für einen bisher ungenutzten Weg der Informationsvermittlung kann die generelle Einführung einer **transparenten Energie- und Heizkostenabrechnung** genannt werden. Im Hinblick auf die weitere Verbesserung der Markttransparenz besteht eine Option in der Einführung eines Systems zur einheitlichen **Dokumentation der wesentlichen Gebäudemerkmale (Wärmeschutz und Wärmeversorgung)**. Eine solche Dokumentation kann unabhängig vom Energieausweis erfolgen, kann aber auch als verbindendes Element von Energiebedarfs- und Energieverbrauchsausweis dienen, da die notwendigen Daten beim Bedarfsausweis ohnehin erhoben werden und auch beim Verbrauchsausweis für die damit verbundene Energieberatung eine Kenntnis der wichtigsten Merkmale notwendig ist, um zu aussagekräftigen Ergebnissen zu kommen.

Investor-Nutzer-Problematik

Im vermieteten Wohnungsbestand werden Energiesparinvestitionen durch den Gebäudeeigentümer und Vermieter durchgeführt, die eingesparten Energiekosten kommen dem Mieter zugute. Da der Vermieter Energiesparinvestitionen auf die Miete umlegen kann, sind grundsätzlich die Bedingungen für einen fairen Interessenausgleich mit dem Mieter gegeben, allerdings können im Detail durch die Mechanismen des Mietrechts Hemmnisse bestehen. Zu deren Auflösung existieren verschiedene Ansätze und Vorschläge, die in der Untersuchung diskutiert wurden. Die **Berücksichtigung energetischer Differenzierungsmerkmale in Mietspiegeln** nimmt insofern eine Sonderstellung ein, als es sich um eine Maßnahme handelt, die ohne normative Eingriffe und Gesetzesänderungen unmittelbar durchführbar und auch schon in Anwendungen erprobt ist. Sie steht im Einklang mit dem existierenden Mietspiegelmechanismus und stellt für diesen – ganz unabhängig vom dem Ziel der Energieeinsparung – eine auch wohnungswirtschaftlich sinnvolle Verbesserung dar, da sie zu einer differenzierteren Abbildung der Wohnungsbestände im Vergleichsmietensystem führt.

Konzepte für Haushalte mit niedrigen Einkommen

Zum Niedrigeinkommenssektor (in Anlehnung an das EU-Kriterium „Armutrisiko“) zählen in Deutschland grob geschätzt 7,7 Mio. Haushalte. Von diesen empfangen ca. 4 Mio. Haushalte Grundsicherungsleistungen (u. a. Grundsicherung für Arbeitssuchende, oft als „Hartz IV“ bezeichnet), weitere ca. 1 Mio. Haushalte erhalten Wohngeld.

Haushalte mit niedrigem Einkommen sind von **steigenden Energiepreisen**, die durch allgemeine Preiserhöhungen, z. B. aber auch durch die oben betrachtete Energieabgabe verursacht sein können, besonders betroffen. Im Fall der Grundsicherungsleistungen sind die Energiepreissteigerungen durch eine Erhöhung der Zuwendung zeitnah auszugleichen. Die Mehrkosten sind hier also durch die öffentliche Hand zu tragen. Das Wohngeld verfolgt insbesondere das Ziel einer Sicherung angemessenen und familiengerechten Wohnens von Haushalten mit niedrigem Einkommen, für die noch kein Anspruch auf Grundsicherungsleistungen besteht. Auch dieser Mechanismus kann zum Ausgleich von Energiepreiserhöhungen genutzt und dabei gegebenenfalls noch ausgeweitet werden. Am Beispiel der oben genannten **Energieabgabe** in Höhe von 1,2 Cent/kWh (bezogen auf den Öl-/Gaspreis) wurden Abschätzungen für die zusätzliche Belastung der öffentlichen Haushalte durchgeführt. Die jährlichen **Mehrausgaben der öffentlichen Hand** liegen bei einem **vollständigen Ausgleich der Preiserhöhung** zwischen **0,8 Mrd. €a und 1,2 Mrd. €a**. Die untere Zahl ergibt sich, wenn der Ausgleich die bisherigen Empfänger von Grundsicherungsleistungen und Wohngeld betrifft, die obere Zahl, wenn alle Haushalte im Niedrigeinkommenssektor erreicht werden. Diese entspricht gleichzeitig in etwa der geschätzten Größenordnung der jährlichen Ausgaben des Bundes für die Energiesparförderung in den deutschen Wohnge-

bäuden in den letzten Jahren. Diese Mittel würden frei werden, wenn die Förderprogramme wie oben angenommen über die Energieabgabe finanziert würden.

Eine allgemeine Ausweitung der Fördermittel für die energetische Modernisierung, wie sie in der vorliegenden Untersuchung analysiert wurde, stellt grundsätzlich auch eine Verbesserung der **Rahmenbedingungen für die energetische Modernisierung von Gebäuden und Wohnungen** dar, die von Niedrigeinkommensbezieher*innen bewohnt werden. Die erhöhten Fördermittel führen insbesondere dazu, dass auch bestimmte vorgezogene Modernisierungsmaßnahmen wirtschaftlich attraktiv werden, so dass auch in solchen Fällen die Mieterhöhungen niedriger ausfallen können bzw. eine Warmmietenneutralität erreichbar erscheint. Die Mieter in modernisierten Wohnungen sind dann gegen künftige Energiepreissteigerungen besser abgesichert. Im Fall von Grundleistungsempfänger*innen gilt dies für die öffentliche Hand, die die Heizkosten zu tragen hat. Allerdings ist zu beachten, dass im Niedrigeinkommenssektor spezielle Randbedingungen vorliegen, die besondere Hemmnisse darstellen können. In der Untersuchung wurden verschiedene Probleme und Lösungsansätze skizziert und diskutiert, insbesondere bei den Empfänger*innen von Grundsicherungsleistungen und den Hauseigentümern mit niedrigem Einkommen. Eine Verbesserung des Instrumentariums erfordert in diesem Bereich aber noch weitergehende Untersuchungen.

Entsprechendes gilt auch für die Schaffung von **Anreizen zur Energieeinsparung** im System der **Grundsicherungsleistungen**. Während das Wohngeld als pauschaler Zuschlag unabhängig von der tatsächlichen Höhe der Heizkosten gezahlt wird, so dass der Anreiz zum sparsamen Heizen erhalten bleibt, werden bei den Empfänger*innen von Grundsicherungsleistungen die Heizkosten bis zu einer relativ hoch angesetzten Kappungsgrenze entsprechend ihrer individuellen Höhe von der öffentlichen Hand getragen. Ein direkter ökonomischer Anreiz zum energiesparenden Heizen entfällt damit weitgehend. Verbesserungen dieses Ansatzes sind grundsätzlich denkbar, z. B. durch eine Pauschalierung der Heizkostenzuschüsse, auch hier sind aber zunächst noch detailliertere Konzepte zu entwickeln.

Anhang I: Ergänzende Daten und Tabellen

Im Folgenden werden ergänzend zu den Angaben im Hauptteil des Berichts weitere Informationen zu den Berechnungsgrundlagen und Szenarienergebnissen dokumentiert.

Ansätze der Energiebilanz- und Kostenberechnungen

Bei den Modellanalysen zur Bestimmung der Energiebilanz des Gebäudebestandes und zur Durchführung der Szenarienrechnungen erfolgte die Berechnung des Heizwärmebedarfs mit einem Heizperiodenverfahren. In sehr gut gedämmten Gebäuden wurde eine Gradtagzahl von 80 kWh/a zu Grunde gelegt. Für ein mittleres deutsches Klima (Würzburg) entspricht das in etwa einer mittleren Innentemperatur von 19,5 °C bei einer Heizgrenze von 12 °C. Im Fall ungedämmter Gebäude wurde die Gradtagzahl auf 65 kWh/a reduziert. Dies steht für eine um ca. 3 °C auf 16,5 °C abgesenkte durchschnittliche Innentemperatur (Vergleiche hierzu die Analysen in [Enseling et al. 2011] und [Loga et al. 2003]). Als Kriterium für sehr gut gedämmte Gebäude wurde in diesem Zusammenhang ein mittlerer Transmissionsverlust pro Quadratmeter Wohnfläche von 0,5 W/m²K, für ungedämmte Gebäude ein Wert von 3 W/m²K angesetzt. Für Zwischenwerte wurde die Gradtagzahl linear interpoliert.

Wärmebrücken wurden bei ungedämmten Gebäuden der Baualtersklasse I vernachlässigt, bei vollständig gedämmten Gebäuden wurde ein Zuschlag von 0,05 W/m²K auf den hüllflächenbezogenen Transmissionswärmeverlust H_T angesetzt. Als Kriterium wurde hier der Anteil der wärmegeprägten Hüllfläche an der gesamten thermischen Hüllfläche des Gebäudes verwendet, Zwischenwerte wurden linear interpoliert. In den Baualtersklassen II und III wurden generell 0,05 W/m²K als Wärmebrückenzuschlag angenommen.

Die Luftwechselrate wurde ohne Lüftungsanlage zu 0,35 1/h angesetzt. Bei Einsatz von Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung wurde angenommen, dass hiervon 0,05 1/h auf den Restluftwechsel entfällt und der verbleibende Anteil mit einem Wärmerückgewinnungsgrad von 80 % vorgewärmt wird.

Für die in der Heizperiode anfallenden internen Wärmequellen durch Personen und Geräte wurden bezogen auf die Wohnfläche 17 kWh/m²a angesetzt, der jährliche Nutzwärmebedarf Warmwasser wurde zu 15 kWh/m²a angenommen.

Die Verteilungs- und Speicherverluste der Heizung und Warmwasserbereitung wurden auf Basis von [Loga et al. 2005a] stark vereinfachte und abstrahierte Anhaltswerte abgeschätzt. Dabei handelt es sich im Fall der Warmwasserverteilung um Netto-Verluste, d. h. der Beitrag zur Gebäudeheizung wurde direkt von den Verteilverlusten abgezogen (und nicht als Gewinn bei der Gebäudebeheizung angerechnet).

| Wärmeverteilungs- und Speicherverluste in kWh/m ² a | | |
|---|------|-----|
| | EZFH | MFH |
| Heizung (zentrale Systeme) | | |
| Stufe I | 25 | 20 |
| Stufe II | 20 | 15 |
| Stufe III | 10 | 5 |
| Warmwasser (zentrales System) | | |
| Stufe I | 20 | 15 |
| Stufe II | 15 | 11 |
| Stufe III | 10 | 7 |
| Warmwasser (dezentrales System) | | |
| Stufe I | 5 | 5 |
| Stufe II | 3 | 3 |
| Stufe III | 2 | 2 |

Tabelle 34: Angenommene Wärmeverteilungs- und Speicherungsverluste in Bestand 09 (bezogen auf die Wohnfläche)

Für die Modernisierungsraten bei der Wärmeverteilung wurden auf Basis von [Diefenbach et al. 2010a] jährliche Raten von 2 %/a (Baualterklasse I), 1,2 %/a (Baualterklasse II) und 0,4 %/a (Baualterklasse III) angesetzt. Im Fall von Ofenheizungen wurden keine Verteilverluste der Heizung unterstellt, und es wurde angenommen, dass der zu deckende Wärmebedarf durch zeitliche Teilbeheizung noch einmal um 20 % vermindert ist.

Für die Jahresnutzungsgrade der Heizsysteme wurden im Trendszenario und in den Zielszenarien bis 2020 die in der folgenden Tabelle dokumentierten Werte angesetzt.

| Jahresnutzungsgrade / Arbeitszahlen | |
|--|------|
| Konstanttemperaturkessel (Gas/Öl) | 0,86 |
| Niedertemperaturkessel (Gas/Öl) | 0,93 |
| Brennwertkessel (Gas/Öl) | 0,97 |
| Biomassekessel | 0,86 |
| Kohlekessel | 0,86 |
| elektr. Wärmepumpe (Stufe I) | 2,5 |
| elektr. Wärmepumpe (Stufe II) | 3 |
| elektr. Wärmepumpe (Stufe III) | 3,5 |
| BHKW (elektrischer Nutzungsgrad) | 0,3 |
| BHKW (thermischer Nutzungsgrad) | 0,55 |
| Elektro-Direktheizung | 1 |
| Ofen | 0,85 |
| Elektro-Durchlauferhitzer (für Warmwasser) | 1 |
| Elektro-Kleinspeicher (für Warmwasser) | 0,9 |
| Gas-Durchlauferhitzer (für Warmwasser) | 0,85 |

Tabelle 35: Angesetzte Jahresnutzungsgrade der Wärmeerzeuger (Szenarien bis 2020)

Die Häufigkeiten der einzelnen Heizsysteme wurden auf Basis von Auswertungen mit der Datenbasis Gebäudebestand ermittelt [Diefenbach et al. 2010a]. Ebenfalls auf dieser Grundlage wurde die Häufigkeit von ergänzenden Ofenheizungen und thermischen Solaranlagen analysiert. Ergänzende Holzöfen bzw. -kamine finden sich bei den Ein-/Zweifamilienhäusern in 41 % (Altersklasse I), 58 % (Altersklasse II) bzw. 49 % (Altersklasse III) der Wohnungen. Bei den Mehrfamilienhäusern lauten die Anteile bezogen auf die Wohnungszahl 15 % (I), 7 % (II) bzw. 9 % (III). In den Trend- und Szenarienberechnungen bis 2020 wurde hier jeweils angenommen, dass die ergänzenden Holzöfen einen Anteil von 15 % des Heizwärmebedarfs decken.

Im Fall von thermischen Solaranlagen, deren Häufigkeiten im Hauptteil dokumentiert sind, wurde bei reiner Warmwasserbereitung eine Deckung von 50 % des Warmwasserwärmebedarfs (inklusive Verteil- und Speicherverlusten) angenommen, bei ergänzender Heizwärmeerzeugung wurde hier ein zusätzlicher Deckungsbeitrag von 10 % angesetzt.

Die verwendeten Pauschalansätze zum Hilfsstrombedarf finden sich in der folgenden Tabelle. Die Häufigkeiten wurden mit der Datenbasis Gebäudebestand analysiert, für die Basiswerte der Stufe II wurde dabei die Angabe mit energiesparenden Umwälzpumpen ausgewertet, die Stufe III, die hier z. B. stellvertretend für Systeme mit Hocheffizienzpumpen stehen könnte, wurde anfangs (2009) zu Null gesetzt. Für die Übergangsraten von Stufe I zu effizienteren Systemen, insbesondere durch Einbau effizienterer Heizungspumpen, standen keine externen Datenquellen zur Verfügung, sie wurden im Trendszenario zu 1 %/a und in den Zielszenarien zu 2%/a angesetzt¹⁸⁰. Dabei wurde angenommen, dass die neuen Systeme jeweils zu 80 % die Stufe II und zu 20 % die Stufe III betreffen.

| Hilfsstrombedarf in kWh/m ² a (bezogen auf die Wohnfläche) | | |
|---|------|------|
| | EZFH | MFH |
| Basiswerte | | |
| Stufe I | 2 | 1,5 |
| Stufe II | 1,5 | 1 |
| Stufe III | 1 | 0,5 |
| Zuschläge: | | |
| Abluftanlage | 1 | 1 |
| Lüftungsanlage mit WRG | 2,5 | 2,5 |
| Solaranlage (WW) | 0,7 | 0,7 |
| Solaranlage (zusätzl. Heizungsunterst.) | 0,3 | 0,3 |
| WW-Zirkulation (m. Nachtabschaltung) | 0,75 | 0,75 |
| WW-Zirkulation (o. Nachtabschaltung) | 1 | 1 |

Tabelle 36: Angenommene Werte für den jährlichen Hilfsstrombedarf im Bestand

¹⁸⁰ Die angenommenen Einbauraten effizienterer Heizungspumpen liegen damit auch in den Zielszenarien noch unter der allgemeinen Erneuerungsrate der Heizung (ca. 3 %/a).

Die folgende Tabelle zeigt die ebenfalls auf Analysen mit der Datenbasis Gebäudebestand fußenden Ansätze, zum Teil – z. B. bei der Verteilung nach Kesseltypen¹⁸¹ – auch auf pauschalierenden Annahmen beruhenden Ansätze zum Rückbau von Heizsystemen. Ein zu erwartender annähernd vollständiger Rückbau (z. B. Kohlekessel) wurde auf den gesamten Zeitraum bis 2020 gestreckt.

| Heizungserneuerung: Anteil des Rückbaus alter Systeme | | | | | | |
|---|--------|---------|----------|-------|--------|---------|
| | EZFH I | EZFH II | EZFH III | MFH I | MFH II | MFH III |
| Fernwärme | 0,5% | 0,5% | 0,0% | 1,5% | 1,0% | 0,0% |
| Gaskessel | 48,8% | 66,5% | 72,0% | 48,3% | 74,5% | 78,0% |
| <i>darin: Gas KTK</i> | 40,0% | 20,0% | 15,0% | 35,0% | 25,0% | 20,0% |
| <i>darin: Gas NTK</i> | 60,0% | 80,0% | 80,0% | 55,0% | 75,0% | 75,0% |
| <i>darin: Gas BWK</i> | 0,0% | 0,0% | 5,0% | 10,0% | 0,0% | 5,0% |
| Ölkessel | 35,0% | 25,0% | 20,0% | 35,0% | 20,0% | 20,0% |
| <i>darin: Öl KTK</i> | 50,0% | 85,0% | 25,0% | 40,0% | 40,0% | 20,0% |
| <i>darin: Öl NTK</i> | 50,0% | 15,0% | 75,0% | 60,0% | 60,0% | 80,0% |
| <i>darin: Öl BWK</i> | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% |
| Kohle-Kessel | 0,7% | 0,0% | 0,0% | 0,2% | 0,0% | 0,0% |
| dez. elektr. (z.B. Nachtsp.) | 7,0% | 7,0% | 7,0% | 5,0% | 4,0% | 2,0% |
| dez. Öfen | 8,0% | 1,0% | 1,0% | 10,0% | 0,5% | 0,0% |

Tabelle 37: Annahmen zur Verteilung der zurückgebauten alten Heizsysteme im Fall einer Heizungserneuerung (Szenarien bis 2020)

Die Kosten für energetische Modernisierungsmaßnahmen im Gebäudebestand sind zu einem Großteil an [Hinz 2011] angelehnt, teilweise wurden weitere Quellen (u. a. [ASUE 2011, Diefenbach 2002, Schmitz/Krings 2008]) mit berücksichtigt und pauschale Annahmen bzw. Vereinfachungen getroffen. Tabelle 38 und Tabelle 39 zeigen die verwendeten Ansätze. Beispielsweise wurde bei der Dachdämmung angenommen, dass 10 % Flachdachdämmungen vorliegen und bei den Steildachdämmungen etwa 2/3 mit einer gleichzeitigen Neueindeckung stattfinden und das mittlere Preisniveau für diesen Maßnahmenmix wurde grob abgeschätzt¹⁸². Bei der Obergeschossdecke wurden zur Hälfte begehbare und zur Hälfte nicht begehbare Geschossdecken angenommen. Bei der Wärmeleitfähigkeit von Dämmstoffen wurde generell von $\lambda=0,035$ W/mK ausgegangen. Für Fenster wurden Investitionskosten pro Quadratmeter Bauteilfläche von 300 €/m² (2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung), 350 €/m² (3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung) bzw. 450 €/m² (Passivhausfenster) angesetzt. Die BHKW-Kosten wurden im Zielszenario IV berücksichtigt, dort wurde von einem Einbau in den Gebäuden ausgegangen (vgl. Kap. 5.4), so dass hier entsprechende Näherungswerte für Systeme mit Mini-BHKW angesetzt wurden.

¹⁸¹ KTK: Konstanttemperaturkessel, NTK Niedertemperaturkessel, BWK: Brennwertkessel

¹⁸² Bei den Wärmeschutzmaßnahmen sind hier generell die Gesamt-Investitionskosten und nicht die „energiebedingten Mehrkosten“ gegenüber einer ohnehin notwendigen Sanierung angegeben.

| Investitionskosten Wärmeschutz Gebäudebestand | | |
|---|------------------|-----------------------|
| | Basiskosten | Zuwachskosten |
| | €/m ² | €/(m ² cm) |
| Außenwand | 87,4 | 2,43 |
| Dach | 140,0 | 2,40 |
| Obergeschossdecke | 13,1 | 1,56 |
| Kellerdecke | 33,7 | 1,19 |

Tabelle 38: Investitionskostenansätze für den Wärmeschutz im Gebäudebestand in Euro pro m² Bauteilfläche

Gesamtkosten = Basiskosten + Zuwachskosten x Dämmstoffdicke in cm

| Investitionskostenansätze Anlagentechnik Gebäudebestand in €/m ² | | |
|---|------|-----|
| | EZFH | MFH |
| Heizkessel | 56 | 24 |
| Biomassekessel | 141 | 56 |
| Erd-Wärmepumpe | 193 | 82 |
| Luft-Wärmepumpe | 148 | 70 |
| Erdgas-BHKW(mini)+Kessel | | 64 |
| Biomasse-BHKW(mini)+Kessel | | 76 |
| Solaranlage Warmwasser | 37 | 30 |
| Solaranlage Heizung u. Warmwasser | 89 | 50 |
| Abluftanlage | 19 | 24 |
| Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung | 63 | 64 |
| Erneuerung Wärmevert. Stufe 2 (H+WW) | 20 | 15 |
| Erneuerung Wärmevert. Stufe 3 (H+WW) | 24 | 18 |

Tabelle 39: Investitionskostenansätze für Anlagentechnik im Gebäudebestand in Euro pro m² Wohnfläche

Die verwendeten Primärenergie- und Emissionsfaktoren zur Ermittlung der Primärenergiebedarfs (nicht-erneuerbarer Anteil) bzw. der CO₂-Emissionen (direkte Emissionen bei Verbrennung, ohne Vorketten) auf Basis des Endenergiebedarfs sind weitgehend in Kap. 1.2 (S. 13) und 3.3 (S. 30) dokumentiert. In den Analysen bis 2020 wurde bei Biomasse ein Primärenergiefaktor von 0,2 (entspricht Energieträger „Holz“ in DIN V 4701-10 und DIN V 18599) und ein CO₂-Emissionsfaktor Null angesetzt (Biomasse als nachwachsender Rohstoff)¹⁸³.

Die für die Analysen im Neubau angesetzten Modellgebäude entsprechen von ihrer Geometrie her den Gebäuden der Baualtersklasse III (EZFH III und MFH III, s. Kap. 1.3). Für den Wärmeschutz wurden für die Gebäude „EnEV Ist“ aus Kapitel 3 die U-Werte des Referenzgebäudes der EnEV 2009 angesetzt, bei den Fenstern wurde aufgrund von inzwischen

¹⁸³ Bei Auswertung der Analysen der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (z. B. nach [BMWV 2011]) wurde der Energieträger „Erneuerbare Energien“ mit Biomasse gleichgesetzt.

häufigem Einsatz von Drei-Scheiben-Verglasung ein leicht verbesserter Wert angenommen. Die Annahmen zu den von der KfW geförderten Neubaustandards (Mittelwerte in „KfW Ist“ bzw. Effizienzhaus 40 „EH 40“) wurden in Anlehnung an [Diefenbach et al. 2011] festgelegt.

| | U-Werte in W/m ² K | | |
|------------------------------------|-------------------------------|---------|-------|
| | EnEV Ist | KfW Ist | EH 40 |
| Wand | 0,28 | 0,2 | 0,14 |
| Dach/OGD | 0,2 | 0,17 | 0,13 |
| Fußboden/Kellerdecke | 0,35 | 0,26 | 0,18 |
| Fenster | 1,25 | 1,1 | 0,85 |
| Anteile verschiedener Fenstertypen | | | |
| 2-Scheiben-WSVgl | 80% | 35% | 0% |
| 3-Scheiben-WSVgl | 20% | 50% | 20% |
| Passivhausfenster | 0% | 15% | 80% |

Tabelle 40: U-Werte und Fenstertypen der analysierten Neubau-Standards
WSVgl: Wärmeschutzverglasung

Die Annahmen zur Beheizungsstruktur (inklusive Lüftungsanlagen) basieren im Fall „EnEV Ist“ auf Analysen mit der Datenbasis Gebäudebestand, die für nicht geförderte Neubauten der Jahre 2005 - 2009 durchgeführt wurden, für die Fälle „KfW Ist“ und „EH 40“ wiederum auf [Diefenbach et al. 2011]. Die Analyseergebnisse wurden allerdings auch hier vereinfacht und pauschalisiert.

| | EnEV Ist | KfW Ist | EH 40 |
|------------------------------------|----------|---------|-------|
| Beheizungsstruktur Neubau | | | |
| Fernwärme | 6% | 5% | 5% |
| Gaskessel | 65% | 14% | 10% |
| Ölkessel | 5% | 5% | 5% |
| Biomassekessel | 12% | 20% | 30% |
| elektrische Wärmepumpe (Außenluft) | 6% | 28% | 25% |
| elektrische Wärmepumpe (Erdreich) | 6% | 28% | 25% |
| Lüftungsanlage im Neubau | | | |
| keine Lüftungsanlage | 80% | 47% | 25% |
| Abluftanlage | 10% | 3% | 0% |
| Lüftungsanlage mit Wärmerückgew. | 10% | 50% | 75% |

Tabelle 41: Beheizungsstruktur und Anteile der Lüftungsanlagen der analysierten Neubau-Standards

Für die Wärmeverteilungs- und Speicherverluste im Neubau lagen keine näheren Informationen vor. Es wurden zwei Effizienzniveaus angesetzt (s. Tabelle 42). Dabei wurde angenommen dass das bessere Niveau (Stufe II) im Fall „EnEV Ist“ zu 50 %, im Fall „KfW Ist“ zu 75 % und im Fall „EH 40“ zu 100 % realisiert wird.

| Verteil-/Speicherverluste in kWh/m ² a | | |
|---|------|-----|
| | EZFH | MFH |
| Zentralheizung Neubau | | |
| Stufe 1 | 10 | 5 |
| Stufe 2 | 4 | 2 |
| Zentrale Warmwasserbereitung Neubau | | |
| Stufe 1 | 15 | 10 |
| Stufe 2 | 10 | 7 |

Tabelle 42: Wärmeverteilungs- und Speicherverluste im Neubau in kWh pro m² Wohnfläche

Die Kostenberechnungen in Kapitel 5.8 (Differenzkosten gegenüber Trendszenario) basieren weitgehend auf den Analysen in [Enseling et al. 2011], wobei auch hier Pauschalierungen vorgenommen wurden. Im Fall der Außenwanddämmung wurden Mehrkosten von 1,7 € pro m² Bauteilfläche und Zentimeter zusätzlichem Dämmstoff angesetzt, bei Dach/Obergeschossdecke wurden 2,3 €/(m²cm), bei Fußboden/Kellerdecke 1,7 €/(m²cm) angesetzt (jeweils als angenommener Mittelwert über verschiedene Bauteiltypen). Als Mehrkosten der Drei- gegenüber der Zwei-Scheiben-Wärmeschutzerglasung wurden 50 €/m², für Passivhausfenster (mit wärmegeädämmtem Rahmen) zusätzliche 100 €/m² angenommen (bezogen auf die Bauteilfläche). Die angesetzten Kosten der Wärmeversorgungssysteme und Lüftungsanlagen (bezogen auf die Wohnfläche) sind in Tabelle 43 angegeben. Für die Erreichung der Stufe 2 bei der Wärmeverteilung wurden Differenzkosten gegenüber der Stufe 1 von 1,4 €/m² (MFH) bis 2,2 €/m² (EZFH) angenommen.

| Kostenansätze Anlagentechnik Neubau in €/m ² | | |
|---|-------|------|
| | EZFH | MFH |
| Heizkessel Gas/Öl | 51,9 | 24,0 |
| Biomassekessel | 133,3 | 52,0 |
| Fernwärmeanschluss | 15,0 | 5,0 |
| Erd-Wärmepumpe | 163,0 | 76,0 |
| Luft-Wärmepumpe | 118,5 | 56,0 |
| Solaranlage WW | 37,0 | 30,0 |
| Solaranlage H+WW | 74,1 | 44,0 |
| Abluftanlage | 18,5 | 24,0 |
| Lüftungsanlage mit LWRG | 55,6 | 60,0 |

Tabelle 43: Investitionskosten für Wärmeerzeuger im Neubau in Euro pro m² Wohnfläche

Energiebilanzen der Szenarien

In diesem Abschnitt sind ergänzend zu den Angaben in den Kapiteln 4 bis 6 weitere Tabellen zur Energiebilanz verschiedener Szenarien und Varianten dargestellt. Tabelle 44 zeigt die Werte für das Trendszenario und die Zielszenarien im Jahr 2020.

| Energiebilanz der Szenarien bis 2020, Angaben in TWh | | | | | | | |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | Trend | Trend | Trend | Zielsz. I | Zielsz. II | Zielsz. III | Zielsz. IV |
| Bezugsjahr | 2009 | 2012 | 2020 | 2020 | 2020 | 2020 | 2020 |
| Wärmebedarf | | | | | | | |
| Heizwärmebedarf | 426,2 | 414,8 | 383,9 | 345,1 | 316,5 | 358,8 | 369,5 |
| Verteil-/Speichergerüste Heizung | 42,0 | 40,6 | 36,8 | 35,3 | 33,9 | 35,3 | 35,9 |
| Nutzwärmebedarf Warmwasser | 51,2 | 50,9 | 49,9 | 49,9 | 49,9 | 49,9 | 49,9 |
| Verteil-/Speichergerüste Warmw. | 32,6 | 31,8 | 29,4 | 28,5 | 27,6 | 28,5 | 28,9 |
| Gesamt-Wärmebedarf | 552,0 | 538,0 | 499,9 | 458,8 | 427,9 | 472,6 | 484,3 |
| Wärmelieferung therm. Solaranlagen | 3,7 | 5,3 | 9,2 | 20,8 | 20,0 | 17,9 | 13,9 |
| Netto-Wärmebedarf | 548,3 | 532,7 | 490,8 | 438,0 | 408,0 | 454,8 | 470,4 |
| Endenergiebedarf* | | | | | | | |
| Fernwärme | 33,4 | 34,2 | 36,1 | 33,4 | 31,2 | 34,4 | 35,3 |
| Gas | 292,5 | 283,7 | 260,1 | 230,2 | 214,6 | 232,1 | 226,4 |
| Öl | 186,7 | 175,6 | 147,7 | 121,4 | 112,5 | 120,3 | 123,3 |
| Biomasse | 52,1 | 54,6 | 60,0 | 53,8 | 49,8 | 70,9 | 71,4 |
| Kohle | 3,0 | 2,4 | 0,9 | 0,8 | 0,7 | 0,9 | 0,9 |
| Strom | 30,8 | 28,2 | 21,3 | 23,9 | 23,6 | 24,1 | 24,4 |
| Endenergiebedarf gesamt | 598,5 | 578,7 | 526,3 | 463,6 | 432,4 | 482,6 | 481,7 |
| Primärenergiebedarf | 652,7 | 624,2 | 550,1 | 491,5 | 460,9 | 497,1 | 500,3 |
| CO₂-Emissionen in Mio. t/a | 133,8 | 127,5 | 111,1 | 99,0 | 92,9 | 99,4 | 99,4 |

*Brennstoffe: Heizwert, Strom: externe Stromlieferung in den Wärmesektor (ohne Strom aus KWK in Zielsz. IV)

Tabelle 44: Energiebilanzen der Szenarien bis 2020

In Zielszenario IV ist zu beachten, dass hier ein wesentlicher Anteil von neuen KWK-Anlagen angenommen wurde, deren Strom wieder innerhalb des Wärmesektors in elektrischen Wärmepumpen verbraucht wird. Der Strom für diese Wärmepumpen ist in Tabelle 44 nicht enthalten, vielmehr ist der Brennstoffverbrauch in den KWK-Anlagen, der unter anderem zur Erzeugung dieses Stroms dient, bei den Energieträgern Erdgas und Biomasse mit berücksichtigt. Die Höhe des KWK-Stroms für Wärmepumpen beläuft sich im Zielszenario IV auf 8,5 TWh, insgesamt werden also für die Wärmeversorgung der Wohngebäude 24,4 TWh + 8,5 TWh = 32,9 TWh elektrische Energie verbraucht.

In Tabelle 45 bis Tabelle 49 sind analog zu Tabelle 27 auf S. 80 die Energiebilanzen der Zielvarianten 2050 aus Kapitel 6.6 dargestellt.

| Wärmeerzeugung | Anteile an der Netto-Wärmebereitstellung | Netto-Wärmebereitstellg. | Primärenergiebedarf | CO ₂ -Emissionen |
|--|--|--------------------------|---------------------|-----------------------------|
| | | TWh/a | TWh/a | Mio. t/a |
| Gaskessel | 3% | 8 | 9 | 1,7 |
| Ölkessel | 1% | 3 | 3 | 0,7 |
| Biomassekessel | 2% | 5 | 2 | 0,0 |
| Erdgas-KWK / el. WP | 32% | 86 | 58 | 10,6 |
| Biomasse-KWK / el. WP | 31% | 84 | 17 | 0,0 |
| weitere el. Wärmepumpen | 31% | 84 | 28 | 5,6 |
| Summen: | 100% | 270 | 117 | 18,6 |
| Strombedarf als Hilfsstrom inklusive Klimatisierung | | elektr. Energie in TWh/a | | |
| | | 15 | 16 | 3,1 |
| Gesamtergebnis | | Summen: | 133 | 21,7 |
| Zielwerte | | | 130 | 34,0 |
| | | Ergebnis/Zielwert: | 102% | 64% |

| Wärmeerzeugung | Einsatz von Brennstoffen | | | | | Strom (in Brennstoffbilanz enthalten) TWh/a |
|--|--------------------------|-----------------------------|-----------|-----------|-------------------|---|
| | Erdgas | Öl | Kohle | Biomasse | Summe Brennstoffe | |
| | TWh/a | TWh/a | TWh/a | TWh/a | TWh/a | |
| Gaskessel | 8 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 |
| Ölkessel | 0 | 3 | 0 | 0 | 3 | 0 |
| Biomassekessel | 0 | 0 | 0 | 6 | 6 | 0 |
| Erdgas-KWK / el. WP | 52 | 0 | 0 | 0 | 52 | 21 |
| Biomasse-KWK / el. WP | 0 | 0 | 0 | 58 | 58 | 17 |
| weitere el. Wärmepumpen | 9 | 0 | 11 | 24 | 43 | 28 |
| Summen: | 69 | 3 | 11 | 88 | 171 | 66 |
| Strombedarf als Hilfsstrom inklusive Klimatisierung | | | | | | |
| | | 5 | 0 | 6 | 13 | 15 |
| Gesamtergebnis | | 74 | 3 | 16 | 102 | 81 |
| | | Zielwert Biomasse (Ansatz): | | 100 | | |
| | | Ergebnis/Zielwert: | | 102% | | |

Tabelle 45: Energiebilanz der Zielvariante I 2050

| Wärmeerzeugung | Anteile an der Netto-Wärmebereitstellung | Netto-Wärmebereitstellg. | Primärenergiebedarf | CO ₂ -Emissionen |
|---|--|--------------------------|---------------------|-----------------------------|
| | | TWh/a | TWh/a | Mio. t/a |
| Gaskessel | 6% | 16 | 19 | 3,4 |
| Ölkessel | 5% | 14 | 15 | 3,7 |
| Biomassekessel | 7% | 19 | 7 | 0,0 |
| Erdgas-KWK / el. WP | 0% | 0 | 0 | 0,0 |
| Biomasse-KWK / el. WP | 0% | 0 | 0 | 0,0 |
| weitere el. Wärmepumpen | 82% | 221 | 75 | 14,8 |
| Summen: | 100% | 270 | 116 | 22,0 |
| Strombedarf als Hilfsstrom inklusive Klimatisierung | | elektr. Energie in TWh/a | | |
| | | 15 | 16 | 3,1 |
| Gesamtergebnis | | Summen: | | 25,1 |
| Zielwerte | | | | 34,0 |
| | | Ergebnis/Zielwert: | | 101% |
| | | | | 74% |

| Wärmeerzeugung | Einsatz von Brennstoffen | | | | | Strom (in Brennstoffbilanz enthalten) TWh/a | |
|---|--------------------------|-----------------------------|-----------|-----------|-------------------|---|-----------|
| | Erdgas | Öl | Kohle | Biomasse | Summe Brennstoffe | | |
| | TWh/a | TWh/a | TWh/a | TWh/a | TWh/a | | |
| Gaskessel | 17 | 0 | 0 | 0 | 17 | 0 | |
| Ölkessel | 0 | 14 | 0 | 0 | 14 | 0 | |
| Biomassekessel | 0 | 0 | 0 | 22 | 22 | 0 | |
| Erdgas-KWK / el. WP | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Biomasse-KWK / el. WP | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| weitere el. Wärmepumpen | 23 | 0 | 28 | 64 | 115 | 74 | |
| Summen: | 40 | 14 | 28 | 86 | 168 | 74 | |
| Strombedarf als Hilfsstrom inklusive Klimatisierung | | | | | | | |
| | | 5 | 0 | 6 | 13 | 24 | 15 |
| Gesamtergebnis | | 44 | 14 | 34 | 100 | 192 | 89 |
| | | Zielwert Biomasse (Ansatz): | | | 100 | | |
| | | Ergebnis/Zielwert: | | | 100% | | |

Tabelle 46: Energiebilanz der Zielvariante II 2050

| Wärmeerzeugung | Anteile an der Netto-Wärmebereitstellung | Netto-Wärmebereitstellg. | Primärenergiebedarf | CO ₂ -Emissionen |
|--|--|--------------------------|---------------------|-----------------------------|
| | | TWh/a | TWh/a | Mio. t/a |
| Gaskessel | 5% | 14 | 15 | 2,8 |
| Ölkessel | 0% | 0 | 0 | 0,0 |
| Biomassekessel | 3% | 8 | 3 | 0,0 |
| Erdgas-KWK / el. WP | 47% | 127 | 75 | 13,9 |
| Biomasse-KWK / el. WP | 45% | 122 | 23 | 0,0 |
| weitere el. Wärmepumpen | 0% | 0 | 0 | 0,0 |
| Summen: | 100% | 270 | 116 | 16,7 |
| Strombedarf als Hilfsstrom inklusive Klimatisierung | | elektr. Energie in TWh/a | | |
| | | 15 | 16 | 3,1 |
| Gesamtergebnis | | Summen: | | 132 |
| Zielwerte | | | | 130 |
| | | Ergebnis/Zielwert: | | 102% |
| | | | | 58% |

| Wärmeerzeugung | Einsatz von Brennstoffen | | | | | Summe Brennstoffe | Strom (in Brennstoffbilanz enthalten) | |
|--|--------------------------|-----------------------------|----------|-----------|------------|-------------------|---------------------------------------|--|
| | Erdgas | Öl | Kohle | Biomasse | | | | |
| | TWh/a | TWh/a | TWh/a | TWh/a | TWh/a | TWh/a | TWh/a | |
| Gaskessel | 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 | 0 | |
| Ölkessel | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Biomassekessel | 0 | 0 | 0 | 10 | 10 | 10 | 0 | |
| Erdgas-KWK / el. WP | 69 | 0 | 0 | 0 | 69 | 69 | 27 | |
| Biomasse-KWK / el. WP | 0 | 0 | 0 | 76 | 76 | 76 | 23 | |
| weitere el. Wärmepumpen | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Summen: | 83 | 0 | 0 | 85 | 168 | 168 | 50 | |
| Strombedarf als Hilfsstrom inklusive Klimatisierung | | | | | | | | |
| | | 5 | 0 | 6 | 13 | 24 | 15 | |
| Gesamtergebnis | | 87 | 0 | 6 | 99 | 192 | 65 | |
| Zielwerte | | Zielwert Biomasse (Ansatz): | | | | | 100 | |
| | | Ergebnis/Zielwert: | | | | | 99% | |

Tabelle 47: Energiebilanz der Zielvariante III 2050

| Wärmeerzeugung | Anteile an der Netto-Wärmebereitstellung | Netto-Wärmebereitstellg. | Primärenergiebedarf | CO ₂ -Emissionen |
|--|--|--------------------------|---------------------|-----------------------------|
| | | TWh/a | TWh/a | Mio. t/a |
| Gaskessel | 2% | 5 | 6 | 1,0 |
| Ölkessel | 3% | 7 | 8 | 2,0 |
| Biomassekessel | 3% | 7 | 3 | 0,0 |
| Erdgas-KWK / el. WP | 32% | 78 | 52 | 9,5 |
| Biomasse-KWK / el. WP | 50% | 122 | 25 | 0,0 |
| weitere el. Wärmepumpen | 10% | 24 | 13 | 3,2 |
| Summen: | 100% | 243 | 106 | 15,8 |
| Strombedarf als Hilfsstrom inklusive Klimatisierung | | elektr. Energie in TWh/a | | |
| | | 15 | 24 | 6,0 |
| Gesamtergebnis | | Summen: | | 130 |
| Zielwerte | | | | 130 |
| | | Ergebnis/Zielwert: | | 100% |
| | | | | 64% |

| Wärmeerzeugung | Einsatz von Brennstoffen | | | | | Strom (in Brennstoffbilanz enthalten) |
|--|-----------------------------|----------|-----------|-----------|-------------------|--|
| | Erdgas | Öl | Kohle | Biomasse | Summe Brennstoffe | |
| | TWh/a | TWh/a | TWh/a | TWh/a | TWh/a | TWh/a |
| Gaskessel | 5 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 |
| Ölkessel | 0 | 8 | 0 | 0 | 8 | 0 |
| Biomassekessel | 0 | 0 | 0 | 9 | 9 | 0 |
| Erdgas-KWK / el. WP | 47 | 0 | 0 | 0 | 47 | 19 |
| Biomasse-KWK / el. WP | 0 | 0 | 0 | 84 | 84 | 25 |
| weitere el. Wärmepumpen | 5 | 0 | 6 | 2 | 13 | 8 |
| Summen: | 57 | 8 | 6 | 95 | 165 | 52 |
| Strombedarf als Hilfsstrom inklusive Klimatisierung | | | | | | |
| | 9 | 0 | 11 | 4 | 25 | 15 |
| Gesamtergebnis | 67 | 8 | 17 | 99 | 190 | 67 |
| Zielwerte | Zielwert Biomasse (Ansatz): | | | 100 | | |
| | Ergebnis/Zielwert: | | | 99% | | |

Tabelle 48: Energiebilanz der Zielvariante IV 2050

| Wärmeerzeugung | Anteile an der Netto-Wärmebereitstellung | Netto-Wärmebereitstellg. | Primärenergiebedarf | CO ₂ -Emissionen |
|--|--|--------------------------|---------------------|-----------------------------|
| | | TWh/a | TWh/a | Mio. t/a |
| Gaskessel | 7% | 17 | 19 | 3,6 |
| Ölkessel | 2% | 5 | 6 | 1,3 |
| Biomassekessel | 4% | 10 | 3 | 0,0 |
| Erdgas-KWK / el. WP | 32% | 78 | 52 | 9,5 |
| Biomasse-KWK / el. WP | 24% | 58 | 12 | 0,0 |
| weitere el. Wärmepumpen | 31% | 75 | 24 | 5,0 |
| Summen: | 100% | 243 | 116 | 19,5 |
| Strombedarf als Hilfsstrom inklusive Klimatisierung | | elektr. Energie in TWh/a | | |
| | | 15 | | 3,1 |
| Gesamtergebnis | | Summen: | | 131 |
| Zielwerte | | | | 130 |
| | | Ergebnis/Zielwert: | | 101% |
| | | | | 34,0 |
| | | | | 66% |

| Wärmeerzeugung | Einsatz von Brennstoffen | | | | | Summe Brennstoffe TWh/a | Strom (in Brennstoffbilanz enthalten) TWh/a |
|--|--------------------------|-----------------------------|----------|-----------|-----------|----------------------------|---|
| | Erdgas | Öl | Kohle | Biomasse | | | |
| | TWh/a | TWh/a | TWh/a | TWh/a | TWh/a | | |
| Gaskessel | 18 | 0 | 0 | 0 | 18 | 0 | |
| Ölkessel | 0 | 5 | 0 | 0 | 5 | 0 | |
| Biomassekessel | 0 | 0 | 0 | 11 | 11 | 0 | |
| Erdgas-KWK / el. WP | 47 | 0 | 0 | 0 | 47 | 19 | |
| Biomasse-KWK / el. WP | 0 | 0 | 0 | 40 | 40 | 12 | |
| weitere el. Wärmepumpen | 8 | 0 | 9 | 17 | 34 | 25 | |
| Summen: | 73 | 5 | 9 | 69 | 156 | 56 | |
| Strombedarf als Hilfsstrom inklusive Klimatisierung | | | | | | | |
| | | 5 | 0 | 6 | 10 | 21 | 15 |
| Gesamtergebnis | | 77 | 5 | 15 | 79 | 177 | 71 |
| Zielwerte | | Zielwert Biomasse (Ansatz): | | | | | 100 |
| | | Ergebnis/Zielwert: | | | | | 79% |

Tabelle 49: Energiebilanz der Zielvariante V 2050

Betrachtet man bei der Analyse des Wärmebedarfs 2050 (vgl. Kap. 6.1) allein den Heizwärmebedarf, so ergibt sich in der Basisvariante ein Wert von etwa 205 TWh (187 TWh Bestand 09, 18 TWh Neubau). Dies sind 48 % des Wertes im Jahr 2009 (426 TWh, vgl. Tabelle 4). Bei Fortschreibung des Trendszenarios erhielte man einen Heizwärmebedarf von ca. 304 TWh (274 TWh Bestand 09 und 30 TWh Neubau). Bei Vollsanierung des Bestandes 09 auf Wärmeschutz-Stufe III ergäben sich rund 100 TWh (82 TWh Bestand 09 und 18 TWh Neubau).

In Tabelle 50 ist die Stromerzeugung für die Wohngebäude-Wärmeversorgung (für Wärmepumpen und Hilfsenergie inklusive Klimatisierung) in der Basisvariante und in den Zielvarianten 2050 nach externer Stromlieferung und Stromproduktion in KWK-Anlagen (innerhalb des Wärmesektors) aufgeschlüsselt.

| Stromerzeugung zur Wohngebäude-Wärmeversorgung in TWh/a | | | | | | |
|--|---------------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | Basisvariante | Zielvarianten | | | | |
| | | I | II | III | IV | V |
| Strom für Wärmesektor (ohne KWK) | | | | | | |
| Erdgas-Kraftwerke | 8,3 | 7,3 | 15,1 | 2,6 | 7,9 | 6,9 |
| Kohle-Kraftwerke | 8,0 | 7,3 | 15,1 | 2,6 | 7,7 | 6,9 |
| Biomasse-Kraftwerke | 2,4 | 14,2 | 29,4 | 5,0 | 2,3 | 10,5 |
| Solar-/Windenergie | 5,6 | 14,2 | 29,4 | 5,0 | 5,4 | 16,2 |
| Summe (ohne KWK) | 24,3 | 43,2 | 89,1 | 15,3 | 23,4 | 40,4 |
| Stromerzeugung im Wärmesektor (KWK) | | | | | | |
| Erdgas-KWK | 9,7 | 11,5 | 0,0 | 14,5 | 10,4 | 10,4 |
| Biomasse-KWK | 8,9 | 8,4 | 0,0 | 10,4 | 12,2 | 5,8 |
| Summe KWK | 18,6 | 19,9 | 0,0 | 24,9 | 22,5 | 16,2 |
| Strom für Wärme gesamt | 42,9 | 63,1 | 89,1 | 40,2 | 45,9 | 56,6 |

Tabelle 50: Jährliche Stromerzeugung in KWK-Anlagen in den Varianten 2050

Tabelle 51 zeigt eine Aufteilung der Netto-Wärmeproduktion nach Wärmeerzeugungssystemen mit Unterscheidung der verschiedenen Brennstofftypen bei Kesseln und KWK-Anlagen.

| Anteile der Wärmeerzeugungsanlagen an der Netto-Wärmeproduktion (Kessel/KWK/Wärmepumpe getrennt) | | | | | | |
|--|---------------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | Basisvariante | Zielvarianten | | | | |
| | | I | II | III | IV | V |
| Gas/Ölkessel (fossil) | 20% | 4% | 11% | 5% | 5% | 9% |
| Biomassekessel | 10% | 2% | 7% | 3% | 3% | 4% |
| fossile KWK (Erdgas) | 7% | 9% | 0% | 11% | 9% | 9% |
| Biomasse-KWK | 13% | 12% | 0% | 15% | 19% | 9% |
| el. Wärmepumpen | 50% | 74% | 82% | 65% | 64% | 69% |
| Summe | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |

Tabelle 51: Aufteilung der Netto-Wärmeproduktion nach Erzeugungssystemen (Varianten 2050)

Zielanalyse 2050 für die Treibhausgasemissionen (CO₂-Äquivalente mit Vorketten)

In den Analysen des Hauptteils wurden die direkten CO₂-Emissionen der Verbrennung fossiler Brennstoffe berücksichtigt. Beim Einsatz von Biomasse wird eine Gewinnung aus nachhaltigem Anbau unterstellt, die direkten CO₂-Emissionsfaktoren werden deshalb zu Null gesetzt. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass insbesondere die Biomasse vom „Typ 2“, d.h. Pflanzenöl oder Biogas, die in den Zielanalysen 2050 eine relevante Rolle spielt (vgl. Kap. 6.2), wesentliche Emissionen verschiedener Treibhausgase in den Vorketten aufweist.

Die Zielanalysen im Jahr 2050 sollen daher an dieser Stelle um die Betrachtung der zusätzlichen äquivalenten CO₂-Emissionen anderer Treibhausgase und die Emissionen in den

Vorketten bei der Gewinnung, der Aufbereitung und dem Transport der Energieträger ergänzt werden. Die Berechnung erfolgt auch hier auf Basis des Endenergieverbrauchs der verschiedenen Brennstoffe nach [BMW 2011] durch Multiplikation mit äquivalenten CO₂-Emissionsfaktoren. Diese wurden durch das IWU auf Basis des Programms GEMIS berechnet [IWU 2009]. Teilweise waren aber auch andere Quellen ([Fritsche/Rausch 2008] für den Energieträger Fernwärme) und zusätzliche Abschätzungen notwendig.

Für die Berechnung wurden folgende Faktoren angesetzt (Angaben in kg CO_{2e} pro kWh Endenergie)¹⁸⁴: Erdgas 0,246 kg/kWh, Heizöl 0,311 kg/kWh, Kohle 0,445 kg/kWh, Biomasse Typ 1 (Holz) 0,020 kg/kWh, Biomasse Typ 2 (Pflanzenöl, Biogas) 0,170 kg/kWh, Fernwärme 0,229 kg/kWh, Strom 0,633 kg/kWh.

Im Fall von Biomasse Typ 2 wurde in etwa die Mitte zwischen vom IWU ermittelten Anhaltswerten für Biomethan (0,2 kg/kWh) und Pflanzenöl (0,14 kg/kWh [Großklos et al. 2010]) gewählt. Für die Rückrechnung auf das Jahr 1990 wurden bei Strom und Fernwärme für die CO_{2e}-Faktoren die entsprechenden Relationen der direkten CO₂-Faktoren (1990 gegenüber 2010) angesetzt.

Unter diesen Annahmen lassen sich die äquivalenten CO₂-Emissionen mit Vorketten für die Beheizung und Warmwasserversorgung der deutschen Wohngebäude im Jahr 1990 grob zu einem Wert von 200 Mio. t/a abschätzen. Eine Übertragung des Ziels einer Reduktion um 80 % für die direkten CO₂-Emissionen auf die CO₂-Äquivalente würde demnach zu einem Zielwert von 40 Mio. t/a für das Jahr 2050 führen.

Tabelle 52 zeigt die Ergebnisse für die Basisvariante und die fünf Zielvarianten aus Kapitel 6.

| CO _{2e} -Emissionen | | |
|------------------------------|----------|------------------|
| | Mio. t/a | relativ zum Ziel |
| Zielwert 2050 | 40 | |
| Basisvariante | 45,1 | 113% |
| Zielvariante I | 33,5 | 84% |
| Zielvariante II | 37,2 | 93% |
| Zielvariante III | 31,0 | 77% |
| Zielvariante IV | 33,3 | 83% |
| Zielvariante V | 32,9 | 82% |

Tabelle 52: CO₂-Äquivalentemissionen für die Basisvariante und die Zielvarianten 2050

Während die Basisvariante den Zielwert von 40 Mio. t/a noch deutlich verfehlt, wird er in den Zielvarianten eingehalten.

¹⁸⁴ CO_{2e} steht hier O₂-Äquivalente inklusive Vorketten der Energieträgergewinnung.

Anhang II: Abschätzungen für den Bereich der Nichtwohngebäude

Aufbauend auf den für den Wohngebäudebereich durchgeführten Analysen sollen auch Abschätzungen zur Übertragung auf den Bereich der Nichtwohngebäude erfolgen. Unter der Bezeichnung Nichtwohngebäude sind alle Gebäude zusammengefasst, deren Gesamtnutzfläche zu einem überwiegenden Teil nicht für Wohnzwecke bestimmt ist¹⁸⁵. Hierzu zählen Anstaltsgebäude, Büro- und Verwaltungsgebäude, landwirtschaftliche und nichtlandwirtschaftliche Betriebsgebäude (wie z.B. Fabrikgebäude, Handelsgebäude und Hotels) sowie sonstige Nichtwohngebäude (wie z.B. Schulgebäude, Kindertagesstätten und Sporthallen). Darüber hinaus beziehen die nachfolgenden Ausführungen auch die für Nichtwohnzwecke aufgewandten Energieverbräuche in Gebäuden mit Mischnutzung (inkl. Gebäuden mit überwiegender Wohnnutzung) mit ein. Zusätzlich zu den für Wohngebäude betrachteten Anwendungen Raumwärme, Warmwasser und mechanische Lüftung werden bei Nichtwohngebäuden auch die Energiebedarfe bzw. -verbräuche für Beleuchtung und Gebäudekühlung gesondert betrachtet.

Die Datenlage über Nichtwohngebäude in Deutschland ist unbefriedigend, da insbesondere vor Beginn der 1990er Jahre nur sporadisch statistische Daten für ganz Deutschland erhoben wurden. Angesichts der Vielfalt unterschiedlicher Arten von Nichtwohngebäuden wäre für Hochrechnungen, wie sie bei den Wohngebäuden durchgeführt wurden, detaillierte Informationen zum Gebäude- und Flächenbestand, zu Neubau- und Abrissraten, zu Gebäudearten, Nutzungskategorien und Baualtersklassen, gebäudetechnischen Ausstattungen und dem energetischen Zustand sowie dem Energieverbrauch der verschiedenen Gebäudetypen notwendig. Diese Kenntnisse sind für den Bereich der Nichtwohngebäude derzeit nicht ausreichend vorhanden¹⁸⁶.

¹⁸⁵ Diese Definition wird u.a. in den amtlichen Statistiken (siehe z.B. [StaBu 2011a]) und in der EnEV 2009 verwendet.

¹⁸⁶ Zur Durchführung von Hochrechnungen sowie zur Bestimmung mittlerer spezifischer Verbrauchswerte ist vor allem ein in sich schlüssiges und statistisch abgesichertes Mengengerüst des Untersuchungsgegenstands unerlässlich. Im Unterschied zum Wohngebäudebestand liegen zum Gesamtbestand an Flächen in Nichtwohngebäuden jedoch keine entsprechenden Daten vor. Vorhandene erhobene Angaben, wie beispielsweise die Zeitreihe von Baufertigstellungen neuer Nichtwohngebäude seit 1993, beziehen sich lediglich auf Teilbereiche des Gesamtbestands. Eine Erhebung oder Typisierung des gesamten Bestandes ist bisher nicht erfolgt.

Um die Größenordnungen von Energieverbräuchen und -bedarfen von Nichtwohngebäuden zu erfassen, sind zudem über die Kenntnis des Gesamtflächenbestands hinaus weitere Angaben erforderlich. So ist zu beachten, dass die spezifischen Energieverbräuche von Nichtwohngebäuden stark von der

Gleiches gilt für die Häufigkeit der Durchführung von Energiesparmaßnahmen. Die Abschätzung der Minderungspotentiale bei Nichtwohngebäuden kann daher nur anhand grob vereinfachender Annahmen erfolgen.

Zielwerte des Energiekonzepts für Nichtwohngebäude

Grundsätzlich gelten die in Kapitel 2 diskutierten Ziele des Energiekonzeptes 2010 der Bundesregierung auch für den Nichtwohngebäudebereich. Konkrete Zielwerte lassen sich insbesondere für die angestrebte Senkung des Primärenergiebedarfs ableiten.

Hierzu sowie für die nachfolgenden Ausführungen wurden die von der bzw. für die AG Energiebilanzen erstellten und in [BMW 2011] veröffentlichten Anwendungsbilanzen für die Sektoren Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (kurz: GHD) und Industrie zugrunde gelegt. In diesen sind Endenergieverbräuche nach Sektoren, Energieträgern und Anwendungsbereichen unterteilt dargestellt. Auf Basis einer im Jahr 2010 durchgeführten Pilotstudie werden die ab dem Jahr 2008 erstellten Bilanzen als belastbar und fortschreibungsfähig angesehen [AGEB 2011b, S. 29]. Auf dieser Grundlage führen die im Energiekonzept der Bundesregierung von 2010 benannten Ziele für die Steigerung der Energieeffizienz im Gebäudesektor zu folgenden primärenergetischen Ausgangs- und Zielwerten für den Nichtwohngebäudebereich¹⁸⁷:

- Im Bezugsjahr 2008 wurden in den Sektoren GHD und Industrie in den Anwendungsbereichen Raumwärme und Warmwasser 310 TWh Primärenergie verbraucht. Die für das Jahr 2050 angestrebte Minderung um 80 % führt zu einem Zielwert von 62 TWh.
- Bei zusätzlicher Berücksichtigung der Anwendungen Klimakälte und Beleuchtung wurden in den Sektoren GHD und Industrie im Jahr 2008 511 TWh Primärenergie verbraucht. Eine Minderung um 80 % führt zu einem Zielwert von 102 TWh.

jeweiligen Nutzung abhängen, so dass eine Zuordnung zu Gebäudekategorien gewährleistet sein sollte. Darüber hinaus muss berücksichtigt werden, dass Informationen zu den Anteilen unterschiedlich konditionierter (beheizter, gekühlter, mechanisch belüfteter, beleuchteter) Teilflächen erforderlich sind, um die entsprechenden Verbräuche und Bedarfe rechnerisch abzubilden.

Im Rahmen verschiedener Studien [Eikmeier et al. 2006, Dirlich et al. 2011, Bettgenhäuser et al. 2011a, Schlomann et al. 2011, Bettgenhäuser et al. 2011b] wurden mit unterschiedlichen methodischen Ansätzen Abschätzungen des Mengengerüsts von Nichtwohngebäuden bzw. von Teilbeständen vorgenommen. Aufgrund der fehlenden einheitlichen Ausgangsdatenbasis weichen die Ergebnisse z.T. stark voneinander ab und ergeben insbesondere in Bezug auf die Flächenanteile verschiedener Nutzungen und unterschiedlicher Konditionierungen kein einheitliches Bild.

¹⁸⁷ Zur Umrechnung von Endenergie in Primärenergie und CO₂-Emissionen wurden hier dieselben Emissionsfaktoren verwendet wie für den Wohngebäudesektor (vgl. S. 13 u. S. 30).

- Der Ausgangswert des Primärenergieverbrauchs für den zur Erzeugung von Raumwärme und Warmwasser erforderlichen Hilfsstrom wird auf ca. 10 TWh, der Ausgangswert des Primärenergieverbrauchs für den Stromeinsatz zum Betrieb raumluftechnischer Anlagen auf ca. 40 TWh abgeschätzt¹⁸⁸. Der Primärenergiebedarf im Bezugsjahr 2008 erhöht sich in dieser Betrachtung auf 561 TWh, bei Minderung um 80 % wären bis 2050 112 TWh zu erreichen.

Zielwerte zur Reduzierung des Wärmebedarfs (Minderung um 20 % von 2008 bis 2020) sowie zur CO₂-Minderung (sektorübergreifendes Ziel der Minderung um 40 % von 1990 bis 2020 bzw. um 80 % von 1990 bis 2050) können an dieser Stelle nicht beziffert werden, da zuverlässige Ausgangsdaten, die sich einerseits auf die zu betrachtenden Anwendungsbereiche und andererseits auf den Gesamtbestand an Nichtwohngebäuden in Deutschland beziehen, nicht verfügbar sind. Gleiches gilt für die aktuellen energetischen Sanierungsraten bei Nichtwohngebäuden.

Entwicklung der CO₂-Emissionen aller Anwendungsbereiche

Auf eine Analyse der zeitlichen Entwicklung einzelner Verbrauchsarten, insbesondere des Verbrauchs für Heizung und Warmwasser, muss im Nichtwohngebäudesektor verzichtet werden, da hierfür im historischen Verlauf keine konsistente Datenbasis vorliegt – die Anwendungsbilanzen ab 2008 wurden mit einer anderen Methodik erstellt als die für vorhergehende Jahre veröffentlichten Daten [AGEB 2011b]. Ein Herunterbrechen des Gesamtverbrauchs auf einzelne Arten der Energieanwendung ist daher im vorliegenden Kontext nicht möglich.

Aus diesem Grund wird hier die Entwicklung aller Anwendungsbereiche im Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleitungen (GHD) betrachtet und mit der im Wohngebäudesektor verglichen. Neben dem Energieverbrauch für Raumwärme und Warmwasser sind dabei die gemäß EnEV bei Nichtwohngebäuden zu berücksichtigenden Anwendungen Beleuchtung und Klimatisierung mit eingeschlossen, darüber hinaus aber auch Verbräuche für Informations- und Kommunikationstechnologien (z.B. PC-Arbeitsplätze, Server, Drucker, Kopierer, Telefone etc.), mechanische Energie (z.B. motorische Antriebe von Maschinen und Geräten), Prozesswärme (z.B. Kochen, Schweißen, Trocken-, Wasch- und Reinigungsverfahren) und Prozesskälte (z.B. Kältekompressoren in Kühlhäusern, Gefrier- und Kühlräumen, von Kühltheken, Gefrier- und Kühlschränken). Entsprechend wird für diesen Vergleich in den Wohngebäuden nicht nur der Verbrauch für Raumwärme und Warmwasser, sondern ebenfalls der

¹⁸⁸ Dabei wurde angenommen, dass die Relation des Hilfsstromverbrauchs zum Endenergieverbrauch der Wärmeerzeugung ähnlich ist wie im Wohngebäudesektor. Für den Beitrag der raumluftechnischen Anlagen wurden Differenzen zum Klimatisierungsbedarf mit und ohne Raumluftechnik ausgewertet [AGEB 2011b, Bettgenhäuser et al. 2011b].

Gesamtverbrauch inklusive Haushaltsstrom mitbetrachtet. Die Zahlen entsprechen daher nicht den Darstellungen in Kapitel 1.2.

Abbildung 33 zeigt die Entwicklung der CO₂-Emissionen in den Sektoren Haushalte und GHD von 1990 bis 2010. Während dem Sektor Haushalte die gesamten in Wohngebäuden anfallenden Energieverbräuche und Emissionen zugeordnet sind, entfallen etwas weniger als 80 % der entsprechenden Anteile für Nichtwohngebäude auf den Sektor GHD und etwas mehr als 20 % auf den Sektor Industrie (Verarbeitendes Gewerbe).

Die Darstellung basiert auf Angaben der Arbeitsgruppe Energiebilanzen zum Endenergieverbrauch in Deutschland [BMWi 2011, Tabelle 6]. Außer den Jahreswerten sind auch Fünfjahres-Mittelwerte eingetragen, die (von links nach rechts) die Perioden 1990 - 1994, 1995 - 1999, 2000 - 2004 sowie 2005 - 2009 betreffen. Bei beiden Sektoren ist zu erkennen, dass die Fünfjahresmittelwerte keine starken Schwankungen aufweisen. Die Grafik zeigt einen annähernd parallelen Verlauf der in den Sektoren Haushalte und GHD verursachten CO₂-Emissionen.

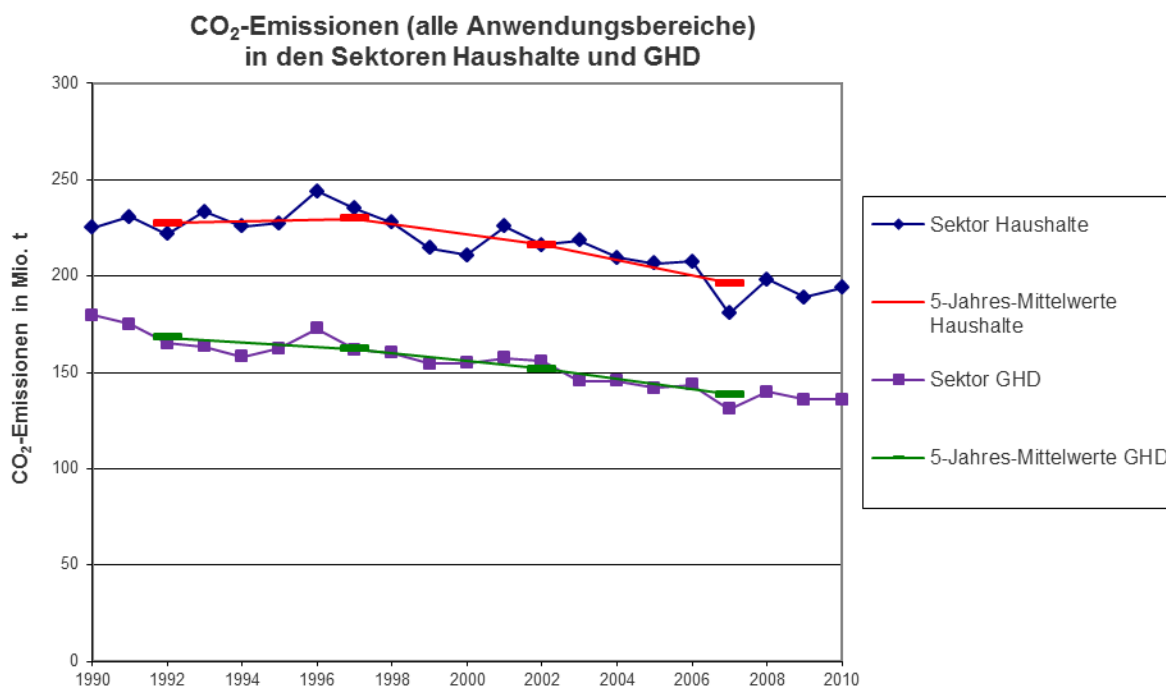


Abbildung 33: Vergleich der Primärenergieverbräuche aller Anwendungsbereiche in den Sektoren Haushalte und Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD)

Ein Vergleich der Fünfjahres-Mittelwerte der Jahre 2006 - 2010 mit denen der Jahre 1990 - 1994 zeigt CO₂-Minderungen im Sektor Haushalte in Höhe von 15 %, im Sektor GHD in Höhe von 18 %. Vergleicht man die Fünf-Jahresperioden 2006 - 2010 und 1996 - 2000,

liegen die CO₂-Einsparungen im Sektor Haushalte bei 16 %, im Sektor GHD bei 15 %. Auch wenn sich die anteilige Zusammensetzung der Energieträger sowie deren historische Entwicklung (z.B. Zuwachsraten im Bereich erneuerbarer Energie) in den beiden Sektoren deutlich unterscheiden, lässt sich festhalten, dass bezüglich der CO₂-Minderungstrends in den betrachteten Sektoren insgesamt gesehen keine großen Abweichungen zu verzeichnen sind.

Da die Anteile der Primärenergieverbräuche für Raumwärme und Warmwasser sektoral stark unterschiedlich sind, ist allerdings anzumerken, dass der Vergleich der Verbräuche aller Anwendungsbereiche nur als allgemeiner Hinweis für einen Vergleich der den Gebäudebereich betreffenden Minderungsdynamiken dienen kann. Während ca. 75 % des Primärenergieverbrauchs im Sektor Haushalte auf die Anwendungsbereiche Raumwärme und Warmwasser in Wohngebäuden zurückgeführt werden, sind im Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen nur ca. 35 bis 45 % des Gesamtverbrauchs den Anwendungen Raumwärme und Warmwasser in Nichtwohngebäuden zugeordnet¹⁸⁹. Im Detail können die Ursachen für die beobachtete Entwicklung in den Sektoren Haushalte und GHD also sehr unterschiedlich sein.

Anwendungsbereich Raumwärme und Warmwasser

Ein Rückschluss aus der Gesamtanalyse auf die Entwicklung im Anwendungsbereich Raumwärme und Warmwasser ist nach den Überlegungen im vorigen Abschnitt einerseits nicht möglich, andererseits haben sich auch keine Hinweise auf einen stark unterschiedlichen Trend im Wohn- und Nichtwohngebäudesektor ergeben. Vor diesem Hintergrund und angesichts ähnlicher Technologien und Maßnahmen bei Wärmeschutz und Wärmeversorgung, die in Wohn- und Nichtwohngebäuden Anwendung finden, ist davon auszugehen, dass bei den Nichtwohngebäuden ähnlich wie bei den Wohngebäuden noch erheblich verstärkte Anstrengungen in Richtung auf erhöhte Modernisierungsraten, verbesserten Wärmeschutz und effizientere Wärmeversorgung notwendig sind, um die Ziele des Energiekonzepts zu erreichen.

Mit der folgenden Analyse soll die Bedeutung des Energieverbrauchs für Heizung und Warmwasserversorgung im Nichtwohngebäudesektor für die Energie- und Klimabilanz im Vergleich zum Wohngebäudesektor untersucht werden. Hierfür wurde auf Basis der entsprechenden End- und Primärenergieverbräuche sowie den damit einhergehenden CO₂-Emissionen der Jahre 2008 bis 2010 ein entsprechender Verhältniswert ermittelt (siehe Tabelle 53, rechte Spalte). Die angegebenen Verbräuche und Emissionen basieren auf den

¹⁸⁹ Für den Sektor Industrie liegt dieser Anteil mit unter 10 % noch einmal deutlich niedriger, weshalb auf einen Vergleich dieses mit den beiden anderen Sektoren verzichtet wurde.

vom [BMWi 2011] veröffentlichten Anwendungsbilanzen (Endenergie) der Sektoren Haushalten, GHD und Industrie, die gemäß [AGEB 2011b] ab dem Jahr 2008 als belastbar und fortschreibungsfähig angesehen werden. Die Angaben der CO₂-Emissionen schließen die zu diesen Zwecken im Gebäude verbrauchten Brennstoffe sowie Strom- und Fernwärme mit ein.

| | Mittelwerte der Jahre 2008 bis 2010 für die Anwendungen Raumwärme und Warmwasser | | |
|-----------------------------|--|--|---|
| | Wohngebäude (Sektor Haushalte) | Nichtwohngebäude (Sektoren Gewerbe, Handel, Dienstleistung und Industrie) | Verhältnis Nicht- wohngebäude / Wohngebäude |
| Endenergieverbrauch | 602 TWh | 266 TWh | 0,44 |
| Primärenergieverbrauch | 647 TWh | 297 TWh | 0,46 |
| CO ₂ -Emissionen | 132 Mio. t | 61 Mio. t | 0,46 |

Tabelle 53: Vergleich der Energieverbräuche und CO₂-Emissionen für Raumwärme und Warmwasser in Nichtwohngebäuden und Wohngebäuden

Es zeigt sich, dass der Endenergieverbrauch und die CO₂-Emissionen zur Heizung und Warmwasserbereitung im Nichtwohngebäudesektor etwa halb so hoch ausfallen wie im Wohngebäudesektor. Etwas genauer lässt sich für die Umrechnung der Verbräuche und Emissionen vom Wohn- auf den Nichtwohngebäudesektor ein pauschaler Faktor von 0,45 angeben. Der Anteil der Nichtwohngebäude an den Energieverbräuchen und CO₂-Emissionen für Raumwärme und Warmwasser aller Gebäude beträgt dementsprechend knapp ein Drittel.

Geht man nun davon aus, dass im Nichtwohngebäudebestand zur Verminderung des Primärenergieverbrauchs und der CO₂-Emissionen für Heizung und Warmwasser ähnliche Maßnahmen und Technologien für Wärmeschutz und Wärmeversorgung mit ähnlichen Voraussetzungen bei Kosten und Wirtschaftlichkeit umgesetzt werden müssten, so lassen sich im Vergleich mit den Ergebnissen für den Wohngebäudesektor zumindest grobe Größenordnungen für den Investitionsaufwand und – bei Betrachtung eines entsprechenden Szenarios für ökonomische Steuerungsinstrumente – für ein notwendiges Fördervolumen angeben: Während im Wohngebäudesektor für die Zielszenarien laut Kapitel 5.8 jährliche Mehrinvestitionen im Bestand 09 in der Größenordnung von etwa 10-26 Mrd. €/a auftreten, wäre im Nichtwohngebäudebestand unter diesen vereinfachten Annahmen mit 4,5 bis 12 Mrd. €/a zu rechnen, um eine entsprechende Reduktion des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen für die Wärmeversorgung (Heizung und Warmwasser) zu erreichen.

Das notwendige jährliche Fördervolumen im Beispielszenario „Ökonomische Steuerungsinstrumente“ in Kapitel 8 wurde in den Zielszenarien III / IV bis 2020 auf durchschnittlich 5,2 bis 5,4 Mrd. €/a (Bestand 09) bzw. 6,2 bis 6,4 Mrd. €/a (Bestand 09 und Neubau) abgeschätzt. Bei Übertragung dieses Konzepts auf den Nichtwohngebäudesektor wäre also zusätzlich mit rund 2,3 Mrd. €/a (Bestand 09) bis 2,9 Mrd. €/a (inklusive Neubau) zu rechnen, wenn man für eine grobe Umrechnung den oben genannten Verhältniswert von 0,45 verwendet. An der Höhe der notwendigen Energieabgabe (ca. 1,1 - 1,15 Cent pro Kilowattstunde Primärenergie bzw. 1,2 – 1,27 Cent pro Kilowattstunde Erdgas/Heizöl bezogen auf den Heizwert) ändert sich nichts, wenn eine solche Abgabe entsprechend auch im Nichtwohngebäudesektor erhoben wird und man von gleichen Bedingungen für Kosten, Wirtschaftlichkeit und den daraus resultierenden Umsetzungsraten von Energiesparmaßnahmen im Wohn- und Nichtwohngebäudesektor ausgeht.

Bei einem genaueren Vergleich von Wohn- und Nichtwohngebäudesektor wären auch mögliche unterschiedliche Entwicklungen im Neubau zu berücksichtigen, die in der vereinfachten Abschätzung im vorherigen Absatz vernachlässigt wurden. So ist festzustellen, dass der Zubau an Nutzfläche in Nichtwohngebäuden in den vergangenen Jahren den Zubau der Wohnfläche überstiegen hat, während er in früheren Jahren darunter und zeitweise auch gleichauf lag (s. Abbildung 34). In diesem Zusammenhang ist allerdings zu beachten, dass hier auch Nichtwohngebäude ohne Heizung mitgezählt werden. Der prozentuale Anteil der Nichtwohngebäude ohne Heizung im Neubau seit 1993 lag zwischen 41 und 56 % (mit steigender Tendenz). Der Mittelwert beträgt 48 %, d.h. knapp die Hälfte der neu gebauten Nichtwohngebäude wurde in der Vergangenheit ohne Heizung errichtet [StaBu 2011b, Tab. 6.1]. Auch hier gilt also grob ein Faktor 0,5 zur Umrechnung von Wohngebäuden in beheizte Nichtwohngebäude, wenn man, wie es im Mittel über die letzten ca. 15 Jahre der Fall war (s. Abbildung 34) etwa gleich hohe Wohn- und Nutzflächen unterstellt ¹⁹⁰.

¹⁹⁰ Die Prozentangabe zum Anteil der beheizten Nichtwohngebäude bezieht sich allerdings auf die Gebäudezahl, die hier vorgenommene Übertragung auf die Nutzfläche stellt also eine weitere Vereinfachung dar. Darüber hinaus ist zu beachten, dass unterschiedliche flächenspezifische Energieverbräuche in Wohn- und Nichtwohngebäuden bei dieser vereinfachten Betrachtung nicht berücksichtigt wurden.

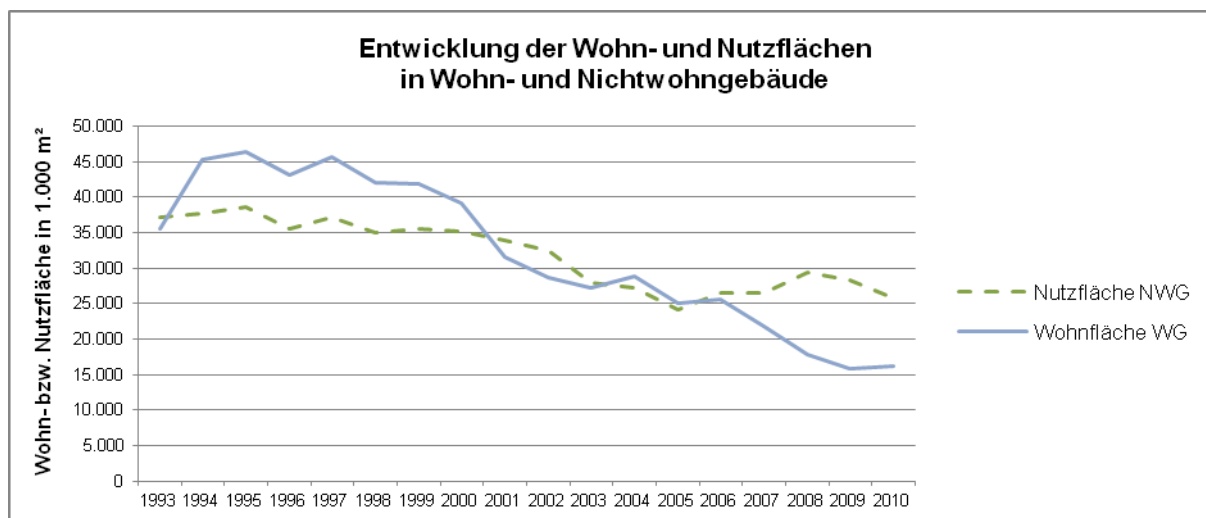


Abbildung 34: Entwicklung der Wohn- bzw. Nutzflächen im Neubau für Wohngebäude (WG) und Nichtwohngebäuden (NWG, beheizte und nicht beheizte Gebäude) in Deutschland in den Jahren 1993-2010 [StaBu 2011c, Tab. 8]

Anwendungsbereich Beleuchtung

In den aktuellen Anwendungsbilanzen der Sektoren GHD und Industrie [BMWi 2011, Tabellen 7 und 7a] sind auch Endenergieverbräuche für den Anwendungsbereich Beleuchtung aufgeführt. Wie aus Tabelle 54 hervorgeht, ist die für Beleuchtung eingesetzte Endenergie zu 15 % dem Sektor Industrie und zu 85 % dem Sektor GHD zugeordnet. Im Sektor GHD hat der Anwendungsbereich Beleuchtung derzeit einen Anteil am Gesamtstromverbrauch von etwas über 40 %.

| Sektor | Endenergie Beleuchtung [TWh/a] | | | |
|------------------------|--------------------------------|------|------|------------------------|
| | 2008 | 2009 | 2010 | Mittelwert 2008 – 2010 |
| GHD | 55,7 | 57,5 | 56,9 | 56,7 |
| Industrie | 11,1 | 9,5 | 10,4 | 10,3 |
| GHD + Industrie | 66,8 | 67,0 | 67,3 | 67,0 |

Tabelle 54: Endenergieverbrauch (elektrische Energie) für die Anwendung Beleuchtung in den Sektoren GHD und Industrie 2008-2010; Datenquelle: [BMWi 2011]

In den Jahren 2008 bis 2010 ist die gesamte zur Beleuchtung aufgebrauchte Energie dem Energieträger Strom zugeordnet. Für das Jahr 2008 ergibt sich damit ein Primärenergieverbrauch in Höhe von 181 TWh. Legt man das im Energiekonzept 2010 benannte Ziel einer 80-prozentigen Primärenergieeinsparung bis 2050 auch für den Anwendungsbereich der Beleuchtung zugrunde, so ergibt sich ein Zielwert von rund 36 TWh.

Für die Erstellung der vom [BMWi 2011] veröffentlichten Anwendungsbilanzen des GHD-Sektors wird ergänzend zur Top-down-Methode der AG Energiebilanzen vom Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik (IfE), Fraunhofer ISI und weiteren Forschungspartnern seit Mitte der 1990er Jahre eine Bottom-up-Methode eingesetzt [AGEB 2011b]. Die auf die Jahre 2007 bis 2010 bezogenen Ergebnisse dieses Ansatzes basieren auf einer Breiterhebung von rund 2.000 Arbeitsstätten, ergänzt um Tiefeninterviews sowie Recherchen und eigene Daten der IfE-Arbeitsgruppe. Auf dieser Grundlage sind in [Schomann et al. 2011] neben Anwendungsbilanzen auch die zugehörigen Flächenbestände der Gebäude des GHD-Sektors differenziert nach Gebäudearten ausgewiesen. Der Flächenbestand des Jahres 2008 wurde auf 2.310 Mio. m² hochgerechnet. Da die Hochrechnung auf Basis der Gebäudegrundfläche erfolgte, wird in den folgenden Abschätzungen davon ausgegangen, dass es sich hierbei um die Nettogrundfläche der Gebäude handelt. Die in [Schlomann et al. 2011] ermittelten Flächen beziehen sich auf 82 % der im GHD-Sektor für Beleuchtungszwecke eingesetzten Energie. Auf Basis des entsprechenden Anteils in den AGEB-Daten¹⁹¹ [BMWi 2011] (siehe Tabelle 54) ergibt sich für das Jahr 2008 ein mittlerer Verbrauchskennwert in Höhe von 19,7 kWh/(m²_{NGFa}) bzw. in Höhe von 20,1 kWh/(m²_{NGFa}) als Mittelwert der Jahre 2008 - 2010.

Zur Abschätzung der Einsparpotenziale im Anwendungsbereich Beleuchtung wird auf Ergebnisse aus dem laufenden IWU-Projekt „Teilenergiekennwerte von Nichtwohngebäuden“¹⁹², kurz TEK, zurückgegriffen. Im Rahmen des TEK-Projektes wurden Energiekennwerte für unterschiedliche Verwendungszwecke und Nutzungsprofile in fünf Energieaufwandsklassen (Beschreibung siehe Tabelle 55 und Tabelle 56) mit einem vereinfachten Berechnungsverfahren der DIN V 18599 berechnet und tabelliert.

Für die in [Schlomann et al. 2011] ausgewiesenen Gebäudegruppen Bürogebäude, Laden-/Verkaufsgebäude, Werkstattgebäude, Lager-/Garagengebäude und sonstige Gebäude (inkl. Flächen in Mischgebäuden) wurden entsprechende Beleuchtungskennwerte ermittelt. Diese setzen sich aus den Werten der jeweiligen Hauptnutzungszonen (Mittelwerte von zwei bis drei typischen Hauptnutzungen) und solchen für die verbleibenden Flächen (technische Funktions- und Verkehrsflächen) zusammen (siehe Tabelle 57). Die Gewichtung der Flä-

¹⁹¹ Während sich beim Brennstoff-, Kraftstoff- und Fernwärmeverbrauch im Quervergleich vom IfE-Hochrechnungsergebnis und den Daten der AGEB nahezu deckungsgleiche Ergebnisse ergeben, ist für den in den IfE-Hochrechnungen angegebenen Stromverbrauch von einer Untererfassung auszugehen [AGEB 2011, S: 10, Schlomann et al. 2011, S. 70]. Deshalb wird im Folgenden der Endenergieverbrauch aus [BMWi 2011] und der in [Schlomann et al. 2011] hochgerechnete Flächenbestand als Datenbasis verwendet.

¹⁹² Das Forschungsprojekt „Teilenergiekennwerte von Nichtwohngebäuden – Methodische Grundlagen, empirische Erhebung und systematische Analyse“ wird gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie im Programm ENOB Forschung für energieoptimiertes Bauen.

chenanteile erfolgte gemäß [BMVBS 2009]. Die flächengewichteten Werte sind in Tabelle 58 dargestellt. Für die Flächenanteile in der Kategorie „sonstige Nichtwohngebäude“ sowie für die Flächenanteile in Mischgebäuden wurde der Mittelwert der drei betrachteten Gebäudekategorien verwendet. Für die Aufwandsklasse „mittel“ ergibt sich ein mittlerer spezifischer Beleuchtungskennwert von $18,2 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{\text{NGFA}})$, was mit einer Abweichung von 9 % geringfügig unter dem auf Basis der AGEB-Daten errechneten spezifischen Mittelwert liegt.

Auch wenn also die Aufwandsklasse „mittel“ eine durchschnittliche Energieeffizienz der Beleuchtung widerspiegelt, ist über die Häufigkeit der Klasse „mittel“ im Gebäudebestand und über die Anteile der anderen Aufwandsklassen von „sehr hoch“ bis „sehr gering“ nichts Näheres bekannt. Eine Aufteilung der Nettogrundfläche in die fünf Kategorien kann hier also nicht vorgenommen werden. Dennoch lassen sich bedingte Abschätzungen zu Einsparpotentialen vornehmen, wenn man entsprechende Annahmen zu Modernisierungsraten im Bereich der Beleuchtung trifft und gleichzeitig davon ausgeht, dass im heutigen Nichtwohngebäudebestand noch relativ hohe Anteile der vierten Klasse „hoch“ mit überdurchschnittlichem Energieverbrauch für Beleuchtung vorliegen¹⁹³.

| Energieaufwandsklasse | Interpretation |
|-----------------------|---|
| sehr gering | Entspricht etwa einem energieeffizienten Neubau, bei dem auch technisch beste Effizienztechniken eingesetzt werden. |
| Gering | Entspricht etwa einem Neubau mit in der Regel wirtschaftlichen Effizienztechniken. |
| Mittel | Entspricht etwa einem guten Standard in Bestandsgebäuden. |
| Hoch | Entspricht etwa nicht modernisierten Bestandsgebäuden. |
| sehr hoch | Entspricht etwa nicht modernisierten Bestandsgebäuden mit offensichtlichen energetischen Defiziten. |

Tabelle 55: Energieaufwandsklassen der Teilenergiekennwerte (Referenz-TEK)

| Beleuchtungsanlage | sehr gering | gering | mittel | hoch | sehr hoch |
|--------------------------|----------------|-------------------|-------------------|-----------------|-----------|
| Lampenart | Lsl stab - EVG | Lsl stab - EVG | Lsl kmp -ex EVG | Lsl kmp -ex KVG | Halogen |
| Beleuchtungsart | direkt | direkt / indirekt | direkt / indirekt | indirekt | direkt |
| Steuerung | dim - aus | manuell | manuell | manuell | manuell |
| Präsenzmelder | ja | ja | nein | nein | nein |
| Sonnenschutz - Steuerung | lichtlenkend | manuell | manuell | manuell | manuell |

Tabelle 56: Randbedingungen zur Berechnung der Teilenergiekennwerte (Referenz-TEK)

Erläuterung der Abkürzungen Lsl = Leuchtstofflampe; EVG = elektronisches Vorschaltgerät; kmp = kompakt; ex = externes Vorschaltgerät; dim- aus = dimmend ausschaltend

¹⁹³ Die fünfte Klasse „sehr hoch“ mit besonders hohem Energieverbrauch wird in den folgenden Betrachtungen nicht weiter berücksichtigt. Für diese Fälle ergäben sich entsprechend noch höhere Einsparpotentiale und insgesamt noch günstigere wirtschaftliche Voraussetzungen für eine Erneuerung der Beleuchtungsanlage.

| Gebäudekategorie ^{a)} | Teilenergiekennwert Beleuchtung (Endenergie) [kWh/m ² _{NGFA}] ^{b)} | | | | | Anteil Hauptnutzfläche ^{c)} | Anteil Techn. Funktions- u. Verkehrsfläche ^{c)} |
|--|--|--------|--------|------|-----------|--------------------------------------|--|
| | sehr gering | gering | mittel | hoch | sehr hoch | | |
| Bürogebäude | 11,0 | 20,6 | 28,6 | 57,8 | 91,5 | 58 % | 42 % |
| Laden- / Verkaufsgebäude | 14,9 | 22,5 | 26,9 | 45,5 | 88,8 | 79 % | 21 % |
| Werkstattgebäude | 11,7 | 17,5 | 21,9 | 36,8 | 70,4 | 71 % | 29 % |
| Lager- / Garagengebäude | 3,2 | 4,9 | 14,5 | 27,6 | 43,8 | 63 % | 37 % |
| technische Funktions- und Verkehrsfläche | 1,5 | 2,6 | 7,9 | 17,2 | 23,7 | | |

Tabelle 57: Teilenergiekennwerte Beleuchtung nach Hauptnutzflächen sowie technischen Funktions- und Verkehrsflächen getrennt ausgewiesen

| Gebäudekategorie ^{a)} | Teilenergiekennwert Beleuchtung (Endenergie) [kWh/m ² _{NGFA}] ^{d)} | | | | | Anteil an NGF Gesamtbestand ^{a)} | NGF Gesamtbestand [Mio. m ²] ^{a)} |
|---|--|--------|--------|------|-----------|---|--|
| | sehr gering | gering | mittel | hoch | sehr hoch | | |
| Bürogebäude | 7,0 | 13,1 | 19,9 | 40,7 | 63,0 | 12 % | 271 |
| Laden- / Verkaufsgebäude | 12,0 | 18,3 | 22,9 | 39,6 | 75,1 | 11 % | 250 |
| Werkstattgebäude | 8,7 | 13,2 | 17,8 | 31,1 | 56,8 | 13 % | 292 |
| Lager- / Garagengebäude | 2,6 | 4,1 | 12,0 | 23,8 | 36,4 | 29 % | 674 |
| Sonstige Flächen in Nichtwohn- und gemischt genutzten Gebäuden (Mittelwert) | 7,6 | 12,2 | 18,2 | 33,8 | 57,8 | 36 % | 822 |

Tabelle 58: Flächengewichtete Teilenergiekennwerte Beleuchtung sowie Anteil der Gebäudekategorien am Gesamtbestand

^{a)} IfE 2011; ^{b)} Mittelwerte TEK; ^{c)} BMVBS 2009; ^{d)} abgeleitet aus Mittelwerten TEK

Möglichkeiten zur Energieeinsparung bieten beispielsweise der Einsatz von direkt strahlenden Spiegelrasterleuchten mit elektronischen Vorschaltgeräten, effiziente Leuchtmittel sowie der Einsatz von Präsenzmeldern, Tageslichtsensoren, dimmbaren Steuerungen und lichtlenkendem Sonnenschutz.

In den folgenden Analysen werden im Nichtwohngebäudebestand des Jahres 2008 jährliche Modernisierungsraten der Beleuchtungsanlage von 2 % bis 3 % betrachtet. Dabei handelt es sich um exemplarische Annahmen, die in der Größenordnung der Erneuerungsraten von Heizsystemen liegen¹⁹⁴. Über die tatsächliche Höhe der Erneuerungsraten von Beleuchtungssystemen ist hier nichts Näheres bekannt. Neubau und Abriss werden in den Betrachtungen nicht berücksichtigt.

¹⁹⁴ Diese liegen bei Wohngebäuden in der Größenordnung von knapp 3 %/a, vgl. Kapitel 4.

In Abbildung 35 sind für den Nichtwohngebäudebestand 2008¹⁹⁵ die Ergebnisse für die exemplarisch angenommenen jährlichen Modernisierungsraten bis zum Jahr 2020 in Höhe von 2 % und 3 % sowie die bei vollständiger Modernisierung des Bestandes resultierenden Einsparungen dargestellt. Die Ergebnisse basieren auf den in Tabelle 58 angegebenen Kennwerten der fünf betrachteten Gebäudekategorien, die anhand ihrer Nettogrundflächenanteile gewichtet wurden.

Bei der Umsetzung einer Sanierungsrate von 2 % pro Jahr wurde davon ausgegangen, dass von 2009 bis einschließlich 2020 jeweils 1 % der Gesamtflächen pro Jahr mit Beleuchtungskennwerten der Aufwandklasse „hoch“ und „mittel“ so saniert werden, dass der spezifische Verbrauch der Klasse „gering“ entspricht. Dies führt zu einer Einsparung von 17 %.

Nimmt man an, dass im gleichen Zeitraum jeweils 1,5 % der Gesamtfläche pro Jahr in den Aufwandsklassen „hoch“ und „mittel“ auf den Standard „gering“ verbessert werden (Gesamt-sanierungsrate 3 %), liegt die Energieeinsparung bei 25 %.

In dem Fall, dass alle Nichtwohngebäude-Bestandsgebäude das Niveau „gering“ erreichen, ergibt sich eine Einsparung von 46 %. Werden alle Flächen der Aufwandklasse „sehr gering“ zugeordnet (technisches Potenzial), ergibt sich ein im Vergleich zum Jahr 2008 um 66 % verringerter Endenergiebedarf.

Um die für das Jahr 2050 angestrebte Einsparung von 80 % zu erreichen, sind demnach weitere technologische Verbesserungen zur Senkung des Endenergiebedarfs bzw. ein verstärkt auf erneuerbaren Energien basierender Strom-Mix mit einem niedrigeren Primärenergiefaktor erforderlich.

¹⁹⁵ Das Jahr 2008 dient für verschiedene Zielgrößen im Energiekonzept als Basisjahr (vgl. Kapitel 2).

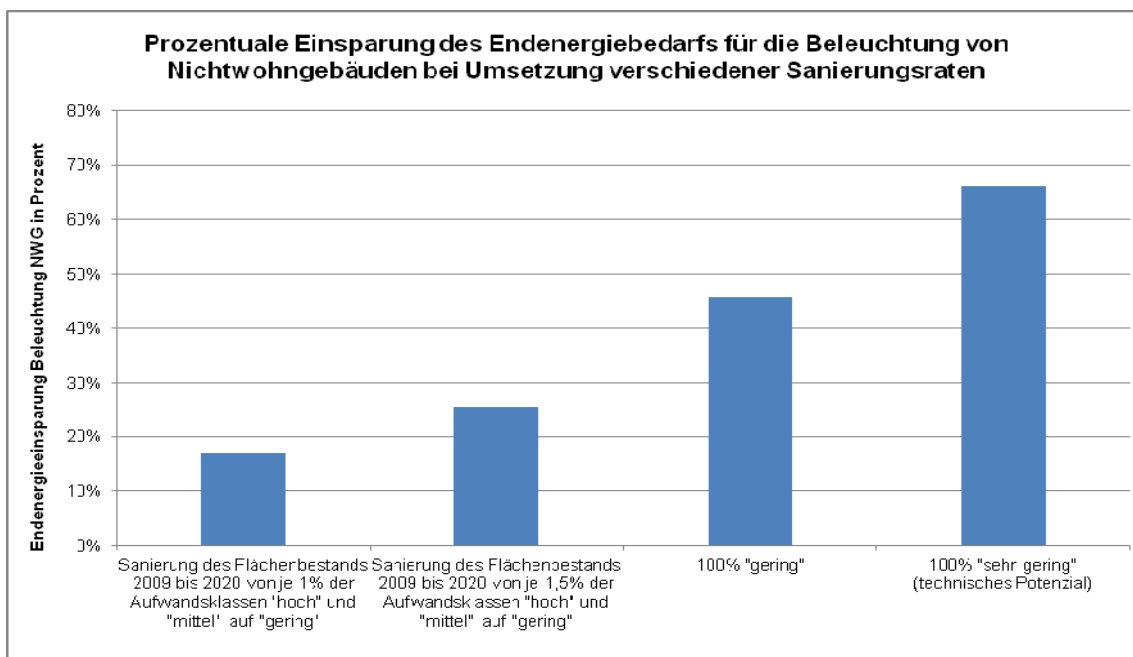


Abbildung 35: Prozentuale Einsparung des Endenergiebedarfs für den Anwendungsbereich Beleuchtung in Nichtwohngebäuden für die Umsetzung zweier exemplarisch ausgewählter jährlicher Sanierungsraten, einer Vollsanierung auf 100% „gering“ und des technischen Potenzials (100% „sehr gering“)

Anhand der in Tabelle 59 dargestellten spezifischen Kosten wurde eine grobe Abschätzung der Brutto-Investitionskosten für Beleuchtungsanlagen der Aufwandsklasse „gering“ vorgenommen.

| Gebäudekategorie | Art der Leuchten | Brutto-Investitionskosten €/m² Grundfläche |
|--|--------------------------------|--|
| Bürogebäude | Spiegelrasterleuchten, BAP | 72,5 |
| Laden- / Verkaufsgebäude | Spiegelrasterleuchten, BAP | 42,5 |
| Werkstattgebäude | Wannen- und Rasterleuchte | 32,5 |
| Lager- / Garagengebäude | Langfeldleuchte, freistrahlend | 15,5 |
| technische Funktions- und Verkehrsfläche | Wannen- und Rasterleuchte | 17,5 |

Tabelle 59: Brutto-Investitionskosten für neue Beleuchtungsanlagen in der Aufwandsklassen „gering“ gemäß [FMBW 2008]
 Preisstand Sept. 2006: Ortsfeste Leuchten für Allgemeinbeleuchtung mit Leuchtmittel und allem erforderlichen Montagematerial und Zubehör, Raumhöhe max. 3 m, einlampig, mit EVG, ohne Kabel zzgl. 1 Präsenzmelder pro 20 m², inkl. Montage

Werden 2 % der Gesamtfläche so saniert, dass sie der Aufwandsklasse „gering“ entsprechen, und verteilt sich diese Sanierungsrate gleichmäßig auf alle Gebäudekategorien, belaufen sich die geschätzten Brutto-Investitionskosten auf ca. 1,4 Mrd. Euro pro Jahr. Bei einer

Sanierungsrate von 3 % erhöhen sich die Brutto-Investitionskosten auf 2,1 Mrd. Euro pro Jahr.

Anwendungsbereich Gebäudekühlung und mechanische Lüftung

In den Anwendungsbilanzen der Sektoren GHD und Industrie sind auch Endenergieverbräuche für den Anwendungsbereich Klimakälte aufgeführt [BMWi 2011, Tab. 7 und 7a], siehe Tabelle 60. Diese beziehen sich auf den Energieeinsatz der für Klimaanwendungen eingesetzten Kompressoren. Anders als bei den anderen Anwendungsbereichen sind hier die Energieverbräuche im Sektor Industrie höher als im Sektor GHD.

| Datenquelle | Sektor | Endenergie Klimakälte [TWh/a] | | | |
|-------------|-----------------|-------------------------------|------|------|------------------------|
| | | 2008 | 2009 | 2010 | Mittelwert 2008 - 2010 |
| BMWi 2011 | GHD | 2,8 | 2,8 | 2,7 | 2,8 |
| | Industrie | 4,9 | 4,3 | 3,9 | 4,4 |
| | GHD + Industrie | 7,7 | 7,0 | 6,6 | 7,1 |

Tabelle 60: Endenergieverbrauch für die Anwendung Klimakälte in den Sektoren GHD und Industrie 2008-2010; Datenquelle: [BMWi 2011, Tabellen 7 und 7a]

Der überwiegende Teil des Endenergiebedarfs für Klimakälte wird elektrisch erzeugt, 20 bis 25 % des Klimakälteanteils im Sektor GHD sind jedoch den Brenn- und Kraftstoffen (Gas) zugeordnet. Der Anteil der Anwendung Klimakälte am Gesamtenergieverbrauch in Nichtwohngebäuden ist vergleichsweise gering: der Anteil am Gasverbrauch liegt bei 0,5 - 0,6 %, der Anteil am Stromverbrauch bei 1,6 % und der Anteil am Gesamtendenergieverbrauch bei 0,7 %.

Es ist davon auszugehen, dass der zur Klimatisierung erforderliche Energiebedarf der Raumlufttechnik (Luffförderung) nicht in den Angaben zur Klimakälte enthalten ist und auf Basis der vorliegenden Anwendungsbilanzen nicht näher bestimmt werden kann¹⁹⁶. Da darüber hinaus zur Größenordnung der gekühlten Flächen in Nichtwohngebäuden lediglich grobe Abschätzungen und keine belastbaren Daten vorliegen, wird auf eine eigene Abschätzung an dieser Stelle verzichtet.

¹⁹⁶ Elektromotorische Antriebe für Lüfter, Absauganlagen, aber auch zur Druckluftherzeugung, von Werkzeugmaschinen, Transport- und Fördermittel sind in den Anwendungsbilanzen in der Kategorie „mechanische Energie“ erfasst. Der Endenergiebedarf für die Sektoren GHD und Industrie liegt bei

Für die Darstellung der potenziellen Reduktionsmöglichkeiten des Energiebedarfs zur Kühlung von Nichtwohngebäuden wird stattdessen auf eine im Jahr 2011 vom Umweltbundesamt veröffentlichte Studie [Bettgenhäuser 2011b] zurückgegriffen. Der im Rahmen dieser Veröffentlichung errechnete Endenergieverbrauch für Kühlung in Nichtwohngebäuden im Jahr 2009 wird mit rund 20 TWh beziffert. Auf das Jahr 2005 bezogene Vergleichswerte aus anderen Untersuchungen liegen zwischen 14 TWh und 23 TWh. Hierbei ist davon auszugehen, dass sich diese Werte auf den Energiebedarf für die Gebäudekühlung und mechanische Lüftung (raumluftechnische Anlagen) beziehen.

In [Bettgenhäuser 2011b] sind in einem Referenz- und einem Innovationszenario Energiebedarfe für die Gebäudekühlung von Wohn- und Nichtwohngebäuden bis zum Jahr 2030 mit und ohne Berücksichtigung von Klimaerwärmung prognostiziert. Während der Energiebedarf für Kühlung im Referenzszenario ohne Berücksichtigung der Klimaerwärmung trotz hoher Zubauraten bis zum Jahr 2030 geringfügig abnimmt, ergibt sich bei Berücksichtigung der Klimaerwärmung mit rund 29 TWh/a ein deutlich höherer Wert. Durch die im Innovationsszenario angenommenen Vermeidungsmaßnahmen und den Einsatz regenerativer Energien könnte der zusätzlich anfallende Bedarf jedoch abgefangen werden. Bei entsprechend erhöhten Investitionen in effiziente und regenerative Kühlungsstrategien¹⁹⁷ und –systeme könnte nach den Ergebnissen der Studie auch bei Berücksichtigung einer erheblichen Klimaerwärmung das Verbrauchsniveau des Jahres 2009 in Höhe von 20 TWh bis zum Jahr 2030 gehalten werden.

über 200 TWh/a und kann auf Grundlage der vorliegenden Daten den einzelnen Anwendungen nicht zugeordnet werden.

¹⁹⁷ Hier sind grundsätzlich auch bauliche und passive Maßnahmen (z. B. Wärmeschutz, Verschattung, Nachtlüftung) sowie Maßnahmen zur Reduzierung der internen Wärmequellen (z. B. energieeffiziente Computer- und Informationstechnik) zu berücksichtigen.

Literatur

- [AGEB 2011a] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (Hrsg.): Auswertungstabellen zur Energiebilanz Deutschland – Daten für die Jahre 1990 bis 2009; www.ag-energiebilanzen.de
- [AGEB 2011b] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (Hrsg.): Anwendungsbilanzen für die Endenergiesektoren in Deutschland im Jahr 2008, Berlin, Februar 2011
- [ASUE 2011] Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e. V.: BHKW-Kenndaten 2011 – Module, Anbieter, Kosten; Essen, Februar 2011
- [Berlit 2010] Berlit, Uwe; in: Lehr- und Praxiskommentar SGB II, § 22 ff. Vgl. Knickrehm, Sabine: Aktuelles aus dem Bereich: Kosten von Unterkunft und Heizung nach § 22 SGB II – Stand November 2009. In: Spellbrink, Wolfgang: Das SGB II in der Praxis der Sozialgerichte – Bilanz und Perspektiven. Stuttgart, 2010.
- [Bettgenhäuser et al. 2011a] K. Bettgenhäuser, T. Boermanns, J. Grözinger (Ecofys): Entwicklung eines Referenzszenarios im Gebäudebereich für das Gesamtziel „40 % CO₂-Einsparung bis 2020“, Februar 2011
- [Bettgenhäuser et al. 2011b] K. Bettgenhäuser, T. Boermanns, M. Offermann, A. Krechting, D. Becker (Ecofys): Klimaschutz durch Reduzierung des Energiebedarfs für Gebäudekühlung. Mit einem Anhang von M. Kahles, F. Pause, T. Müller (Universität Würzburg). Herausgegeben vom Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, Juni 2011
- [BMVBS 2009] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.): Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchskennwerte und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand vom 30.7.2009
- [BMVBS 2011] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Übergeordnete Ziele im Energiekonzept und IEKP (Übersicht, Arbeitspapier)
- [BMWi 2011] Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie: Energiedaten – Zahlen und Fakten, Stand 7.9.2010, www.bmwi.de
- [Bruckmeier, Wiemers 2010] K. Bruckmeier, J. Wiemers: A new targeting – a new take up? Non-take-up of social assistance in Germany after social policy reforms. IAB Discussion Paper 11/2010, Nürnberg, 2010
- [Bundesregierung 2010] Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung, 28. September 2010, www.bmu.de

- [Bundestag 2010] Deutscher Bundestag (Hrsg.): Wohngeld- und Mietenbericht 2010. BT-Drucksache 17/6280
- [Cansier 1996] D. Cansier: Umweltökonomie, 2 Auflage, Stuttgart, 1996
- [Diefenbach 2002] N. Diefenbach: Ansätze und Kennwerte zur rationellen Energienutzung im Gebäudebestand; Darmstadt, 2002
- [Diefenbach et al. 2005a] N. Diefenbach, T. Loga, R. Born (IWU): Wärmeversorgung für Niedrigenergiehäuser – Erfahrungen und Perspektiven, Darmstadt, 2005
- [Diefenbach et al. 2005b] N. Diefenbach, A. Enseling, T. Loga (IWU), H. Hertle, D. Jahn, M. Dusch (ifeu): Beiträge der EnEV und des KfW-CO₂-Gebäudesanierungsprogramms zum Nationalen Klimaschutzprogramm; im Auftrag des Umweltbundesamtes, Darmstadt, 2005
- [Diefenbach et al. 2009] N. Diefenbach, R. Born (IWU), N. Stärz (inplan): Solarthermie / Abluft-Wärmepumpe / Pelletofen: Kombisysteme zur nachhaltigen Wärmeversorgung von Niedrigenergiehäusern im Gebäudebestand, Darmstadt, 2009
- [Diefenbach et al. 2010a] N. Diefenbach, H. Cischinsky, M. Rodenfels (IWU), K.-D. Clausnitzer (Bremer Energie Institut): Datenbasis Gebäudebestand – Datenerhebung zu den Modernisierungstrends im deutschen Wohngebäudebestand (Forschungsprojekt im Rahmen des Programms „Zukunft Bau“), Institut Wohnen und Umwelt, Dezember 2010
- [Diefenbach et al. 2010b] N. Diefenbach, T. Loga, J. Knissel (IWU): Ansätze für eine wirksame Klimaschutzstrategie im Gebäudesektor – Stellungnahme zur Frage eines Hessischen Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes, IWU, 2010
- [Diefenbach et al. 2011] N. Diefenbach, T. Loga (IWU), J. Gabriel, M. Fette (Bremer Energie Institut): Monitoring der KfW-Programme „Energieeffizient Sanieren“ 2010 und „Ökologisch / Energieeffizient Bauen“ 2006-2010; IWU, Darmstadt, 23.11.2011
- [DIN 18599/2011] DIN V 18599-1:2011-12
- [Dirlich et al. 2011] S. Dirlich et al. (IÖR, Ingenieurbüro Petereit, BMVBS, BBSR): Typologie und Bestand beheizter Nichtwohngebäude. BMVBS-Online-Publikation 16/2011
- [Eikmeier et al. 2006] B. Eikmeier, J. Gabriel, J. Krewitt, M. Nast, W. Schulz: Analyse des nationalen Potenzials für den Einsatz hocheffizienter Kraft-Wärme-Kopplung; Energie und Management Verlagsgesellschaft mbH, Herrsching 2006
- [EnEV 2007] Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV) vom 24.7.2007

- [EnEV 2009] Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV) vom 6.3.2009 (mit Wirkung vom 1.10.2009)
- [Enseling et al. 2011] A. Enseling, N. Diefenbach, E. Hinz, T. Loga (IWU): Evaluierung und Fortentwicklung der EnEV 2009: Untersuchung zu den ökonomischen Rahmenbedingungen im Wohnungsbau; im Auftrag des BBSR; IWU, 21.12.2011
- [Enseling et al. 2012] A. Enseling, E. Hinz, M. Vaché (IWU): Kurzuntersuchung zu Höhe und Dauer eines befristeten normativen Zuschlags für energetische Modernisierungen, im Auftrag des DMB, Darmstadt 2012
- [EnWG 2012] Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung (Energiewirtschaftsgesetz – EnWG), zuletzt geändert am 16.1.2012
- [EPBD 2002] EU-Richtlinie 2002/91/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden vom 16. Dezember 2002
- [FMBW 2008] Finanzministerium Baden-Württemberg (Hrsg.): Kosten Technischer Gebäudeausrüstung, Orientierungswerte für die Planung. Staatliche Vermögens- und Hochbauverwaltung, Stuttgart, 3. Auflage 2008.
- [Fritsche/Rausch 2008] U. R. Fritsche, L. Rausch (Öko-Institut): Bestimmung spezifischer Treibhausgas-Emissionsfaktoren für Fernwärme, im Auftrag des Umweltbundesamtes; Dessau-Roßlau, Mai 2008
- [Gornig et al. 2011] M. Gornig, B. Görzig, H. Hagedorn, H. Steinke (DIW, Berlin): Strukturdaten zur Produktion und Beschäftigung im Baugewerbe – Berechnungen für das Jahr 2010; im Auftrag von BMVBS und BBSR (Aktenzeichen 10.0917.7-10.35); 2011
- [Grösche 2010] P. Grösche: Housing, energy cost, and the poor: Counteracting effects in Germany's housing allowance program. In: Energy Policy 38 (2010), S. 93-98.
- [Großklos et al. 2010] M. Großklos, T. Koch, N. Diefenbach (IWU): Wissenschaftliche Begleitung der Sanierung Rotlintstraße 116-128 in Frankfurt a. M. - Planungsphase und Null-Emissions-Konzept; IWU, Darmstadt, 2010
- [Hinz 2011] E. Hinz (IWU): Untersuchung zur weiteren Verschärfung der energetischen Anforderungen an Wohngebäude mit der EnEV 2012 – Kosten energierelevanter Bau- und Anlagenteile bei der energetischen Modernisierung von Altbauten; im Auftrag von BBSR und BMVBS; Darmstadt; 13.5.2011
- [IFS 2012] Institut für Städtebau, Wohnungswirtschaft und Bausparwesen (ifs),: Thesen zur Energieeffizienzpolitik für den Wohngebäudebereich, Hausbau Information, Folge 3/2012, Berlin 2012

- [IWU 2009] Institut Wohnen und Umwelt: Kumulierter Energieaufwand und CO₂-Emissionsfaktoren verschiedener Energieträger und –versorgungen; www.iwu.de, Stand 14.01.2009
- [Jacobs et al. 2009] T. Jacobs et al.: Kosten der Unterkunft und die Wohnungsmärkte, BBSR-Forschungen Heft 142, Bonn, 2009
- [Jacobs et al. 2009] Jacobs, T. et al.: Kosten der Unterkunft und die Wohnungsmärkte. – Bonn, 2009 (BBSR-Forschungen Heft 142)
- [Kirchner et al. 2003] J. Kirchner; R. Ulbrich, R. Guder (IWU): Gesamtdeutsche Wohngeldnovelle. Darmstadt, 2003, (unveröffentlicht)
- [Kirchner et al. 2009] A. Kirchner et al. (Prognos), F. C. Matthes et al. (Öko-Institut), H.-J. Ziesing: Modell Deutschland – Klimaschutz bis 2050 – Vom Ziel her denken; im Auftrag des WWF Deutschland, Basel/Berlin 15.10.2009
- [Knissel et al. 2010a] J. Knissel, C. v. Malottki, R. Alles (IWU), M. Clar (F+B), M. Neußer (BBSR): Integration energetischer Differenzierungsmerkmale in Mietspiegel; BBSR-Online Publikation Nr. 04/2010
- [Knissel et al. 2010b] J. Knissel, C. v. Malottki, R. Alles, M. Clar: Energie im Mietspiegel; in: Bundesbaublatt 12/2010, S. 32-35
- [Langniß et al. 2009] O. Langniß et al., Evaluierung von Einzelmaßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt (Marktanreizprogramm), Evaluierung des Förderjahres 2009, im Auftrag des BMU, Dezember 2010.
- [Loga et al. 2003] T. Loga, M. Großklos, J. Knissel (IWU): Der Einfluss des Gebäudestandards und des Nutzerverhaltens auf die Heizkosten – Konsequenzen für die verbrauchsabhängige Abrechnung; im Auftrag der Viterra Services AG; IWU, Darmstadt, Juli 2003
- [Loga et al. 2005a] T. Loga, N. Diefenbach, J. Knissel, R. Born (IWU): Kurzverfahren Energieprofil – Ein vereinfachtes, statistisch abgesichertes Verfahren zur Erhebung von Gebäudedaten für die energetische Bewertung von Gebäuden; Fraunhofer IRB-Verlag, Stuttgart, 2005
- [Loga et al. 2005b] T. Loga, N. Diefenbach, J. Knissel (IWU): Energiepass-Diskussion – Transparente Heizkostenabrechnung und Energieeffizienzlabel; IWU, Darmstadt, 2005
- [Neitzel et al. 2011] M. Neitzel et al.: Wege aus dem Vermieter-Mieter-Dilemma; Konzeptstudie; im Auftrag des GdW; InWIS; Bochum, 2011
- [Nitsch et al. 2010] J. Nitsch, T. Pregger, Y. Scholz, T. Naegler (DLR), M. Sterner, N. Gerhardt, A. v. Oehsen, C. Pape (IWES), B. Wenzel (IFNE): Lanfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global – „Leitstudie 2010“; BMU – FKZ 03MAP146, Dezember 2010

- [Putz 2011] F. Putz: Ist die neue Satzungsermächtigung in § 22a SGB II verfassungswidrig? In: Soziale Sicherung 6-7/2011, S. 234.
- [Schlomann et al. 2011] B. Schomann et al. (ISI, IfE, GfK, IREES, Base-Ing): Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) in Deutschland für die Jahre 2007 bis 2010, Bericht an das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie; Karlsruhe, München, Nürnberg, August 2011
- [Schmitz/Krings 2008] H. Schmitz, E. Krings: Baukosten – Instandsetzung, Modernisierung, Umnutzung; Essen, 2008
- [StaBu 2011a] Statistisches Bundesamt (Hrsg.): Bauen und Wohnen. Bautätigkeit 2010 (Fachserie 5, Reihe 1), Stand 21.07.2011
- [StaBu 2011b] Statistisches Bundesamt (Hrsg.): Bauen und Wohnen. Baugenehmigungen / Baufertigstellungen von Wohn- und Nichtwohngebäuden (Neubau) nach Art der Beheizung und Art der verwendeten Heizenergie, Lange Reihen ab 1980 (Fachserie 5, Reihe 1), Stand: 15.8.2011
- [StaBu 2011c] Statistisches Bundesamt (Hrsg.): Bauen und Wohnen. Baugenehmigungen / Baufertigstellungen, Lange Reihen zum Teil ab 1949 (Fachserie 5, Reihe 1), Stand: 15.8.2011
- [Stieß 2012] I. Stieß: Wie können potenzielle Sanierer von Eigenheimen angesprochen werden? in: Ökologisches Wirtschaften, Heft 1 2012
- [Stieß et al. 2010] I. Stieß; V. van der Land; B. Birzle-Harder, J. Deffner: Motive, Hemmnisse und Zielgruppen für eine energetische Gebäudesanierung. Frankfurt, 2010
- [v. Malottki 2012] C. v. Malottki (IWU): Rechtliche und methodische Möglichkeiten zur energetischen Differenzierung von Angemessenheitsgrenzen der Kosten der Unterkunft, Darmstadt, 2012 (geplant).
- [v. Malottki et al. 2011] C. v. Malottki, J. Kirchner (IWU): Aktuelle kommunale Verfahren zur Regelung der Angemessenheitsgrenzen der Kosten der Unterkunft. In: Informationen zur Raumentwicklung 9 / 2011.
- [v. Rohr et al. 2011] G. v. Rohr, A. v. Bodelschwingh: Fortführung der Kompensationsmittel für die Wohnraumförderung. Endbericht. BBSR, Bonn, September 2011.
- [WBGU 2009] Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen: Kassensturz für den Klimavertrag; Sondergutachten; Berlin, 2009
- [Weiß et al. 2010] J. Weiß, T. Vogelpohl: Politische Instrumente zur Erhöhung der energetischen Sanierungsquote bei Eigenheimen. Berlin, 2010, S. 34 ff.