

Szenarienanalysen und Monitoringkonzepte im Hinblick auf die langfristigen Klimaschutz- ziele im deutschen Wohngebäudebestand

Bericht im Rahmen des europäischen
Projekts EPISCOPE

N. Diefenbach, T. Loga, B. Stein
Institut Wohnen und Umwelt
September 2015



Co-funded by the Intelligent Energy Europe
Programme of the European Union

Contract N°: IEE/12/695/SI2.644739

Coordinator:  **IWU** Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt / Germany
Project duration: April 2013 - March 2016

Szenarienanalysen und Monitoringkonzepte im Hinblick auf die langfristigen
Klimaschutzziele im deutschen Wohngebäudebestand

Bericht im Rahmen des europäischen Projekts EPISCOPE

Autoren:

Nikolaus Diefenbach

Tobias Loga

Britta Stein

Institut Wohnen und Umwelt

Darmstadt

September 2015

ISBN: 978-3-941140-51-6

IWU-Bestellnummer: 08/15

Report in the framework of the European project EPISCOPE

Deliverable D 3.2-de

EPISCOPE website: www.episcope.eu

Die alleinige Verantwortung für den Inhalt dieser Publikation liegt bei den AutorInnen. Sie gibt nicht unbedingt die Meinung der Europäischen Union wieder. Weder die EASME noch die Europäische Kommission übernehmen Verantwortung für jegliche Verwendung der darin enthaltenen Informationen.

Inhalt

1	Einleitung	1
2	Klimaschutzziele für den Wohngebäudesektor	2
2.1	Bezug zu den Zielen des Energiekonzepts der Bundesregierung	2
2.2	CO ₂ - und Treibhausgasemissionen	2
2.3	Nicht-erneuerbarer Primärenergieverbrauch	4
2.4	Ansatz für das Biomassepotenzial.....	5
3	Ausgangspunkt der Szenarienanalysen	6
3.1	Anknüpfung an abgeschlossene Forschungsvorhaben	6
3.2	Untersuchungsschwerpunkt und Definition der Szenarien.....	7
4	Ansätze und Ergebnisse zu den Strukturdaten.....	10
5	Emissionen und Energieverbrauch.....	25
6	Monitoring der Fortschritte beim Klimaschutz	40
7	Zusammenfassung.....	46
8	Literatur.....	49
	Anhang.....	51
A.1	Strukturdaten des Wohngebäudebestands.....	51
A.2	Energiebilanzen der Szenarien	64

1 Einleitung

An dem von der EU geförderten Projekt EPISCOPE, das vom Institut Wohnen und Umwelt (IWU) koordiniert wird, nehmen insgesamt 18 Partner aus 17 europäischen Ländern teil (davon einer als assoziierter Partner ohne Förderung). Das Vorhaben baut auf dem Projekt TABULA auf, das die Entwicklung von Wohngebäudetypologien zum Schwerpunkt hatte¹. In EPISCOPE neu hinzugekommene Partner erstellten die Typologien zunächst auf Basis des gemeinsamen Konzepts, von allen Partnern wurden diese zudem in Richtung auf Neubau und Niedrigstenergiehäuser erweitert [EPISCOPE 2014]. Darüber hinaus zielt das Projekt auf die Entwicklung bzw. Weiterentwicklung von Energiebilanzmodellen für Wohngebäudebestände und deren Anwendung im Rahmen von Szenarienanalysen ab. Schließlich sollen Schlussfolgerungen und Konzepte für ein kontinuierliches Monitoring der Wohngebäudebestände im Hinblick auf Wärmeschutz und Wärmeversorgung erarbeitet werden. Die konkrete Durchführung dieser Aufgaben erfolgt in nationalen Teilprojekten, die jeweils unterschiedliche Gebäudebestände (nationale, regionale oder lokale) zum Gegenstand haben.

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse des deutschen Teilprojekts, das die Klimaschutzziele für Heizung und Warmwasserbereitung im deutschen Wohngebäudebestand betrachtet. Die Untersuchung knüpft an ein Energiebilanzmodell für den Wohngebäudektor an, das in TABULA als EXCEL-Modell erstellt [TABULA 2012] und im Rahmen des Projekts „Zielerreichungsszenario“ [Diefenbach et al. 2013] angewendet wurde. In der Laufzeit von EPISCOPE wurde das Modell im Softwareformat Octave/MatLab weiterentwickelt, so dass nun langfristige Szenarienanalysen über mehrere Jahrzehnte mit differenzierten Vorgaben zu Modernisierungsraten sowie Detailergebnissen zu allen Einzeljahren möglich sind. Der Strom- und Fernwärmesektor werden in vereinfachten Modellen durch eigene Programmmodule abgebildet.

Der zur Erreichung der langfristigen Klimaschutzziele notwendige Fortschritt im Wohngebäudektor wurde bereits im Projekt „Zielerreichungsszenario“ skizziert. Grundlage war eine Analyse der Struktur von Wärmeschutz und Wärmeversorgung im Jahr 2050. Das deutsche Teilprojekt in EPISCOPE führt diese Untersuchungen fort, indem nun Szenarienberechnungen für den gesamten Zeitraum bis 2050 durchgeführt werden. Das zentrale Ziel ist die Untersuchung der Dynamik, die zur Erreichung der langfristigen Klimaschutzziele im deutschen Wohngebäudektor erforderlich ist: Wie schnell muss der Wärmeschutz verbessert und der Umbau der Wärmeversorgung erreicht werden, damit die Klimaschutzziele erfüllt werden können?

Eine wichtige Grundlage für Szenarienanalysen liefern Datenerhebungen im Wohngebäudebestand, die aktuell und statistisch aussagekräftig sein müssen. Regelmäßig im Abstand einiger Jahre durchgeführt dienen sie dem Monitoring der Klimaschutzstrategie. Für den deutschen Wohngebäudebestand ist ein solches Monitoringsystem bisher noch nicht verankert. Die zentrale Quelle über den energetischen Zustand und die Modernisierungstrends ist im vorliegenden Projekt wie in den Vorgängeruntersuchungen, die Erhebung „Datenbasis Gebäudebestand“ [Diefenbach et al. 2010], die die Situation Ende 2009 widerspiegelt und damit eigentlich veraltet ist. Vor diesem Hintergrund werden in einem separaten Abschnitt Ansätze für ein regelmäßiges Monitoring vorgestellt.

¹ Für die Projekte TABULA und EPISCOPE wurde eine gemeinsame Internetseite eingerichtet: www.episcope.eu.

2 Klimaschutzziele für den Wohngebäudesektor

2.1 Bezug zu den Zielen des Energiekonzepts der Bundesregierung

Untersucht wird die Wärmeversorgung im Wohngebäudesektor (Heizung und Warmwasser, inklusive Hilfsenergie) In Anlehnung an das Energiekonzept der Bundesregierung [Bundesregierung 2010] werden die folgenden Ziele betrachtet:

- Schrittweise Absenkung der CO₂- bzw. Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2050 um 80 % bis 95 % (bezogen auf 1990).² Für die Jahre 2020, 2030 und 2040 gelten Zwischenziele für die Emissionsreduktion von 40 %, 55 % und 70 %.
- Verminderung des nicht-erneuerbaren Primärenergieverbrauchs für Heizung und Warmwasserbereitung um 80 % bis 2050 gegenüber 2008.

Die genannten Ziele für die Emissionsminderung gelten im Energiekonzept für Deutschland insgesamt und nicht konkret für den Wohngebäudesektor. Solange aber noch keine Teilziele definiert sind, erscheint es sinnvoll, das übergeordnete Ziel auf den Wohngebäudebereich zu übertragen. Ohnehin dürften angesichts der weitgehenden Reduktionsziele 2050 die Spielräume für eine Überschreitung der gesetzten Grenzen in Einzelsektoren (mit der Notwendigkeit der Kompensation in anderen Sektoren) relativ gering sein.

Dementsprechend wurde hier auch das im Energiekonzept für den gesamten Gebäudesektor geltende Primärenergie-Ziel auf den Wohngebäudebereich angewendet. Dass hier das Basisjahr 2008 anzusetzen ist, ergibt sich zum Beispiel aus dem ersten Fortschrittsbericht zur Energiewende [BMWi 2014]. Die Verwendung des Begriffs „Primärenergiebedarf“ im Energiekonzept nimmt offensichtlich Bezug auf den Primärenergie-Begriff der Energieeinsparverordnung (EnEV) und macht deutlich, dass hier der nicht-erneuerbare Anteil der Primärenergie und speziell bei Wohngebäuden der wärmebezogene Bedarf (ohne Haushaltsstrom) gemeint ist³.

2.2 CO₂- und Treibhausgasemissionen

Gemäß dem gemeinsamen Ansatz der europäischen Projektpartner im Forschungsvorhaben EPISCOPE [EPISCOPE 2015] werden unter den klimarelevanten Emissionen im vorliegenden Bericht vorrangig die reinen CO₂-Emissionen betrachtet (Abkürzung: „CO₂“), die direkt bei der Verbrennung entstehen – entweder in den Gebäuden selbst (z. B. in Heizkesseln oder Öfen) oder in Kraftwerken oder Heizwerken bzw. Heizkraftwerken zur Erzeugung des in den Gebäuden zur Wärmeversorgung verwendeten Stroms und der Fernwärme. Insbesondere sind die zielorientierten Szenarien in erster Linie auf die CO₂-Emissionen ausgerichtet.

² Diese Zielgröße entspricht auch den europäischen Klima- und Energiezielen. Gemäß dem „Fahrplan für den Übergang zu einer wettbewerbsfähigen CO₂-armen Wirtschaft 2050“ wird angestrebt, die Treibhausgasemissionen innerhalb der EU bis 2050 um 80 % bis 95 % gegenüber 1990 zu verringern [EU Kommission 2011].

³ Im engeren Kontext von EnEV und Energieausweis ist darüber hinaus zu beachten, dass mit „Primärenergiebedarf“ ein nach bestimmten Normen berechneter theoretischer Wert eines Einzelgebäudes gemeint ist, der von dem realen Verbrauch im Allgemeinen abweicht. Diese Normberechnung ist allerdings nicht für die Definition von Zielwerten für den gesamten Gebäudesektor geeignet, da sie insbesondere bei unmodernisierten Gebäuden unrealistische – im Mittel deutlich zu hohe – Werte ausweist (vgl. [Loga et al. 2015]). Ein solcher Berechnungsansatz würde dementsprechend in zu hohen Werten für den aktuellen Primärenergieeinsatz im Wohngebäudebereich und zu optimistischen Ergebnissen für die erreichbaren Einsparungen resultieren. Eine Vergleichbarkeit mit der tatsächlichen Energiebilanz, z. B. den Ergebnissen der AGEb [Ziesing et al. 2012], wäre nicht mehr gegeben. Vor diesem Hintergrund wurden im vorliegenden Projekt sowohl die Klimaschutzziele als auch die Modellrechnungen in Anlehnung an realistische Primärenergieverbräuche definiert (zum Vergleich der Modellansätze mit AGEb-Daten siehe [TABULA 2012], [Diefenbach et al. 2013]). Die Begriffe Energiebedarf und Energieverbrauch werden im Rahmen der vorliegenden Veröffentlichung synonym verwendet.

Ergänzend werden aber auch die gesamten Treibhausgasemissionen („THG“) betrachtet. Zusätzlich zu den direkten CO₂-Emissionen werden hier auch vorgelagerte Emissionen eingerechnet, die im In- und Ausland bei der Gewinnung, der Aufbereitung und dem Transport der Brennstoffe entstehen. Darüber hinaus werden neben dem CO₂ auch die weiteren Treibhausgase (umgerechnet in CO₂-Äquivalente) mit berücksichtigt. Die verwendeten Treibhausgas- und Primärenergiefaktoren der einzelnen Brennstoffe sind in Kapitel 5 dokumentiert.

Eine Übersicht über die Ziele für die CO₂- und THG-Emissionen wird in Tabelle 1 gegeben. Die Ausgangswerte für das Emissionsniveau im Jahr 1990 wurden zu 170 Mio. t/a (CO₂) bzw. 200 Mio. t/a (THG) abgeschätzt [Diefenbach et al. 2013].

Tabelle 1: Zielwerte für die direkten CO₂-Emissionen und die Treibhausgasemissionen im Wohngebäudesektor (Wärmeversorgung)

Emissionsminderungsziele		2020	2030	2040	2050 (max)	2050 (min)	2050 (Mittel)
Minderung gegenüber 1990		40%	55%	70%	80%	95%	87,5%
direkte CO ₂ -Emissionen	Mio t/a	102	76,5	51	34	8,5	21,25
THG (CO ₂ -Äquivalente)mit Vorketten	Mio t/a	120	90	60	40	10	25

Die sich daraus ergebende Zielkurve für die direkten CO₂-Emissionen ist in Abbildung 1 ab 2009 dargestellt. Dabei handelt es sich um das für die Szenarienberechnungen verwendete Ausgangsjahr. Werte vor 2020 ergeben sich aus der linearen Interpolation der Kurve zurück bis 1990. Für die Periode 2040 - 2050 wird angenommen, dass die Kurve auf den Mittelwert des Zielbereichs im Jahr 2050 zuläuft.

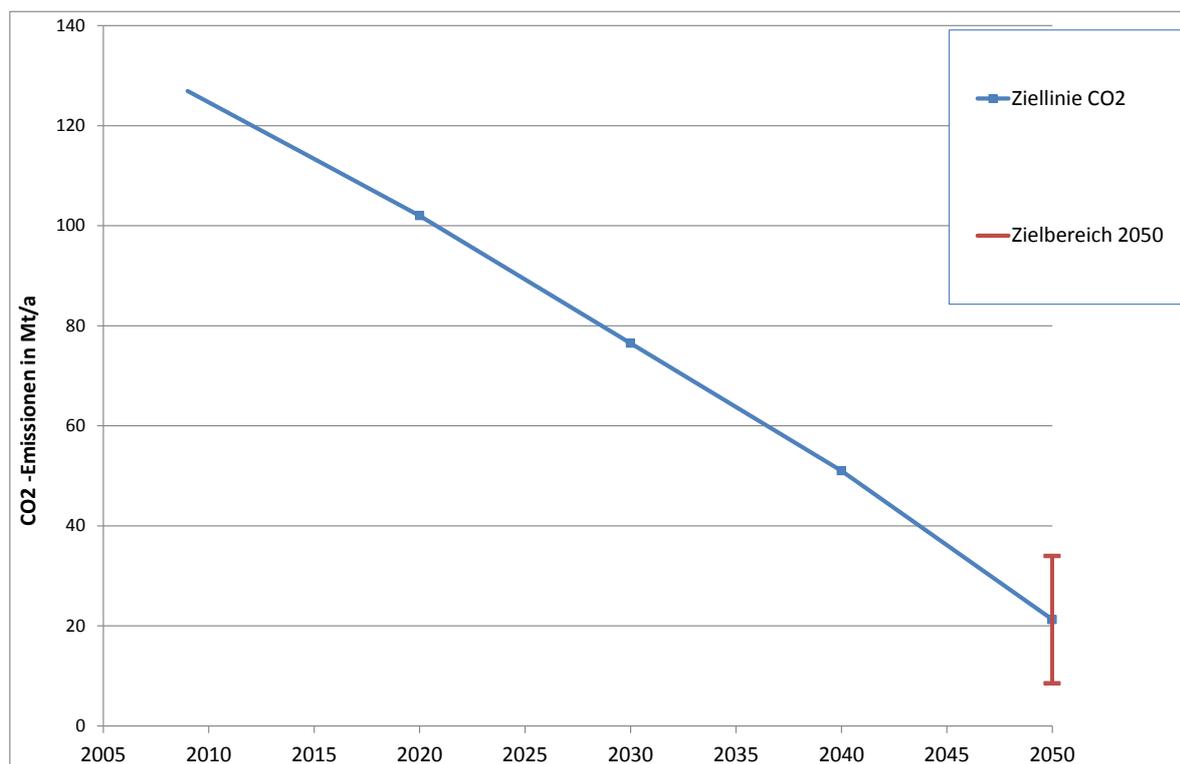


Abbildung 1: Zielkurve für die direkten CO₂-Emissionen im Wohngebäudesektor 2009-2050

In der Kurve spiegelt sich wider, dass für den Klimaschutz nicht allein die Erreichung der langfristigen Ziele 2050, sondern auch der Weg dorthin wichtig ist: Das durch Verbrauch fossiler Energieträger emittierte CO₂ reichert sich in der Atmosphäre an. Klimawirksam im Hinblick auf das Zieljahr 2050 sind also nicht allein die Emissionen zu diesem Zeitpunkt, sondern auch die Summe der Emissionen bis dorthin. Je eher das Emissionsniveau gesenkt werden kann, desto günstiger ist dies für den Klimaschutz.

Vor diesem Hintergrund liegt es nahe, nicht nur punktuell die jährlichen Emissionen, sondern die langjährige Summe zu betrachten und von einem „Emissionsbudget“ zu sprechen (vgl. hierzu [WBGU 2009]). Daher werden im vorliegenden Bericht auch Analysen zur Gesamtmenge der Emissionen von heute (ab 2016) bis zum Jahr 2050 durchgeführt. Diese entsprechen der Fläche unter der Zielkurve 2016 - 2050. Als Zielwert bzw. Vergleichswert ergibt sich bei den CO₂-Emissionen eine Gesamtmenge von 2384 Mio. t für die Wohngebäude-Wärmeversorgung. Im Fall der THG-Emissionen, für die sich eine entsprechende Zielkurve zeichnen lässt, sind es 2804 Mio. t.

Durch die Betrachtung der Gesamt-Emissionsmenge wird auch ein möglicher Mechanismus für einen flexibleren Umgang der Klimaschutzpolitik mit den Zwischenzielen (aktuell für das Jahr 2020) definiert. Deren exakte Einhaltung ist aufgrund vieler Unwägbarkeiten schwierig – nicht zuletzt wegen der im Voraus nicht genau quantifizierbaren Wirkung der Klimaschutzinstrumente (vgl. [Diefenbach et al. 2013]). Eine punktuelle Zielverfehlung ist vor dem Hintergrund des Emissionsbudgets nicht als Scheitern anzusehen, da die Abweichungen im weiteren Zeitverlauf wieder kompensiert werden können (allerdings auch kompensiert werden müssen). Dementsprechend wären auch absehbare Verfehlungen kurzfristiger Zwischenziele kein Grund dafür, nicht doch das Machbare zu versuchen.

Auch die Emissionen nach dem Jahr 2050 sind für den Klimaschutz relevant. Szenarien sind also nicht nur danach zu beurteilen, ob das Zielintervall 2050 und das Emissionsbudget eingehalten werden. Vielmehr ist für die späteren Emissionen auch von Bedeutung, ob das Zielintervall eher im oberen oder unteren Bereich getroffen wird.

2.3 Nicht-erneuerbarer Primärenergieverbrauch

Neben der Emissionsminderung besteht auch das Ziel der 80-prozentigen Primärenergieeinsparung für das Jahr 2050. Laut Modellrechnungen betrug der nicht-erneuerbare Primärenergieverbrauch für Heizung und Warmwasserverbrauch im deutschen Wohngebäudebestand im Jahr 2008 ca. 660 TWh/a, der Zielwert für 2050 lautet demnach (leicht abgerundet) 130 TWh/a [Diefenbach et al. 2013].

Dieses Ziel erscheint neben CO₂ und Treibhausgasen – den eigentlichen Indikatoren für den Klimaschutz – weniger relevant. An einigen Stellen kann aber die Bezugnahme auf die Primärenergie sehr nützlich sein, da verschiedene Betrachtungen dadurch einfacher und übersichtlicher werden. Insbesondere fallen hier die Unterschiede der fossilen Energieträger weniger stark ins Gewicht (vgl. Primärenergie- und Emissionsfaktoren in Tabelle 4, Kapitel 5). Die Frage des fossilen Brennstoffmixes („Welcher Anteil kommt dem Erdgas, welcher dem Heizöl zu?“) ist also bei Analyse der Primärenergie weniger von Bedeutung.

In diesem Zusammenhang ist wichtig sich klarzumachen, dass das Ziel für den nicht-erneuerbaren Primärenergieverbrauch im Jahr 2050 (-80 % gegenüber 2008) in aller Regel auch zur Einhaltung der oberen Zielmarke für die Treibhausgasemissionen (-80 % gegenüber 1990) führt. Würde man als einzigen Brennstoff der Wohngebäude-Wärmeversorgung (in Gebäuden, Kraftwerken und bei der Fernwärmeversorgung) Erdgas verwenden, so ergäben sich bei Erreichen des Primärenergieziels von 130 TWh/a CO₂-Emissionen von 24 Mio. t/a und THG-Emissionen von 29 Mio. t/a gegenüber 1990. Dies entspricht einer Emissionsminderung von 85 % bzw. 86 %. Würde man stattdessen Heizöl verwenden, so betrüge die Emissionsminderung bei CO₂ bzw. (THG) jeweils 82 %. Auch beliebige Kombinationen von Erdgas und Heizöl – der heute und in der Vergangenheit dominierenden Energieträger der Gebäude-Wärmeversorgung – wären demnach zielkonform. Selbst der Ansatz erheblicher Anteile von Kohle ist denkbar: Würde man hier beispielsweise einen Brennstoffmix von 25 % Erdgas, 25 % Heizöl, 25 % Steinkohle und 25 % Braunkohle ansetzen⁴, so ergäbe sich bei Einhaltung der Primärenergie-Grenze immer noch eine Emissionsminderung von 78 %. Das

⁴ bezogen auf den (unteren) Heizwert der Energieträger

Emissionsminderungsziel würde also auch in diesem Fall mit einem insgesamt 50-prozentigen Anteil von Kohle nur sehr knapp verfehlt. Bezieht man Biomasse in den Brennstoffmix ein, so ergeben sich jeweils günstigere Werte für die erreichten Emissionsminderungen.

Bei Betrachtung der Primärenergie lassen sich auch direkte Bezüge zu den Kennwerten für Einzelgebäude herstellen. Der nicht-erneuerbare Primärenergiebedarf ist als Bewertungsgröße in der Energieeinsparverordnung, im Energieausweis und bei der Förderung von Effizienzhaus-Standards durch die KfW eingeführt. In [Diefenbach et al. 2013, Kap. 2.2] wird dargelegt, dass der im Energiekonzept genannte Zielwert für einen 2050 zu erreichenden „nahezu klimaneutralen Gebäudebestand“, nämlich die Minderung des Primärenergiebedarfs um 80 %, im Wohngebäudesektor in etwa einem flächenbezogenen Durchschnittswert von $27 \text{ kWh/m}^2_{\text{ANA}}$ für den Primärenergiebedarf entspricht⁵. Dies korrespondiert nach Modellrechnungen ungefähr mit den Anforderungen, die im Mittel an den Primärenergiebedarf eines KfW-Effizienzhauses 40 gestellt werden⁶. Für den Neubausektor strebt das Energiekonzept der Bundesregierung bereits ab 2020 das „klimaneutrale Gebäude“ an⁷ [Bundesregierung 2010].

2.4 Ansatz für das Biomassepotenzial

Biomasse aus nachhaltigem Anbau ist als regenerative Energiequelle anzusehen und trägt nur in geringer Weise zum (nicht-erneuerbaren) Primärenergieverbrauch und zu den Treibhausgasemissionen bei. Für die direkten CO_2 -Emissionen ergibt sich sogar ein Emissionsfaktor von Null, da das bei der Verbrennung freigesetzte Kohlendioxid durch nachwachsende Pflanzen an anderer Stelle wieder gebunden wird.

Wenn Biomasse in unbegrenzter Menge zur Verfügung stände, wäre die Lösung der Klimaschutzprobleme sicherlich einfacher. Tatsächlich ist aber davon auszugehen, dass die Biomassepotentiale eng begrenzt sind. Wie groß sie genau sind, und zwar speziell im Hinblick auf die hier betrachtete Wohngebäude-Wärmeversorgung, hängt von vielen Einflussfaktoren ab und lässt sich daher kaum verbindlich beantworten. Eine wichtige Rolle spielen hier insbesondere die Annahmen zu Umfang und Art des zukünftigen Energiepflanzenanbaus in Deutschland, zur Verteilung der Biomassepotentiale auf die einzelnen Verbrauchssektoren und zur Möglichkeit eines zukünftigen Biomasseimports.

„Offizielle“ Zielvorgaben für die Begrenzung des Biomasse-Einsatzes im Energiesektor gibt es, z. B. im Rahmen des Energiekonzeptes der Bundesregierung, bisher nicht. Aufgrund des großen Einflusses auf die Szenarienanalysen ist eine ungefähre Abschätzung der Größenordnung des vorhandenen Potentials und dessen Kontrolle innerhalb der Szenarienanalysen aber notwendig. In Anlehnung an die Betrachtungen [Diefenbach et al. 2013] wird in den vorliegenden Untersuchungen davon ausgegangen, dass ein Biomasse-Verbrauch von 100 TWh/a^8 für die Wohngebäude-Wärmeversorgung nicht überschritten werden sollte. Berücksichtigt werden dabei die direkte Verbrennung von z. B. Holz und Holzpellets in den Gebäuden, aber auch der Biomasse-Einsatz in der Fernwärmeversorgung und zur Erzeugung der für die Wärmeversorgung benötigten elektrischen Energie.

⁵ Der Index A_N zeigt an, dass hier die Gebäudenutzfläche A_N nach EnEV gemeint ist. Ansonsten ist im vorliegenden Bericht bei flächenbezogenen Angaben in der Regel die Wohnfläche gemeint.

⁶ Bei einem solchen Vergleich wird unterstellt, dass Neubauten bzw. umfassend modernisierte Bestandsgebäude den entsprechenden Primärenergiekennwert auch in ihren realen Verbrauchswerten erreichen. Ob und inwieweit dies in der aktuellen Praxis tatsächlich zutrifft, wäre dabei noch genauer empirisch zu untersuchen.

⁷ Gemäß der europäischen Richtlinie für energieeffiziente Gebäude [EPBD 2010] sollen alle Neubauten ab 2021 als Niedrigstenergiegebäude errichtet werden, die eine hohe Gesamtenergieeffizienz aufweisen und zu einem wesentlichen Teil aus erneuerbaren Quellen am Standort versorgt werden.

⁸ Verbrauchsangaben zu fossilen Brennstoffen und Biomasse beziehen sich in der vorliegenden Untersuchung auf den (unteren) Heizwert.

3 Ausgangspunkt der Szenarienanalysen

3.1 Anknüpfung an abgeschlossene Forschungsvorhaben

Das neu entwickelte, mit der Software Octave⁹ erstellte Energiebilanzmodell ist stark an die Excel-basierten Algorithmen angelehnt, die für die Szenarienberechnungen in [Diefenbach et al. 2013] verwendet wurden. Auch die Beschreibung des Gebäudebestandes im Ausgangszustand 2009 entspricht den Ansätzen des früheren Projekts. Sie basiert auf der repräsentativen Stichprobenerhebung „Datenbasis Gebäudebestand“ [Diefenbach et al. 2010]. Geeignete neuere Datenquellen standen nicht zur Verfügung (s. Kapitel 6).

Die vorliegenden Untersuchungen können daher qualitativ und quantitativ weitgehend an die Ergebnisse in [Diefenbach et al. 2013] anknüpfen¹⁰. Dies gilt insbesondere für die Frage, wie die langfristigen Klimaschutzziele 2050 erreicht werden können. Dieser Aspekt war im früheren Projekt als Momentaufnahme für das Jahr 2050 analysiert worden, und es wurden Rückschlüsse für die insgesamt notwendigen Maßnahmen gezogen: Insbesondere wurde festgestellt, dass die untersuchte 80-prozentige Minderung des (nicht-erneuerbaren) Primärenergiebedarfs erhebliche Anstrengungen sowohl beim Wärmeschutz als auch bei der Wärmeversorgung im Gebäudebestand erfordert. Beim Wärmeschutz bedeutet dies annähernd die Verdopplung der Modernisierungsrate und das Halten dieses Niveaus bis 2050 sowie eine weitere Verbesserung der Qualitätsstandards (soweit im Einzelfall möglich) und bei der Wärmeversorgung den kompletten Umbau weg von den heute noch dominierenden Gas- bzw. Ölheizkesseln hin zu alternativen Systemen (insbesondere Wärmepumpen, KWK-Anlagen und Biomasse-Heizsystemen, jeweils ergänzt um thermische Solaranlagen¹¹).

Die Wärmeschutz-Modernisierungsrate ist die jährlich durch Wärmedämmung oder Fenster-austausch erneuerte Bauteilfläche geteilt durch die Gesamtfläche der thermischen Gebäudehülle des Jahres 2009. Der Trendwert wird zu 0,8 %/a abgeschätzt. Dabei ist zu beachten, dass je nach Gebäudebauteil die entsprechenden Raten ebenso wie die Perspektiven für eine Erhöhung unterschiedlich sind. Bei der Wärmeschutz-Modernisierungsrate handelt sich also um einen pauschalisierten Mittelwert, der der vereinfachten Vermittlung von Annahmen und Ergebnisse dient. In den Szenarien werden dagegen differenzierte Ansätze für die Einzelbauteile berücksichtigt.

Entsprechend lässt sich auch der Wärmeschutz-Modernisierungsfortschritt definieren: Er gibt an, welcher Prozentsatz der gesamten thermischen Hüllfläche insgesamt bereits energetisch modernisiert wurde (gegenüber dem Ursprungszustand bei Errichtung des Gebäudes)¹². Der Ausgangswert im Jahr 2009 beträgt 21 %. In der Basisvariante in [Diefenbach et al. 2013] wird 2050 ein Wert von 77 % erreicht (bezogen auf die Bauteilfläche von Bestandsgebäuden des Jahres 2009, die 2050 noch vorhanden sind).

Bei der Wärmeversorgung ist davon auszugehen, dass die Modernisierungsraten deutlich höher liegen als beim Wärmeschutz – grob gesprochen in der Größenordnung von 3 %/a,

⁹ Es handelt sich dabei um eine frei verfügbare Software, die sehr weitgehend der im Programm Matlab verwendeten Programmiersprache entspricht.

¹⁰ Punktueller Änderungen der Berechnungsansätze bringen es mit sich, dass die Übereinstimmungen nicht exakt sind. Beispielsweise wurden die Wohnflächen im Gebäudebestand 2009 an die Ergebnisse des 2011 durchgeführten Zensus angeglichen. Die Abweichungen sind aber relativ gering.

¹¹ Die Solarthermie steht hier auch stellvertretend für die in etwa gleich wirkende Kombination von Photovoltaik und elektrischer Wärmepumpe. Wenn also in den Szenarienanalysen solarthermische Anlagen modelliert werden, so lässt sich dies so interpretieren, dass es sich bei einem Teil davon tatsächlich um Photovoltaikanlagen handelt, die gemeinsam mit Wärmepumpen eingesetzt werden. Auf die explizite Berücksichtigung von Photovoltaiksystemen im Modell konnte vor diesem Hintergrund verzichtet werden.

¹² Der Modernisierungsfortschritt lässt sich ebenfalls für Einzelbauteile definieren. Bei Fenstern wird eine Modernisierung nur angerechnet, wenn mindestens 2-Scheiben Wärmeschutzverglasung installiert wurde.

wenn man den Austausch des Haupt-Wärmeerzeugers der Heizung betrachtet. Bis zum Jahr 2050 wird also der überwiegende Anteil der Wärmeerzeuger noch einmal ausgetauscht. Es geht also nicht in erster Linie darum, die Erneuerungsraten weiter zu erhöhen, sondern vielmehr muss erreicht werden, dass bei den installierten Neuanlagen rechtzeitig eine Ablösung der heute noch üblichen Gas-/Öl-Heizkessel und der Übergang zu der zukünftig benötigten Systemstruktur stattfindet.

3.2 Untersuchungsschwerpunkt und Definition der Szenarien

Das vorliegende Projekt baut auf den vorgenannten Ergebnissen auf. Der Schwerpunkt der Untersuchungen liegt in der Frage, wie schnell die notwendigen Veränderungen bei Wärmeschutz und Wärmeversorgung erreicht werden müssen, damit die langfristigen Klimaschutzziele eingehalten werden können – der Zielbereich für das Emissionsniveau im Jahr 2050, aber auch das Emissionsbudget für den Zeitraum 2016 - 2050. Diesem Untersuchungsansatz liegt die Annahme zu Grunde, dass die erforderlichen weitgehenden Fortschritte im Gebäudebestand nur in längeren Zeiträumen erreicht werden können. Für das Umsteuern muss also ausreichend Zeit einkalkuliert werden, dieses kann und sollte nicht abrupt, sondern in einer kontinuierlichen Entwicklung über mehrere Jahre realisiert werden. Gleichzeitig muss die erforderliche Dynamik aber rechtzeitig erreicht werden, damit die Klimaschutzziele nicht verfehlt werden.

Mit der Weiterentwicklung des vorhandenen Szenarienmodells und der Übertragung in die Softwareumgebung Octave wurden die Voraussetzungen für entsprechende Langfristuntersuchungen geschaffen. Neben einem Trendszenario (s. u.) werden drei zielorientierte Szenarien definiert. Diesen ist gemeinsam, dass sich Jahr für Jahr die Wärmeschutz-Modernisierungsrate erhöht und gleichzeitig Jahr für Jahr auch die Struktur der Wärmeversorgung in Richtung auf die zukünftig benötigten alternativen Systeme verschiebt. Die Entwicklung erreicht jeweils in etwa den gleichen Endzustand, der durch folgende Eigenschaften charakterisiert ist:

- **Verdopplung der Wärmeschutz-Modernisierungsrate**, außerdem qualitative Verbesserung der Wärmeschutzstandards (im Durchschnitt der durchgeführten Maßnahmen)
- Erreichen der erwünschten **Strukturänderung bei den neu installierten Haupt-Wärmeerzeugern** – weg von den Gas-/Öl-Heizkesseln hin zu elektrischen Wärmepumpen, KWK (bzw. Fernwärme) und Biomasse. Die Austauschrate der Haupt-Wärmeerzeuger erhöht sich nur leicht, die Installationsrate ergänzender Solaranlagen verdoppelt sie sich in etwa gegenüber dem Ausgangszustand.

Sobald dieser Zustand erreicht ist, wird er in den Folgejahren bis 2050 weitgehend stabil gehalten, d. h. es findet dann keine wesentliche weitere Erhöhung der Wärmeschutz-Modernisierungsraten und keine weitere Strukturänderung bei den neuen Heizsystemen mehr statt¹³.

Der Unterschied zwischen den Szenarien liegt in Zeitperiode, die benötigt wird, um diesen Endzustand zu erreichen:

- **Szenario „Basis“**: Es wird angenommen, dass der Endzustand (ca. Verdopplung der Wärmeschutz-Modernisierungsrate und der Systemwechsel bei den neu installierten Haupt-Wärmeerzeugern) in einer linear verlaufenden Entwicklung **innerhalb von 10 Jahren von 2015 bis 2025** erreicht wird.

¹³ Die Wärmeschutz-Modernisierungsrate für Altbauten (Gebäudebaujahre bis 1978) wird dann konstant gehalten, für jüngere Gebäude gibt es noch moderate Zuwächse bis 2050 (s. Kap.5).

- **Szenario „Schnell“:** Der Endzustand wird bereits **innerhalb von 5 Jahren bis 2020** erreicht. Dieses Szenario kann als sehr ambitioniert und optimistisch bewertet werden.
- **Szenario „Langsam“:** Bis zum Erreichen des Endzustands werden **insgesamt 20 Jahre benötigt**. Die Entwicklung verzögert sich zunächst: Das **Trendszenario wird bis 2020** fortgeschrieben. Erst anschließend setzen die Erhöhung der Wärmeschutz-Modernisierungsraten und der Umbau der Wärmeversorgungsstruktur ein. Für das Erreichen des Endzustandes werden dann noch 15 Jahre **von 2020 bis 2035** benötigt.

Grundsätzlich werden in allen Szenarien nur übliche, am Markt etablierte Technologien angenommen. Das bedeutet im Fall der Wärmeenergieerzeugung, dass neben Erdgas-/Heizöl-Kesseln auch Solaranlagen, elektrische Wärmepumpen, Biomasse-Heizkessel sowie mit fossilen Brennstoffen bzw. Biomasse betriebene Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK-Anlagen) berücksichtigt werden¹⁴. Der Einsatz von tiefer geothermischer Energie und von Langzeit-Energiespeichern bei Wärme bzw. Strom wird dagegen nicht betrachtet.

Den drei zielorientierten Szenarien ist der Ansatz gemeinsam, dass im **Neubau** schrittweise bis 2020 der „Niedrigstenergiehausstandard“ (gemäß der EU-Richtlinie für energieeffiziente Gebäude [EPBD 2010]) bzw. das „klimaneutrale Gebäude“ (gemäß den im Energiekonzept der Bundesregierung genannten Neubau-Zielen) eingeführt wird. Eine offizielle Konkretisierung dieser Ziele gibt es bisher noch nicht [Loga et al. 2014]. In der vorliegenden Untersuchung wird gemäß den Erläuterungen in Kapitel 2.3 angenommen, dass der ab 2020 erreichte Neubau-Standard sich am Effizienzhaus 40 orientiert. Insgesamt werden für die Entwicklung im Neubau die Ansätze aus [Diefenbach et al. 2013, Kap. 3] übernommen.

Die **Strom- und Fernwärmeerzeugung** wird in dem weiterentwickelten Szenarienmodell durch separate Module abgebildet, die in vereinfachter Weise die Struktur der (für den Wohngebäude-Wärmebereich) genutzten Strom- und Fernwärmeerzeugung wiedergeben. Es wird angenommen, dass in beiden Sektoren ein tiefgreifender Umbauprozess stattfindet. Dieser führt dazu, dass 2050 die Fernwärme zu 75 % durch effiziente KWK-Anlagen (zumeist mit Biomasse betrieben) und zu 25 % in ergänzenden Heizkesseln/Heizwerken erzeugt wird. Der Strom wird 2050 etwas mehr als zur Hälfte aus erneuerbaren Energien und im Übrigen in effizienten Erdgaskraftwerken erzeugt¹⁵.

Es wird angenommen, dass die Entwicklung in der Fernwärme- und Stromwirtschaft ausgehend von den heutigen Erzeugungsstrukturen kontinuierlich in zwei Etappen erfolgt: Die Fernwärmestruktur bleibt bis 2020 konstant, anschließend setzt die schrittweise Erneuerung bis 2050 ein. Im Stromsektor findet bis 2020 die Verdrängung der Kernkraft statt (vor allem durch erneuerbare Energiequellen, in geringerem Umfang auch durch Kohle und Erdgas). Ab 2020 wird auch die Kohle allmählich durch Gas und erneuerbare Energien abgelöst.

¹⁴ Im Hinblick auf den in Kraft-Wärme-Kopplung produzierten Strom wird angenommen, dass dieser vollständig für die Wärmeversorgung der Gebäude eingesetzt wird (z. B. in elektrischen Wärmepumpen oder als Hilfsenergie).

¹⁵ Es ist hier zu beachten, dass der für die Wohngebäude-Wärmeversorgung angesetzte elektrische Energieverbrauch nur einen Ausschnitt aus dem deutschen Stromsektor darstellt. Die dafür angesetzte Versorgungsstruktur muss daher nicht mit Durchschnittswerten des deutschen Stromsektors übereinstimmen. Solche Durchschnittswerte wurden für die Anfangsjahre angenommen. Langfristig erscheint dagegen nicht sicher, ob die Zielvorgaben für den Stromsektor insgesamt (laut Energiekonzept mit einem Anteil von 80 % erneuerbarer Energien am Stromverbrauch im Jahr 2050) auch auf das hier betrachtete Teilsegment „Strom für den Wärmesektor“ übertragbar sind. Zumindest wäre dies erst einmal näher zu untersuchen – insbesondere angesichts des hohen jahreszeitlichen Ungleichgewichts der Energienachfrage im Wärmesektor mit seiner hohen Lastspitze im Winter. Vor diesem Hintergrund wurden in den Szenarien mit 55 % für 2050 geringere erneuerbare Anteile angenommen.

Die beschriebene Entwicklung wird für die drei zielorientierten Szenarien in gleicher Weise angesetzt. Die in den Szenarien untersuchten Unterschiede in der beim Klimaschutz erreichten Dynamik beziehen sich also nur auf die Maßnahmen in den Gebäuden selbst (die letztendlich im Verantwortungsbereich der Hauseigentümer liegen), während die Veränderungen in der Energiewirtschaft (also die angenommene Veränderung der Erzeugungsstrukturen bei Fernwärme und Strom) als äußere Randbedingungen interpretiert und konstant gehalten werden.

Neben den drei zielorientierten Szenarien „Basis“, „Langsam“ und „Schnell“ wird auch ein **TrendszENARIO** betrachtet. Dieses schreibt die in [Diefenbach et al. 2010] beobachteten Entwicklungen bei Wärmeschutz und Wärmeversorgung – unter anderem also die Modernisierungsraten beim Wärmeschutz und die Wärmeversorgungsstruktur beim Heizungsaustausch – weitgehend konstant bis zum Jahr 2050 fort. Bis 2015 folgen auch die drei zielorientierten Szenarien zunächst dieser Trendentwicklung (das Szenario „Langsam“ noch fünf Jahre länger bis 2020). Für den Neubau sieht das TrendszENARIO keine Weiterentwicklung in Richtung auf das Niedrigstenergiehaus vor. Auch in der Fernwärmeversorgung bleibt die in den anderen Szenarien angesetzte Strukturänderung aus. Die „Energiewende“ in der Stromerzeugung wird dagegen in der gleichen Form wie in den zielorientierten Szenarien auch im TrendszENARIO angenommen. Sie spielt hier wegen der geringeren Bedeutung der elektrischen Wärmepumpen aber keine so große Rolle wie in den drei zielorientierten Szenarien.

Weitere Erläuterungen zu den gewählten Ansätzen sowie tabellierte Werte für die wichtigsten Eingangsparameter und Berechnungsergebnisse sind im folgenden Kapitel und im Anhang dokumentiert.

4 Ansätze und Ergebnisse zu den Strukturdaten

Im vorliegenden Kapitel sind Basisdaten der Szenarielläufe zur zeitlichen Entwicklung bei Wärmeschutz, Wärmeversorgung und in der Energiewirtschaft dokumentiert. Teilweise handelt es sich dabei um „Treiber“ der Entwicklung, die als Eingangsgrößen in die Szenarien „hineingesteckt“ wurden (z. B. Entwicklung der Wohnflächen und der Wärmeschutz-Modernisierungsraten), teilweise um Ergebnisse der Berechnungen (z. B. Entwicklung des Wärmeschutz-Modernisierungsfortschritts).

Abbildung 2 zeigt die Entwicklung der Wohnfläche bis 2050. Die Ansätze sind weitgehend an [Diefenbach et al. 2013, Kap. 1.5] angelehnt. Der Ausgangswert 2009 wurde an die Ergebnisse des Zensus angepasst.

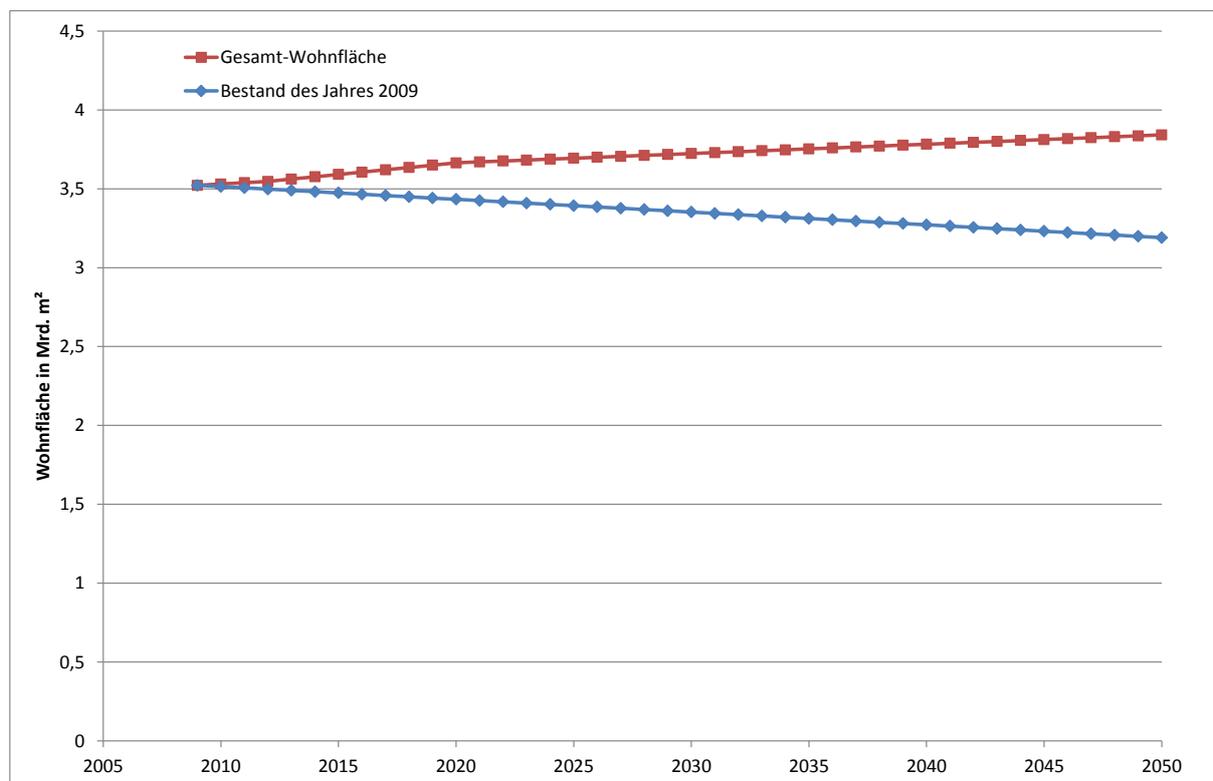


Abbildung 2: Entwicklung der Wohnfläche im Wohngebäudesektor 2009-2050

Von 2009 bis 2050 wächst die Wohnfläche gemäß den getroffenen Annahmen von 3,52 auf 3,84 Mrd. m² an. Dabei reduziert sich die Fläche des ursprünglichen Bestandes 2009 durch Abgang um etwa 9 % auf 3,19 Mrd. m². Das Neubauvolumen ab 2010 entspricht der Differenz zwischen beiden Kurven. Es summiert sich 2050 auf 0,65 Mrd. m².

In Abbildung 3 ist die Entwicklung der Wärmeschutz-Modernisierungsrate im Wohngebäudebestand bis 2050 dargestellt. Es handelt sich um den Gesamtwert der Gebäudehülle (gemittelt über alle Bauteile entsprechend deren Flächenanteilen). Die Modernisierungsraten sind hier immer auf den Ausgangswert der thermischen Hüllfläche im Jahr 2009 bezogen. Jährliche Verschiebungen aufgrund von Neubau und Abriss sind nicht berücksichtigt. Gleiche Prozentwerte entsprechen daher immer der gleichen modernisierten Bauteilfläche.

Der Neubau ab 2010 wird aus der Betrachtung der Modernisierungsraten ausgeklammert: Es wird angenommen, dass hier bis 2050 keine Verbesserung des Wärmeschutzes in relevantem Umfang stattfindet. Die nachfolgenden Grafiken beziehen sich deshalb in der Regel auf den bis 2009 errichteten Gebäudebestand (Kurzbezeichnung: „Gebäudebestand 2009“).

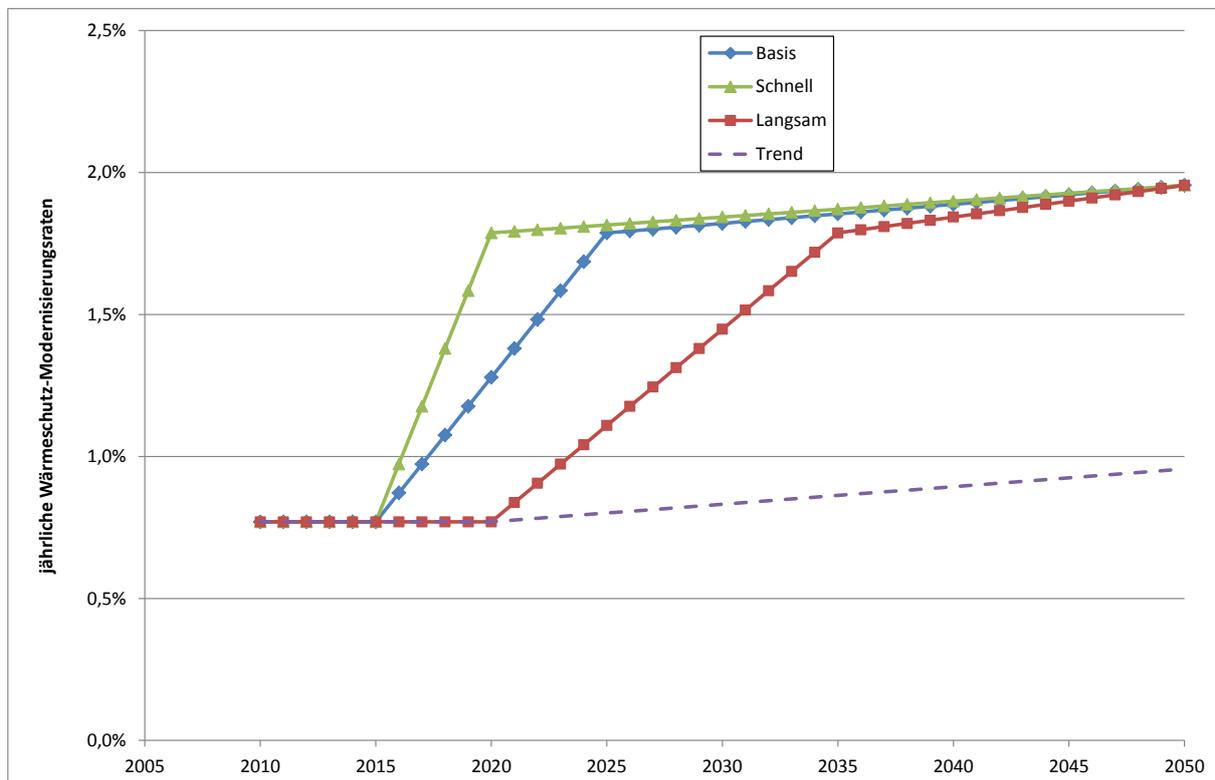


Abbildung 3: Entwicklung der Wärmeschutz-Modernisierungsrate der thermischen Gebäudehülle im Gebäudebestand 2009 für die vier Szenarien „Basis“, „Schnell“, „Langsam“ und „Trend“.

In der Abbildung sind die unterschiedlichen Ansätze der jeweiligen Szenarien zu erkennen. In den drei zielorientierten Szenarien findet ein starker Anstieg (etwas mehr als eine Verdopplung von knapp 0,8 %/a auf rund 1,8 %/a) der energetischen Modernisierungsrate in den Jahren 2015-2020 („Schnell“), 2015-2025 („Basis“) bzw. 2020-2035 („Langsam“) statt. Der dann jeweils erreichte Endzustand ist in etwa gleich, einen leichten Anstieg der Modernisierungsraten gibt es aber immer noch. Dies gilt ab 2020 auch für das Trendszenario. Der Grund liegt darin, dass nur im Altbau, d. h. in dem bis 1978 (vor der 1. Wärmeschutzverordnung) errichteten Gebäudebestand, die Raten nach dem Anstieg völlig konstant gehalten werden. Für die neueren Gebäude wird dagegen angenommen, dass leichte Anstiege zu verzeichnen sind, insbesondere weil auch diese in ein Alter eintreten, in dem zunehmend Anlässe für Sanierungsmaßnahmen und damit auch für Wärmedämmung bestehen.

Es werden insgesamt drei Baualtersklassen unterschieden: I: bis 1978 (Altbau), II: 1979-1994 und III: 1995-2009. Die Ansätze hierzu sind differenziert, der steile Anstieg der Raten wird in der Altersklasse II in abgeschwächter Weise, in der jüngsten Altersklasse III nur schwach nachvollzogen (vgl. Ergebnisse zum Modernisierungsfortschritt in A.1). Aufgrund des bereits im Ausgangszustand besseren Wärmeschutzes ist davon auszugehen, dass die Hürden für eine weitere Verbesserung hier größer sind als bei einem unmodernisierten Altbau. Vor diesem Hintergrund wird angenommen, dass erst am Ende des Betrachtungszeitraums im Jahr 2050 die Gebäude der Altersklasse II sehr grob gesprochen 80 % und die Vertreter der Altersklasse III etwa 40 % der Wärmeschutz-Modernisierungsraten des Altbaus erreichen. Lediglich bei den Fenstern wird davon ausgegangen, dass 2050 in allen Altersklassen 2 %/a erreicht werden.

In Abbildung 4 wird gezeigt, wie sich die Gesamt-Modernisierungsrate im Szenario „Basis“ auf die einzelnen Bauteile der thermischen Gebäudehülle aufteilt.

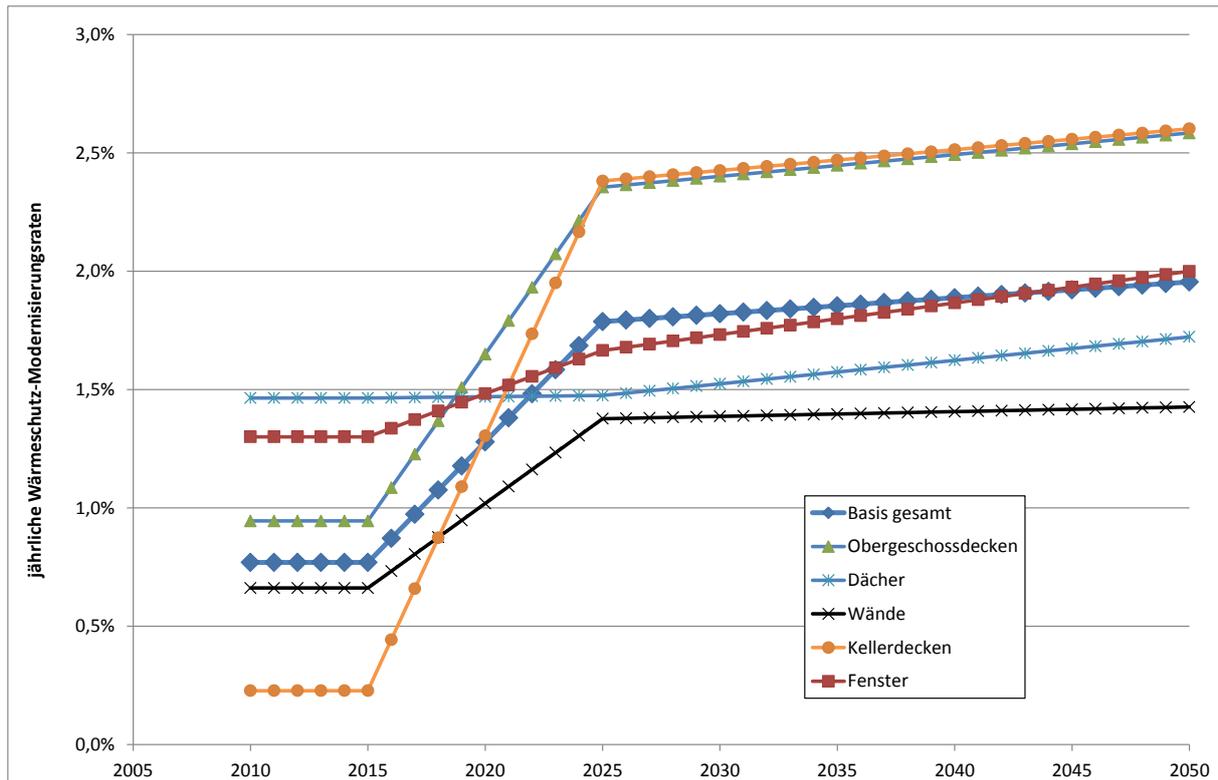


Abbildung 4: Entwicklung der Wärmeschutz-Modernisierungsraten der Einzelbauteile im Gebäudebestand 2009 für das Szenario „Basis“

Es ist zu erkennen, dass die Beiträge der einzelnen Elemente der Gebäudehülle zur gesamten Wärmeschutz-Modernisierungsraten und zu deren Anstieg unterschiedlich sind¹⁶. Die größten Potentiale werden hier bei der Obergeschoss- und Kellerdecke gesehen, deren Dämmung im Allgemeinen an keine Instandhaltungsmaßnahmen gekoppelt ist. Auch bei der Außenwand (die aufgrund ihrer hohen Flächenanteile eine dominierende Rolle für die Gesamt-Modernisierungsraten spielt) werden Möglichkeiten für eine deutliche Erhöhung gesehen (z. B. indem Förderanreize geschaffen werden, bereits den Anstrich der Wand für eine Dämmung zu nutzen). Bei Fenstern und Dach ist die Kopplung der Dämmung an den Zeitpunkt einer Ohnehin-Erneuerung dagegen aus Kostengründen sehr stark, so dass nur geringe Potentiale für eine Steigerung der Wärmeschutz-Raten angenommen wurden. Diese sind wie oben beschrieben zum Teil auch dadurch bedingt, dass Gebäude jüngeren Baualters in den „Sanierungszyklus“ eintreten.

Der durch die jährliche Modernisierung der Bauteile bewirkte Gesamt-Modernisierungsfortschritt im Gebäudebestand ist in Abbildung 5 dargestellt. Die Prozentwerte beziehen sich hier auf die gesamte thermische Hüllfläche von Gebäuden mit Baujahr bis 2009, die im Bestand des jeweils betrachteten Jahres vorhanden ist. Es ist erkennbar, dass die Kurven in den Szenarien „Schnell“ und „Basis“ in Richtung auf das Jahr 2050 leicht abflachen. Die Ursache besteht darin, dass bei bestimmten Bauteilen im Altbau schon keine unmodernisierten Flächen mehr vorhanden sind, also durch die angesetzte Wärmeschutz-Modernisierungsraten (die einen „Brutto“-Wert darstellt) kein „Netto“-Modernisierungsfortschritt mehr erreicht wird, da bereits durch Wärmeschutz modernisierte Flächen noch einmal gedämmt werden. Dabei werden aber in der Regel verbesserte Wärmeschutzstandards verwendet.

¹⁶ Detailliertere Betrachtungen zur Wirtschaftlichkeit und zur Rolle der Einzelbauteile finden sich in [Diefenbach et al., Kap. 8.3].

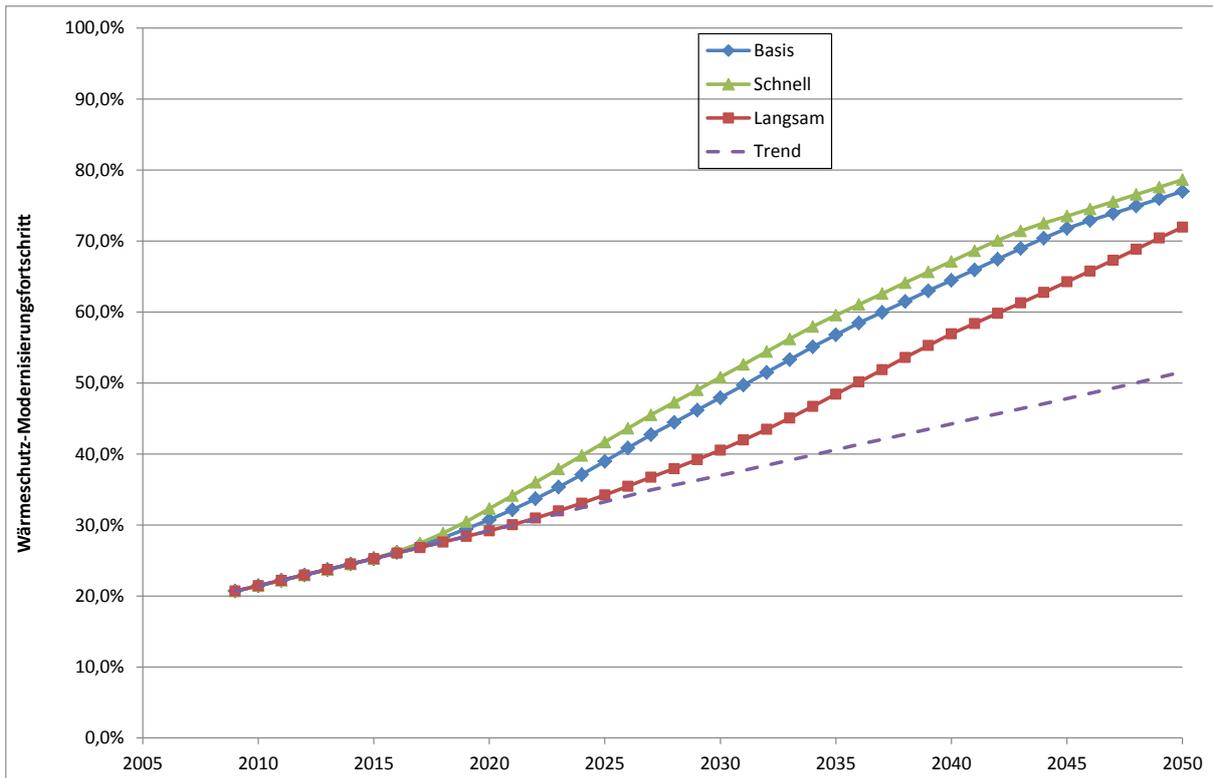


Abbildung 5: Entwicklung des Wärmeschutz-Modernisierungsfortschritts der thermischen Gebäudehülle für den Gebäudebestand 2009

Insgesamt wird 2050 – ausgehend von 21 % im Jahr 2009 – in den Szenarien „Basis“ und „Schnell“ in den bereits bis 2009 errichteten Bestandsgebäuden ein Wärmeschutz-Modernisierungsfortschritt von 77 % bzw. 79 % erreicht. Im Szenario „Langsam“ beträgt der Endwert 72 %, im Trendszenario sind es 52 %.

Auch hier ist zu beachten, dass der angenommene Modernisierungsfortschritt je nach Baualter der Gebäude unterschiedlich ist. So setzt sich das Ergebnis von 77 % im Basisszenario für das Jahr 2050 aus Einzelwerten von 98 % für den bis 1978 (vor der ersten Wärmeschutzverordnung) errichteten „Altbau“¹⁷, 64 % für die Gebäudebaujahre 1979-1994 und 20 % für die Baujahre 1994-2009 zusammen.

Tabelle 2 zeigt die angenommenen Kategorien der Qualität von Wärmeschutz-Modernisierungsmaßnahmen.

Tabelle 2: Qualitätsstandards von Wärmeschutz-Modernisierungsmaßnahmen

	U-Werte in W/m ² K		
	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
Außenwände	0,37	0,22	0,17
Dächer	0,31	0,22	0,14
Obergeschossdecken	0,25	0,22	0,14
Kellerdecken/Fußböden	0,39	0,37	0,2
Fenster	1,6	1,25	0,95

Es werden drei Niveaus unterschieden, die – etwas grob gesprochen – die folgenden Fälle widerspiegeln: Niveau 1 steht für Maßnahmen, die aufgrund von Restriktionen das von der Energieeinsparverordnung (EnEV) für Bestandsmodernisierungen vorgegebene Niveau noch

¹⁷ Hier wurden die Modernisierungsraten so angesetzt, dass bei der Außenwanddämmung ein Modernisierungsfortschritt von 95 % nicht überschritten wurde.

nicht erreichen¹⁸, Niveau 2 entspricht (ungefähr) dem Niveau der EnEV, während Niveau 3 typische Förderanforderungen der KfW einhält bzw. noch etwas darüber hinausgeht.

Im Trendszenario wird davon ausgegangen, dass (gemittelt über alle Bauteile) etwa 12 % der Maßnahmen dem Niveau 1 und 88 % dem Niveau 2 entsprechen. In den zielorientierten Szenarien wird ab dem Jahr, in dem der Anstieg der Wärmeschutz-Modernisierungsraten beginnt (2015 für die Szenarien „Basis“ und „Schnell“, 2020 für das Szenario „Langsam“) das Niveau 3 mit einem Anteil von rund 35 % erreicht. Das Niveau 2 sinkt entsprechend auf 53 %, Niveau 1 bleibt über den ganzen Zeitraum bei 12 %. Wenn der Endzustand des steilen Anstiegs der Wärmeschutz-Modernisierungsraten erreicht ist, steigt das Niveau 3 auf ca. 60 % an, Niveau 2 hat dann noch einen Anteil von 28 %. Die angenommene Entwicklung für das Szenario „Basis“ ist in Abbildung 6 dargestellt.

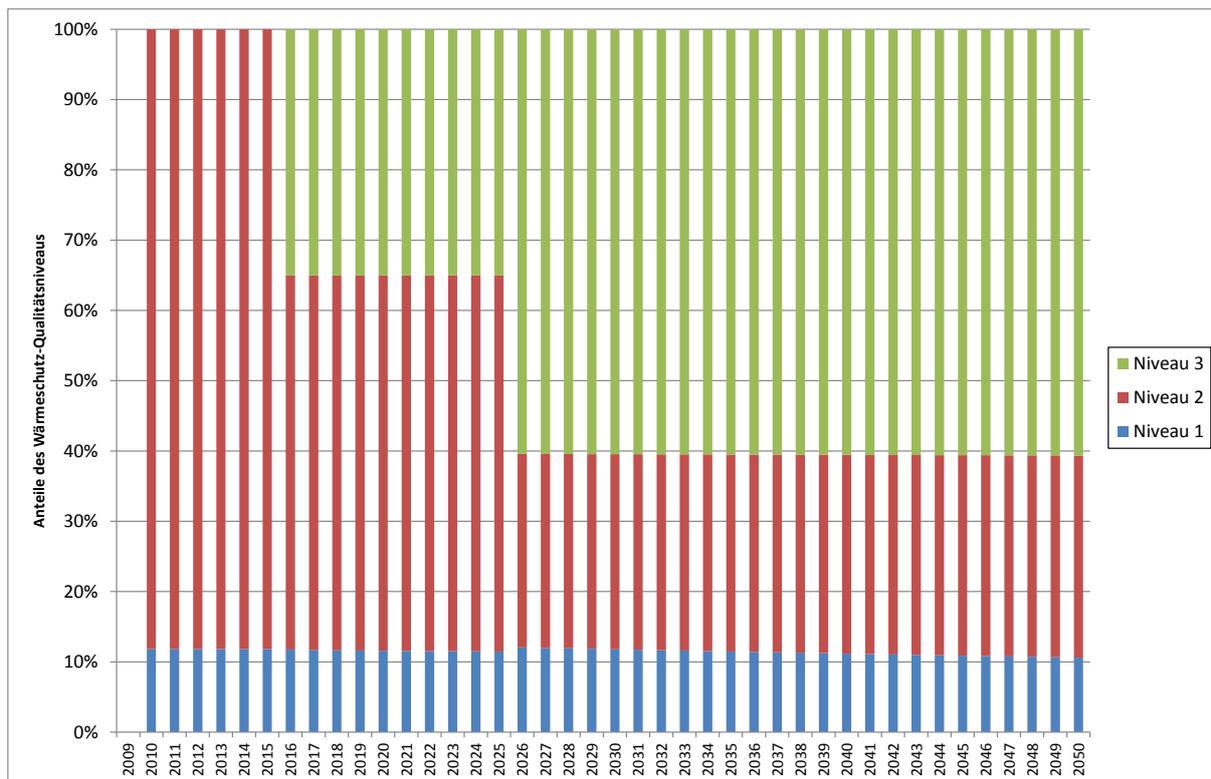


Abbildung 6: Im Gebäudebestand 2009 erreichte Wärmeschutzstandards (im jeweils betrachteten Jahr durchgeführte Modernisierungsmaßnahmen, Durchschnitt über alle Bauteile)

Im Hinblick auf den Gesamt-Wärmebedarf im Gebäudebestand relevant sind auch der Einbau von Lüftungsanlagen und die Dämmung von Verteilleitungen (Heizung und Warmwasser) im Gebäude. Für das Basisszenario wird angenommen, dass im Jahr 2050 bei etwa 27 % der Wohnfläche Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung vorliegen und dass 74 % bzw. 71 % der Verteilsysteme von Heizung bzw. Warmwasserversorgung auf höchster Stufe wärmegeklärt sind. Nähere Informationen hierzu sowie weitere Detailangaben zum Wärmeschutz und zur Wärmeversorgung in den verschiedenen Gebäudetypen und Baualterklassen finden sich in den Tabellen im Anhang.

Die Annahmen zur Entwicklung der jährlichen Modernisierungsraten bei der Wärmeversorgung (Erneuerung des Haupt-Wärmeerzeugers der Heizung) sind in Abbildung 7 dargestellt¹⁹.

¹⁸ Das Niveau 1 entspricht hier außerdem dem mittleren Qualitätsstandard, der für die in der Vergangenheit bis 2009 durchgeführten Maßnahmen angesetzt wurde.

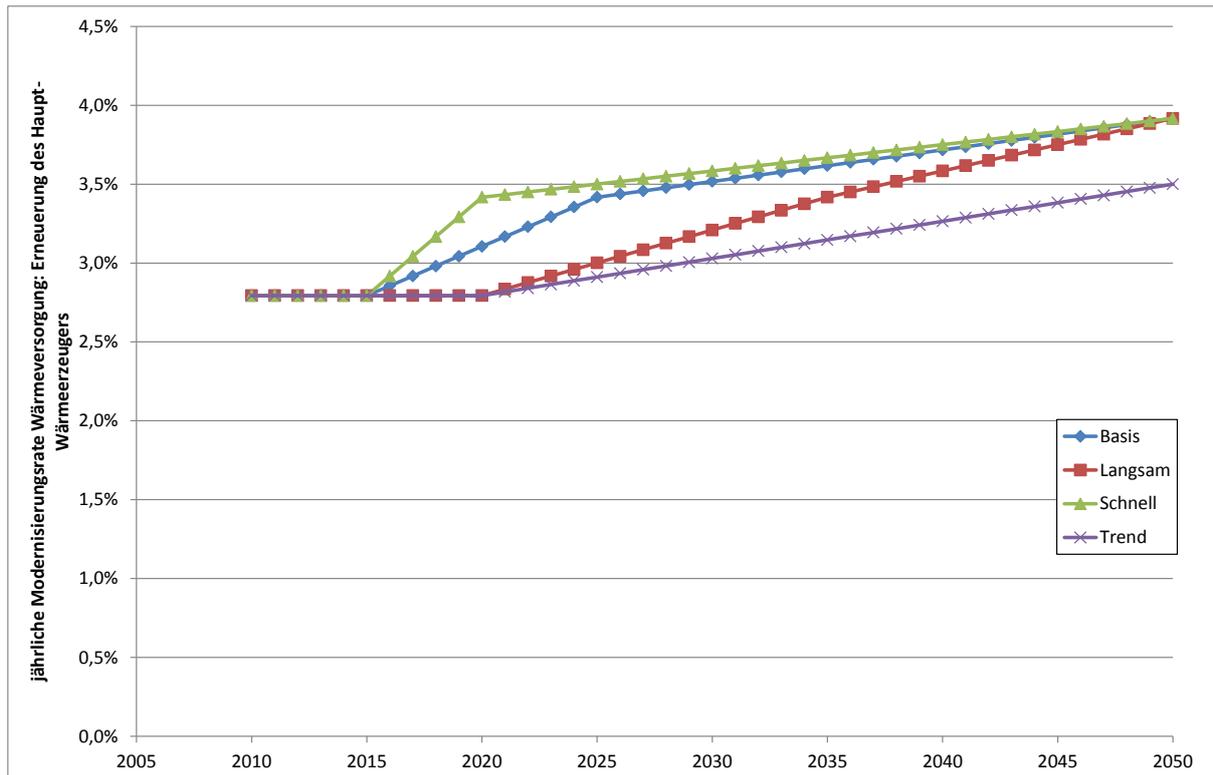


Abbildung 7: Modernisierungsraten der Wärmeversorgung (Austausch des Haupt-Wärmeerzeugers der Heizung) im Gebäudebestand 2009

Es ist zu erkennen, dass die Modernisierungsraten im Vergleich zum Wärmeschutz (s. Abbildung 3) von Anfang an deutlich höher liegen und die angenommenen Anstiege relativ gesehen viel weniger stark sind.

Ausschlaggebend für die Fortschritte bei der Wärmeversorgung sind dagegen die Änderungen bei der Zusammensetzung der installierten Neuanlagen nach Typen. Abbildung 8 zeigt die Entwicklung des Anteils „alternativer Systeme“ (Fernwärme, KWK-Anlagen im Gebäude, Biomasse-Heizkessel bzw. elektrische Wärmepumpen) unter den im jeweiligen Jahr neu installierten Haupt-Wärmeerzeugern.

¹⁹ Angaben zur Wärmeversorgungsstruktur und zu den entsprechenden Installationsraten beziehen sich immer auf die versorgte Wohnfläche (Mittelwertbildung über alle untersuchten Gebäudetypen). Bei jährlichen Raten wird wie beim Wärmeschutz die Wohnfläche im Jahr 2009 als Bezugsgröße angesetzt, so dass gleiche jährliche Raten der gleichen Anzahl erneuerter Systeme (bzw. der davon betroffenen Wohnfläche) entsprechen. Die Strukturauswertungen ab Abbildung 8 beziehen sich dagegen immer auf die Wohnfläche des jeweiligen Jahres, so dass sich die Zahlenwerte immer zu 100 % addieren.

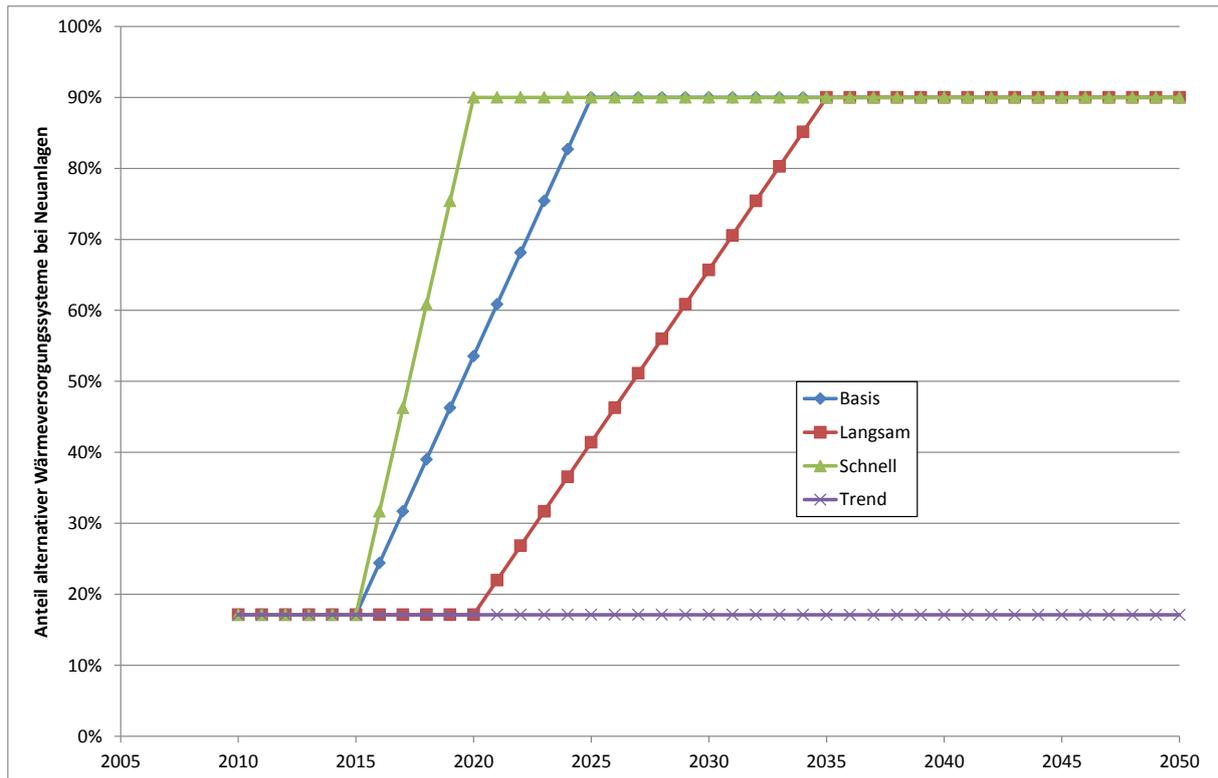


Abbildung 8: Anteile „alternativer Systeme“ (Fernwärme, KWK, Biomasse, Wärmepumpen) unter den beim Heizungsaustausch neu installierten Systemen im Gebäudebestand 2009

In den drei zielorientierten Szenarien findet – entsprechend der jeweils angenommenen Entwicklungsdynamik – bei den neu installierten Systemen ein weitgehender Wechsel hin zu alternativen Systemen statt, während im Trendszenario der ursprüngliche Anteil fortgeschrieben wird. Die Differenz zu 100 % wird in allen Fällen durch neu installierte Erdgas- und Heizöl-Kessel gebildet.

Die dargestellte Entwicklung resultiert in den zielorientierten Szenarien bis 2050 in einem weitgehenden Umbau der Wärmeversorgungsstruktur, wie in Abbildung 9 zu erkennen ist.

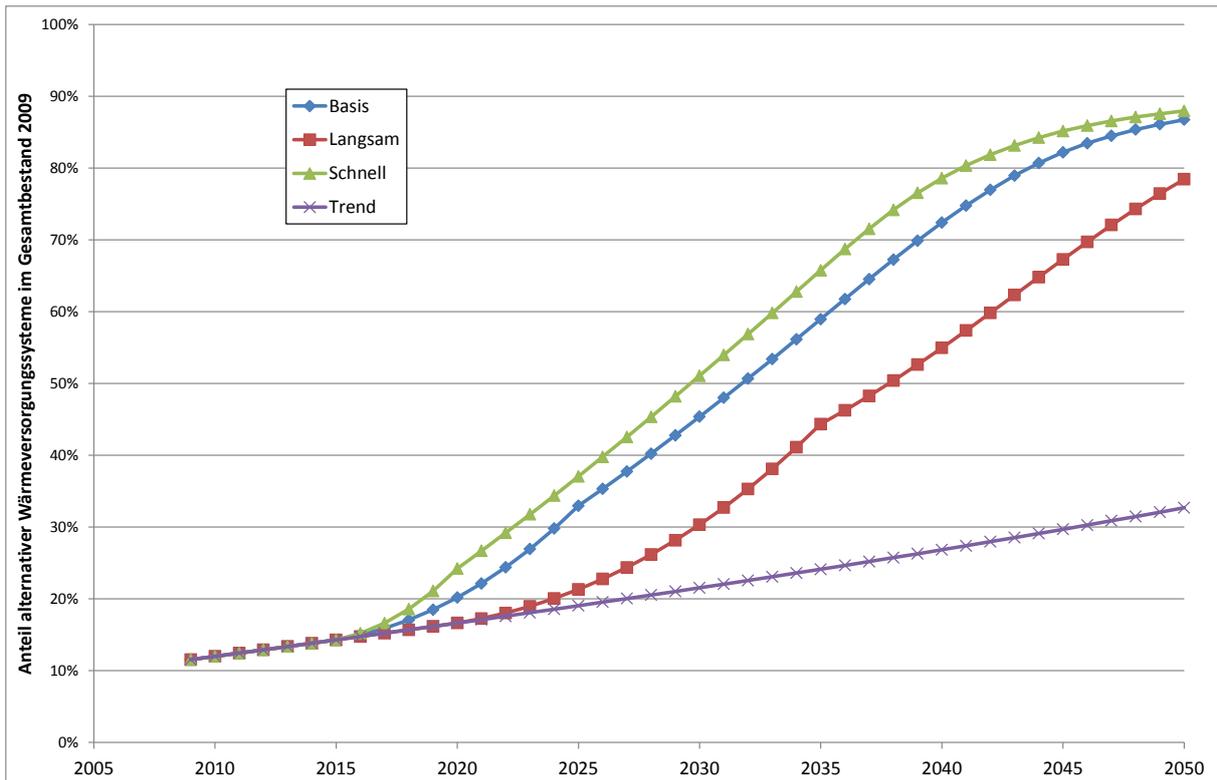


Abbildung 9: Entwicklung der Wärmeversorgungsstruktur im Gebäudebestand 2009: Anteile „alternativer“ Systeme unter den Haupt-Wärmeerzeugern

Für das Szenario „Basis“ ist eine detailliertere Aufteilung der Wärmeversorgungsstruktur nach Technologien in Abbildung 10 abzulesen.

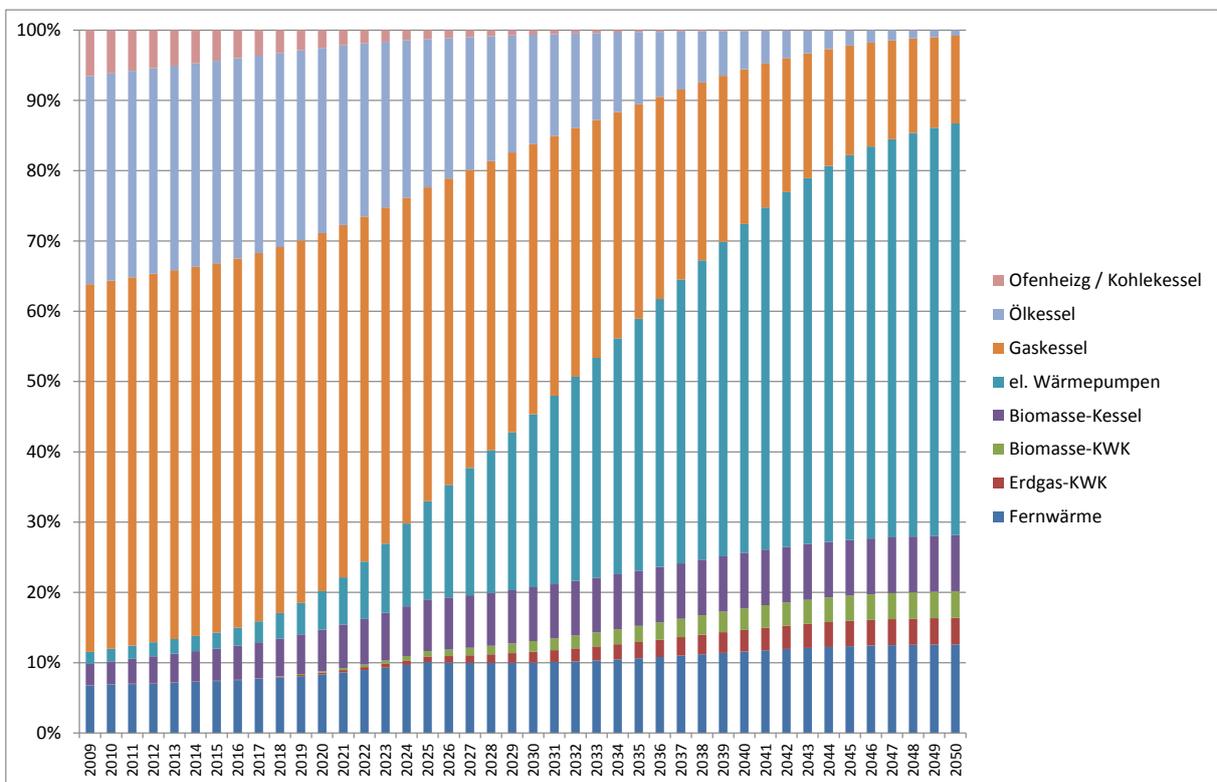


Abbildung 10: Entwicklung der Wärmeversorgungsstruktur (Haupt-Wärmeerzeuger) im Gebäudebestand 2009: Detaillierte Darstellung für das Szenario „Basis“

Unter dem Begriff „Ofenheizung“ sind alle raumweisen Heizsysteme (also auch elektrische Nachtspeicherheizungen) subsummiert. Die alternativen Technologien sind im unteren Bereich dargestellt, so dass sich der Kurvenverlauf des Szenarios „Basis“ aus Abbildung 9 auch hier (an der Grenze zwischen „el. Wärmepumpen“ und „Gaskessel“) nachvollziehen lässt.

Mit „Biomasse“- bzw. „Erdgas“-KWK sind in den Gebäuden (in Mehrfamilienhäusern) installierte Anlagen gemeint. Auch die Fernwärme wird annahmegemäß überwiegend in Kraft-Wärme-Kopplung erzeugt (s. u.). Grundsätzlich wären auch Verschiebungen zwischen diesen Bereichen denkbar. Eine genauere Analyse der Frage, welcher Anteil der KWK „dezentral“ (in den Gebäuden selbst) und welcher „zentral“ über Fernwärme (bzw. die darin eingeschlossene Nahwärme) erfolgen sollte, hat im Rahmen des Projekts nicht stattgefunden. Insgesamt kommt dem Teilssektor „Fernwärme/KWK“ ein Anteil von rund 20 % zu.

Eine dominierende Rolle spielen im Szenario „Basis“ (wie auch in den anderen beiden zielorientierten Szenarien) annahmegemäß die elektrischen Wärmepumpen. Der Einsatz von Biomasse-Heizkesseln ist angesichts der limitierten Biomassepotentiale begrenzt.

Für die jährlichen Installationsraten von – ergänzend zum Haupt-Wärmeerzeuger eingesetzten – thermischen Solaranlagen wird in den zielorientierten Szenarien ein deutlicher Anstieg (etwas mehr als eine Verdopplung der Netto-Zubauraten²⁰) angesetzt. Der Anfangs- und Endpunkt dieser Entwicklung entspricht auch hier der Dynamik des jeweiligen Szenarios (erfolgt also beispielsweise im Basisszenario weitgehend linear im Zeitraum 2015 – 2025). Die aus diesen Annahmen resultierende Entwicklung des Anteils von thermischen Solaranlagen im Gebäudebestand 2009 zeigt Abbildung 11 für die verschiedenen Szenarien.

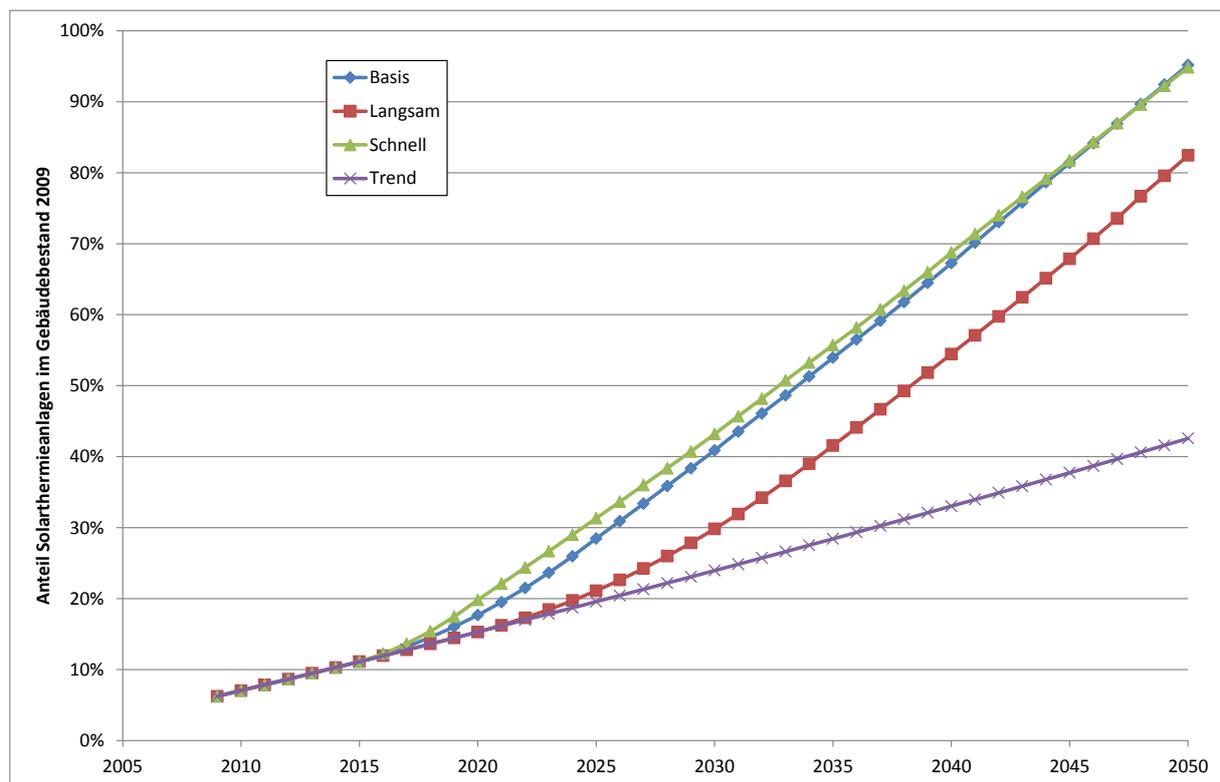


Abbildung 11: Entwicklung des Anteils (ergänzend zum Haupt-Wärmeerzeuger) installierter Solarwärmeeinrichtungen im Gebäudebestand 2009

²⁰ Die Brutto-Raten, also die Gesamtzahlen der jährlich installierten Systeme steigen im Zeitverlauf noch stärker an, da hier auch Altanlagen annahmegemäß nach einer Überschreitung der typischen Nutzungsdauer von 15 Jahren ersetzt werden müssen.

In den zielorientierten Szenarien werden im Jahr 2050 Anteile der Solarthermie von 80 bis ca. 95 % erreicht, d. h. im Maximum wird fast jedes Gebäude ergänzend über Solarwärme versorgt²¹. Da nicht jedes Gebäude für Solaranlagen nutzbare Dachflächen aufweist, wären diese Anteile zu hoch, wenn man allein direkt am Gebäude installierte Solarwärmeanlagen betrachten würde. In der vorliegenden Untersuchung steht die Solarthermie aber stellvertretend auch für andere Optionen der Solarenergienutzung zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung: Auch die Möglichkeit durch Photovoltaik (oder ggf. auch Windenergie) erzeugten regenerativen Strom über elektrische Wärmepumpen in den Gebäuden zu nutzen – entweder über eine ohnehin vorhandene Wärmepumpe oder über eine ergänzende, vor allem der Warmwasserbereitung dienende Kleinst-Wärmepumpe – ist hier eingeschlossen. Die Solarmodule brauchen in diesem Fall nicht auf den Gebäuden selbst installiert zu sein, da sich der Strom über weitere Strecken transportieren lässt²². Auch die Verteilung von Solarwärme über Nah- bzw. Fernwärmenetze ist in diesem vereinfachten Modellansatz enthalten.

Für den Neubau ab 2010 folgt die vorliegende Untersuchung den Modellansätzen in [Diefenbach et al. 2013, Kap. 3]. Für das Trendszenario bedeutet dies, dass 50 % Prozent der Neubauten in etwa dem Standard der EnEV 2009 entsprechen und 50 % einem mittleren Standard der KfW-Förderung vergangener Jahre²³. In den zielorientierten Szenarien findet bis 2020 eine stufenweise Anhebung der Neubaustandards statt (durch Verschärfung der EnEV bzw. Ausweitung der Förderung und Konzentration auf verbesserte Standards). Ab 2020 entspricht der gesamte Neubau ungefähr dem Effizienzhaus-40-Standard und damit auch dem im Energiekonzept der Bundesregierung gesteckten primärenergiebezogenen Neubaupziel (vgl. Kap. 2.3).

Den Anteil der alternativen Haupt-Wärmeerzeugungssysteme bei den Neubauten des jeweiligen Jahres ist in Abbildung 12 dargestellt.

²¹ In der Energiebilanz wird pauschal angenommen, dass 50 % des Energieverbrauchs der Warmwasserbereitung und außerdem – im Fall von Anlagen mit Heizungsunterstützung – 10 % des Heizwärmeverbrauchs (jeweils mit Verteilverlusten) von der Solarthermie abgedeckt werden. Nähere Informationen zum Anteil der Heizungsunterstützung finden sich in A.1.

²² Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass die möglichen Solarstrombeiträge für den Wärmesektor in diesen Modellansätzen zur Solarwärme schon weitgehend abgedeckt sind: Bei den weiter unten beschriebenen Überlegungen bezüglich der (verbleibenden) Stromerzeugung für den Wärmesektor ist daher Folgendes zu beachten: Bei den angesetzten hohen Solarthermie-Anteilen in den zielorientierten Szenarien sind die verbleibenden Beiträge fluktuierender regenerativer Stromerzeugung weitgehend auf den Windstrom beschränkt. Der gesamte Strombedarf für die Wärmeerzeugung verschiebt sich weitgehend in das Winterhalbjahr.

²³ Auch in den Jahren 2011-2013 blieb der 50-prozentige Anteil der KfW-Neubauförderung an der Gesamtzahl der neu gebauten Wohnungen in etwa bestehen [Diefenbach et al. 2013/14].

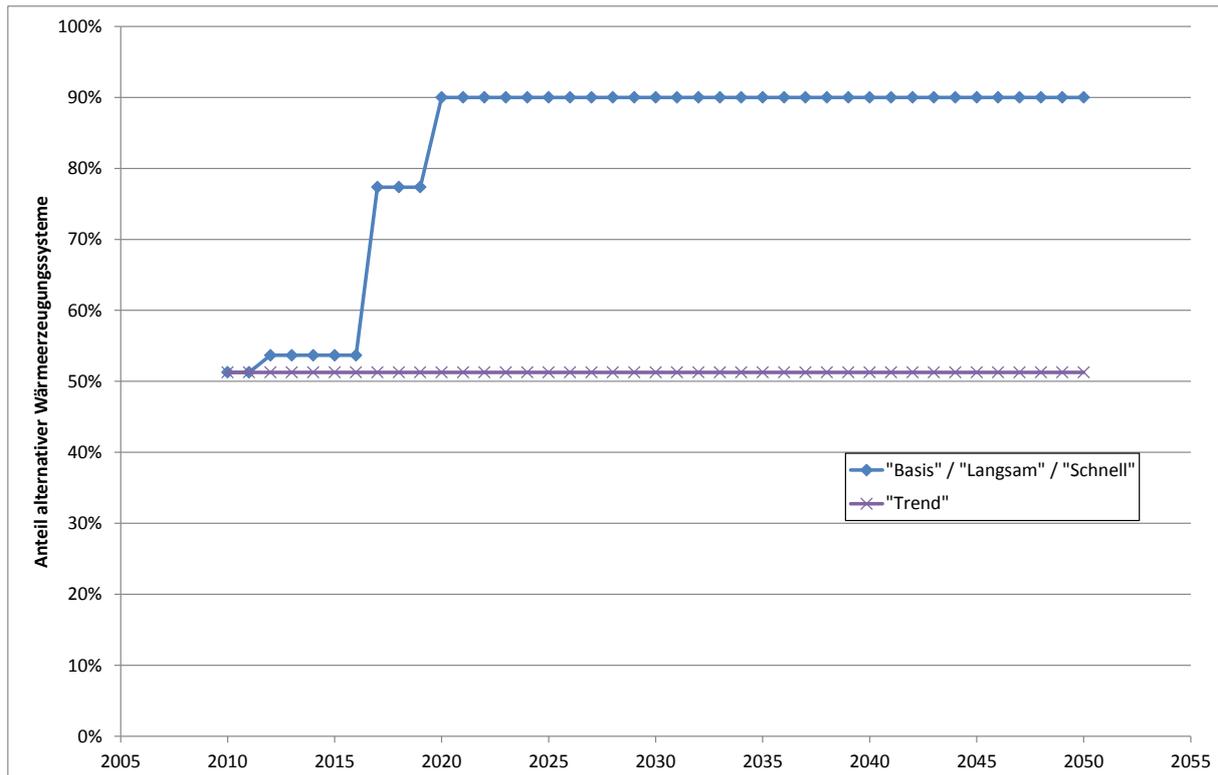


Abbildung 12: Neubau ab 2010: Anteil „alternativer“ Systeme (Haupt-Wärmeerzeugung über Fernwärme, KWK, Biomasse bzw. Wärmepumpe) bei den im jeweiligen Jahr neu errichteten Wohngebäuden

Der Anteil der alternativen Wärmeerzeuger erreicht im Neubau in allen drei zielorientierten Szenarien ab 2020 einen Anteil von 90 %. Bei den im Rahmen der Bestandsmodernisierung eingebauten Neuanlagen dauert diese Strukturänderung in den Szenarien „Basis“ und „Langsam“ einige Jahre länger (vgl. Abbildung 8). In den Modellansätzen zum Neubau ab 2010 wird generell keine Veränderung des ursprünglichen Wärmeversorgungssystems bis 2050 angenommen, ebenso wenig werden nachträgliche Wärmeschutz-Modernisierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle angesetzt.

Abbildung 13 zeigt die Entwicklung der Fernwärmeerzeugung in den drei zielorientierten Szenarien. Im Trendszenario findet nach 2020 keine Entwicklung statt, die vorherigen Anteile bleiben erhalten.

In den zielorientierten Szenarien „Basis“, „Langsam“ und „Schnell“ wird ein schrittweiser Umbau in Richtung auf mit Biomasse betriebene Kraft-Wärme-Kopplung angesetzt. Auch bei den Gas-Heizkraftwerken findet eine Modernisierung statt. Die Fernwärmeerzeugung aus Kohle wird in den angenommenen Szenarien bis 2050 verdrängt. Auch die mit fossilen Energieträgern betriebenen Heizwerke („fossile HW“) werden dann ausschließlich mit Erdgas befeuert, vorher gibt es hier noch Anteile von Kohle und Öl.

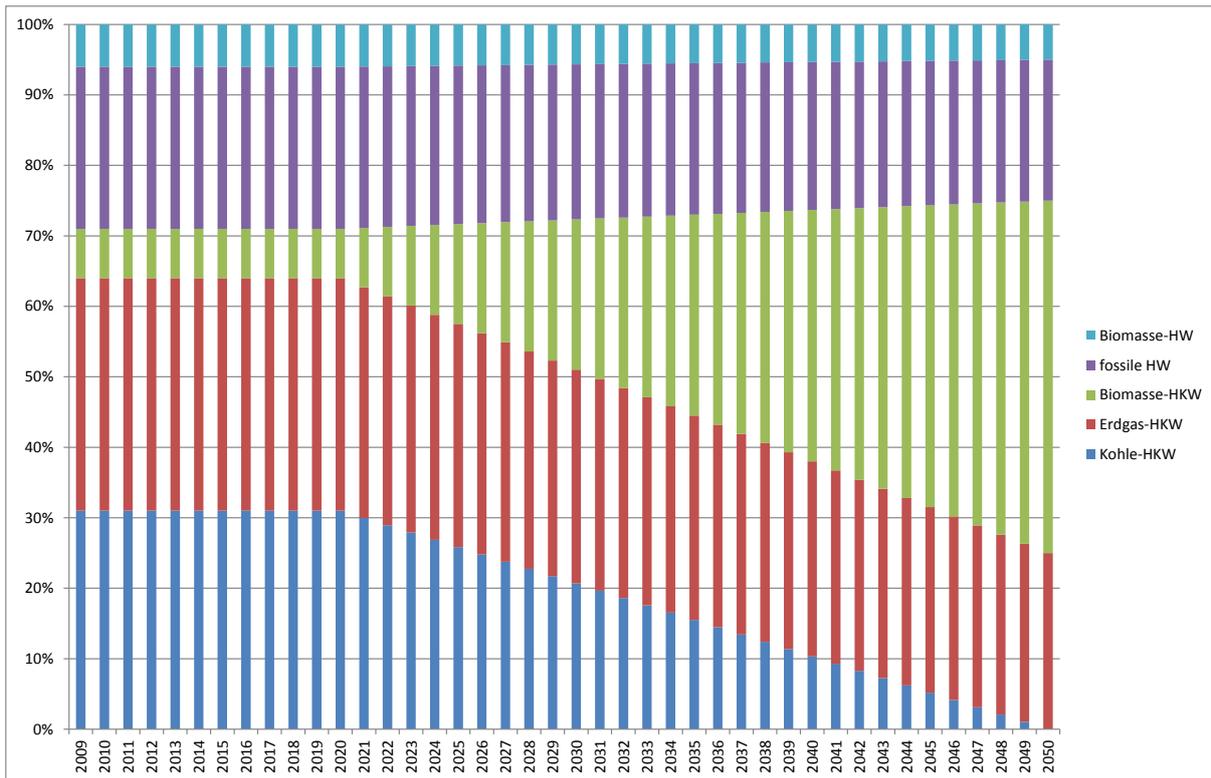


Abbildung 13: Entwicklung der Fernwärmeerzeugung in den drei zielorientierten Szenarien („Basis“, „Langsam“, „Schnell“)
 HW:Heizwerke (Heizkessel), HKW: Heizkraftwerke (Kraft-Wärme-Kopplung)

Im Hinblick auf den in Heizkraftwerken erzeugten Strom wird angenommen, dass dieser vollständig für die Wohngebäude-Wärmeversorgung eingesetzt wird (z. B. für elektrische Wärmepumpen oder als Hilfsstrom).

Aus diesem Grund sind bei der (verbleibenden) Erzeugung elektrischer Energie, die für die Wohngebäude-Wärmeversorgung genutzt wird, keine Heizkraftwerke (KWK-Anlagen), sondern nur reine Stromerzeugungsanlagen (Kraftwerke: KW) berücksichtigt. Die Entwicklung der Struktur bei der Stromerzeugung ist in Abbildung 14 dargestellt. Sie ist für alle untersuchten Szenarien (auch für das Trendszenario) gleich.

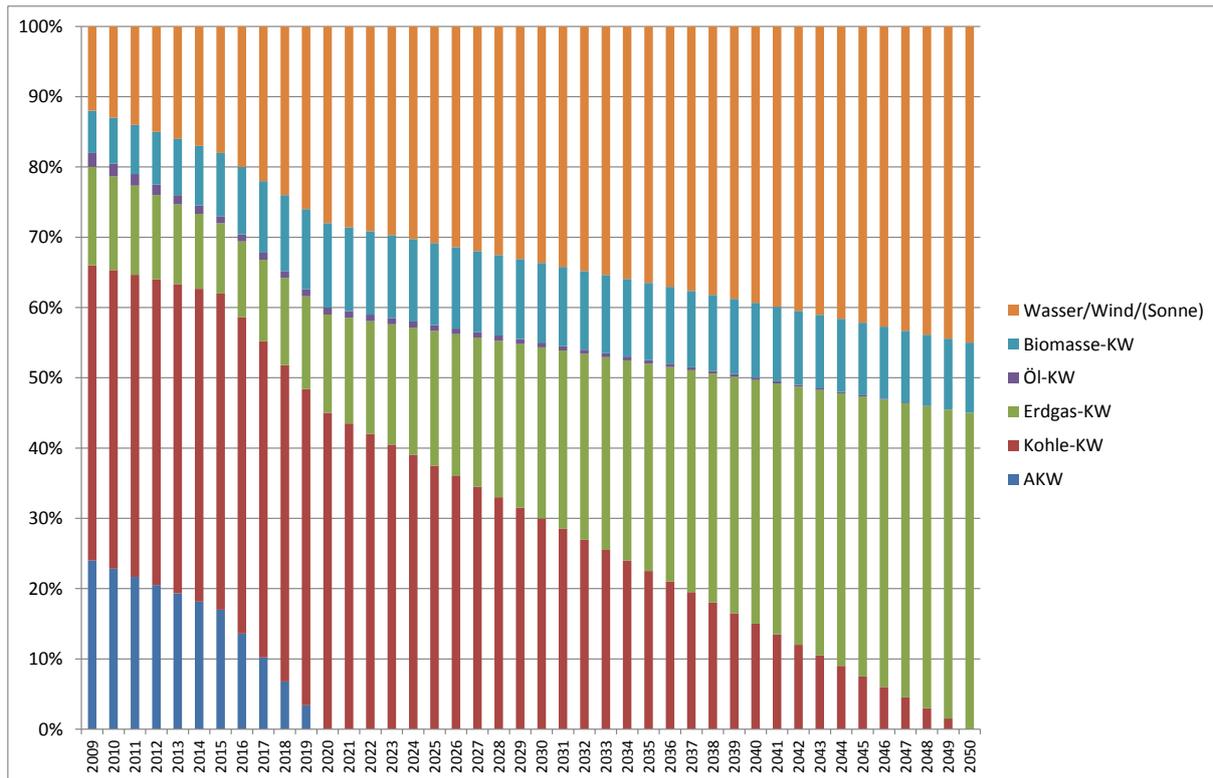


Abbildung 14: Entwicklung der Stromerzeugung für die Wohngebäude-Wärmeversorgung in allen untersuchten Szenarien

KW: Kraftwerke, AKW: Atomkraftwerke

Die Periode bis 2020 ist zunächst durch den Ausstieg aus der Kernkraft (Atomkraftwerke: AKW) geprägt. Anschließend findet bis 2050 eine Verdrängung der Kohle-Kraftwerke statt. Die erneuerbaren Energien nehmen 2050 einen Anteil von 55 % ein. Dabei wird der Anteil von Wasser, Wind und Sonne auf 45 % der Gesamterzeugung beschränkt. Dies erfolgt unter der Annahme, dass die erreichbaren Beiträge fluktuierender Energiequellen im Wärmesektor noch nicht sicher bekannt sind (so dass die angesetzten 45 % möglicherweise schon sehr optimistisch sind, möglicherweise aber auch noch überschritten werden können). Wenn man davon ausgeht, dass Wasserkraft nicht stark ausgebaut werden und hier nur gering beitragen kann und die sommerlichen Anteile von Solar- und Windstrom zumindest in den zielorientierten Szenarien mit Annäherung an 2050 schon weitgehend in dem Modellansatz für „Solarthermie“ verbucht sind (s.o.), so ist hier davon auszugehen, dass der Anteil Wasser/Wind/Sonne weitgehend durch Windenergieerzeugung dominiert wird.

Die Unsicherheiten der fluktuierenden regenerativen Energiequellen im Hinblick auf die Einbindung in das Gesamtsystem bestehen bei den Biomasse-Kraftwerken nicht. Daher wären grundsätzlich höhere Anteile möglich. Die Einschränkung auf 10 % im Jahr 2050 erfolgt hier vor dem Hintergrund des insgesamt (ungefähr) einzuhaltenden Biomasse-Potentials der Wärmeerzeugung von 100 TWh (inklusive Biomasseverwendung in den Gebäuden und bei der Fernwärmeerzeugung, vgl. Kap. 2.4).

Unter diesen Annahmen erfolgt die Verdrängung der Kohle bis 2050 vor allem durch Zubau von Erdgas-Kraftwerken. Die mit Öl befeuerten Kraftwerke nehmen von Anfang an nur einen sehr geringen Anteil ein und werden in den Szenarien bis 2050 ebenfalls verdrängt.

Eine detailliertere Übersicht zu den gewählten Ansätzen in den Modellen zur Fernwärme- und Stromerzeugung wird in Tabelle 3 gegeben. Im linken Abschnitt der Tabelle sind die elektrischen und thermischen Jahresnutzungsgrade der verwendeten Erzeugungssysteme angegeben (bezogen auf den Heizwert der eingesetzten Brennstoffe), im rechten Abschnitt

die Anteile an der Fernwärme- bzw. Stromerzeugung in den Jahren 2009, 2015, 2020 und 2050 zugeordnet. Zwischen den Jahren wurde linear interpoliert.

Wie in [Diefenbach et al. 2013] werden im Hinblick auf die Biomasse in Form eines pauschalen Ansatzes zwei Typen unterschieden: Typ 1 beinhaltet Festbrennstoffe, vor allem Holz, überwiegend als Reststoff, zumeist nicht aus Energiepflanzenanbau. Typ 2 fasst demgegenüber Biogas und Bioöle (in der Regel aus Energiepflanzenanbau) zusammen²⁴.

Tabelle 3: Überblick die Modellansätze für die Fernwärme- und Stromerzeugung (zur Versorgung des Wohngebäudesektors)

HKW: Heizkraftwerk (KWK), HW: Heizwerk (Kessel), KW: Kraftwerk (ohne KWK)

Jahresnutzungsgrad		Erzeugungssystem	Anteil an der Fernwärme- bzw. Stromerzeugung			
thermisch	elektrisch		2009	2015	2020	2050
Erzeugungsstruktur Fernwärme						
54%	24%	Steinkohle-HKW	23%	23%	23%	0%
54%	22%	Braunkohle-HKW	8%	8%	8%	0%
47%	33%	Erdgas-HKW_ist	33%	33%	33%	0%
42%	15%	Biomasse-Typ1-HKW_ist	5%	5%	5%	5%
69%		Steinkohle-HW	4%	4%	4%	0%
69%		Braunkohle-HW	6%	6%	6%	0%
73%		Erdgas-HW	12%	12%	12%	20%
73%		Heizöl-HW	1%	1%	1%	0%
69%		Biomasse-Typ1-HW	6%	6%	6%	5%
55%	25%	Biomasse-Typ1-HKW_neu	0%	0%	0%	35%
45%	40%	Erdgas-HKW_neu	0%	0%	0%	25%
35%	40%	Biomasse-Typ2-HKW	2%	2%	2%	10%
			98%	98%	98%	100%
Erzeugungsstruktur Strom (Verwendung für die Gebäude-Wärmeversorgung)						
	41%	Steinkohle-Kraftwerk	18%	19%	19%	0%
	40%	Braunkohle-Kraftwerk	24%	26%	26%	0%
	49%	Erdgas-Kraftwerk_ist	14%	10%	14%	0%
	42%	Heizöl-Kraftwerk	2%	1%	1%	0%
	30%	Biomasse-Typ1-Kraftwerk	6%	7%	7%	5%
	34%	Kernkraftwerk	24%	17%	0%	0%
	100%	Wasser/Wind/(Sonne)	12%	18%	28%	45%
	55%	Erdgas-Kraftwerk_neu	0%	0%	0%	45%
	45%	Biomasse-Typ2-Kraftwerk	0%	2%	5%	5%
			100%	100%	100%	100%

Die Ansätze für die Nutzungsgrade und die heutigen Anteile wurden insbesondere aus [DIW / BMWi 2015], [AGEB 2014], [GEMIS 4.9.3], [Scheftelowitz et al. 2013], [ASUE 2014], [Böhning et al. 2013] grob abgeschätzt. Für Anlagen mit größerem Zubau bis 2050 (Zusatz „neu“) wurden eher Nutzungsgrade am oberen Rand des existierenden Spektrums angenommen. Der Zusatz „ist“ deutet demgegenüber auf typische bestehende Systeme hin. In den Biomasse-Anlagen vom Typ 1 (Festbrennstoffe) ist hier auch die Müllverbrennung enthalten. Die bestehende Struktur der Fernwärme- und Stromerzeugung konnte auf Basis der ausgewerteten Quellen nur grob abgebildet werden²⁵. Vorrangig wurden dabei [AGEB 2014] und [DIW / BMWi 2015] ausgewertet.

Für die Verteilverluste bis zum Endverbraucher wurden bei der Stromversorgung 5 %, angenommen²⁶. Bei der Fernwärmeversorgung wurden für Ein-/Zweifamilienhäuser (EZFH)

²⁴ Biomasse vom Typ 1 wird auch in den Heizkesseln und Öfen innerhalb der Gebäude verwendet, Typ 2 in Blockheizkraftwerken, die in den Gebäuden installiert sind.

²⁵ Beispielsweise konnte der existierende Beitrag von Biomasse-Typ-2-Anlagen (insbesondere Biogas-Blockheizkraftwerke) zur Wohngebäude-Fernwärme bzw. -Stromversorgung aus den vorhandenen Quellen nicht sicher ermittelt und daher nur ad hoc angesetzt werden. Für das Gesamtergebnis sind die getroffenen Ansätze zu den Jahren 2009 und 2015 nicht wesentlich, eher gilt dies noch für den angenommenen Zubau bis 2050.

²⁶ Bei Stromlieferung von Gebäude-BHKWs an andere Wohngebäude wurden keine Verteilverluste angesetzt.

28 kWh/m²a und für Mehrfamilienhäuser ab drei Wohnungen (MFH) 11 kWh/m²a angesetzt (jeweils bezogen auf die versorgte Wohnfläche). Die Werte sinken in den zielorientierten Szenarien zwischen 2020 und 2050 um 25 % auf 21 bzw. 8,25 kWh/m²a. Die angenommenen Hilfsstromverbräuche in der Fernwärmeversorgung liegen zunächst bei 2 kWh/m²a bzw. 1 kWh/m²a und sinken in den zielorientierten Szenarien ebenfalls um 25 % bis 2050.

5 Emissionen und Energieverbrauch

Die Annahmen zu Berechnungsmodellen und Systemparametern sind weitgehend an das 2013 veröffentlichte „Zielerreichungsszenario“ angelehnt (s. [Diefenbach et al. 2013], dort auch der Anhang). Insbesondere wird ein einfaches Jahresbilanzverfahren durchgeführt, bei dem der Versuch unternommen wird, realitätsnahe Ergebnisse zu erreichen, etwa indem nach Durchführung von Wärmeschutz-Modernisierungsmaßnahmen ein Anstieg der Innentemperaturen und eine Zunahme der Wärmebrücken berücksichtigt wird. Für das Jahr 2009 beträgt der Primärenergieverbrauch des Wohngebäudebestandes in [Diefenbach et al. 2013] 653 TWh/a, im vorliegenden Modell sind es 652 TWh/a. Beim Gesamt-Wärmebedarf (Heizwärme und Warmwasser inklusive Verteilungs- und Speicherverlusten in den Gebäuden) ergeben sich 552 TWh/a (Zielerreichungsszenario) bzw. 567 TWh/a (vorliegendes Modell).

Auch die verwendeten Primärenergie- und Emissionsfaktoren, die in Tabelle 4 dokumentiert sind, wurden weitgehend aus [Diefenbach et al. 2013] übernommen. Neu hinzugefügt wurden die Angaben zur Verwendung von Steinkohle, Braunkohle und Kernbrennstoffen bei der Fernwärme- und Stromerzeugung, die auf [FFE 2011], [GEMIS 2015] basieren.

Tabelle 4: Überblick die verwendeten Primärenergiefaktoren (f_P) sowie die CO₂- und Treibhausgas-Emissionsfaktoren (f_{CO_2} , f_{THG}) der verwendeten Brennstoffe
Angaben bezogen auf den (unteren) Heizwert der Brennstoffe

	f_P	f_{CO_2}	f_{THG}
	kWh/kWh	kg/kWh	kg/kWh
Erdgas	1,1	0,202	0,246
Heizöl	1,1	0,266	0,311
Kohle (Einsatz im Gebäude)	1,1	0,359	0,445
Steinkohle (FW-/Stromerz.)	1,05	0,337	0,418
Braunkohle(FW-/Stromerz.)	1,03	0,403	0,500
Biomasse Typ 1 (Holz, Festbrennstoffe)	0,2	0	0,020
Biomasse Typ 2 (Biogas, Bioöl)	0,5	0	0,170
Kernbrennstoffe (Uran)	1,1	0	0,017

Die Entwicklung der CO₂-Emissionen 2009-2050 für die unterschiedlichen Szenarien ist in Abbildung 15 dargestellt. Die Zielkurve und der Zielbereich aus Abbildung 1 sind mit eingetragen. Das Jahr 2015 („heute“, gleichzeitig Grenze für die Betrachtung des Emissionsbudgets) ist durch eine senkrechte Linie markiert.

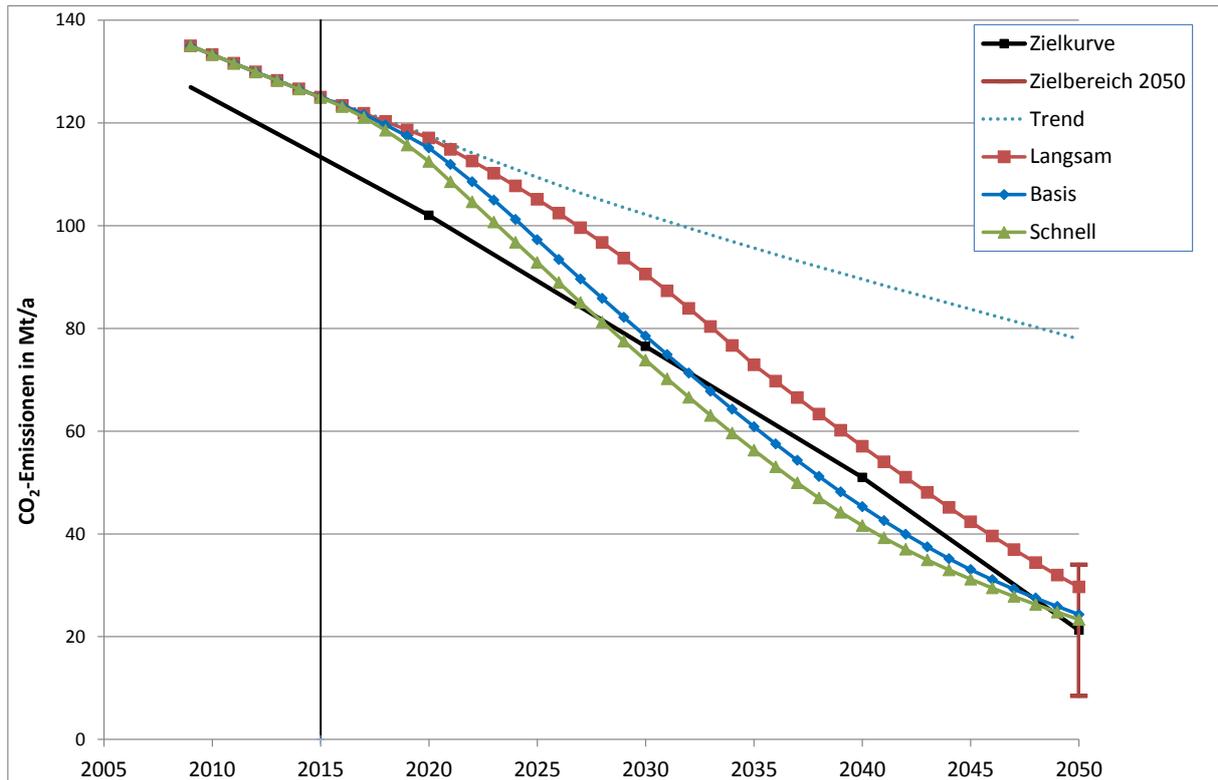


Abbildung 15: Entwicklung der CO₂-Emissionen für die Wohngebäude-Wärmeversorgung (direkte Emissionen bei Verbrennung in den Gebäuden und Kraftwerken, Heizkraftwerken und Heizwerken²⁷, reines CO₂)

Während das Trendszenario im Jahr 2050 CO₂-Emissionen von 78 Mt/a aufweist und damit den Zielbereich (8,5 bis 34 Mt/a) deutlich verfehlt, wird dieser von den drei zielorientierten Szenarien getroffen. Das Szenario „Langsam“ erreicht dabei mit 30 Mt/a eher das obere Ende, während „Basis“ (24 Mt/a) und „Schnell“ (23 Mt/a) die Mitte des Zielintervalls (21,25 Mt/a) nur knapp überschreiten.

Bei Betrachtung des angenommenen CO₂-Emissionsbudgets für den Zeitraum 2016-2050 von 2.384 Mt ergibt sich, dass nur das Szenario „Schnell“ die Zielvorgabe einhält (bzw. mit 2.359 Mt um 1 % unterschreitet). Das Szenario „Basis“ liegt mit 2472 Mt/a knapp 4 % darüber, beim Szenario „Langsam“ mit rund 2766 Mt beläuft sich die Überschreitung auf 16 %, im Trendszenario mit 3473 Mt/a auf 46 %. Zu beachten ist, dass die 2050 erreichten CO₂-Emissionswerte auch Auswirkungen auf das in den Folgejahren erreichte Emissionsniveau haben. Beispielsweise sind also im Szenario „Langsam“ in der Folgezeit (zumindest für einige Jahre) weiterhin höhere Emissionen als in den anderen zielorientierten Szenarien zu erwarten.

Im Hinblick auf die Verwendung von Biomasse ist festzustellen, dass das angenommene jährliche Potential von 100 TWh/a in den beiden Szenarien „Basis“ und „Schnell“ mit 102 TWh/a bzw. 100 TWh/a im Jahr 2050 ungefähr eingehalten wird. Im Szenario „Langsam“ ist dagegen mit 107 TWh/a eine schon signifikante Überschreitung zu verzeichnen. Auch das Trendszenario überschreitet mit 109 TWh/a im Jahr 2050 das Biomassepotential (vgl. Erläuterungen zu Abbildung 24 auf S. 36).

Die Kurven für die Treibhausgasemissionen sind in Abbildung 16 dargestellt. Hier ist zu erkennen, dass der Zielbereich 2050 im Szenario „Langsam“ knapp verfehlt wird. Die beiden Szenarien „Basis“ und „Schnell“ liegen deutlich in der oberen Hälfte des Zielbereichs.

²⁷ CO₂-Emissionen der Biomasse zu Null gesetzt.

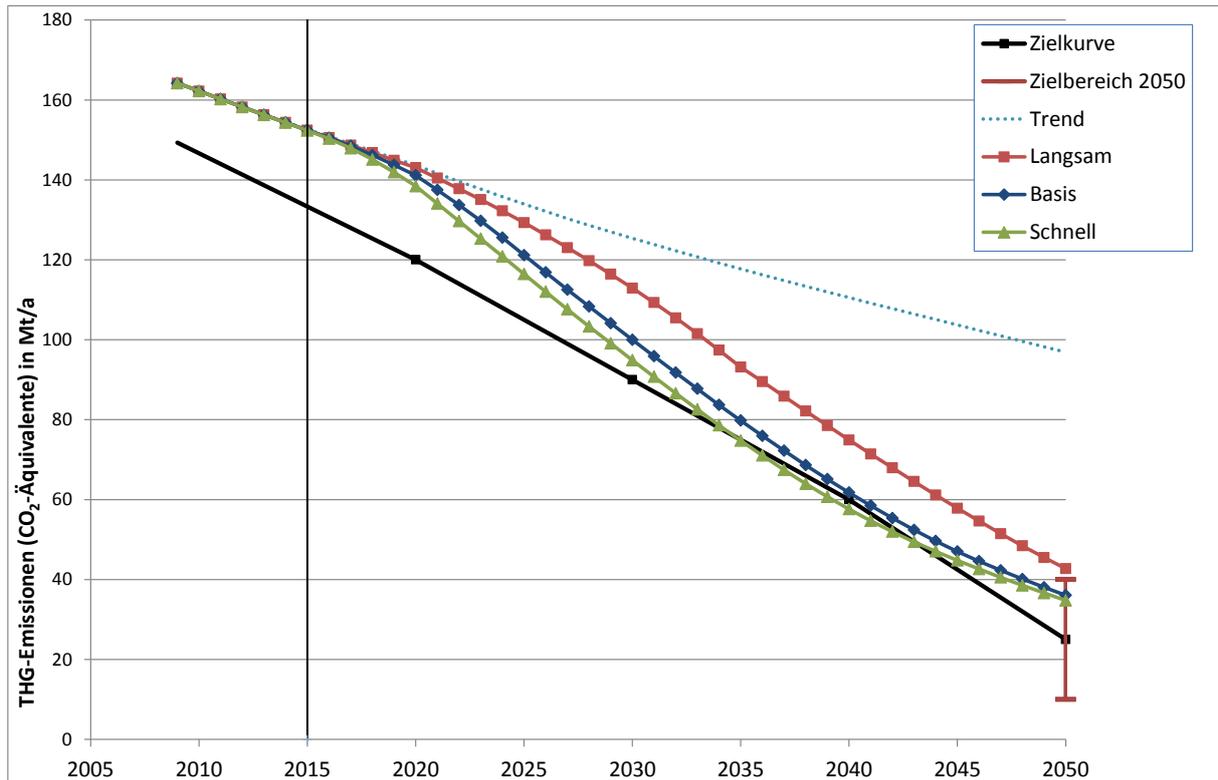


Abbildung 16: Entwicklung der Treibhausgas(THG)-Emissionen für die Wohngebäude-Wärmeversorgung (direkte Emissionen bei der Verbrennung und vorgelagerte Emissionen für die Gewinnung der Brennstoffe, CO₂ und andere Treibhausgase, umgerechnet in CO₂-Äquivalente)

Dementsprechend wird der hier gesetzte Zielwert von rund 2.800 Mt für die THG-Gesamtemissionen im Zeitraum 2016 - 2050 in allen drei zielorientierten Szenarien deutlich verfehlt. Das Szenario „Schnell“ überschreitet das Ziel um knapp 9 %, „Basis“ um rund 13 % und „Langsam“ um 25 %.

Auch der Zielwert für den Primärenergiebedarf im Jahr 2050 (130 TWh/a) wird in den betrachteten Szenarien nicht eingehalten, wie Abbildung 17 zu erkennen ist. Das Szenario „Schnell“ erreicht dabei 155 TWh/a (+ 19 %), „Basis“ 161 TWh/a (+ 24 %) und „Langsam“ 189 TWh/a (+ 45 %). Die ab 2008 linear interpolierte Zielkurve ist hier nur gestrichelt eingezeichnet: Gültig ist allein das Endziel 2050, Vorgaben für die Zwischenziele oder den Gesamtverbrauch bis 2050 bestehen nicht. Dass die Primärenergie-Ziele hier relativ deutlich verfehlt werden, die Emissionsziele für das Jahr 2050 aber zumindest am oberen Rand noch eingehalten werden können, erklärt sich durch die hohen Biomasse-Beiträge (vgl. Kapitel 2.3).

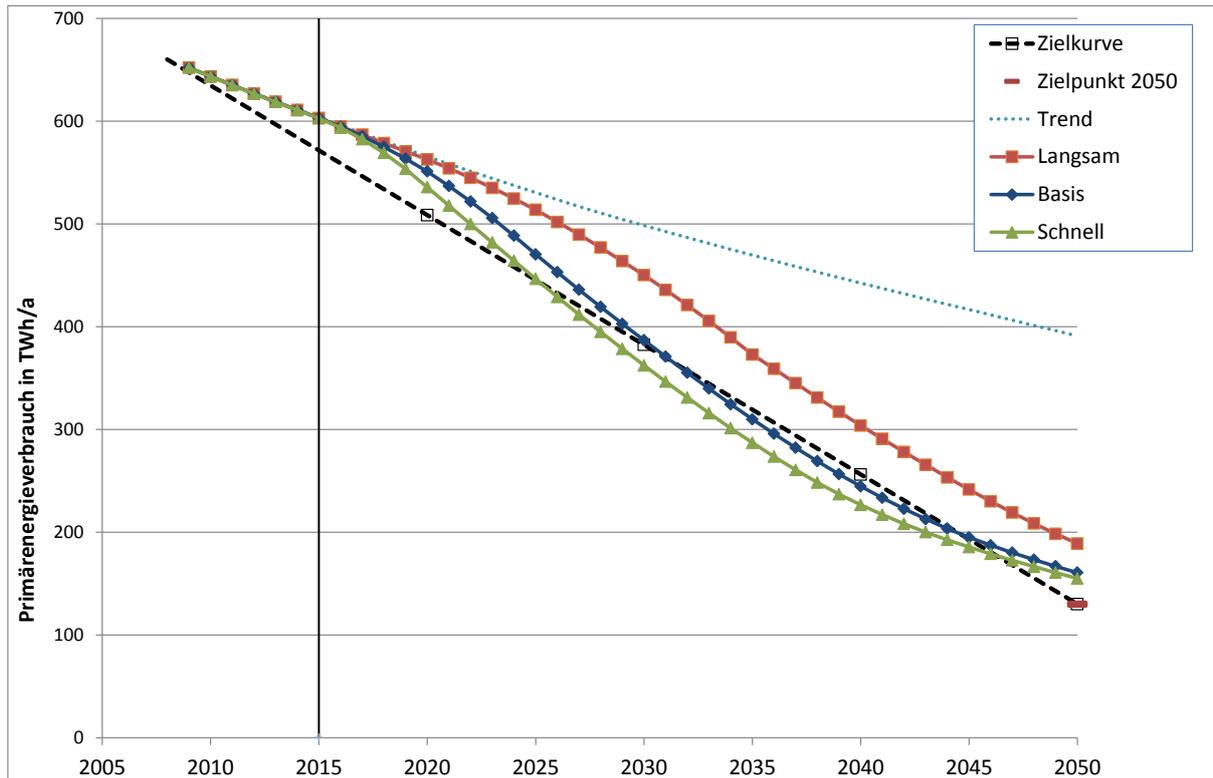


Abbildung 17: Entwicklung des nicht-erneuerbaren Primärenergieverbrauchs für die Wohngebäude-Wärmeversorgung

Betrachtet man z. B. in Abbildung 15 und Abbildung 16 die Ergebnisse für das Jahr 2020, so ist festzustellen, dass die Zielkurve (40 % Emissionsreduktion gegenüber 1990) deutlich verfehlt wird. Bei der Interpretation dieses Resultats ist allerdings Zurückhaltung geboten: Die vorliegenden Ergebnisse basieren auf der Fortschreitung einer Trendentwicklung, die in [Diefenbach et al. 2010] für das Jahr 2009 rückblickend empirisch ermittelt wurde. Der tatsächliche Verlauf der letzten ca. 5 Jahre ab 2010 ist hier nicht bekannt. Auch ist zu berücksichtigen, dass die Frage kurzfristig wirkender Emissions-Minderungsmaßnahmen im vorliegenden Projekt nicht gezielt untersucht wurde, die Betrachtungen sind vielmehr auf die langfristigen Klimaschutzziele gerichtet. Davon unabhängig zeigen die Ergebnisse, dass das Aufpassen einer Zielverfehlung 2020 im Rahmen der Betrachtung von Emissionsbudgets möglich ist, aber ein ausreichend schnelles Handeln erfordert. Grundsätzlich gilt: Je eher die jährlichen Emissionen gemindert werden, desto günstiger ist dies im Hinblick auf das Emissionsbudget und für den Klimaschutz.

Insgesamt zeigt sich, dass zur Erreichung der Klimaschutzziele bezogen auf die CO_2 -Emissionen das Szenario „Basis“ ungefähr als Orientierung dienen kann. Ein Umsteuern in Richtung auf circa eine Verdopplung der Wärmeschutz-Modernisierungsraten und die Einführung einer neuen Struktur der Wärmeversorgung (bei Neuanlagen) sollte also in einer kontinuierlichen Entwicklung ab jetzt (2015) innerhalb von etwa 10 Jahren erfolgen. Das Szenario „Schnell“ erscheint insbesondere im Hinblick auf die raschere Emissionsminderung und das Emissionsbudget wünschenswert. Allerdings wäre ein Erreichen der beschriebenen Dynamik bereits innerhalb von 5 Jahren wahrscheinlich sehr ambitioniert und womöglich zu optimistisch. Das Szenario „Langsam“, also eine gegenüber „Basis“ um ca. 10 Jahre verzögerte Entwicklung erreicht zwar gerade noch den Zielbereich für die CO_2 -Emissionen (und verfehlt die Obergrenze der Treibhausgas-Emissionen nur knapp), ist aber im Hinblick auf die (für den Klimaschutz eigentlich relevanten) Gesamtemissionen deutlich negativer zu beurteilen: Die vorgegebene Zielkurve wird hier bis 2050 immer überschritten.

Die Untersuchungen zeigen, dass eine Zielerreichung beim CO_2 noch keinen Erfolg im Hinblick auf Treibhausgase und Primärenergie garantiert. Ein Grund hierfür liegt darin, dass der

zunehmende Biomasse-Einsatz bei den CO₂-Emissionen definitionsgemäß mit „Null“ zu Buche schlägt, während bei den THG-Emissionen und der (nicht-erneuerbaren) Primärenergie auch vorgelagerte Beiträge zur Biomasse-Gewinnung eingerechnet werden.

Zur Zielerreichung wären hier also teils noch größere Anstrengungen notwendig. Dabei ist sicherlich zu beachten, dass mit Annäherung an 2050 auch weitere, hier noch nicht betrachtete Technologien (beispielsweise Tiefen-Geothermie oder Langzeit-Energiespeicherung zur weiteren Erhöhung des Anteils fluktuierender Energiequellen) zum Zuge kommen könnten und eventuell auch müssen. Weiterhin wäre zu erwarten, dass ein genereller Umbau der Energiewirtschaft auch zu einer Minderung der vorgelagerten Primärenergie- und Emissionsanteile bei der Energieträgergewinnung führt.

In [Diefenbach et al. 2013] war darüber hinaus gezeigt worden, dass eine Einhaltung der Primärenergie- und THG-Ziele auch mit den hier betrachteten etablierten Technologien möglich ist. Allerdings spielte dabei neben einer weiteren Zunahme des Wärmeschutz-Modernisierungsfortschritts (in jüngeren Baualtersklassen des Bestandes 2009) insbesondere die Reduzierung von (mit Erdgas oder Biomasse betriebenen) Heizkesseln auf sehr geringe Anteile zugunsten von weiteren KWK-Anlagen bzw. Wärmepumpen eine wesentliche Rolle. In der vorliegenden Untersuchung wurde der Anteil der Heizkessel im Gebäudebestand dagegen nicht unter ca. 20 % abgesenkt²⁸.

Grund für diese selbst gewählte Einschränkung ist die Annahme, dass KWK-Anlagen und Wärmepumpen im Allgemeinen nicht so ausgelegt werden, dass sie Spitzenlasten alleine abdecken können. Auch wenn heute beispielsweise monovalente und monoenergetische Wärmepumpen²⁹ nicht unüblich sind, so stellt sich die Frage, welche Auswirkungen eine starke Zunahme solcher Systeme auf das Stromnetz und die Stromerzeugungskapazitäten in Spitzenlastzeiten hätte. Eine Spitzenlastdeckung vor Ort durch Heizkessel in bivalenten Systemen ist daher eine denkbare Alternative, der hier angenommene Heizkesselanteil von 20 % stellt dabei eine zu prüfende Ad-Hoc-Annahme dar. Für die Installation der Systeme bedeutet eine solche Konfiguration, dass die Heizkessel und Wärmepumpen nicht separat in verschiedenen Gebäuden, sondern als gemeinsames bivalentes System mit zwei Erzeugern ausgeführt werden. Die z. B. in Abbildung 10 auf S. 17 ablesbaren Gas- und Biomasse-Heizkessel sind in dieser Sichtweise also vielfach keine Haupt-Wärmeerzeuger mehr, sondern begleiten gleichzeitig installierte KWK-Anlagen und Wärmepumpen (die dann entsprechend mit noch höheren Anteilen im Bestand vertreten sind, aber in den einzelnen Gebäuden etwas weniger zur Wärmeerzeugung beitragen).

Ein Vorteil für bivalente Anlagen ergibt sich möglicherweise bei der Einführung der neuen Systeme, insbesondere von Wärmepumpen, wenn diese in Häusern mit noch nicht verbessertem Wärmeschutz installiert werden: Für monovalente Anlagen liegen hier vielfach ungünstig hohe Systemtemperaturen vor. Bivalente Systeme mit Heizkesseln erlauben dagegen niedrigere Betriebstemperaturen für die Wärmepumpen. Im Übrigen stellt sich die Frage, ob nicht auch vielfach die vorhandenen Heizkessel (zunächst) weiter genutzt werden können. Die Installation der Wärmepumpen wäre in dieser Perspektive weniger stark an die Erneuerungsraten der Haupt-Wärmeerzeuger gekoppelt, sondern könnte (ähnlich wie bei Solaranlagen) auch ergänzend zu dem noch bestehenden Heizkessel erfolgen.

Abbildung 18 zeigt die Entwicklung des Gesamt-Wärmebedarfs Q_{ges} für Heizung und Warmwasserbereitung (inklusive Verteil- und Speicherverlusten in den Gebäuden³⁰) im Wohngebäudesektor für die verschiedenen Szenarien. Ausgehend von 567 TWh/a im Jahr 2009 re-

²⁸ Beispielsweise wird im Szenario „Basis“ 2050 ein Heizkessel-Anteil von 21 % erreicht (vgl. Abbildung 10): 1 % Ölkessel, 12 % Erdgas-Kessel, 8 % Biomasse-Kessel.

²⁹ monovalent: Wärmepumpe als einziger Wärmeerzeuger, monoenergetisch: ergänzender elektrischer Heizstab vorhanden

³⁰ Der Beitrag von Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung ist dabei eingerechnet, d. h. der Wärmebedarf ist um die zurückgewonnene Wärme reduziert.

duziert sich der Wärmebedarf in den drei zielorientierten Szenarien auf 314 TWh/a („Schnell“), 322 TWh/a („Basis“) bzw. 344 TWh/a („Langsam“) im Jahr 2050. Im Trendszenario werden 428 TWh/a erreicht.

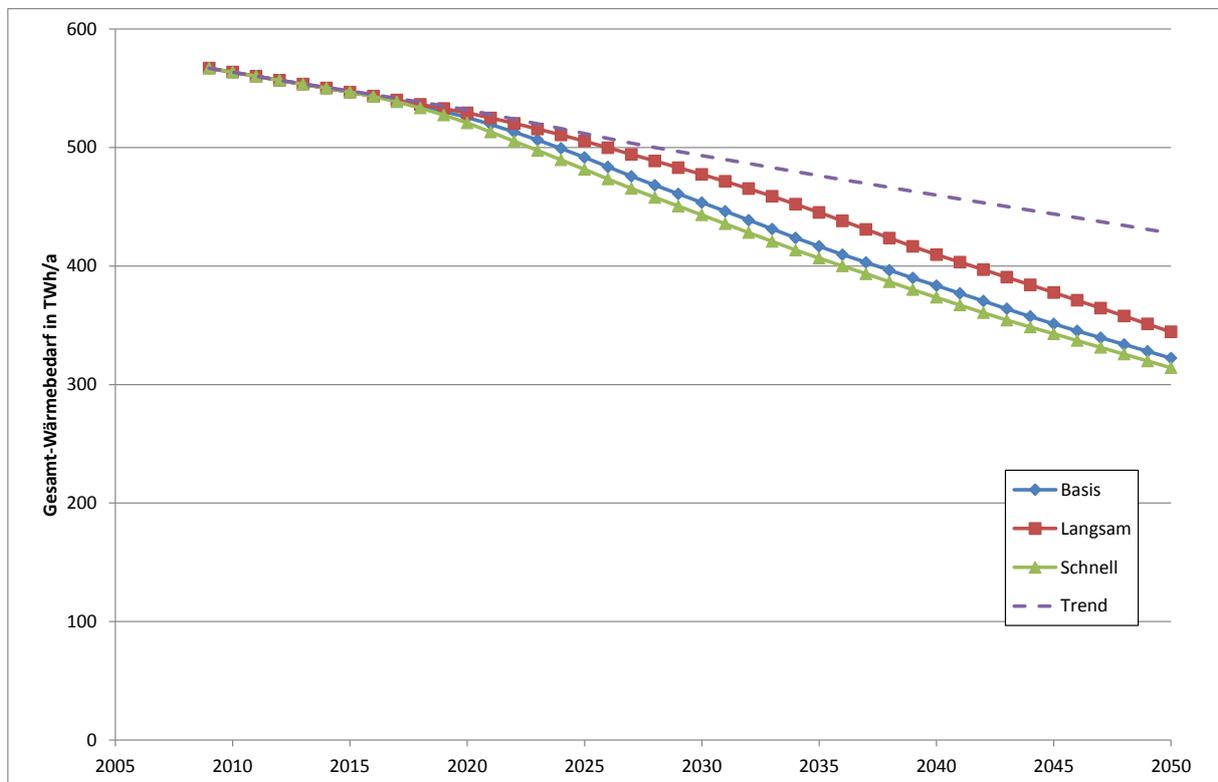


Abbildung 18: Entwicklung des Gesamt-Wärmebedarfs Q_{ges} (Heizung und Warmwasser, inklusive Verteilungs- und Speicherverlusten in den Gebäuden)

Eine detailliertere Aufteilung des Wärmeverbrauchs zeigt Abbildung 19 für das Szenario „Basis“. Dargestellt sind für den Gebäudebestand 2009 die Entwicklung des Heizwärmebedarfs Q_H , des Nutzwärmebedarfs Warmwasser Q_W sowie der Wärmeverteilungs- und Speicherverluste für Heizung und Warmwasser im Gebäude $Q_{V,H+W}$. Für den Neubau ab 2010 ist der Gesamtwert des Wärmebedarfs eingetragen. Die obere Kurve (blaue Rauten) entspricht damit dem Gesamt-Wärmebedarf des Wohngebäudesektors (Bestand 2009 und Neubau ab 2009) und damit auch dem entsprechenden Eintrag in Abbildung 18.

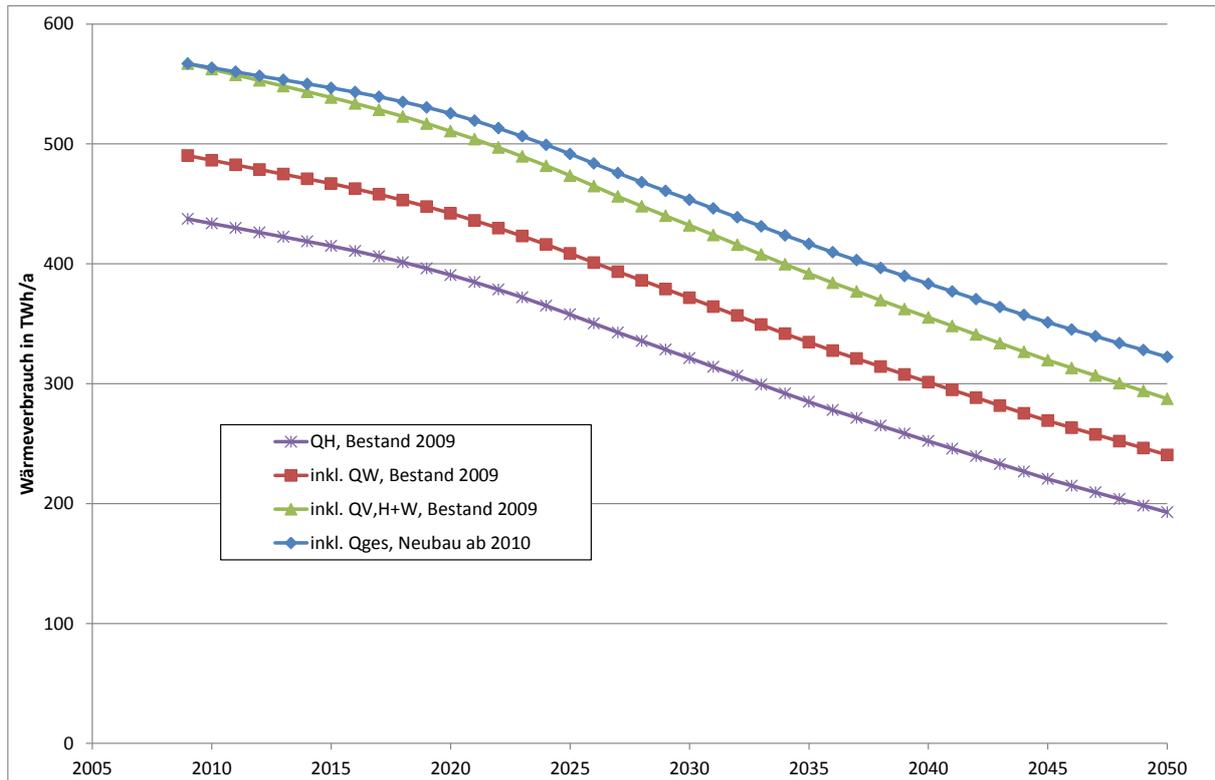


Abbildung 19: Entwicklung des Gesamt-Wärmebedarfs im Szenario „Basis“

Q_H : Heizwärmebedarf, Q_W : Nutzwärmebedarf Warmwasser,
 $Q_{V,H+W}$: Wärmeverteilungs- und Wärmespeicherverluste Heizung und Warmwasser

Der Heizwärmeverbrauch Q_H im Bestand 2009 sinkt im Zeitraum von 2009 bis 2050 um 56 % von 437 TWh/a auf 193 TWh/a³¹. Der Gesamt-Wärmeverbrauch inklusive Neubau Q_{ges} geht im gleichen Zeitraum um etwa 43 % von 567 TWh/a auf 324 TWh/a zurück.

Betrachtet man die auf die Wohnfläche bezogenen Verbräuche, so ergeben sich im Jahr 2009 124 kWh/m²a für den Heizwärmeverbrauch im Bestand 2009 und 161 kWh/m²a für den Gesamt-Wärmeverbrauch (inklusive Neubau). Im Jahr 2050 liegen diese Werte bei 60 kWh/m²a (Heizwärmeverbrauch im Bestand 2009) bzw. 84 kWh/m²a (Gesamt-Wärmeverbrauch mit Neubau). Dies entspricht einer Reduktion von 52 % bzw. 48 %.

Der Beitrag der Reduzierung des Wärmebedarfs der Gebäude einerseits und der Verbesserung der Wärmeerzeugung andererseits (höhere Effizienz und erneuerbare Anteile) zum Gesamtziel der Reduktion der CO₂-Emissionen lässt sich in einer einfachen Gleichung darstellen³²:

$$m_{CO_2} = Q_{ges} \times e_{CO_2}$$

mit:

m_{CO_2} : jährliche CO₂-Emissionen im Wohngebäudesektor in Mt/a

Q_{ges} : Gesamt-Wärmebedarf der Wohngebäude (s.o.) in TWh/a

e_{CO_2} : Gesamt-CO₂-Emissionsfaktor der Wärmeversorgung in Mt/TWh bzw. kg/kWh

³¹ Bei den Angaben für Q_H und Q_{ges} handelt es sich um „Netto“-Werte, in denen der Beitrag von Lüftungswärmerückgewinnung bereits berücksichtigt wurde. Im Jahr 2009 beträgt dieser Anteil nur etwa 0,3 TWh/a, bis 2050 steigt er im Bestand 2009 auf 16 TWh/a an. Der „Brutto“-Heizwärmeverbrauch (ohne Berücksichtigung der zurückgewonnenen Wärme) im Bestand 2009 liegt jeweils entsprechend höher, er beträgt also 2050 etwa 209 TWh/a. Für die „Summary Indicators“, die im EPISCOPE-Projekt dem internationalen Vergleich dienen, werden in der Regel die Brutto-Werte von Q_H und Q_{ges} verwendet [EPISCOPE 2014a], [EPISCOPE 2015].

³² Vergleiche hierzu auch [Diefenbach et al. 2013, Kap. 6.4] mit etwas anderen Formelbuchstaben. Auch für den internationalen Vergleich im Projekt EPISCOPE werden andere Symbole verwendet und zwar $m_{CO_2,heat\ supply}$ für m_{CO_2} , $f_{CO_2,heat\ supply}$ für e_{CO_2} und Q_{total} für Q_{ges} .

Der Verlauf des Gesamt-CO₂-Emissionsfaktors e_{CO_2} ist in Abbildung 20 dargestellt.

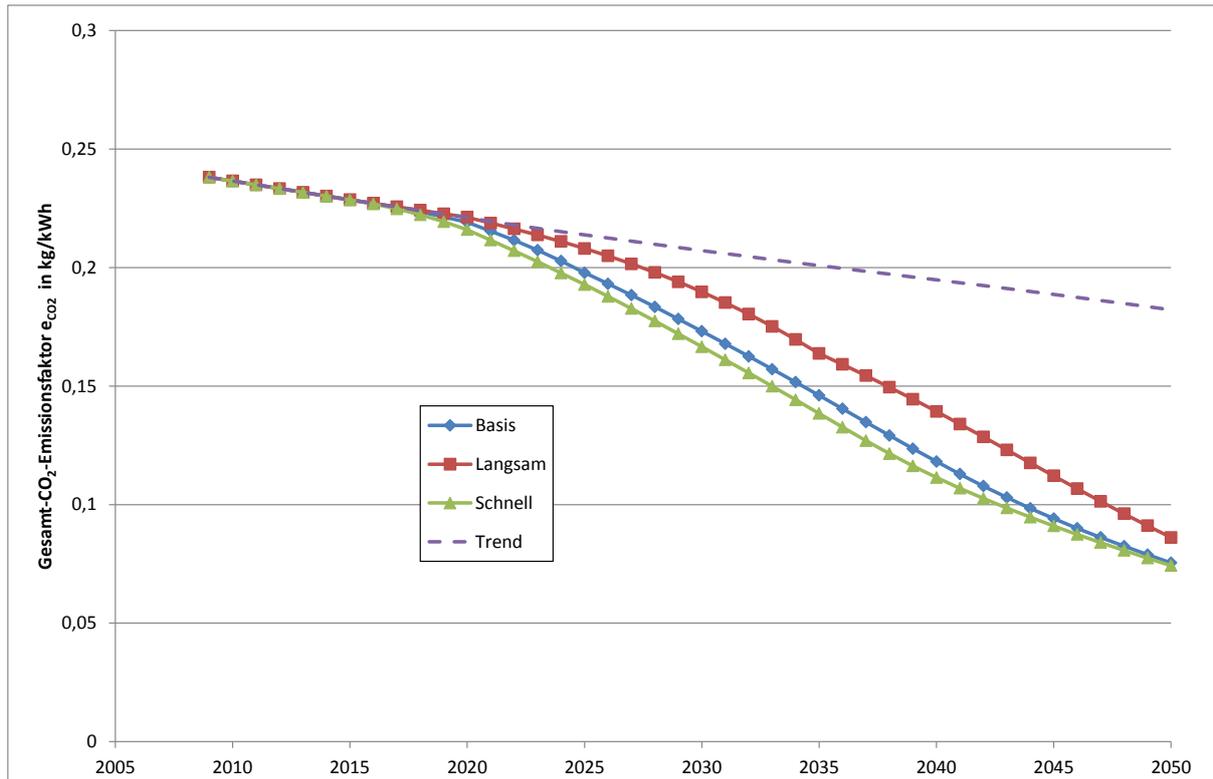


Abbildung 20: Entwicklung des Gesamt-CO₂-Emissionsfaktors der Wärmeversorgung e_{CO_2}

Ausgehend von etwa 0,238 kg/kWh reduziert sich e_{CO_2} in den drei zielorientierten Szenarien auf 0,074 kg/kWh („Schnell“), 0,075 kg/kWh („Basis“) bzw. 0,086 kg/kWh („Langsam“). Im Trendszenario werden 0,182 kg/kWh erreicht.

Entsprechende Zusammenhänge zwischen Q_{ges} und den Zielgrößen lassen sich auch für die Treibhausgasemissionen und die Primärenergie darstellen. Es ergibt sich so der Gesamt-Treibhausgas-Emissionsfaktor e_{THG} (ebenfalls in kg/kWh) und die Gesamt-Primärenergie-Aufwandszahl der Wärmeversorgung e_P (dimensionslos).

Tabelle 5 zeigt die Ergebnisse für Emissionen, Primärenergie, Wärmebedarf inklusive der zugehörigen Faktoren der Wärmeversorgung im für 2009 und 2050 im Überblick.

Tabelle 5: Überblick über Wärmebedarf Q_{ges} , CO₂- und THG-Emissionen (m_{CO_2} und m_{THG}), nicht-erneuerbaren Primärenergieverbrauch Q_P und die zugehörigen Bewertungsfaktoren der Wärmeversorgung für die Jahre 2009 und 2050. Außerdem ist der gesamte Biomasseverbrauch Q_{Bio} (in Gebäuden sowie für die Fernwärme- und Stromerzeugung) angegeben.

		2009	2050			
			"Basis"	"Langsam"	"Schnell"	"Trend"
Q_{ges}	TWh/a	567	322	344	314	428
m_{CO_2}	Mt/a	135	24	30	23	78
m_{THG}	Mt/a	164	36	43	35	97
Q_P	TWh/a	652	161	189	155	391
e_{CO_2}	kg/kWh	0,238	0,075	0,086	0,074	0,182
e_{THG}	kg/kWh	0,290	0,112	0,124	0,111	0,227
e_P		1,150	0,50	0,55	0,49	0,91
Q_{Bio}	TWh/a	68	102	107	100	108

In Abbildung 21 ist der Gesamt-Endenergieverbrauch im Wohngebäudesektor dargestellt. Neben den „herkömmlichen“ und „handelbaren“ Endenergieträgern, also Fernwärme, Strom und den Brennstoffen Erdgas, Heizöl, Kohle, Biomasse, ist hier auch die Solarwärme und Umweltwärme enthalten, die in Solarthermieanlagen bzw. Wärmepumpen an bzw. in den Gebäuden erzeugt wird. Ferner ist zu beachten, dass der Brennstoffverbrauch von in den Gebäuden installierten KWK-Anlagen vollständig enthalten ist (inklusive des Anteils, der der Erzeugung elektrischer Energie dient, die in anderen Gebäuden z. B. für Wärmepumpen eingesetzt wird). Im Gegenzug wurde die in den Gebäude-KWK-Anlagen erzeugte (und in anderen Wohngebäuden verbrauchte) elektrische Energie aus der Endenergiebilanz herausgenommen³³. Als Energieverbrauch von Brennstoffen wird immer der (untere) Heizwert angegeben. Auch der elektrische Hilfsstrombedarf der Wärmeversorgung (für Heizungsregelung, Umwälzpumpen und Lüftungsanlagen) ist in dem Endenergieverbrauch mit berücksichtigt. Nicht berücksichtigt ist dagegen elektrische Energie für die Wohngebäudeklimatisierung, die bisher noch keine relevante Rolle spielt³⁴.

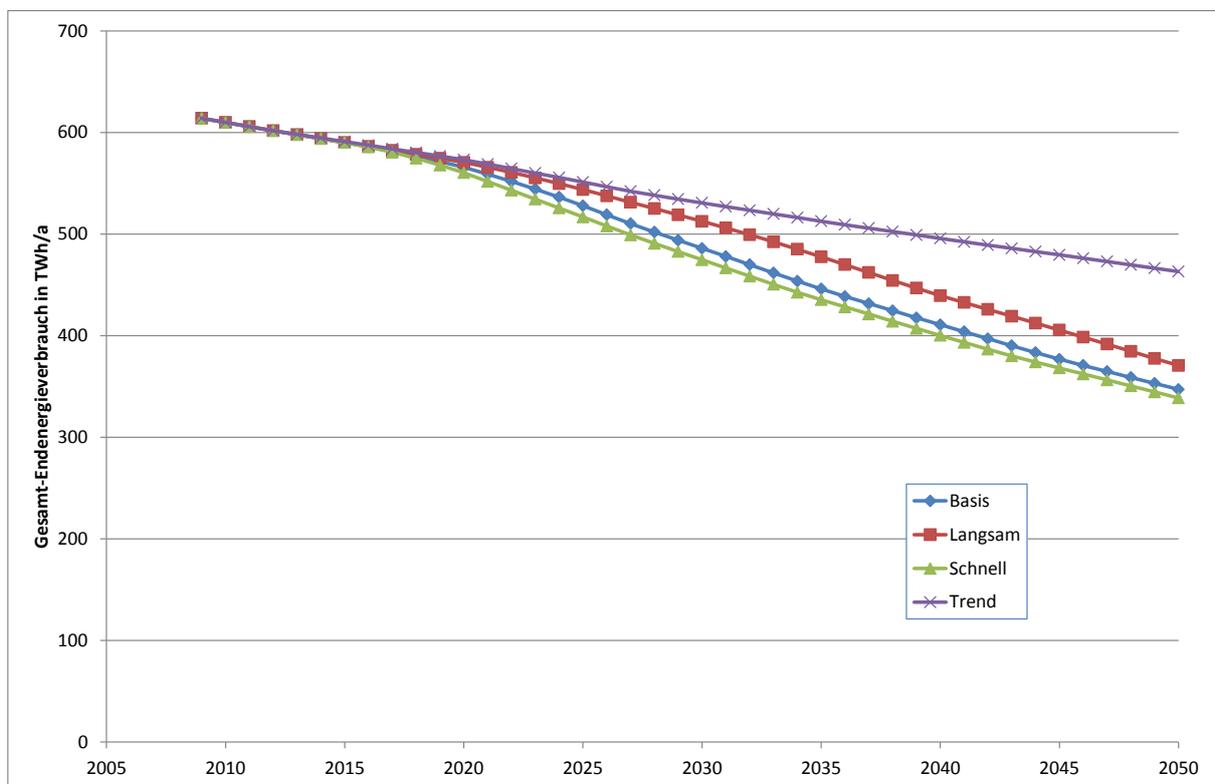


Abbildung 21: Entwicklung des Gesamt-Endenergieverbrauchs im Wohngebäudesektor
inklusive Umwelt- und Solarwärme, ohne in Gebäuden produzierten und verbrauchten KWK-Strom

³³ Für das Basisszenario kann dieser Anteil in Abbildung 27 nachvollzogen werden: Im Jahr 2050 beträgt die Stromerzeugung in Gebäude-Blockheizkraftwerken 10,4 TWh.

³⁴ Ein zukünftiger Anstieg, insbesondere bei fortschreitendem Klimawandel, wäre denkbar, über die anzunehmende Höhe besteht aber Unsicherheit. In [Diefenbach et al. 2013] waren für 2050 pauschal 5 TWh/a für den Wohngebäudesektor zugeschlagen worden. Unter der Annahme, dass diese im Basisszenario hinzukommen und dort mit elektrischer Energie aus der allgemeinen Stromerzeugung erzeugt werden (Primärenergie- und Emissionsfaktoren s. Fußnote 39 auf S. 37) ergeben sich für 2050 im Basisszenario Zuwächse von jeweils rund 3 % beim Primärenergieverbrauch (+ 5 TWh/a) den CO₂-Emissionen (+ 0,8 Mt/a) und den THG-Emissionen (+1,1 Mt/a). Allerdings handelt es sich hier um die vor allem im Winterhalbjahr relevante Erzeugungsstruktur für elektrische Energie zur Deckung des Wärmebedarfs. Bei optimistischer Betrachtung (unter Annahme von Optionen zur kurzzeitigen Strom- oder Kältespeicherung) wäre auch denkbar, dass der Zusatzstrom zur Klimatisierung aus Photovoltaik- oder Windstrom im Sommer gedeckt werden könnte.

Eine Aufteilung des Endenergieverbrauchs nach Energiearten für das Szenario „Basis“ ist in Abbildung 22 dargestellt. Der Beitrag der jeweiligen Energiearten wird in der Differenz zur vorherigen Kurve angezeigt. Im Fall von Kohle ist der Anteil von Anfang an so gering, dass die Kurve sich kaum vom darunter liegenden Heizöl abhebt. Die oberste Kurve (blaue Raute) entspricht dem Gesamt-Endenergieverbrauch im Basisszenario und damit auch der entsprechenden Kurve in Abbildung 21.

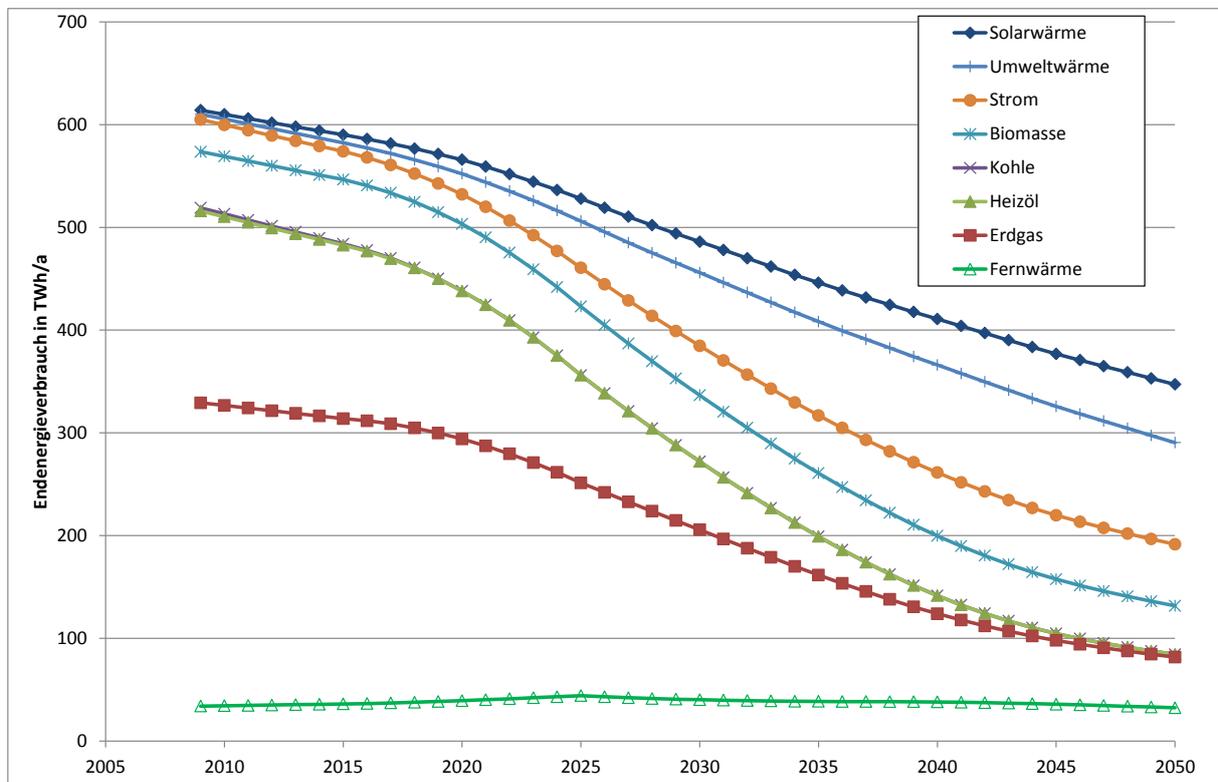


Abbildung 22: Aufteilung des Gesamt-Endenergieverbrauchs nach Energiearten im Szenario „Basis“
Beginnend mit Fernwärme (unten) werden die weiteren Energiearten hinzuaddiert.

Insgesamt sind ein starker Rückgang der fossilen Brennstoffe und ein Anstieg der erneuerbaren Energien zu erkennen. Der Absolutwert der an die Gebäude gelieferten Fernwärme ist keinen sehr starken Änderungen entworfen, der relative Anteil (und der Anteil der fernwärmeversorgten Gebäude) steigt aber angesichts eines sinkenden Wärmeverbrauchs (vgl. Abbildung 10).

Die Gesamtbilanz der für die Wohngebäude-Wärmeversorgung eingesetzten Brennstoffe ist in Abbildung 23 ebenfalls für das Basisszenario eingetragen³⁵.

Auch hier addieren sich – beginnend mit der ganz unten eingetragenen Biomasse Typ 1 – die Einzelkurven zum Gesamtwert des Brennstoffeinsatzes. Die Brennstoffe sind wiederum entsprechend ihrem unteren Heizwert angegeben, bei Kernbrennstoffen ist deren Wärmeabgabe angesetzt.

³⁵ Der (unbedeutende) Kohleeinsatz in Gebäuden wird unter Braunkohle miterfasst.

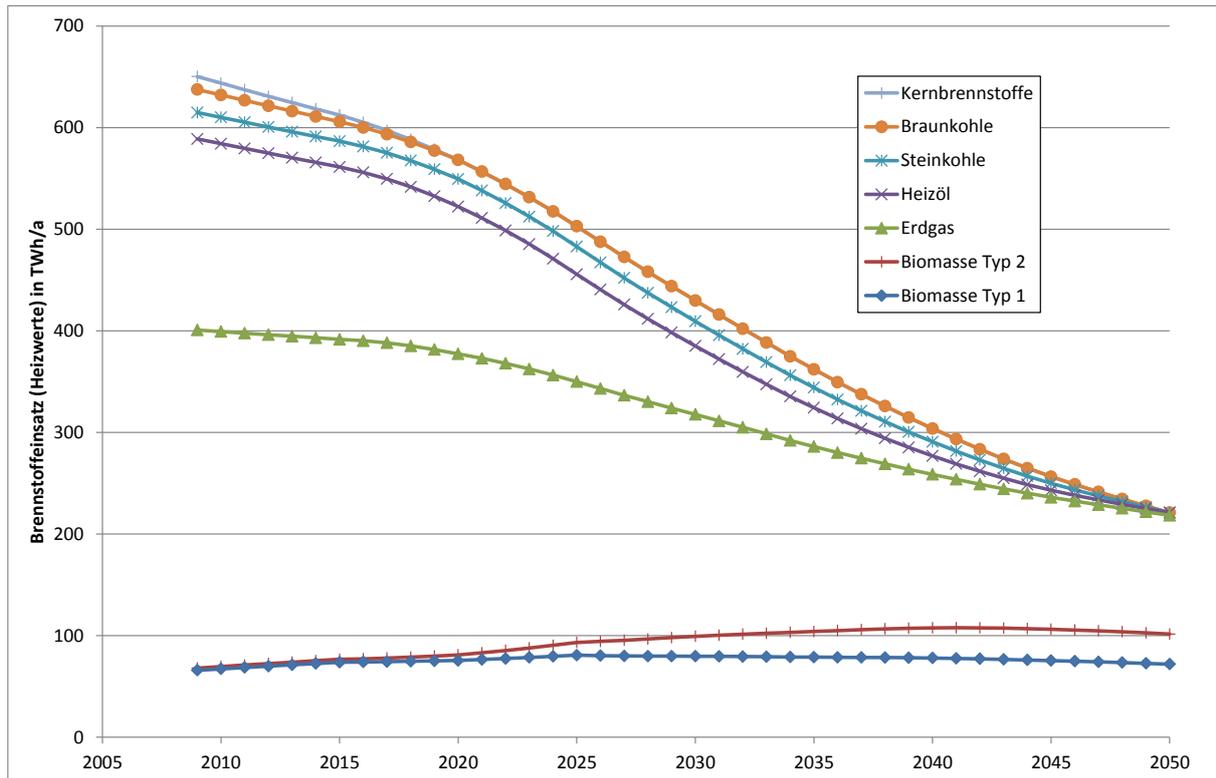


Abbildung 23: Für die Wohngebäude-Wärmeversorgung insgesamt eingesetzte Brennstoffe (in den Gebäuden sowie in der Fernwärme- und Stromerzeugung) für das Szenario „Basis“ Beginnend mit Biomasse Typ 1 werden die weiteren Brennstoffe hinzuaddiert.

Es ist zu erkennen, dass nicht nur die Biomasse am Ende den gesetzten Zielwert von 100 TWh/a erreicht, sondern auch der Erdgas-Verbrauch ungefähr in dieser Größenordnung (wenn auch leicht darüber) liegt. Grob gesprochen und unter der Annahme, dass ein Teil des Erdgaseinsatzes eventuell auch durch andere fossile Energieträger mit höheren CO₂- bzw. Treibhausgasemissionsfaktoren substituiert werden kann, gilt also auch hinsichtlich der fossilen Brennstoffe in ihrer Summe ungefähr das Gesamtziel für den Wohngebäudesektor von 100 TWh/a im Jahr 2050.

Abbildung 24 zeigt den Biomasseeinsatz (Typ 1 und 2) in den untersuchten Szenarien.

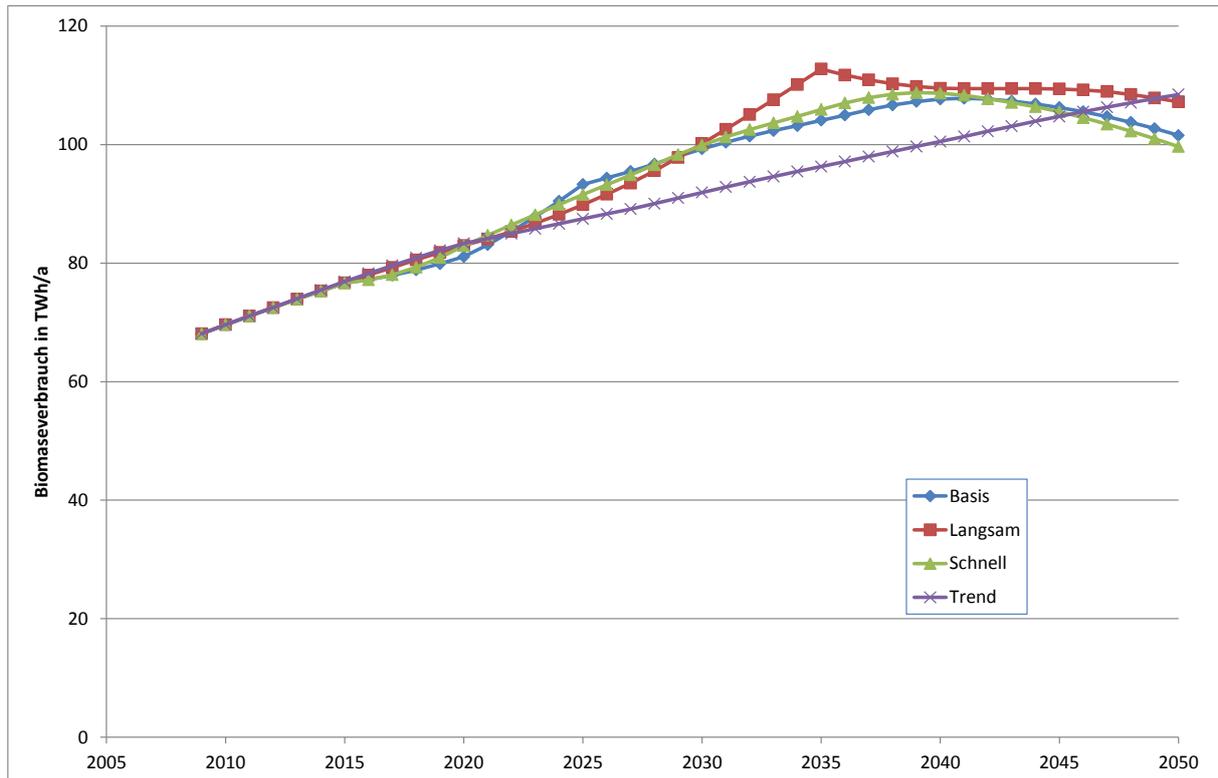


Abbildung 24: Biomasseverbrauch in den untersuchten Szenarien

Erkennbar ist, dass die zielorientierten Szenarien die avisierte Grenze des Biomasseeinsatzes von 100 TWh/a leicht überschreiten, im Basisszenario beträgt der Maximalwert 108 TWh/a im Jahr 2041. Im Fall der Szenarien „Basis“ und „Schnell“ sinkt der Verbrauch aber bis 2050 wieder ab und erreicht ungefähr die Zielmarke, während er im Szenario „Langsam“ in der Größenordnung von 108 TWh/a verbleibt. Der kontinuierliche Anstieg im Trendszenario ist durch Zubau von Biomasse-Heizkesseln bedingt, die im Jahr 2050 einen Anteil von 16 % erreichen. In den zielorientierten Szenarien wurde dieser Zubau (sowie der Biomasseeinsatz in ergänzenden Öfen) eingeschränkt (vgl. Abbildung 10 auf S. 17 und die folgende Abbildung).

Eine genauere Aufschlüsselung des Biomasse-Einsatzes für das Szenario „Basis“ wird in Abbildung 25 gezeigt.

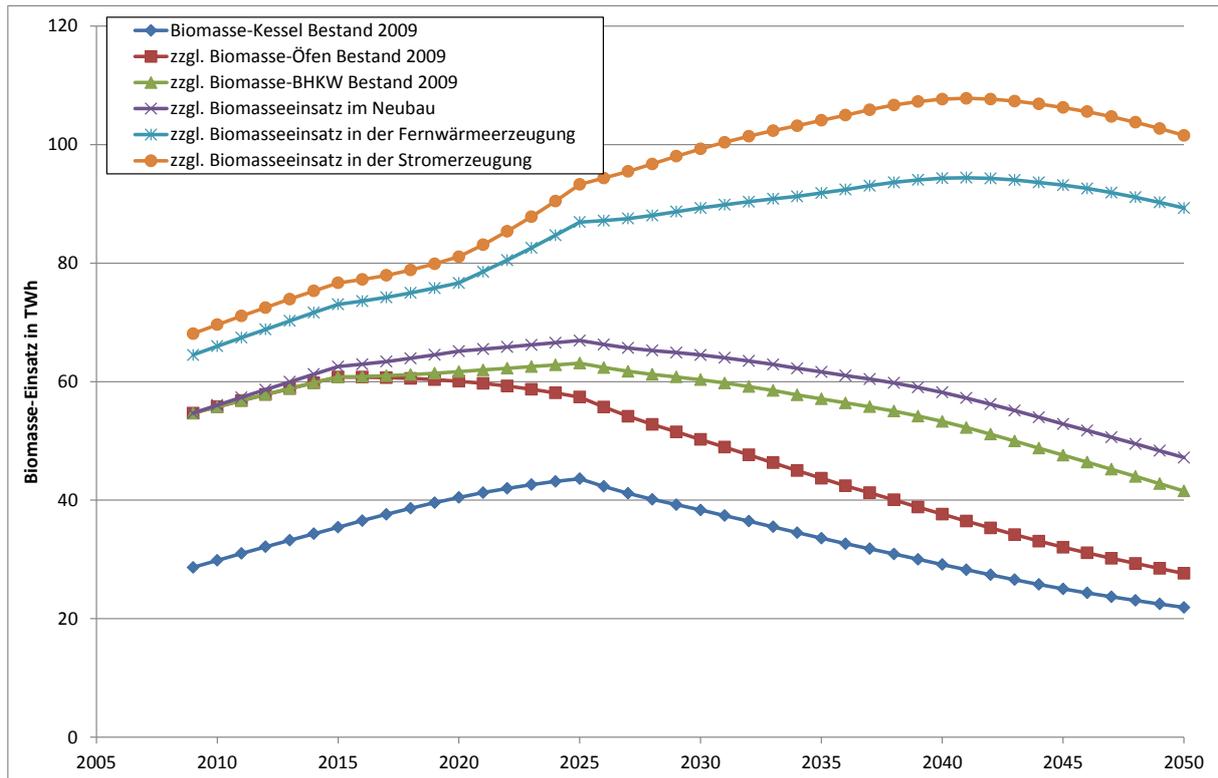


Abbildung 25: Einsatz von Biomasse im Szenario „Basis“

Beginnend mit dem Biomasseeinsatz in Heizkesseln werden die Verbräuche der weiteren Systeme hinzuaddiert.

Der Biomasseeinsatz von in den Gebäuden installierten Heizkesseln steigt zunächst aufgrund eines deutlichen Zubaus der Systeme (vgl. Abbildung 10) an. Gleichzeitig erfolgt ein deutlicher Rückgang der Verbrennung in – ergänzend zum Haupt-Wärmeerzeuger – eingesetzten Öfen und Kaminen³⁶. Zuwächse entstehen auch bei Biomassenutzung in Gebäude-BHKW sowie in der Fernwärme- und Stromerzeugung.

Abbildung 26 zeigt die Stromproduktion für die Wohngebäude-Wärmeversorgung in den einzelnen Szenarien. Berücksichtigt sind sowohl der Anteil aus der allgemeinen Stromversorgung als auch die Stromerzeugung durch KWK-Anlagen in den Gebäuden selbst oder in der Fernwärmeversorgung³⁷. Nicht berücksichtigt ist dagegen der (unbekannte) Anteil der Stromproduktion von PV-Anlagen, der im Modellansatz „Solarthermie“ eingeschlossen ist (vgl. Erläuterungen zu Abbildung 11).

³⁶ Diese wurden für die Anfangsjahre entsprechend den Ansätzen in [Diefenbach et al. 2013] berücksichtigt. Allerdings wurde angenommen, dass ihr Anteil in den zielorientierten Szenarien beginnend mit der Umbaudynamik bei Wärmeschutz und Wärmeversorgung deutlich zurückgeht (im Szenario „Basis“ im Gebäudebestand 2009 von insgesamt ca. 30 % im Jahr 2015 bis auf 14 % im Jahr 2050, wobei der angenommene Beitrag zur Deckung des Heizwärmebedarfs bei vorhandenem Holzofen jeweils bei 15 % liegt). Zu erwähnen ist noch, dass der angenommene Zubau bei Biomasse-Kesseln auch teilweise in Form von elektronisch geregelten und mit der Zentralheizung verbundenen (Holzpellet-)Öfen erfolgen kann, die in den Wohnräumen installiert sind (vgl. [Diefenbach et al. 2009]), an dieser Stelle also auch neue Öfen als Haupt-Wärmeerzeuger eingesetzt werden können.

³⁷ Hier sind jeweils diejenigen KWK-Anlagen angesetzt, die die in Wohngebäuden abgenommene Wärme produzieren.

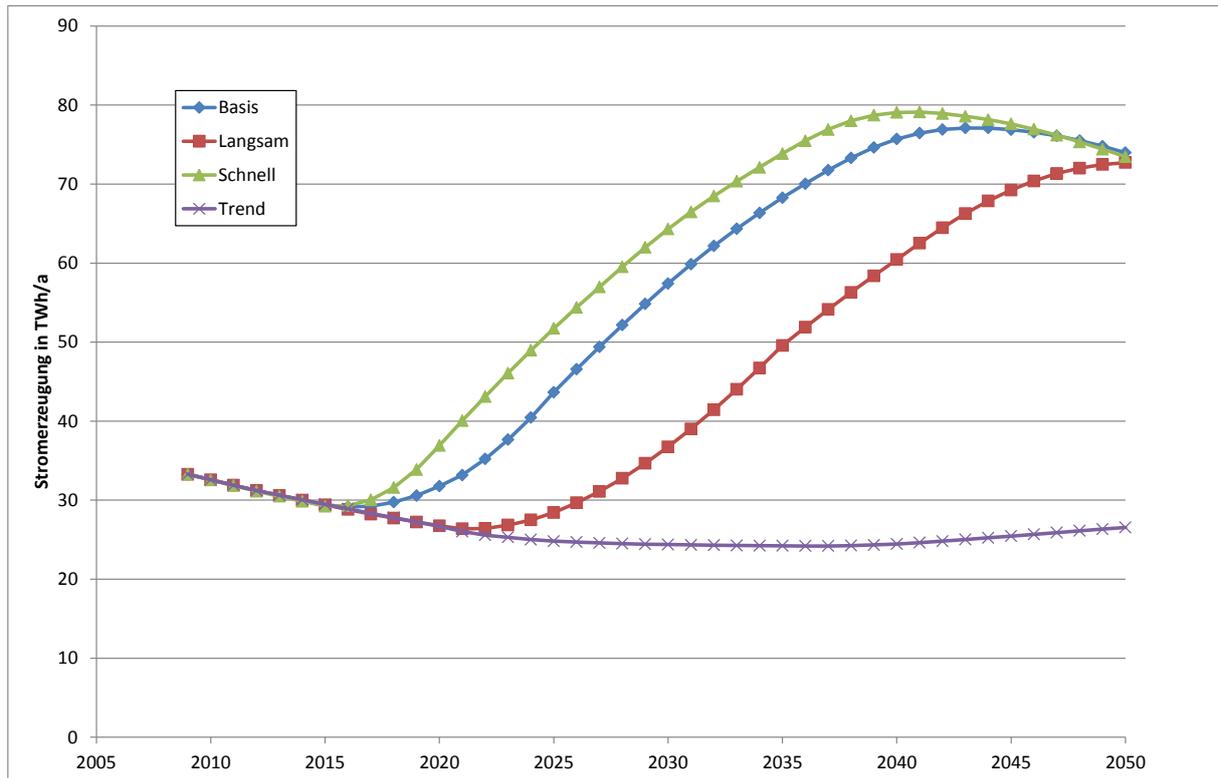


Abbildung 26: Stromproduktion für die Wohngebäude-Wärmeversorgung (allgemeine Stromversorgung sowie KWK-Strom aus den Gebäuden und dem Fernwärmesektor)

In den zielorientierten Szenarien nimmt die Bedeutung des Energieträgers Strom für die Wohngebäude-Wärmeversorgung bis 2050 deutlich zu. Die damit verbundene Stromerzeugung wächst von 33 TWh/a auf 73 bis 74 TWh/a. Dies ist einerseits mehr als eine Verdoppelung. Andererseits beträgt die Zunahme gemessen an der Gesamt-Stromerzeugung in Deutschland von mehr als 630 TWh/a (Angabe für 2013 aus [BMW 2014b]) weniger als 10 %.

Die Aufteilung der Stromproduktion auf die Bereiche allgemeine Stromerzeugung, Fernwärme-KWK und Gebäude-KWK ist in Abbildung 27 für das Basisszenario dargestellt.

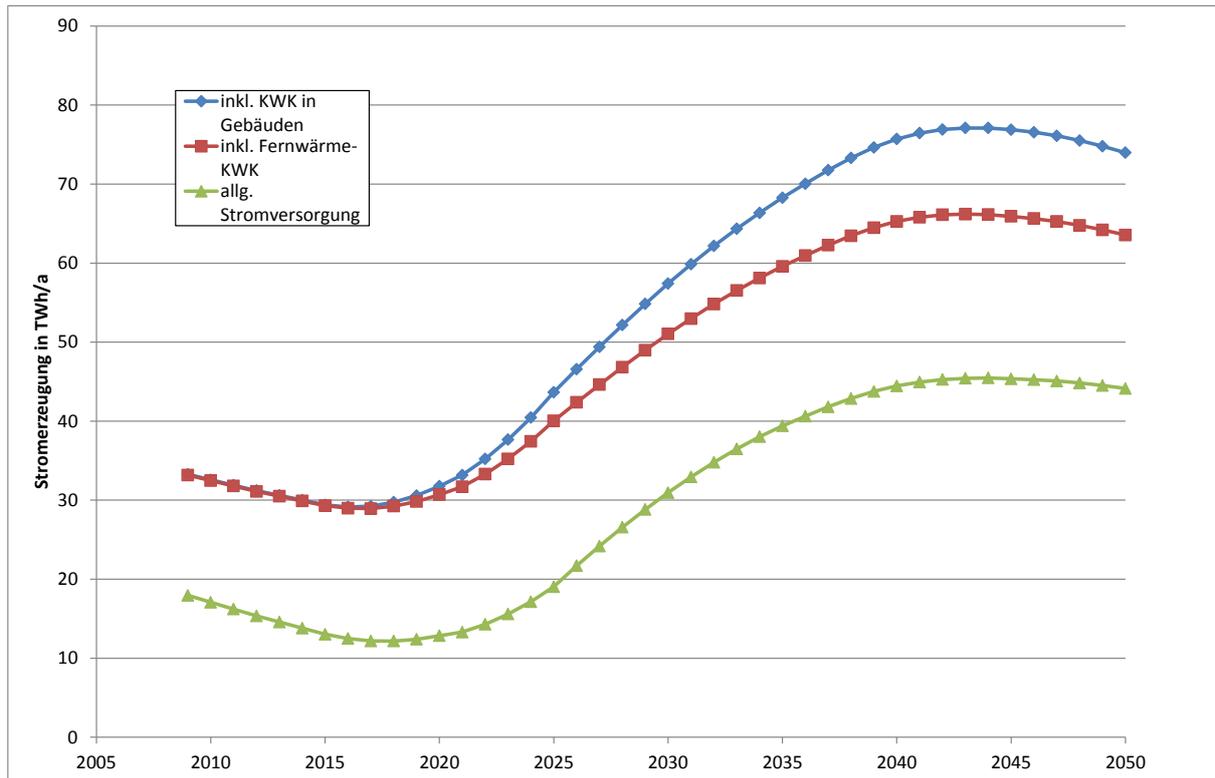


Abbildung 27: Stromproduktion für die Wohngebäude-Wärmeversorgung (allgemeine Stromversorgung sowie KWK-Strom aus den Gebäuden und dem Fernwärmesektor) im Szenario „Basis“
Beginnend mit der allgemeinen Stromversorgung werden die weiteren Anteile hinzuaddiert.

In der Abbildung spiegelt sich die Modellannahme wider, dass der Strom aus Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen, die hinsichtlich ihrer Wärmeauskopplung der Versorgung von Wohngebäuden dienen, vollständig zur Wärmeversorgung in anderen Wohngebäuden eingesetzt wird (für Elektroheizungen, elektrische Wärmepumpen oder als Hilfsstrom)³⁸. Die Beiträge der KWK-Systeme (als Fernwärme oder in den Gebäuden installiert) liegen hier durchgehend fast in der gleichen Größenordnung wie die Erzeugung im allgemeinen Stromsektor (ohne KWK), die von 18 TWh/a im Jahr 2009 auf 44 TWh/a im Jahr 2050 ansteigt³⁹: Sie belaufen sich 2009 auf rund 15 TWh (46 % der Gesamterzeugung) und 2050 auf 30 TWh/a (40 %). Der Beitrag von KWK-Anlagen zur Wärmeversorgung geht also zum einen (wegen seiner Bedeutung bei der Stromproduktion für Wärmepumpen) noch deutlich über die Abwärmenutzung hinaus. Zum anderen wäre er grundsätzlich noch merklich steigerbar, auch ohne dass der erzeugte Strom (bilanziell betrachtet) in anderen Sektoren verbraucht werden müsste. Dabei wäre allerdings zu beachten, dass nun insbesondere auch Windstrom aus der Wohngebäude-Wärmeversorgung zurückgedrängt und durch mit Erdgas oder Biomasse betriebene KWK-Systeme ersetzt würde. In der Folge würden die klimarelevanten Emissionen, der Primärenergieverbrauch und/oder der Biomasseverbrauch weiter ansteigen⁴⁰.

³⁸ Dabei wäre auch denkbar, dass z. B. die elektrische Wärmepumpe im gleichen Gebäude oder Nahwärmenetz installiert ist wie das BHKW oder ersatzweise eine brennstoffbetriebene Wärmepumpe vorliegt. Der ebenfalls vorstellbare Fall, dass die KWK-Stromerzeugung den Bedarf im Wohngebäudesektor überschreitet, tritt in keinem der Szenarien ein.

³⁹ Der Primärenergiefaktor f_P für die aus der allgemeinen Stromversorgung an die Endkunden gelieferte elektrische Energie sinkt im gleichen Zeitraum von 2,17 auf 0,94, die entsprechenden Emissionsfaktoren für CO_2 von 0,44 auf 0,16 kg/kWh bzw. für die Treibhausgase mit Vorketten von 0,56 auf 0,21 kg/kWh.

⁴⁰ Zur Untersuchung dieser Fragestellung wurde in zwei gesonderten Szenarien ausgehend vom Basisszenario der Anteil der dezentralen (in den Gebäuden installierten) Blockheizkraftwerke (BHKW) von 7,6 % auf 13,2 % erhöht und im Gegenzug der Anteil der dezentralen elektrischen Wärmepumpen von 58,6 % auf 52,9 % reduziert. Im ersten Fall wurde der Zuwachs allein mit Erdgas-BHKWs realisiert. In diesen Fällen sinkt zwar der Bi-

6 Monitoring der Fortschritte beim Klimaschutz

Die Ergebnisse von Szenarienanalysen, wie beispielsweise in den vorangehenden Kapiteln dokumentiert, stellen eine wichtige Grundlage für die Entwicklung einer Klimaschutzstrategie im Wohngebäudesektor dar. Allerdings sind sie nur einer von mehreren Bausteinen, die eine solche Strategie ausmachen. Insbesondere stehen sie unter dem Vorbehalt, dass Aussagen über zukünftige Entwicklungen immer von den getroffenen Annahmen abhängen und mit Unsicherheiten behaftet sind. Die Modelle und Analysen bedürfen also – ebenso wie der gesamte strategische Prozess – einer regelmäßigen Überprüfung und „Erdung“. Diese Aufgabe muss ein regelmäßiges Monitoring von Basisdaten über den Wohngebäudebestand übernehmen.

Abbildung 28 zeigt eine schematische Darstellung der Rollenverteilung zwischen dem Monitoring, der Szenarienanalyse und der Weiterentwicklung des Klimaschutzinstrumentariums.

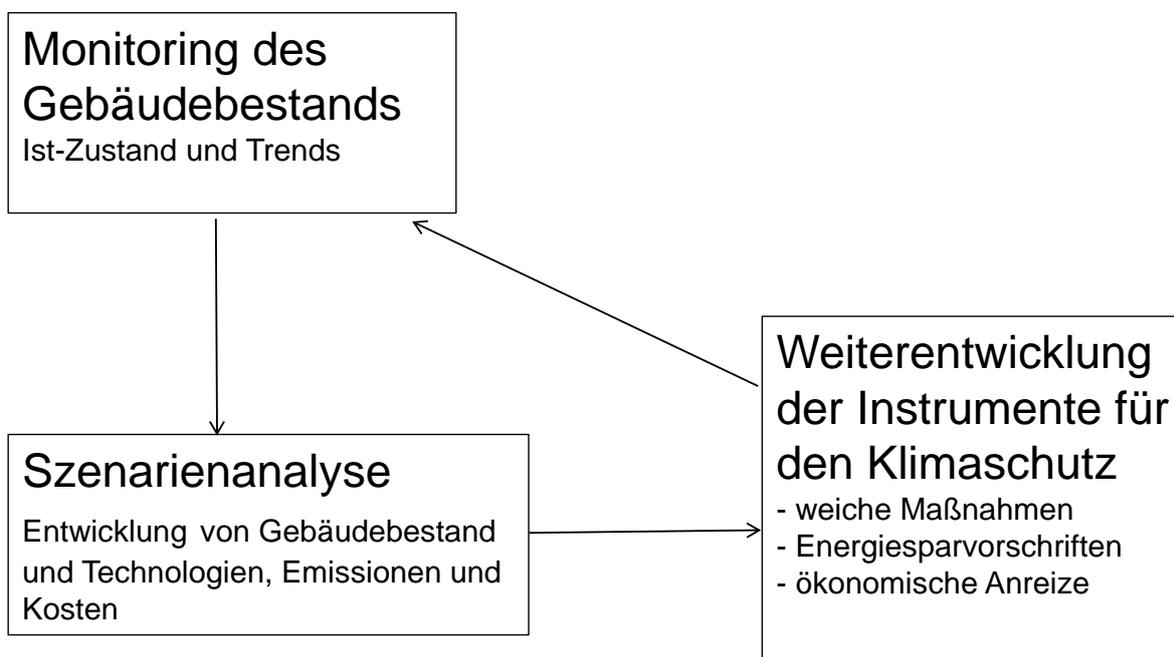


Abbildung 28: Rolle des Monitorings und der Szenarienanalyse im Rahmen einer Klimaschutzstrategie für den Wohngebäudesektor

Das Monitoring von Grunddaten des Gebäudebestandes erfolgt durch regelmäßige repräsentative Datenerhebungen. Insbesondere werden Strukturdaten über den Wärmeschutz und die Wärmeversorgung gewonnen. Dabei geht es einerseits um den Ist-Zustand („Welcher Anteil der Außenwände wurde schon gedämmt?“) und andererseits um aktuelle Trends („Welcher Anteil der Außenwände wird pro Jahr gedämmt?“). Diese Strukturdaten sind wichtige Eingangsgrößen für die Abbildung des aktuellen Wohngebäudebestands in Energiebilanzmodellen und für die Durchführung von Szenarienanalysen (z. B. Trendszenario). Aufgabe der Szenarien ist es, ein Bild der möglichen zukünftigen Entwicklung aufzuzeigen und dabei die Pfade bzw. den Zielkorridor zu identifizieren, der zur Einhaltung der Klimaschutz-

omasseeinsatz um rund 14 %, gleichzeitig gibt es aber Zuwächse bei den CO₂-Emissionen von 9 %, bei den THG-Emissionen um 7 % sowie beim Primärenergieverbrauch von 11 %. Im zweiten Fall wurde der Zuwachs durch Biomasse-BHKWs erreicht (Biomasse vom Typ 2). Zwar sinken hier die CO₂-Emissionen um 8 % und der Primärenergieverbrauch um 1 % gegenüber dem Basisszenario. Gleichzeitig gibt es aber Anstiege von 2 % bei den THG-Emissionen und von 17 % beim Gesamt-Biomasseverbrauch, der sich von 102 TWh/a auf 119 TWh/a erhöht. Für die in den Gebäuden installierten Erdgas- und Biomasse-BHKWs wurde wie in [Diefenbach et al. 2013] ein elektrischer Jahresnutzungsgrad von 30 % und ein thermischer Jahresnutzungsgrad von 55 % angesetzt.

vorgaben führt. Dabei werden insbesondere die erforderlichen Fortschritte bei Wärmeschutz und Wärmeversorgung dargestellt. Auf dieser Basis findet eine Weiterentwicklung der Instrumente für den Klimaschutz statt, die darauf abzielt, die reale Entwicklung so zu lenken, dass sie innerhalb des Zielkorridors verläuft. Hier stehen neben „weichen Maßnahmen“ aus den Bereichen Information, Transparenz und Aus-/Weiterbildung insbesondere das Ordnungsrecht mit Vorschriften zur Energieeinsparung (z. B. Energieeinsparverordnung EnEV) und die ökonomische wirksamen Maßnahmen („negativ“ wirkende Maßnahmen wie Energiesteuern und „positiv“ wirkende Maßnahmen wie Förderprogramme) zur Verfügung.

Natürlich ist der gesamte Prozess mit Unsicherheiten verbunden. Insbesondere lässt sich die Wirkung von Klimaschutzinstrumenten nur sehr eingeschränkt vorhersagen. Die tatsächliche Entwicklung des Gebäudebestandes ist also regelmäßig zu erfassen. An dieser Stelle schließt sich der in der Abbildung dargestellte Informationskreis: Das Monitoring überprüft einerseits die Wirksamkeit des in der Vergangenheit eingesetzten Klimaschutzinstrumentariums und liefert andererseits die Basisdaten für die Weiterentwicklung der in die Zukunft gerichteten Szenarienmodelle.

Dieser Informationskreis ist in den vergangenen Jahren in verschiedenen Studien des IWU schon einmal durchlaufen worden: Eine – mit Hilfe der Schornsteinfeger als Interviewer durchgeführte – Datenerhebung über den Ist-Zustand und die Trends im Gebäudebestand wurde 2010 abgeschlossen [Diefenbach et al. 2010]. Darauf aufbauend wurde eine Analyse von Szenarien und Klimaschutzinstrumenten durchgeführt [Diefenbach et al. 2013]. Die Ergebnisse wurden im Hinblick auf einen nationalen Sanierungsfahrplan (also die konkrete Ausformulierung einer Klimaschutzstrategie) zusammengefasst [Diefenbach et al. 2013a]. Darin sind auch Indikatoren für die Zielerreichung 2020 und 2050 beschrieben. Berücksichtigt wurden insbesondere die energetische Wärmeschutz-Modernisierungsrate und der Modernisierungsfortschritt beim Wärmeschutz: Diese ergeben sich wie in Kapitel 4 durch eine flächengewichtete Mittelung aus den einzelnen Gebäudebauteilen (Außenwand, Dach bzw. Obergeschossdecke, Fußboden/Kellerdecke, Fenster). Dabei ist die Kenntnis der Einzelergebnisse für die jeweiligen Bauteile auch deshalb notwendig, weil die einzelnen Modernisierungsraten und die Möglichkeiten für deren Steigerung ganz unterschiedlich sind (vgl. Abbildung 4 auf S. 12).

Die Wichtigkeit eines Monitorings für die Energie- und Klimaschutzstrategie wurde auch im Energiekonzept der Bundesregierung erkannt und ist dort als Ziel verankert [Bundesregierung 2010]. Speziell im Gebäudesektor wurde aber bisher noch kein ausreichendes und regelmäßiges Monitoringsystem etabliert [Diefenbach/Cischinsky 2015]. Zwar werden durch die Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen jeweils aktuelle jährliche Energieverbrauchsdaten erhoben und mit Modellansätzen auf Einzelsektoren (auch auf den Haushaltssektor) heruntergebrochen. Aber erst gleichzeitige Informationen über Strukturdaten zu Wärmeschutz und Wärmeversorgung können Aufschluss über die eigentlichen Ursachen der beobachteten Entwicklung geben und sind daher eine wichtige Voraussetzung für die Überprüfung und Weiterentwicklung der Klimaschutzstrategie.

In Deutschland gibt es einige regelmäßige Datenerhebungen im Wohngebäude- und Haushaltssektor, die den statistischen Anforderungen an die Gewinnung aussagekräftiger („repräsentativer“) Ergebnisse über den Wohngebäudesektor genügen und bei denen energetische Aspekte auch mit angeschnitten werden. Verschiedene Analysen des IWU haben aber gezeigt, dass keine der vorhandenen Quellen (und auch nicht deren Kombination), eine befriedigende Grundlage für das notwendige Monitoring bilden kann [Diefenbach et al. 2007], [Cischinsky et al. 2011], [Cischinsky/Diefenbach 2014], [Seefeldt et al. 2015].

Insbesondere existiert keine verlässliche regelmäßige Datenquelle über die Fortschritte beim Wärmeschutz. Zu erwähnen ist hier allein eine nicht-amtliche Quelle aus dem wissenschaftlichen Bereich, das Sozio-oekonomische Panel (SOEP) des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung [DIW 2014]. Der Fragebogen enthält eine einzige Frage zur Wärmedämmung im letzten Jahr, die nicht nach Bauteilen unterscheidet und daher zu pauschal ist, um

für eine Wärmeschutzmodernisierungsrate ausgewertet zu werden. Darüber hinaus handelt es sich hier um eine Haushaltsbefragung, so dass sich die Frage stellt, inwieweit im vermieteten Bestand verlässliche Aussagen gewonnen werden können. Für das Monitoring ist anzustreben, die Hauseigentümer (oder geeignete Stellvertreter, z. B. Verwalter) und nicht die Bewohner zu befragen. Weitere regelmäßige Quellen zum Wärmeschutz liegen nicht vor.

Bei der Wärmeversorgung ist als wichtigste verfügbare Informationsbasis der Mikrozensus zu nennen: Hier handelt es sich um eine Querschnittsbefragung der amtlichen Statistik, bei der deutschlandweit jährlich von 1 % der Haushalte soziodemografische und -ökonomische Eckdaten erhoben werden. Da in einem Mehrfamilienhaus alle (oder bei großen Gebäuden jedenfalls mehrere) Haushalte befragt werden, erhöht sich die Verlässlichkeit der Angaben. Alle vier Jahre findet im Rahmen des Mikrozensus eine Zusatzerhebung zur Wohnsituation statt, bei der auch die Beheizungsart (z. B. Fernheizung, Zentralheizung) sowie überwiegende und weitere „Energiearten“ der Heizung und Warmwassererzeugung (z. B. Heizöl oder Erdgas, aber auch Umwelt- oder Solarwärme) abgefragt werden [Mikrozensus 2014]. Erfasst werden also der Zentralisierungsgrad der Heizung und die Energieträger der Heizung und Warmwassererzeugung. Durch Vergleich der Erhebungen verschiedener Jahre lassen sich auch Strukturänderungen erkennen (z. B. Zu- oder Abnahme des Anteils von Erdgas). Die Abfragen wurden in ihrer jetzigen differenzierten Ausformulierung aber erstmals 2010 angewendet, und die Daten des Mikrozensus 2014 sind bisher noch nicht verfügbar (erwartet erst für 2016). Vor diesem Hintergrund sind bisher nur eingeschränkte Vergleiche möglich, zukünftig werden beispielsweise auch Rückschlüsse zum Zubau von Solarwärmeanlagen durchgeführt werden können (vgl. [Cischinsky/Diefenbach 2014]).

Dennoch werden auch im Mikrozensus wichtige Informationen zur Wärmeversorgung nicht erfasst. Dies gilt insbesondere für die Art des (Haupt-)Wärmeerzeugers (z. B. Heizkessel nach Typen, Wärmepumpe, BHKW) oder die Dämmung der Verteilleitungen im Gebäude. So lässt die abgefragte „Energieart“ zwar neben dem Energieträger auch Vermutungen über das Heizsystem zu: Beispielsweise ist heute erfahrungsgemäß davon auszugehen, dass bei „Erdgas“ meistens Heizkessel und bei „Umweltwärme“ meistens elektrische Wärmepumpen vorliegen. Es wäre aber auch denkbar, dass bei „Erdgas“ tatsächlich ein BHKW und bei „Umweltwärme“ eine mit Erdgas betriebene Wärmepumpe im Haus eingebaut wurde. Die zukünftige Entwicklung derartiger (heute noch eher seltener) Systeme ist für das Monitoring der Fortschritte der Energiewende sehr wichtig. Darüber hinaus kann auch die Modernisierungsrate der Wärmeversorgung (Austausch des Haupt-Wärmeerzeugers) im Mikrozensus selbst bei Vergleich unterschiedlicher Erhebungsjahre nicht erfasst werden, da beispielsweise der Austausch eines Erdgas-Konstanttemperaturkessels durch einen Brennwertkessel immer unter „Erdgas“ verbucht wird.

Im Hinblick auf den jährlichen Energieverbrauch für die Wohngebäude-Wärmeversorgung (differenziert nach Energieträgern und den Anwendungsbereichen Raumwärme und Warmwasser) sind die Untersuchungen der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen AGEB die wichtigsten Quellen. Dabei handelt es sich um eine Top-Down-Analyse, die auf den in der Energiewirtschaft erhobenen Gesamt-Energieverbräuchen basiert und diese mit Hilfe von Modellsätzen auf Einzelsektoren herunterbricht. Auch wenn die Ergebnisunsicherheiten insgesamt nicht bekannt sind und jährliche wetterbedingte Schwankungen im Wärmebereich eine große Rolle spielen, sind die Ergebnisse der AGEB eine wichtige Datenquelle insbesondere als Vergleichswerte für Energiebilanzmodelle für den Gebäudebestand bzw. zu deren Kalibrierung⁴¹. Sie liefern aber nur summarische Energieverbräuche für den Haushaltssektor und keine Informationen über deren Ursachen (strukturelle Entwicklung bei Wärmeschutz und Wärmeversorgung). Auch ein Herunterbrechen der Ergebnisse auf verschiedenen Gebäudetypen und Modernisierungszustände ist nicht möglich.

⁴¹ Für das vorliegende Modell vergleiche hierzu [TABULA 2012, Kap. 5.5] bzw. [Diefenbach et al. 2013, Kap. 1.4].

Vor diesem Hintergrund ist die Schlussfolgerung zu ziehen, dass für ein Monitoring im Wohngebäudesektor, das insbesondere ein aussagekräftiges Bild über die Fortschritte bei Wärmeschutz und Wärmeversorgung gewinnen muss, eigenständige repräsentative Erhebungen (als Hauseigentümer-Befragung) regelmäßig durchzuführen sind. Gegenüber der Nutzung verschiedener Quellen besteht hier noch der besondere Vorteil, dass unterschiedliche Aspekte gemeinsam ausgewertet werden können (z. B. Wärmeschutz-Fortschritt bei bestimmtem Typ des Heizsystems). Als Vorlage für ein solches Monitoring kann das Konzept aus dem Forschungsprojekt „Datenbasis Gebäudebestand“ dienen [Diefenbach et al. 2010]. Hier waren in einem 16-seitigen Fragebogen differenzierte Informationen zu den Gebäuden, zum Wärmeschutz und zur Wärmeversorgung erhoben worden. Mangels besserer Informationsquellen wurde diese (inzwischen eigentlich veraltete) Erhebung auch für die Szenarienanalysen im vorliegenden Bericht als Ausgangsbasis verwendet.

Ein Ansatz für ein erweitertes Monitoringkonzept ist in Abbildung 29 dargestellt. Die Basiserhebung liefert eine ausführliche Erfassung von Strukturdaten, insbesondere zu Wärmeschutz und Wärmeversorgung. Die Durchführung kann wie in [Diefenbach et al. 2010] durch Schornsteinfeger erfolgen. Zur Erhebung von jährlichen Modernisierungsraten beim Wärmeschutz ist – mit Blick auf die statistische Aussagefähigkeit – ein Stichprobenumfang von mindestens rund 10.000 Wohngebäuden anzustreben. In Erweiterung des Konzepts wird hier auch der Energieverbrauch der vergangenen Jahre mit abgefragt. Durch eine computergestützte Erhebung können – anders als bei einem Papierfragebogen – Plausibilitätstests direkt während der Befragung ablaufen, Eingabefehler also besser vermieden werden. In Ausnahmefällen, wenn der Hauseigentümer nicht anders erreichbar ist, ist eine Befragung per Internet möglich.

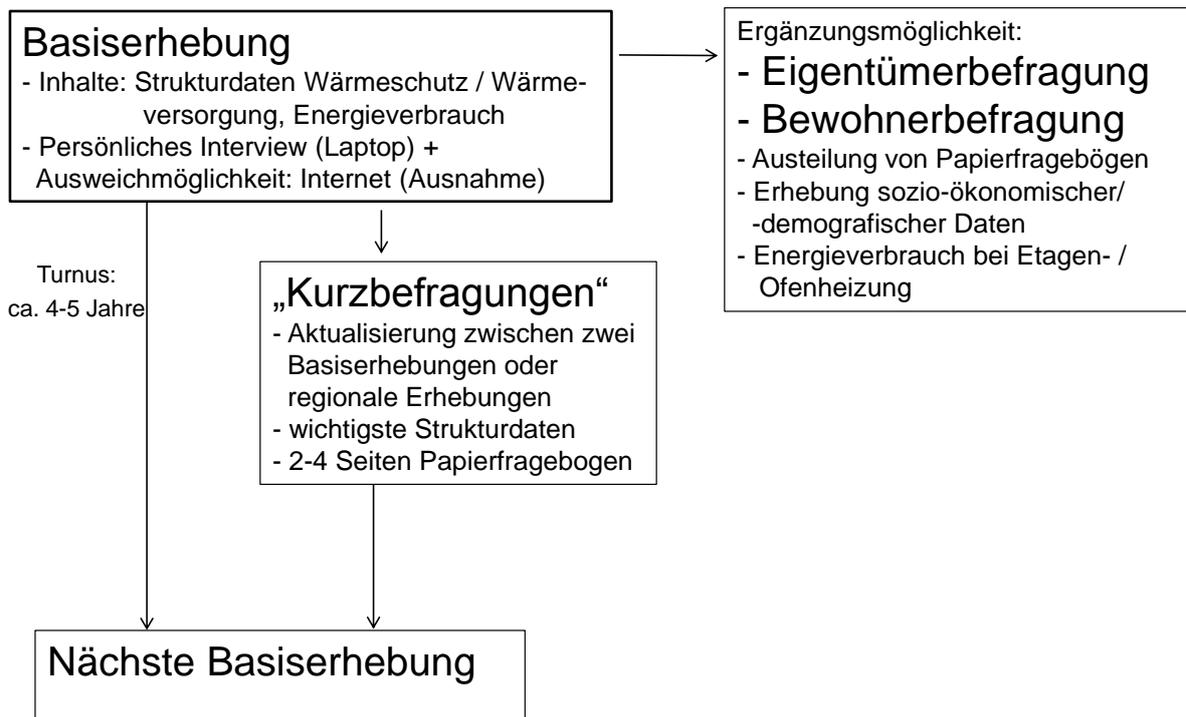


Abbildung 29: Konzept für ein Monitoring im Wohngebäudebestand

Ergänzend zur Abfrage von gebäudebezogenen Strukturdaten und dem Energieverbrauch besteht die Möglichkeit, im Rahmen der Basiserhebung auch sozio-ökonomische und soziodemografische Informationen über die Hauseigentümer und Bewohner zu erheben (beispielsweise Einkommenssituation, Alter). Im Fall von vermieteten Gebäuden besteht die Möglichkeit, dass die Interviewer (also z. B. die Schornsteinfeger) Fragebögen in die Briefkästen derjenigen Gebäude einwerfen, deren Hauseigentümer an der Befragung teilnehmen. Hier ist natürlich mit Antwortausfällen zu rechnen, die aber mit statistischen Methoden be-

herrschar sind. Ein wichtiger Aspekt, der durch eine solche Zusatzerhebung beleuchtet werden kann, ist beispielsweise die Frage, ob auch Haushalte mit niedrigem Einkommen von der energetischen Modernisierung profitieren. Darüber hinaus können bei der Verbrauchserhebung die Daten von wohnungs- bzw. raumweise betriebenen Heizsystemen ergänzt werden.

Da die Basiserhebung mit einigem Aufwand und Kosten verbunden ist, erscheint es plausibel anzunehmen, dass diese zwar regelmäßig, aber in einem längeren Turnus von z. B. vier oder fünf Jahren durchgeführt wird. Um auch in der Zwischenzeit (z. B. alle zwei Jahre) bestimmte Informationen aktualisieren zu können (z. B. die Wärmeschutz-Modernisierungsraten), sind schriftlich-postalische Kurzerhebungen mit einem stark reduzierten Fragebogenumfang (maximal ca. 4 Seiten) denkbar. Auch für Erhebungen auf kleinerer räumlicher Ebene (z. B. in Bundesländern) erscheint der Aufwand einer Basiserhebung nicht unbedingt gerechtfertigt und eine Kurzerhebung kann auch hier eine sinnvolle Alternative darstellen. Für die Durchführung ist das Problem zu lösen, wie eine Stichprobe von Hauseigentümern kontaktiert werden kann. Hierfür gibt es verschiedene Möglichkeiten, bei denen insbesondere die Einschaltung von Grundsteuerstellen einen vielversprechenden Weg darstellt.

Konkrete Konzepte für eine solche Neuauflage bzw. Weiterentwicklung eines Energieeffizienz-Monitorings im Wohngebäudesektor wurden in einem Forschungsprojekt für das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung entwickelt [Cischinsky et al. 2013]. Dabei wurde auch ein computergestützter Fragebogen mit Verbrauchsabfrage erstellt. Ansätze für die Kurzerhebung auf Ebene eines Bundeslandes wurden im Auftrag des Hessischen Wirtschaftsministeriums erarbeitet [Cischinsky/Diefenbach 2014].

Eine spezielle Fragestellung, die sicherlich von besonderem Interesse ist, ist die Entwicklung des Anteils von „Niedrigstenergiehäusern“ (bzw. „klimaneutralen“ Gebäuden oder „Nearly-Zero-Energy-Buildings“). Wie in Kapitel dargelegt, sind dabei im engeren Sinne Gebäude nach dem KfW-Effizienzhaus-40-Standard zu berücksichtigen. Aber auch die Anteile etwas weniger ehrgeiziger Standards (Effizienzhaus 55 und 70) sowie anders definierter Energiespargebäude (Passivhaus, „Null-Energiehaus“) sind sicherlich von Interesse. Im Rahmen der beschriebenen Basiserhebung können auch diese Merkmale abgefragt werden. Ergänzend stehen auch Förderstatistiken der KfW zur Verfügung. Aus diesen ergibt sich beispielsweise, dass der Anteil der als Effizienzhaus 70, 55 oder 40 geförderten Neubau-Wohnungen am gesamten Neubau in den vergangenen Jahren grob gesprochen in der Größenordnung von 50 % lag (vgl. [Diefenbach et al. 2013/14]). Allerdings ist zu berücksichtigen, dass nicht für jedes Effizienzhaus auch die Förderung in Anspruch genommen wird. In [Diefenbach et al. 2010, Kap. 6.1.2] ist dokumentiert, dass ein relevanter Anteil der Neubau-Wohngebäude 2005-2009 (damals noch „KfW-Energiesparhäuser“) ohne Förderung errichtet wurde. Der Grund hierfür dürfte z. B. darin liegen, dass Fertighaushersteller bzw. die Bauträger von Reihenhaussiedlungen oder Mehrfamilienhäusern entsprechende Standards von vornherein erfüllen, ein Teil der Käufer der Gebäude bzw. Eigentumswohnungen den KfW-Kredit aber am Ende gar nicht in Anspruch nimmt. Auch hier ist also die Basiserhebung die richtige Informationsquelle, um den tatsächlichen Anteil der Energiespargebäude zu ermitteln. Hinsichtlich des Gebäudebestandes (ohne Neubau) ist noch anzumerken, dass die Frage nach dem Anteil bestimmter Energiesparhaus-Standards zwar sicherlich ebenfalls nicht uninteressant, aber auch nicht von zentralem Interesse ist: Bestandsmaßnahmen finden in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle als Teilmodernisierungen statt [Diefenbach et al 2013, Kap. 6.1.1]. Die Klimaschutzziele werden also durch einen kontinuierlichen Prozess im Gesamtbestand und nicht in erster Linie durch den Zuwachs vollständig modernisierter Energiesparhäuser erreicht.

Aktuell besteht auch das Problem, realistische Energiebilanzverfahren für Wohngebäude bzw. den Wohngebäudebestand insgesamt zu entwickeln. Dass bisherige Standardverfahren im Durchschnitt keine befriedigenden Ergebnisse liefern und beispielsweise die ausgewiesenen berechneten Energiebedarfskennwerte bei unmodernisierten Gebäuden deutlich über

den tatsächlichen typischen (d. h. durchschnittlichen) Verbräuchen liegen, ist zwar bekannt und es existieren erste grobe Ansätze für entsprechende Korrekturen (s. z. B. [Knissel et al. 2006], [Loga et al. 2015, Anhang B.1]). Für statistisch belastbare Verfahren ist hier aber zukünftig eine breitere und verbesserte empirische Basis anzustreben. Dabei geht es insbesondere darum, für eine aussagekräftige Stichprobe von Gebäuden verlässliche Daten sowohl über die relevanten Strukturmerkmale (insbesondere Wärmeschutz und Wärmeversorgung) als auch über den Energieverbrauch der letzten Jahre zu gewinnen. Außerdem sollten einige Basisinformationen über die Gebäudenutzung abgefragt werden, zumindest sollten „extreme“ Nutzungen (beispielsweise Leerstand über viele Monate) identifiziert werden⁴².

Wie oben dargestellt, kann und sollte die Verbrauchserhebung nach Möglichkeit im Zuge der Basiserhebung durchgeführt werden. Es gibt allerdings auch Gründe, hier eine eigenständige Erhebung anzustreben: So ist erstens zu beachten, dass bei der Befragung möglichst viele unterschiedliche Wärmeschutzstandards und Heizsysteme abzudecken sind, insbesondere auch diejenigen Standards und Systeme, die im Gebäudebestand bisher noch eher selten vertreten sind (und daher auch in der Basiserhebung eher selten vorkommen werden). Zukünftig (und auch jetzt schon in Szenarienrechnungen) spielen diese aber eine wachsende Rolle, so dass gerade auch für diese Fälle realistische Bilanzierungsalgorithmen erforderlich sind. Zweitens wäre es sinnvoll, in die Erhebung insbesondere solche Gebäude einzubeziehen, für die ein aktueller Energiebedarfsausweis vorliegt (und auch dies ist in der Basiserhebung vielfach nicht der Fall). Denn gerade beim Energieausweis sollte der Anspruch bestehen, die Gebäudebewertung auf Basis realistischer Kennwerte vorzunehmen. Insbesondere ist zu beachten, dass neben dem Energiebedarfsausweis, dem eine theoretische Bilanzberechnung zugrunde liegt, auch der Energieverbrauchsausweis existiert, der auf dem tatsächlichen Verbrauch der vergangenen Jahre basiert. Eine Konsistenz dieser beiden Ansätze ist dringend anzustreben. Eine entsprechende Erhebung zur Kalibrierung bzw. Weiterentwicklung von Energiebilanzverfahren sollte daher zumindest einmalig durchgeführt werden. Eine gelegentliche Erneuerung dieser Datenbasis zur Überprüfung der Algorithmen ist dabei sinnvoll, muss aber nicht unbedingt den Rhythmus und die Regelmäßigkeit haben, die beim Monitoring der strukturellen Basisdaten anzustreben ist.

⁴² Eine detaillierte Erfassung schwer zu erhebender Nutzungsdaten wie Innentemperaturen und Fensteröffnungszeiten ist dagegen nicht erforderlich, da es nicht darum geht, die Energieverbräuche individueller Gebäude im Berechnungsverfahren exakt abzubilden. Vielmehr sollen aussagekräftige Mittelwerte abgeleitet werden. Eine gewisse Streuung bezüglich des Nutzerverhaltens ist dabei zu erwarten und stellt kein Problem für die Auswertung dar.

7 Zusammenfassung

Im Rahmen des europäischen Forschungsvorhabens EPISCOPE behandelt das deutsche Teilprojekt die langfristigen Klimaschutzziele bei der Wärmeversorgung im deutschen Wohngebäudebestand bis 2050. Um die angestrebte 80- bis 95-prozentige Emissionsreduktion bei Treibhausgasen bzw. CO₂ gegenüber 1990 zu erreichen, sind weitgehende Fortschritte notwendig. Unter der Annahme, dass nur solche Maßnahmen und Technologien betrachtet werden, die bereits heute in den Markt eingeführt sind, also sicher zur Verfügung stehen, lassen sich folgende Schlussfolgerungen ableiten: Der Großteil der thermischen Gebäudehülle der Bestandgebäude muss bis 2050 mit einem verbesserten Wärmeschutz versehen sein. Gleichzeitig muss eine neue Struktur der Wärmeversorgung eingeführt werden. Die bisher als Haupt-Wärmeerzeuger dominierenden Heizöl- und Erdgas-Kessel sind durch alternative Systeme (Wärmepumpen, Kraft-Wärme-Kopplung, Biomasseheizungen) abzulösen.

Die aktuelle Dynamik der Entwicklung ist zu gering, um diesen Anforderungen Rechnung zu tragen. Erforderlich ist eine deutliche Erhöhung der energetischen Modernisierungsrate beim Wärmeschutz: Die vorliegende Studie geht hier etwa von einer Verdopplung aus. Auf Seiten der Wärmeversorgung ist es notwendig, dass bei der Erneuerung der Haupt-Wärmeerzeuger, die schon jetzt mit deutlich höheren Raten als beim Wärmeschutz stattfindet, rechtzeitig der Übergang zu der neuen Struktur erfolgt.

Im Rahmen des Forschungsprojekts wurden Szenarienanalysen durchgeführt, die vor allem die folgende Fragestellung klären sollen: Wie schnell muss die erwünschte Entwicklung erreicht werden, damit die Klimaschutzziele 2050 noch eingehalten werden? Vor diesem Hintergrund wurden drei zielorientierte Szenarien definiert („Basis“, „Schnell“ und „Langsam“). Diesen ist gemeinsam, dass durch kontinuierliche, Jahr für Jahr realisierte Fortschritte, eine Verdopplung der Wärmeschutz-Modernisierungsrate und eine Einführung der neuen Wärmeversorgungsstruktur bei Heizungserneuerung in einer festgelegten Zeitperiode erreicht wird. Auch im Hinblick auf die Verbesserung des Wärmeschutzes, die Erhöhung der Installationsrate ergänzender Solarsysteme und die Dämmung von Verteilleitungen werden in diesem Zeitraum Verbesserungen erzielt. Nach Ablauf der Zeitperiode wird die erreichte Dynamik bis 2050 in etwa aufrechterhalten.

Die Unterschiede der Szenarien liegen in der angenommenen Länge dieser Übergangsperiode. Im Szenario „Basis“ findet die Entwicklung innerhalb von 10 Jahren im Zeitraum 2015-2025 statt. Das Szenario „Schnell“ geht von der optimistischen Annahme aus, dass die Veränderungen bereits innerhalb von fünf Jahren, also 2015-2020, erreichbar sind. Im Szenario „Langsam“ beträgt der Übergangszeitraum dagegen 20 Jahre: Fünf Jahre lang bis 2020 folgt die Entwicklung den aktuellen Trends, anschließend findet dann wie in den anderen Szenarien der kontinuierliche Übergang statt, der hier aber weitere 15 Jahre bis zum Jahr 2035 benötigt.

Allen drei Szenarien ist die Annahme gemeinsam, dass der Neubau ab 2020 einem „klimaneutralen“ bzw. „Niedrigstenergiehaus“-Standard entspricht, der hier mit dem Niveau des von der KfW geförderten Effizienzhaus 40 gleichgesetzt wird. Auch für die Entwicklungen innerhalb der Energiewirtschaft (Fernwärme- und Stromerzeugung) werden Annahmen getroffen, die in den drei Szenarien gleich sind: Die Struktur der Fernwärmeerzeugung ändert sich im Zeitraum 2020-2050 kontinuierlich. Im Jahr 2050 wird die Hälfte der Fernwärme in mit Biomasse befeuerten Heizkraftwerken, ein Viertel in Erdgas-Heizkraftwerken und das verbleibende Viertel in Heizkesseln (Biomasse bzw. Erdgas) erzeugt. In den Modellrechnungen wurde angenommen, dass der in Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen erzeugte elektrische Strom vollständig für die Wohngebäude-Wärmeversorgung eingesetzt wird (insbesondere in elektrischen Wärmepumpen), so dass sich das Problem der Verrechnung mit anderen Sektoren hier nicht stellt. Der verbleibende Bedarf an elektrischer Energie wird aus der allgemei-

nen Stromversorgung gedeckt. Hier erfolgen bis 2020 der Ausstieg aus der Kernenergie und ein Zubau erneuerbarer Energien, der sich bis 2050 fortsetzt. 2050 wird etwas mehr als die Hälfte der elektrischen Energie aus erneuerbaren Energien erzeugt, der Rest in modernen Erdgas-Kraftwerken. Auch die Kohle verschwindet also bis dahin aus der Stromproduktion. Dabei ist generell zu beachten, dass hier nur ein Teilsegment der Elektrizitätswirtschaft betrachtet wird, nämlich die vor allem im Winterhalbjahr benötigte Stromerzeugung für die Wohngebäude-Wärmeversorgung. Dieses Teilsegment muss nicht notwendigerweise die gleiche Struktur aufweisen wie der deutsche Stromsektor insgesamt. Im Hinblick auf Gesamtverbrauch an Biomasse wurde in allen Szenarien angenommen, dass ein Potenzial von ungefähr 100 TWh/a nicht überschritten werden sollte.

Abbildung 30 zeigt die Entwicklung der CO₂-Emissionen für die drei zielorientierten Szenarien. Eingezeichnet sind auch der Zielbereich 2050 (80 bis 95 % Emissionsminderung gegenüber 1990) sowie eine Zielkurve, die die Zwischenziele (40 % Emissionsminderung bis 2020, 55 % bis 2030 und 70 % bis 2040) wiedergibt und 2050 in der Mitte des Zielbereichs endet.

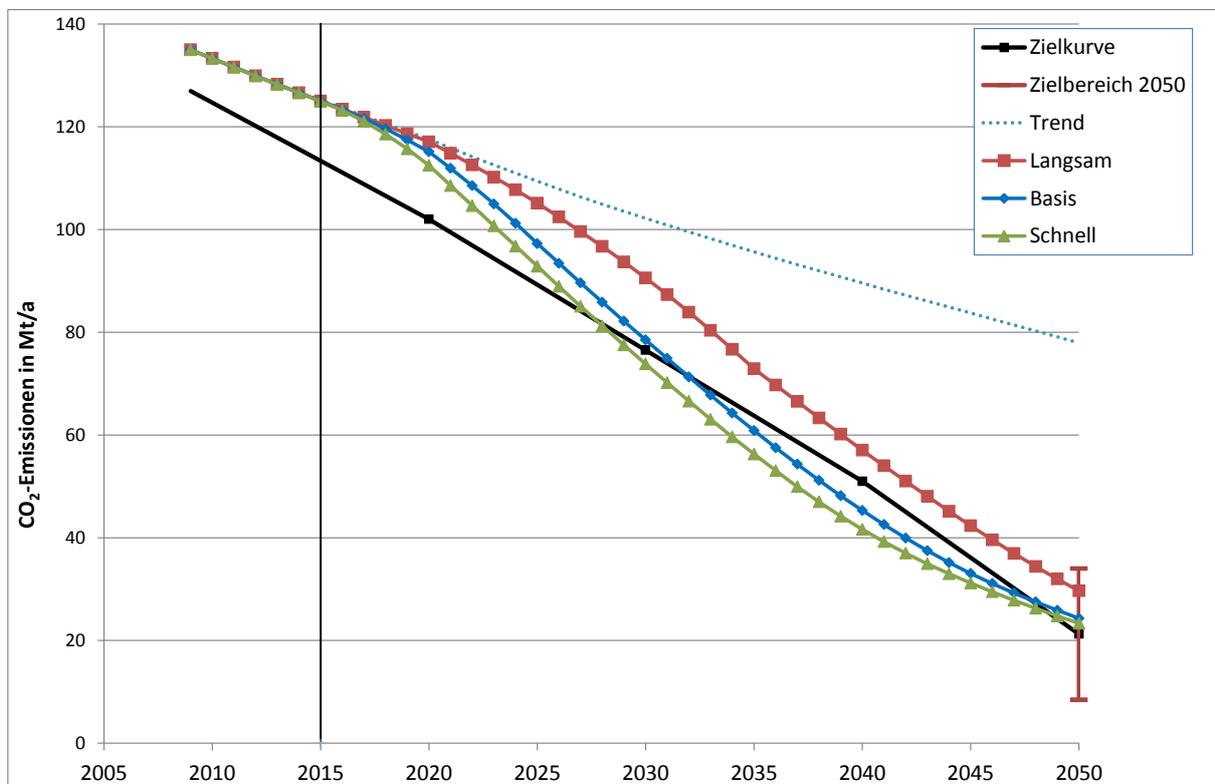


Abbildung 30: Entwicklung der CO₂-Emissionen für die Wohngebäude-Wärmeversorgung (direkte Emissionen bei Verbrennung in den Gebäuden und Kraftwerken, Heizkraftwerken und Heizwerken, reines CO₂)⁴³

Es ist zu erkennen, dass alle drei zielorientierten Szenarien den Zielbereich 2050 erreichen. Dabei treffen „Basis“ und „Schnell“ das Zielintervall ungefähr in der Mitte und „Langsam“ am oberen Rand. Im Hinblick auf das Szenario „Langsam“ ist außerdem festzustellen, dass hier die Emissionen immer oberhalb der Zielkurve liegen. Dies hat Konsequenzen für die Gesamtmenge der über die Jahre emittierten Emissionen, welche im Hinblick auf den Klimaschutz die wichtigere Zielgröße darstellen als der Augenblickswert 2050.

⁴³ CO₂-Emissionen aus der direkten Verbrennung von Biomasse sind dabei zu Null gesetzt. Bei Betrachtung der Treibhausgasemissionen (inklusive CO₂-Äquivalenten anderer Treibhausgase und unter Berücksichtigung von Vorketten zur Gewinnung der eingesetzten Brennstoffe) ergeben sich ähnliche Kurven, die allerdings in Relation zur (entsprechend angepassten) Zielkurve ungünstiger liegen. Das obere Ende des Zielbereichs 2050 wird hier aber auch im Szenario „Langsam“ noch gerade erreicht.

Aus diesem Grund wurden auch die im Zeitraum 2016-2050 insgesamt erzeugten Emissionen untersucht und mit dem Wert der Zielkurve (2384 Mt) verglichen. Das Szenario „Schnell“ liegt dabei leicht unter dem Zielwert, und das Szenario „Basis“ verfehlt ihn nur knapp (um ca. 4 %). Im Szenario „Langsam“ liegt die Gesamtemissionsmenge dagegen 16 % über dem Ziel, und auch in den folgenden Jahren würden hier noch höhere Werte als in den anderen Szenarien auftreten, da die Emissionen des Jahres 2050 höher sind als in den anderen Fällen.

Insgesamt wird deutlich, dass eine frühzeitige Erreichung von Emissionsminderungen erhebliche Vorteile im Hinblick auf den langfristigen Klimaschutz bietet. In der nationalen Klimaschutzstrategie sollten sich realistische Ziele für den Wohngebäudesektor mindestens an der Entwicklung im Basisszenario orientieren. Das Umsteuern in Richtung auf eine Verdopplung der Wärmeschutz-Modernisierungsrate und die Einführung einer neuen Wärmeversorgungsstruktur bei neu installierten Systemen sollte also in spätestens 10 Jahren abgeschlossen sein. Auch der Umbau der Fernwärme- und Stromerzeugung ist für die Zielerreichung äußerst relevant und muss daher ebenfalls Gegenstand einer solchen Strategie sein.

Aussagen über zukünftige Entwicklungen sind natürlich von Annahmen abhängig und mit Unsicherheiten versehen. Darüber hinaus ist die Umsetzung einer Klimaschutzstrategie mit besonderen Unwägbarkeiten verbunden, da die Wirkung der eingesetzten Instrumente nur sehr eingeschränkt prognostiziert werden kann. Notwendig ist ein nationaler Sanierungs- bzw. Klimaschutzfahrplan mit konkreten Zielen für Wärmeschutz und Wärmeversorgung, der auf Basis eines empirisch verlässlichen Monitorings regelmäßig überprüft wird. Dabei ist die Erhebung struktureller Daten über die insgesamt erreichten Fortschritte und die aktuellen Trends beim Wärmeschutz und bei der Wärmeversorgung von zentraler Bedeutung. Die vorliegenden Daten sind veraltet, und es kann nicht an etablierte Informationsquellen angeknüpft werden. Notwendig sind eigenständige Erhebungen im Wohngebäudesektor, bei denen die Hauseigentümer (oder geeignete Stellvertreter wie Hausverwalter) befragt werden. Eine ausreichend differenzierte Basiserhebung sollte etwa alle vier bis fünf Jahre stattfinden. Der auswertbare Stichprobenumfang sollte mindestens rund 10.000 Wohngebäude betragen, damit auch die relativ niedrigen Modernisierungsraten der Bauteile der Gebäudehülle ausreichend genau erfasst werden können. Konzepte für entsprechende Erhebungen sind bekannt und erprobt, es bietet sich die Durchführung persönlicher Interviews durch Schornsteinfeger an. In erweiterter Form könnten zukünftig auch sozio-ökonomische Daten mit erfasst werden. In der Periode zwischen zwei Basiserhebungen oder auf kleinerer räumlicher Ebene (z. B. in einem Bundesland) können mit geringeren Kosten auch schriftlich-postalische Kurzerhebungen mit deutlich reduziertem Fragebogenumfang realisiert werden.

8 Literatur

- [AGEB 2014] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (Hrsg.): Auswertungstabellen zur Energiebilanz Deutschland, Stand September 2014
- [ASUE 2014] ASUE Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V. (Hrsg.): BHKW-Kenndaten 2014/2015, Stand Oktober 2014
- [BMWi 2014] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: Die Energie der Zukunft – Erster Fortschrittsbericht zur Energiewende, Dezember 2014
- [BMWi 2014b] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: Energiedaten – Zahlen und Fakten, Stand 21.10.2014 <http://www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/energiedaten.html>
- [Böhning et al. 2013] D. Böhning et al.: Vergasung und Verbrennung von Biomasse für den dezentralen Anwendungsbereich, In: Energetische Nutzung nachwachsender Rohstoffe. 19. Fachtagung, 17.09-28.09.2013 in Dresden.
- [Bundesregierung 2010] Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (Hrsg.): Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung, 28. September 2010, <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/E/energiekonzept-2010,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf>
- [Cischinsky et al. 2011] H. Cischinsky, N. Diefenbach, I. Findeisen, T. Loga: Datenaufnahme Gebäudebestand – Vorstudie zur empirischen Analyse der energetischen Entwicklung des Wohnungsbestandes: Gebäudemerkmale, Energieverbrauch, Ursachen und Hemmnisse für Investitionen, 1. Sachstandsbericht, Institut Wohnen und Umwelt, 20.12.2011 (nicht veröffentlicht)
- [Cischinsky et al. 2013] H. Cischinsky, N. Diefenbach, T. Loga: Datenaufnahme Gebäudebestand Vorstudie zur empirischen Analyse der energetischen Entwicklung des Wohnungsbestandes: Gebäudemerkmale, Energieverbrauch, Ursachen und Hemmnisse für Investitionen, Endbericht, Institut Wohnen und Umwelt, 10.12.2013 (nicht veröffentlicht)
- [Cischinsky/Diefenbach 2014] H. Cischinsky, N. Diefenbach: Konzept für ein Monitoring der Energieeffizienz im hessischen Wohngebäudebestand, im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Endbericht, Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt, 31.01.2014
- [Diefenbach et al. 2007] N. Diefenbach, T. Loga, H. Cischinsky, K.-D. Clausnitzer, A. Vilz: Grundlagen für die Entwicklung von Klimaschutzmaßnahmen im Gebäudebestand – Grundlagen über die bautechnische Struktur und den Ist-Zustand des Gebäudebestandes in Deutschland, BBR-Online Publikation Nr. 22/2007
- [Diefenbach et al. 2010] N. Diefenbach, H. Cischinsky, M. Rodenfels: Datenbasis Gebäudebestand – Datenerhebung zur energetischen Qualität und zu den Modernisierungstrends im deutschen Wohngebäudebestand, Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt, 2010
- [Diefenbach et al. 2013] N. Diefenbach, C. v. Malottki, A. Enseling, T. Loga, H. Cischinsky, B. Stein, M. Hörner, M. Grafe: Maßnahmen zur Umsetzung der Ziele des Energiekonzepts im Gebäudebereich – Zielerreichungsszenario, BMVBS-Online-Publikation Nr. 03/2013, März 2013
- [Diefenbach et al. 2013a] N. Diefenbach, A. Enseling, C. v. Malottki, B. Stein, M. Grafe, H. Cischinsky, T. Loga, M. Hörner: Kurzgutachten zu einem Sanierungsfahrplan im Wohngebäudebestand, im Auftrag des Bundesinstituts für Bau-, Stadt und Raumforschung, Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt, April 2013
- [Diefenbach et al. 2013/14] N. Diefenbach et al.: Monitoring der KfW-Programme „Energieeffizient Sanieren“ und „Energieeffizient Bauen“ 2011, Institut Wohnen und Umwelt, 2013 (entsprechende Studien auch für die Förderjahre 2012 (veröffentlicht 2013) und 2013 (veröffentlicht 2014), s. <http://www.iwu.de/forschung/energie/laufend/monitoring-der-kfw-energiesparprogramme/>)
- [Diefenbach/Cischinsky 2015] N. Diefenbach, H. Cischinsky: Was ist eigentlich die energetische Sanierungsrate?, Energiewirtschaftliche Tagesfragen Nr. 7/2015
- [DIW 2014] TNS Infratest Sozialforschung. 2014. SOEP 2014 – Erhebungsinstrumente 2014 (Welle 31) des Sozio-oekonomischen Panels: Haushaltsfragebogen, Altstichproben. SOEP Survey Papers 236: Series A. Berlin: DIW/SOEP

- [DIW / BMWI 2015] Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW): Energieflussbild 2012, in: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (Hrsg.): Energiedaten Gesamtausgabe, April 2015
- [EPBD 2010] Directive 2013/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the Energy Performance of Buildings (recast)
- [EPISCOPE 2014] B. Stein, T. Loga, N. Diefenbach (ed.) et al.: Inclusion of New Buildings in Residential Building Typologies – Steps Towards NZEB Exemplified for Different European Countries – EPISCOPE Synthesis Report No. 1, Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt, 2014
- [EPISCOPE 2014a] N. Diefenbach, T. Loga, B. Stein (ed.) et al.: Energy Performance Indicators for Building Stocks. First version/starting point of the EPISCOPE indicator scheme, Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt, März 2014
http://episcope.eu/fileadmin/episcope/public/docs/reports/EPISCOPE_Indicators_FirstConcept.pdf
- [EPISCOPE 2015] B. Stein, T. Loga, N. Diefenbach (ed.) et al.: Scenario Analyses Concerning Energy Efficiency and Climate Protection in Regional and National Residential Building Stocks. EPISCOPE Synthesis Report No. 3, Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt, Entwurfsfassung des Berichts, September 2015
- [EU Kommission 2011] Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen: Fahrplan für den Übergang zu einer wettbewerbsfähigen CO₂-armen Wirtschaft bis 2050, Brüssel 8.3.2011,
<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52011DC0112&from=EN>
- [FFE 2011] Forschungsstelle Energiewirtschaft: Basisdaten zur Bereitstellung elektrischer Energie, München 2011
- [GEMIS 4.9.3] Internationales Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien (IINAS): Globales Emissionsmodell Integrierter Systeme GEMIS, Programmversion 4.9.3, Darmstadt, 2015 (Softwareversion)
- [Knissel et al. 2006] J. Knissel, R. Alles, R. Born, T. Loga, K. Müller, V. Stercz: Vereinfachte Ermittlung von Primärenergiekennwerten zur Bewertung der wärmetechnischen Beschaffenheit in ökologischen Mietspiegeln, Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt, Juli 2006
- [Loga et al. 2015] T. Loga, B. Stein, N. Diefenbach, R. Born: Deutsche Gebäudetypologie – Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden, 2. erweiterte Auflage, Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt, 2015
- [Mikrozensus 2014] Statistische Ämter des Bundes und der Länder: Stichprobenerhebung über die Bevölkerung und den Arbeitsmarkt – Mikrozensus 2014 und Arbeitskräftestichprobe 2014 der Europäischen Union, Musterfragebogen
(http://www.statistik.thueringen.de/erfassung/formulare/12211_Mikrozensus2014.pdf), Download am 1.7.2015
- [Scheffelowitz et al. 2013] M. Scheffelowitz et al.: Stromerzeugung aus Biomasse – 03MMAP250 Zwischenbericht, Deutsches Biomasseforschungszentrum, Leipzig, 15.6.2013
- [Seefeldt et al. 2015] F. Seefeldt, N. Thamling, R. Offermann (Prognos), M. Pehnt, P. Mellwig, A. v. Oehsen, L.-A. Brischke (ifeu), J. Kirchner, H. Cischinsky, C. v. Malottki (IWU): Wissenschaftliche Begleitforschung zur Erarbeitung einer Energieeffizienz-Strategie Gebäude, Forschungsprojekt im Auftrag der Bundesstelle für Energieeffizienz, 2. Zwischenbericht (in Vorbereitung)
- [TABULA 2012] N. Diefenbach, T. Loga (ed.) et al.: Application of Building Typologies for Modelling the Energy Balance of the Residential Building Stock, TABULA Thematic Report No. 2, Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt, 2012
- [WBGU 2009] Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltänderungen: Kassensturz für den Weltklimavertrag – Der Budgetansatz, Sondergutachten, Berlin 2009
- [Ziesing et al. 2012] H.-J. Ziesing et al.: Energie in Zahlen – Arbeit und Leistung der AG Energiebilanzen, Duisburg, 2012

Anhang

A.1 Strukturdaten des Wohngebäudebestands

Die folgenden Tabellen zeigen strukturelle Daten für den Wohngebäudebestand mit Baujahren bis 2009. Dargestellt sind für das Basisszenario die Jahre 2009, 2015, 2020, 2030, 2040 und 2050. Für die weiteren Szenarien sind die Jahre 2030 und 2050 angegeben.

Legende

EFH: Ein-/Zweifamilienhäuser, MFH: Mehrfamilienhäuser ab drei Wohnungen

KTK: Konstanttemperaturkessel, NTK: Niedertemperaturkessel, BWK: Brennwertkessel

Wärmepumpen: Stufe 1: Jahresarbeitszahl $\epsilon=2,5$; Stufe 2: $\epsilon=3,0$; Stufe 3: $\epsilon=3,5$

*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

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

**** Gesamtwerte Lüftungsanlagen/Wärmeversorgungstechnik aus Basis der Wohnfläche gemittelt

Szenario Basis, Wohngebäudebestand 2009 im Jahr...		2009							
	EFH I	EFH II	EFH III	MFHI	MFHII	MFHIII			
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%	16%		
Dach	62%	23%	0%	62%	14%	0%	43%		
OGD	33%	21%	0%	37%	37%	0%	27%		
KD	10%	3%	0%	11%	7%	0%	7%		
Fenster	37%	12%	0%	46%	25%	0%	29%		
							21%		
Modernisierter Anteil Wärmeschutz-Niveau I									
Wand	20%	7%	0%	26%	15%	0%	16%		
Dach	62%	23%	0%	62%	14%	0%	43%		
OGD	33%	21%	0%	37%	37%	0%	27%		
KD	10%	3%	0%	11%	7%	0%	7%		
Fenster	37%	12%	0%	46%	25%	0%	29%		
Modernisierter Anteil Wärmeschutz-Niveau II									
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%		
Modernisierter Anteil Wärmeschutz-Niveau III									
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**	gesamt****	
Lüftungsanlagen	0,3%	0,3%	4,3%	4,3%	4,3%	4,3%	2,8%	2,4%	
Abluftanlagen	0,3%	0,3%	1,6%	3,9%	3,9%	1,5%	2,2%	1,8%	
Anlagen mit LWRG	0,0%	0,0%	2,8%	0,3%	0,3%	2,7%	0,6%	0,6%	
Qualität der Wärmeverteilung***							gesamt**	gesamt****	
Wärmevert. Heizung***: Stufe 1	43%	0%	0%	43%	0%	0%	28%	29%	
Wärmevert. Heizung***: Stufe 2	39%	89%	57%	36%	90%	77%	52%	51%	
Wärmevert. Heizung***: Stufe 3	18%	11%	43%	21%	10%	23%	20%	20%	
Wärmevert. WW: Stufe 1	42%	0%	0%	37%	0%	0%	25%	26%	
Wärmevert. WW: Stufe 2	39%	89%	55%	43%	86%	77%	53%	53%	
Wärmevert. WW: Stufe 3	19%	11%	45%	21%	14%	23%	21%	21%	
Anteile der Haupt-Wärmeerzeuger der Heizung							gesamt**	gesamt****	
Fernwärme	1,4%	2,3%	3,6%	12,0%	22,2%	11,6%	8,2%	6,8%	
Gaskessel	43,6%	48,1%	66,4%	52,5%	61,9%	77,9%	53,0%	52,3%	
Stufe 1:KTK	7,8%	6,5%	3,6%	8,7%	9,1%	4,7%	7,6%	7,3%	
Stufe 2:NTK	20,2%	23,9%	15,8%	30,9%	36,8%	41,4%	27,1%	25,4%	
Stufe 3:BWK	15,6%	17,7%	47,0%	12,9%	16,1%	31,9%	18,3%	19,6%	
Ölkessel	39,4%	40,6%	18,7%	25,6%	12,7%	5,2%	28,0%	29,6%	
Stufe 1:KTK	8,4%	10,9%	1,5%	6,5%	3,7%	0,4%	6,4%	6,6%	
Stufe 2:NTK	28,3%	28,0%	16,0%	17,9%	8,8%	4,5%	20,1%	21,3%	
Stufe 3:BWK	2,8%	1,6%	1,2%	1,3%	0,3%	0,3%	1,6%	1,7%	
Biom.kessel	4,1%	3,0%	2,9%	2,3%	0,5%	3,2%	2,8%	3,0%	
Kohlekessel	0,3%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	
elektr. WP	1,0%	1,7%	6,1%	1,3%	0,0%	1,4%	1,5%	1,7%	
Stufe 1	0,5%	0,8%	0,0%	0,6%	0,0%	0,0%	0,4%	0,4%	
Stufe 2	0,4%	0,7%	2,8%	0,5%	0,0%	0,6%	0,6%	0,7%	
Stufe 3	0,1%	0,3%	3,3%	0,2%	0,0%	0,8%	0,5%	0,6%	
Gas-WP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
Gas-BHKW	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,3%	0,1%	0,0%	
Biom-BHKW	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
Gasofen	1,4%	0,0%	0,0%	1,2%	0,1%	0,0%	0,9%	0,9%	
Ölofen	1,4%	0,3%	0,2%	0,9%	0,1%	0,0%	0,8%	0,8%	
Holzofen	3,8%	0,3%	0,8%	1,3%	0,0%	0,0%	1,7%	1,9%	
Kohleofen	0,7%	0,0%	0,0%	0,6%	0,0%	0,0%	0,4%	0,4%	
dezentral direktelekt.	2,9%	3,7%	1,3%	2,1%	2,5%	0,4%	2,3%	2,4%	
Anteile thermischer Solaranlagen							gesamt**	gesamt****	
Solarthermische Anlagen	6,1%	12,0%	17,9%	0,9%	0,9%	4,6%	5,0%	6,2%	
nur Warmwasserbereitung	3,5%	7,3%	11,2%	0,4%	0,5%	2,7%	2,9%	3,7%	
Heizungsunterstützung	2,6%	4,7%	6,7%	0,5%	0,4%	1,9%	2,1%	2,5%	

Szenario Basis, Wohngebäudebestand 2009 im Jahr...		2015							
	EFH I	EFH II	EFH III	MFHI	MFHII	MFHIII			
Baujahr	bis 1978	1979-1994	1995-2009	bis 1978	1979-1994	1995-2009			
Modernisierter Anteil der Bauteilfläche							gesamt*		
Wand	25%	9%	1%	32%	17%	1%	20%		
Dach	74%	28%	2%	74%	19%	2%	52%		
OGD	40%	26%	1%	44%	42%	1%	33%		
KD	12%	4%	1%	13%	8%	1%	9%		
Fenster	48%	16%	2%	57%	28%	2%	37%		
							25%		
Modernisierter Anteil Wärmeschutz-Niveau I									
Wand	21%	7%	0%	27%	15%	0%	17%		
Dach	63%	23%	0%	63%	14%	0%	44%		
OGD	34%	21%	0%	38%	37%	0%	27%		
KD	10%	3%	0%	11%	7%	0%	8%		
Fenster	37%	12%	0%	46%	25%	0%	29%		
Modernisierter Anteil Wärmeschutz-Niveau II									
Wand	4%	2%	1%	4%	2%	1%	3%		
Dach	11%	5%	2%	11%	5%	2%	8%		
OGD	7%	5%	1%	7%	5%	1%	5%		
KD	2%	1%	1%	2%	1%	1%	1%		
Fenster	11%	4%	2%	11%	4%	2%	8%		
Modernisierter Anteil Wärmeschutz-Niveau III									
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**	gesamt****	
Lüftungsanlagen	1,0%	0,9%	4,9%	4,9%	4,9%	4,9%	3,4%	3,0%	
Abluftanlagen	0,6%	0,6%	1,9%	4,2%	4,2%	1,8%	2,5%	2,1%	
Anlagen mit LWRG	0,3%	0,3%	3,1%	0,6%	0,6%	3,0%	0,9%	0,9%	
Qualität der Wärmeverteilung***							gesamt**	gesamt****	
Wärmevert. Heizung***: Stufe 1	31%	0%	0%	31%	0%	0%	20%	21%	
Wärmevert. Heizung***: Stufe 2	46%	87%	54%	43%	87%	76%	56%	55%	
Wärmevert. Heizung***: Stufe 3	23%	13%	46%	25%	13%	24%	24%	23%	
Wärmevert. WW: Stufe 1	30%	0%	0%	24%	0%	0%	17%	18%	
Wärmevert. WW: Stufe 2	47%	86%	54%	50%	83%	76%	57%	57%	
Wärmevert. WW: Stufe 3	24%	14%	46%	26%	17%	24%	25%	25%	
Anteile der Haupt-Wärmeerzeuger der Heizung							gesamt**	gesamt****	
Fernwärme	1,6%	2,5%	3,6%	13,6%	23,3%	11,9%	9,0%	7,4%	
Gaskessel	44,3%	48,4%	66,4%	52,3%	61,0%	77,6%	53,1%	52,5%	
Stufe 1:KTK	3,9%	3,4%	3,3%	5,1%	5,8%	4,3%	4,5%	4,3%	
Stufe 2:NTK	14,4%	17,1%	15,3%	23,5%	28,7%	40,1%	21,1%	19,7%	
Stufe 3:BWK	26,0%	27,9%	47,8%	23,7%	26,4%	33,2%	27,6%	28,5%	
Ölkessel	38,6%	39,3%	18,5%	24,8%	11,7%	5,0%	27,2%	28,8%	
Stufe 1:KTK	6,5%	8,6%	1,2%	4,5%	1,5%	0,2%	4,6%	4,9%	
Stufe 2:NTK	26,8%	26,6%	15,5%	16,7%	7,7%	4,0%	18,9%	20,1%	
Stufe 3:BWK	5,3%	4,1%	1,7%	3,6%	2,5%	0,8%	3,7%	3,8%	
Biom.kessel	6,1%	4,9%	3,4%	3,9%	2,0%	3,6%	4,4%	4,6%	
Kohlekessel	0,2%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	
elektr. WP	2,0%	2,7%	6,3%	1,5%	0,2%	1,4%	2,0%	2,3%	
Stufe 1	0,9%	1,3%	0,1%	0,7%	0,1%	0,0%	0,7%	0,7%	
Stufe 2	0,6%	0,9%	2,9%	0,6%	0,0%	0,7%	0,8%	0,9%	
Stufe 3	0,4%	0,5%	3,3%	0,2%	0,0%	0,8%	0,6%	0,7%	
Gas-WP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
Gas-BHKW	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,3%	0,1%	0,0%	
Biom-BHKW	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
Gasofen	1,0%	0,0%	0,0%	0,8%	0,0%	0,0%	0,6%	0,6%	
Ölofen	1,0%	0,0%	0,1%	0,5%	0,0%	0,0%	0,5%	0,5%	
Holzofen	3,4%	0,0%	0,7%	0,9%	0,0%	0,0%	1,4%	1,6%	
Kohleofen	0,3%	0,0%	0,0%	0,2%	0,0%	0,0%	0,2%	0,2%	
dezentral direktelekt.	1,5%	2,3%	1,0%	1,3%	1,7%	0,2%	1,4%	1,4%	
Anteile thermischer Solaranlagen							gesamt**	gesamt****	
Solarthermische Anlagen	13,5%	19,2%	23,9%	2,8%	1,5%	5,2%	9,2%	11,1%	
nur Warmwasserbereitung	7,2%	10,9%	14,2%	1,3%	0,8%	3,0%	5,0%	6,2%	
Heizungsunterstützung	6,3%	8,3%	9,7%	1,4%	0,7%	2,2%	4,1%	5,0%	

Szenario Basis, Wohngebäudebestand 2009 im Jahr...		2020							
	EFH I	EFH II	EFH III	MFHI	MFHII	MFHIII			
Baujahr	bis 1978	1979-1994	1995-2009	bis 1978	1979-1994	1995-2009			
Modernisierter Anteil der Bauteilfläche							gesamt*		
Wand	32%	11%	1%	38%	19%	1%	25%		
Dach	85%	31%	3%	85%	22%	3%	59%		
OGD	49%	31%	2%	54%	47%	2%	40%		
KD	18%	7%	1%	19%	11%	1%	13%		
Fenster	58%	21%	3%	67%	33%	3%	44%		
							31%		
Modernisierter Anteil Wärmeschutz-Niveau I									
Wand	23%	7%	0%	29%	15%	0%	18%		
Dach	64%	23%	0%	64%	14%	0%	44%		
OGD	35%	21%	0%	39%	37%	0%	28%		
KD	11%	3%	0%	12%	7%	0%	8%		
Fenster	37%	12%	0%	46%	25%	0%	29%		
Modernisierter Anteil Wärmeschutz-Niveau II									
Wand	7%	3%	1%	7%	3%	1%	5%		
Dach	17%	7%	3%	17%	7%	3%	12%		
OGD	12%	8%	2%	12%	8%	2%	9%		
KD	5%	3%	1%	5%	3%	1%	4%		
Fenster	17%	7%	3%	18%	7%	3%	13%		
Modernisierter Anteil Wärmeschutz-Niveau III									
Wand	2%	1%	0%	2%	1%	0%	2%		
Dach	4%	1%	1%	4%	1%	1%	3%		
OGD	3%	2%	0%	3%	2%	0%	2%		
KD	2%	1%	0%	2%	1%	0%	2%		
Fenster	3%	2%	1%	3%	2%	1%	3%		
Anteile Wohnungslüftungsanlagen							gesamt**	gesamt****	
Lüftungsanlagen	2,8%	2,7%	6,5%	6,7%	6,6%	6,4%	5,2%	4,8%	
Abluftanlagen	1,1%	1,1%	2,1%	4,7%	4,7%	2,1%	3,0%	2,5%	
Anlagen mit LWRG	1,7%	1,6%	4,4%	2,0%	1,9%	4,3%	2,2%	2,2%	
Qualität der Wärmeverteilung***							gesamt**	gesamt****	
Wärmevert. Heizung***: Stufe 1	20%	0%	0%	21%	0%	0%	14%	14%	
Wärmevert. Heizung***: Stufe 2	51%	83%	53%	48%	84%	74%	58%	58%	
Wärmevert. Heizung***: Stufe 3	28%	17%	47%	31%	16%	26%	28%	28%	
Wärmevert. WW: Stufe 1	18%	0%	0%	13%	0%	0%	10%	10%	
Wärmevert. WW: Stufe 2	52%	83%	53%	56%	80%	75%	60%	60%	
Wärmevert. WW: Stufe 3	29%	17%	47%	31%	20%	25%	30%	29%	
Anteile der Haupt-Wärmeerzeuger der Heizung							gesamt**	gesamt****	
Fernwärme	1,9%	2,8%	3,8%	15,8%	25,1%	12,7%	10,2%	8,3%	
Gaskessel	43,4%	46,7%	65,6%	50,0%	57,9%	75,7%	51,4%	51,0%	
Stufe 1:KTK	1,7%	1,7%	2,8%	2,6%	3,6%	3,7%	2,5%	2,3%	
Stufe 2:NTK	11,2%	13,5%	14,7%	18,3%	23,3%	37,8%	17,2%	16,1%	
Stufe 3:BWK	30,4%	31,4%	48,2%	29,1%	31,0%	34,2%	31,8%	32,5%	
Ölkessel	35,7%	35,9%	17,1%	22,5%	9,5%	4,2%	24,8%	26,3%	
Stufe 1:KTK	4,6%	6,3%	0,8%	2,6%	0,0%	0,0%	3,0%	3,2%	
Stufe 2:NTK	24,5%	24,2%	14,2%	14,2%	5,4%	3,0%	16,6%	17,9%	
Stufe 3:BWK	6,6%	5,4%	2,2%	5,7%	4,1%	1,3%	5,2%	5,2%	
Biom.kessel	7,8%	6,6%	4,1%	5,1%	3,2%	4,1%	5,7%	5,9%	
Kohlekessel	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
elektr. WP	6,4%	7,0%	8,3%	3,7%	2,3%	2,4%	5,0%	5,5%	
Stufe 1	3,2%	3,4%	1,1%	1,8%	1,1%	0,5%	2,2%	2,3%	
Stufe 2	1,7%	2,0%	3,4%	1,1%	0,6%	0,9%	1,5%	1,7%	
Stufe 3	1,5%	1,6%	3,8%	0,8%	0,6%	1,0%	1,3%	1,5%	
Gas-WP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
Gas-BHKW	0,0%	0,0%	0,0%	0,6%	0,5%	0,5%	0,3%	0,2%	
Biom-BHKW	0,0%	0,0%	0,0%	0,5%	0,5%	0,2%	0,3%	0,2%	
Gasofen	0,7%	0,0%	0,0%	0,5%	0,0%	0,0%	0,4%	0,4%	
Ölofen	0,7%	0,0%	0,0%	0,2%	0,0%	0,0%	0,3%	0,3%	
Holzofen	3,1%	0,0%	0,6%	0,5%	0,0%	0,0%	1,2%	1,3%	
Kohleofen	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
dezentral direktelekt.	0,3%	1,1%	0,5%	0,6%	1,0%	0,0%	0,6%	0,6%	
Anteile thermischer Solaranlagen							gesamt**	gesamt****	
Solarthermische Anlagen	21,5%	27,0%	30,4%	7,8%	6,3%	9,3%	15,4%	17,7%	
nur Warmwasserbereitung	8,5%	12,1%	15,2%	2,4%	2,2%	3,6%	6,2%	7,3%	
Heizungsunterstützung	13,0%	14,9%	15,2%	5,4%	4,2%	5,7%	9,2%	10,4%	

Szenario Basis, Wohngebäudebestand 2009 im Jahr...		2030							
	EFH I	EFH II	EFH III	MFHI	MFHII	MFHIII			
Baujahr	bis 1978	1979-1994	1995-2009	bis 1978	1979-1994	1995-2009			
Modernisierter Anteil der Bauteilfläche							gesamt*		
Wand	50%	19%	4%	57%	27%	4%	39%		
Dach	100%	40%	7%	100%	31%	7%	70%		
OGD	80%	50%	6%	86%	66%	6%	63%		
KD	47%	25%	5%	49%	29%	5%	36%		
Fenster	79%	35%	10%	90%	47%	10%	61%		
							48%		
Modernisierter Anteil Wärmeschutz-Niveau I									
Wand	28%	7%	0%	34%	15%	0%	21%		
Dach	60%	23%	0%	58%	14%	0%	41%		
OGD	38%	21%	0%	42%	37%	0%	30%		
KD	14%	3%	0%	15%	7%	0%	10%		
Fenster	38%	12%	0%	47%	25%	0%	29%		
Modernisierter Anteil Wärmeschutz-Niveau II									
Wand	13%	8%	3%	13%	8%	3%	10%		
Dach	26%	11%	4%	27%	11%	4%	19%		
OGD	24%	17%	4%	25%	17%	4%	19%		
KD	16%	12%	3%	17%	12%	3%	13%		
Fenster	27%	14%	6%	28%	14%	6%	21%		
Modernisierter Anteil Wärmeschutz-Niveau III									
Wand	10%	4%	2%	10%	4%	2%	7%		
Dach	14%	6%	2%	15%	6%	2%	10%		
OGD	19%	12%	2%	19%	12%	2%	14%		
KD	17%	11%	2%	18%	11%	2%	13%		
Fenster	14%	9%	4%	15%	9%	4%	11%		
Anteile Wohnungslüftungsanlagen							gesamt**	gesamt****	
Lüftungsanlagen	12,4%	11,7%	13,9%	16,7%	15,6%	13,8%	14,4%	14,0%	
Abluftanlagen	3,1%	2,9%	2,7%	6,8%	6,5%	2,7%	4,7%	4,3%	
Anlagen mit LWRG	9,3%	8,7%	11,2%	9,9%	9,0%	11,1%	9,7%	2,2%	
Qualität der Wärmeverteilung***							gesamt**	gesamt****	
Wärmevert. Heizung***: Stufe 1	20%	0%	0%	21%	0%	0%	14%	14%	
Wärmevert. Heizung***: Stufe 2	51%	83%	53%	48%	84%	74%	58%	58%	
Wärmevert. Heizung***: Stufe 3	28%	17%	47%	31%	16%	26%	28%	28%	
Wärmevert. WW: Stufe 1	18%	0%	0%	13%	0%	0%	10%	10%	
Wärmevert. WW: Stufe 2	52%	83%	53%	56%	80%	75%	60%	60%	
Wärmevert. WW: Stufe 3	29%	17%	47%	31%	20%	25%	30%	29%	
Anteile der Haupt-Wärmeerzeuger der Heizung							gesamt**	gesamt****	
Fernwärme	1,9%	2,8%	3,8%	15,8%	25,1%	12,7%	10,2%	8,3%	
Gaskessel	43,4%	46,7%	65,6%	50,0%	57,9%	75,7%	51,4%	51,0%	
Stufe 1:KTK	1,7%	1,7%	2,8%	2,6%	3,6%	3,7%	2,5%	2,3%	
Stufe 2:NTK	11,2%	13,5%	14,7%	18,3%	23,3%	37,8%	17,2%	16,1%	
Stufe 3:BWK	30,4%	31,4%	48,2%	29,1%	31,0%	34,2%	31,8%	32,5%	
Ölkessel	35,7%	35,9%	17,1%	22,5%	9,5%	4,2%	24,8%	26,3%	
Stufe 1:KTK	4,6%	6,3%	0,8%	2,6%	0,0%	0,0%	3,0%	3,2%	
Stufe 2:NTK	24,5%	24,2%	14,2%	14,2%	5,4%	3,0%	16,6%	17,9%	
Stufe 3:BWK	6,6%	5,4%	2,2%	5,7%	4,1%	1,3%	5,2%	5,2%	
Biom.kessel	7,8%	6,6%	4,1%	5,1%	3,2%	4,1%	5,7%	5,9%	
Kohlekessel	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
elektr. WP	6,4%	7,0%	8,3%	3,7%	2,3%	2,4%	5,0%	5,5%	
Stufe 1	3,2%	3,4%	1,1%	1,8%	1,1%	0,5%	2,2%	2,3%	
Stufe 2	1,7%	2,0%	3,4%	1,1%	0,6%	0,9%	1,5%	1,7%	
Stufe 3	1,5%	1,6%	3,8%	0,8%	0,6%	1,0%	1,3%	1,5%	
Gas-WP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
Gas-BHKW	0,0%	0,0%	0,0%	0,6%	0,5%	0,5%	0,3%	0,2%	
Biom-BHKW	0,0%	0,0%	0,0%	0,5%	0,5%	0,2%	0,3%	0,2%	
Gasofen	0,7%	0,0%	0,0%	0,5%	0,0%	0,0%	0,4%	0,4%	
Ölofen	0,7%	0,0%	0,0%	0,2%	0,0%	0,0%	0,3%	0,3%	
Holzofen	3,1%	0,0%	0,6%	0,5%	0,0%	0,0%	1,2%	1,3%	
Kohleofen	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
dezentral direktelekt.	0,3%	1,1%	0,5%	0,6%	1,0%	0,0%	0,6%	0,6%	
Anteile thermischer Solaranlagen							gesamt**	gesamt****	
Solarthermische Anlagen	21,5%	27,0%	30,4%	7,8%	6,3%	9,3%	15,4%	11,1%	
nur Warmwasserbereitung	8,5%	12,1%	15,2%	2,4%	2,2%	3,6%	6,2%	7,3%	
Heizungsunterstützung	13,0%	14,9%	15,2%	5,4%	4,2%	5,7%	9,2%	10,4%	

Szenario Basis, Wohngebäudebestand 2009 im Jahr...		2040							
	EFH I	EFH II	EFH III	MFHI	MFHII	MFHIII			
Baujahr	bis 1978	1979-1994	1995-2009	bis 1978	1979-1994	1995-2009			
Modernisierter Anteil der Bauteilfläche							gesamt*		
Wand	71%	29%	9%	76%	37%	9%	54%		
Dach	100%	51%	12%	100%	42%	12%	73%		
OGD	100%	72%	13%	100%	88%	13%	80%		
KD	81%	47%	12%	86%	51%	12%	63%		
Fenster	100%	52%	22%	100%	65%	22%	77%		
							64%		
Modernisierter Anteil Wärmeschutz-Niveau I									
Wand	33%	7%	0%	39%	15%	0%	24%		
Dach	39%	23%	0%	35%	14%	0%	27%		
OGD	27%	21%	0%	23%	37%	0%	21%		
KD	17%	3%	0%	18%	7%	0%	12%		
Fenster	37%	12%	0%	34%	25%	0%	26%		
Modernisierter Anteil Wärmeschutz-Niveau II									
Wand	18%	13%	5%	18%	13%	5%	15%		
Dach	32%	15%	6%	34%	15%	6%	24%		
OGD	33%	25%	6%	34%	25%	6%	27%		
KD	25%	19%	5%	26%	19%	5%	21%		
Fenster	34%	20%	10%	36%	20%	10%	27%		
Modernisierter Anteil Wärmeschutz-Niveau III									
Wand	20%	9%	4%	20%	9%	4%	15%		
Dach	29%	13%	6%	31%	13%	6%	22%		
OGD	41%	26%	7%	43%	26%	7%	32%		
KD	39%	25%	6%	41%	25%	6%	31%		
Fenster	29%	20%	12%	30%	20%	12%	24%		
Anteile Wohnungslüftungsanlagen							gesamt**	gesamt****	
Lüftungsanlagen	25,5%	23,3%	22,5%	30,8%	27,2%	22,4%	26,9%	26,2%	
Abluftanlagen	5,4%	4,9%	3,8%	9,3%	8,5%	3,8%	6,8%	6,3%	
Anlagen mit LWRG	20,1%	18,3%	18,7%	21,5%	18,6%	18,6%	20,1%	19,9%	
Qualität der Wärmeverteilung***							gesamt**	gesamt****	
Wärmevert. Heizung***: Stufe 1	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
Wärmevert. Heizung***: Stufe 2	37%	63%	37%	34%	64%	65%	43%	43%	
Wärmevert. Heizung***: Stufe 3	63%	37%	63%	66%	36%	35%	57%	57%	
Wärmevert. WW: Stufe 1	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
Wärmevert. WW: Stufe 2	36%	62%	42%	36%	59%	65%	43%	43%	
Wärmevert. WW: Stufe 3	64%	38%	58%	64%	41%	35%	57%	57%	
Anteile der Haupt-Wärmeerzeuger der Heizung							gesamt**	gesamt****	
Fernwärme	4,3%	4,3%	4,5%	22,8%	23,9%	20,4%	14,0%	11,6%	
Gaskessel	18,8%	21,6%	33,0%	17,7%	24,0%	37,1%	21,7%	22,0%	
Stufe 1:KTK	0,0%	0,2%	0,9%	0,0%	0,4%	1,2%	0,2%	0,2%	
Stufe 2:NTK	1,4%	2,6%	5,8%	1,1%	4,4%	14,6%	3,0%	3,0%	
Stufe 3:BWK	17,4%	18,9%	26,2%	16,6%	19,2%	21,3%	18,5%	18,8%	
Ölkessel	6,2%	8,9%	6,5%	3,9%	3,2%	0,8%	5,0%	5,5%	
Stufe 1:KTK	0,2%	0,8%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,2%	
Stufe 2:NTK	3,6%	5,5%	4,9%	1,4%	1,4%	0,5%	2,7%	3,1%	
Stufe 3:BWK	2,4%	2,6%	1,4%	2,5%	1,8%	0,4%	2,2%	2,2%	
Biom.kessel	10,0%	9,7%	8,1%	5,5%	5,2%	5,0%	7,4%	7,9%	
Kohlekessel	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
elektr. WP	60,3%	55,6%	47,8%	33,5%	29,2%	24,6%	43,7%	46,8%	
Stufe 1	30,2%	27,8%	22,7%	16,7%	14,6%	12,0%	21,7%	23,2%	
Stufe 2	15,1%	13,9%	12,5%	8,4%	7,3%	6,3%	11,0%	11,8%	
Stufe 3	15,1%	13,9%	12,7%	8,4%	7,3%	6,3%	11,0%	11,8%	
Gas-WP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
Gas-BHKW	0,0%	0,0%	0,0%	8,3%	7,2%	6,1%	4,1%	3,1%	
Biom-BHKW	0,0%	0,0%	0,0%	8,3%	7,2%	6,0%	4,1%	3,1%	
Gasofen	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
Ölofen	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
Holzofen	0,2%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	
Kohleofen	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
dezentral direktelekt.	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	
Anteile thermischer Solaranlagen							gesamt**	gesamt****	
Solarthermische Anlagen	70,1%	73,7%	69,4%	63,0%	60,5%	58,7%	66,1%	67,2%	
nur Warmwasserbereitung	16,1%	19,0%	21,0%	15,7%	15,8%	12,6%	16,4%	16,8%	
Heizungsunterstützung	54,0%	54,7%	48,4%	47,3%	44,6%	46,1%	49,7%	50,5%	

Szenario Basis, Wohngebäudebestand 2009 im Jahr...		2050							
	EFH I	EFH II	EFH III	MFHI	MFHII	MFHIII			
Baujahr	bis 1978	1979-1994	1995-2009	bis 1978	1979-1994	1995-2009			
Modernisierter Anteil der Bauteilfläche							gesamt*		
Wand	95%	41%	15%	95%	49%	15%	70%		
Dach	100%	66%	19%	100%	57%	19%	77%		
OGD	100%	95%	23%	100%	100%	23%	86%		
KD	100%	70%	22%	100%	74%	22%	81%		
Fenster	100%	71%	39%	100%	84%	39%	84%		
							77%		
Modernisierter Anteil Wärmeschutz-Niveau I									
Wand	39%	7%	0%	43%	15%	0%	27%		
Dach	16%	23%	0%	10%	14%	0%	13%		
OGD	0%	21%	0%	0%	26%	0%	5%		
KD	3%	3%	0%	0%	7%	0%	3%		
Fenster	15%	12%	0%	9%	25%	0%	12%		
Modernisierter Anteil Wärmeschutz-Niveau II									
Wand	24%	19%	8%	23%	19%	8%	20%		
Dach	39%	20%	9%	42%	20%	9%	30%		
OGD	36%	33%	10%	31%	33%	10%	30%		
KD	34%	27%	9%	33%	27%	9%	28%		
Fenster	41%	27%	16%	44%	27%	16%	34%		
Modernisierter Anteil Wärmeschutz-Niveau III									
Wand	32%	15%	7%	29%	15%	7%	23%		
Dach	45%	22%	10%	48%	22%	10%	34%		
OGD	64%	41%	13%	69%	41%	13%	51%		
KD	62%	40%	13%	67%	40%	13%	50%		
Fenster	44%	33%	23%	48%	33%	23%	39%		
Anteile Wohnungslüftungsanlagen							gesamt**	gesamt****	
Lüftungsanlagen	41,8%	36,9%	31,7%	48,8%	40,8%	31,7%	42,1%	41,0%	
Abluftanlagen	7,8%	6,9%	5,6%	12,0%	10,5%	5,5%	9,1%	8,6%	
Anlagen mit LWRG	34,0%	29,9%	26,2%	36,8%	30,2%	26,1%	32,9%	32,4%	
Qualität der Wärmeverteilung***							gesamt**	gesamt****	
Wärmevert. Heizung***: Stufe 1	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
Wärmevert. Heizung***: Stufe 2	16%	52%	27%	11%	53%	60%	26%	26%	
Wärmevert. Heizung***: Stufe 3	84%	48%	73%	89%	47%	40%	74%	74%	
Wärmevert. WW: Stufe 1	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
Wärmevert. WW: Stufe 2	15%	51%	37%	18%	50%	59%	29%	28%	
Wärmevert. WW: Stufe 3	85%	49%	63%	82%	50%	41%	71%	72%	
Anteile der Haupt-Wärmeerzeuger der Heizung							gesamt**	gesamt****	
Fernwärme	5,0%	4,8%	4,8%	24,9%	24,7%	23,1%	15,2%	12,6%	
Gaskessel	10,5%	12,9%	19,3%	9,5%	13,4%	20,9%	12,2%	12,5%	
Stufe 1:KTK	0,0%	0,0%	0,4%	0,0%	0,1%	0,5%	0,1%	0,1%	
Stufe 2:NTK	0,3%	1,0%	2,6%	0,0%	1,4%	6,2%	1,0%	1,0%	
Stufe 3:BWK	10,2%	11,8%	16,3%	9,5%	11,9%	14,3%	11,1%	11,4%	
Ölkessel	0,2%	2,2%	2,6%	0,1%	0,8%	0,4%	0,6%	0,8%	
Stufe 1:KTK	0,0%	0,2%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
Stufe 2:NTK	0,0%	1,3%	2,0%	0,0%	0,3%	0,2%	0,4%	0,5%	
Stufe 3:BWK	0,2%	0,6%	0,6%	0,1%	0,5%	0,2%	0,3%	0,3%	
Biom.kessel	10,1%	9,9%	9,2%	5,0%	5,1%	5,0%	7,4%	8,0%	
Kohlekessel	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
elektr. WP	74,3%	70,2%	64,0%	40,3%	37,3%	33,8%	54,5%	58,6%	
Stufe 1	37,1%	35,1%	31,5%	20,1%	18,7%	16,8%	27,2%	29,2%	
Stufe 2	18,6%	17,6%	16,2%	10,1%	9,3%	8,5%	13,7%	14,7%	
Stufe 3	18,6%	17,6%	16,3%	10,1%	9,3%	8,5%	13,7%	14,7%	
Gas-WP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
Gas-BHKW	0,0%	0,0%	0,0%	10,1%	9,3%	8,4%	5,1%	3,8%	
Biom-BHKW	0,0%	0,0%	0,0%	10,1%	9,3%	8,4%	5,1%	3,8%	
Gasofen	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
Ölofen	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
Holzofen	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
Kohleofen	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
dezentral direktelekt.	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
Anteile thermischer Solaranlagen							gesamt**	gesamt****	
Solarthermische Anlagen	97,3%	97,7%	89,4%	97,0%	89,1%	88,8%	95,1%	95,2%	
nur Warmwasserbereitung	20,4%	22,6%	24,0%	24,3%	23,2%	21,4%	22,6%	22,4%	
Heizungsunterstützung	77,0%	75,1%	65,4%	72,7%	65,9%	67,4%	72,5%	72,7%	

Szenario Langsam, Wohngebäudebestand 2009 im Jahr...		2030							
	EFH I	EFH II	EFH III	MFHI	MFHII	MFHIII			
Baujahr	bis 1978	1979-1994	1995-2009	bis 1978	1979-1994	1995-2009			
	Modernisierter Anteil der Bauteilfläche						gesamt*		
Wand	44%	15%	3%	50%	23%	3%	33%		
Dach	100%	39%	6%	100%	30%	6%	70%		
OGD	67%	41%	5%	72%	57%	5%	53%		
KD	27%	12%	3%	29%	16%	3%	21%		
Fenster	78%	29%	7%	88%	41%	7%	59%		
							41%		
	Modernisierter Anteil Wärmeschutz-Niveau I								
Wand	26%	7%	0%	32%	15%	0%	20%		
Dach	60%	23%	0%	58%	14%	0%	41%		
OGD	36%	21%	0%	41%	37%	0%	29%		
KD	12%	3%	0%	13%	7%	0%	8%		
Fenster	37%	12%	0%	46%	25%	0%	29%		
	Modernisierter Anteil Wärmeschutz-Niveau II								
Wand	13%	6%	2%	14%	6%	2%	10%		
Dach	33%	13%	5%	34%	13%	5%	24%		
OGD	24%	16%	4%	24%	16%	4%	19%		
KD	11%	6%	2%	11%	6%	2%	8%		
Fenster	34%	13%	5%	35%	13%	5%	25%		
	Modernisierter Anteil Wärmeschutz-Niveau III								
Wand	5%	2%	1%	5%	2%	1%	3%		
Dach	7%	3%	1%	8%	3%	1%	5%		
OGD	7%	4%	1%	7%	4%	1%	5%		
KD	5%	3%	1%	5%	3%	1%	4%		
Fenster	7%	3%	1%	7%	3%	1%	5%		
	Anteile Wohnungslüftungsanlagen						gesamt**	gesamt****	
Lüftungsanlagen	5,9%	5,6%	9,0%	10,0%	9,5%	8,9%	8,2%	7,8%	
Abluftanlagen	2,0%	1,9%	2,6%	5,7%	5,5%	2,6%	3,8%	3,4%	
Anlagen mit LWRG	3,9%	3,6%	6,4%	4,3%	3,9%	6,3%	4,4%	4,4%	
	Qualität der Wärmeverteilung***						gesamt**	gesamt****	
Wärmevert. Heizung***: Stufe 1	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
Wärmevert. Heizung***: Stufe 2	61%	78%	48%	59%	79%	72%	64%	64%	
Wärmevert. Heizung***: Stufe 3	39%	22%	52%	41%	21%	28%	36%	36%	
Wärmevert. WW: Stufe 1	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
Wärmevert. WW: Stufe 2	60%	77%	50%	58%	74%	72%	62%	62%	
Wärmevert. WW: Stufe 3	40%	23%	50%	42%	26%	28%	38%	38%	
	Anteile der Haupt-Wärmeerzeuger der Heizung						gesamt**	gesamt****	
Fernwärme	2,5%	3,2%	4,0%	19,6%	27,9%	14,2%	12,2%	9,9%	
Gaskessel	40,2%	43,1%	63,6%	44,5%	52,5%	72,7%	47,3%	47,2%	
Stufe 1:KTK	0,1%	0,4%	2,5%	0,3%	1,4%	3,3%	0,7%	0,7%	
Stufe 2:NTK	4,1%	6,4%	13,2%	6,6%	12,8%	33,8%	8,8%	8,4%	
Stufe 3:BWK	36,0%	36,3%	47,9%	37,6%	38,3%	35,7%	37,8%	38,1%	
Ölkessel	30,0%	30,2%	14,9%	17,9%	6,0%	2,3%	20,2%	21,7%	
Stufe 1:KTK	2,2%	3,4%	0,6%	0,4%	0,0%	0,0%	1,1%	1,4%	
Stufe 2:NTK	18,8%	19,0%	11,4%	8,7%	2,8%	1,0%	11,8%	13,1%	
Stufe 3:BWK	9,0%	7,9%	2,9%	8,9%	3,3%	1,3%	7,3%	7,2%	
Biom.kessel	11,4%	9,8%	5,3%	7,9%	5,6%	4,9%	8,5%	8,7%	
Kohlekessel	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
elektr. WP	13,8%	13,7%	11,9%	7,3%	5,5%	4,2%	9,8%	10,7%	
Stufe 1	6,8%	6,8%	2,9%	3,6%	2,7%	1,4%	4,6%	4,9%	
Stufe 2	3,6%	3,7%	4,3%	2,0%	1,4%	1,4%	2,7%	3,0%	
Stufe 3	3,3%	3,2%	4,7%	1,7%	1,4%	1,5%	2,5%	2,8%	
Gas-WP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
Gas-BHKW	0,0%	0,0%	0,0%	1,4%	1,2%	1,0%	0,7%	0,5%	
Biom-BHKW	0,0%	0,0%	0,0%	1,3%	1,2%	0,7%	0,7%	0,5%	
Gasofen	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
Ölofen	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
Holzofen	2,2%	0,0%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,7%	0,8%	
Kohlofen	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
dezentral direktelekt.	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
	Anteile thermischer Solaranlagen						gesamt**	gesamt****	
Solarthermische Anlagen	37,2%	41,6%	42,6%	16,3%	13,3%	15,5%	26,7%	29,8%	
nur Warmwasserbereitung	13,3%	16,4%	18,8%	4,6%	4,0%	4,8%	9,4%	10,8%	
Heizungsunterstützung	24,0%	25,2%	23,8%	11,7%	9,3%	10,8%	17,3%	19,0%	

Szenario Langsam, Wohngebäudebestand 2009 im Jahr...		2050							
	EFH I	EFH II	EFH III	MFHI	MFHII	MFHIII			
Baujahr	bis 1978	1979-1994	1995-2009	bis 1978	1979-1994	1995-2009			
Modernisierter Anteil der Bauteilfläche							gesamt*		
Wand	86%	35%	11%	90%	43%	11%	64%		
Dach	100%	61%	16%	100%	52%	16%	76%		
OGD	100%	84%	18%	100%	100%	18%	83%		
KD	94%	54%	16%	100%	58%	16%	73%		
Fenster	100%	63%	30%	100%	75%	30%	80%		
							72%		
Modernisierter Anteil Wärmeschutz-Niveau I									
Wand	37%	7%	0%	42%	15%	0%	26%		
Dach	16%	23%	0%	10%	14%	0%	13%		
OGD	7%	21%	0%	1%	37%	0%	9%		
KD	18%	3%	0%	18%	7%	0%	12%		
Fenster	14%	12%	0%	8%	25%	0%	11%		
Modernisierter Anteil Wärmeschutz-Niveau II									
Wand	26%	17%	7%	26%	17%	7%	21%		
Dach	50%	22%	9%	53%	22%	9%	37%		
OGD	46%	34%	9%	50%	34%	9%	37%		
KD	32%	24%	7%	35%	24%	7%	27%		
Fenster	52%	27%	14%	56%	27%	14%	40%		
Modernisierter Anteil Wärmeschutz-Niveau III									
Wand	24%	11%	5%	22%	11%	5%	18%		
Dach	34%	16%	7%	37%	16%	7%	26%		
OGD	46%	29%	9%	49%	29%	9%	36%		
KD	44%	27%	9%	47%	27%	9%	35%		
Fenster	33%	23%	15%	36%	23%	15%	28%		
Anteile Wohnungslüftungsanlagen							gesamt**	gesamt****	
Lüftungsanlagen	31,7%	28,0%	25,7%	38,0%	31,9%	25,7%	32,6%	31,8%	
Abluftanlagen	6,6%	5,8%	4,8%	10,6%	9,4%	4,8%	7,9%	7,4%	
Anlagen mit LWRG	3,9%	3,6%	6,4%	4,3%	3,9%	6,3%	24,7%	24,3%	
Qualität der Wärmeverteilung***							gesamt**	gesamt****	
Wärmevert. Heizung***: Stufe 1	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
Wärmevert. Heizung***: Stufe 2	24%	58%	30%	20%	58%	63%	33%	33%	
Wärmevert. Heizung***: Stufe 3	76%	42%	70%	80%	42%	37%	67%	67%	
Wärmevert. WW: Stufe 1	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
Wärmevert. WW: Stufe 2	24%	57%	40%	25%	54%	62%	62%	35%	
Wärmevert. WW: Stufe 3	76%	43%	60%	75%	46%	38%	38%	65%	
Anteile der Haupt-Wärmeerzeuger der Heizung							gesamt**	gesamt****	
Fernwärme	4,6%	4,5%	4,7%	24,0%	25,1%	21,4%	14,6%	12,1%	
Gaskessel	15,3%	18,5%	29,6%	13,5%	20,6%	32,9%	18,0%	18,4%	
Stufe 1:KTK	0,0%	0,0%	0,8%	0,0%	0,2%	1,1%	0,2%	0,2%	
Stufe 2:NTK	0,5%	1,3%	4,7%	0,0%	2,2%	11,5%	1,7%	1,7%	
Stufe 3:BWK	14,8%	17,2%	24,1%	13,4%	18,2%	20,4%	16,1%	16,5%	
Ölkessel	3,3%	6,3%	4,8%	1,7%	1,1%	0,0%	2,7%	3,1%	
Stufe 1:KTK	0,0%	0,4%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	
Stufe 2:NTK	1,6%	3,5%	3,2%	0,1%	0,4%	0,0%	1,2%	1,5%	
Stufe 3:BWK	1,6%	2,3%	1,5%	1,5%	0,7%	0,0%	1,4%	1,5%	
Biom.kessel	10,3%	10,3%	8,8%	5,4%	5,6%	5,4%	7,6%	8,2%	
Kohlekessel	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
elektr. WP	66,5%	60,5%	52,2%	37,1%	31,8%	27,0%	48,1%	51,4%	
Stufe 1	33,2%	30,2%	25,0%	18,5%	15,9%	13,2%	23,9%	25,5%	
Stufe 2	16,6%	15,2%	13,5%	9,3%	8,0%	6,9%	12,1%	12,9%	
Stufe 3	16,6%	15,1%	13,7%	9,3%	8,0%	6,9%	12,1%	12,9%	
Gas-WP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
Gas-BHKW	0,0%	0,0%	0,0%	9,2%	7,9%	6,7%	4,5%	3,4%	
Biom-BHKW	0,0%	0,0%	0,0%	9,2%	7,9%	6,6%	4,5%	3,4%	
Gasofen	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
Ölofen	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
Holzofen	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
Kohlofen	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
dezentral direktelekt.	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
Anteile thermischer Solaranlagen							gesamt**	gesamt****	
Solarthermische Anlagen	88,8%	88,8%	81,9%	78,1%	69,4%	66,9%	81,0%	82,4%	
nur Warmwasserbereitung	21,4%	23,4%	24,6%	20,9%	18,9%	15,0%	21,0%	21,4%	
Heizungsunterstützung	67,4%	65,4%	57,3%	57,2%	50,4%	51,9%	59,9%	61,0%	

Szenario Schnell, Wohngebäudebestand 2009 im Jahr...		2030							
	EFH I	EFH II	EFH III	MFHI	MFHII	MFHIII			
Baujahr	bis 1978	1979-1994	1995-2009	bis 1978	1979-1994	1995-2009			
Modernisierter Anteil der Bauteilfläche							gesamt*		
Wand	53%	21%	5%	58%	29%	5%	40%		
Dach	100%	41%	7%	100%	32%	7%	71%		
OGD	85%	54%	7%	91%	70%	7%	67%		
KD	54%	31%	6%	57%	35%	6%	42%		
Fenster	80%	38%	12%	90%	50%	12%	63%		
							51%		
Modernisierter Anteil Wärmeschutz-Niveau I									
Wand	28%	7%	0%	34%	15%	0%	21%		
Dach	60%	23%	0%	58%	14%	0%	41%		
OGD	38%	21%	0%	42%	37%	0%	30%		
KD	14%	3%	0%	16%	7%	0%	10%		
Fenster	39%	12%	0%	48%	25%	0%	30%		
Modernisierter Anteil Wärmeschutz-Niveau II									
Wand	12%	8%	3%	12%	8%	3%	10%		
Dach	23%	10%	4%	23%	10%	4%	17%		
OGD	22%	17%	4%	22%	17%	4%	18%		
KD	15%	12%	3%	16%	12%	3%	13%		
Fenster	23%	13%	6%	24%	13%	6%	18%		
Modernisierter Anteil Wärmeschutz-Niveau III									
Wand	12%	5%	2%	12%	5%	2%	9%		
Dach	18%	8%	3%	18%	8%	3%	13%		
OGD	25%	16%	3%	26%	16%	3%	20%		
KD	24%	16%	3%	25%	16%	3%	19%		
Fenster	17%	12%	6%	18%	12%	6%	15%		
Anteile Wohnungslüftungsanlagen							gesamt**	gesamt****	
Lüftungsanlagen	15,3%	14,4%	15,8%	19,7%	18,3%	15,7%	17,2%	16,7%	
Abluftanlagen	3,5%	3,3%	2,9%	7,2%	6,9%	2,9%	5,1%	4,6%	
Anlagen mit LWRG	11,8%	11,1%	12,9%	12,5%	11,4%	12,9%	12,1%	12,1%	
Qualität der Wärmeverteilung***							gesamt**	gesamt****	
Wärmevert. Heizung***: Stufe 1	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
Wärmevert. Heizung***: Stufe 2	53%	72%	44%	51%	73%	69%	57%	57%	
Wärmevert. Heizung***: Stufe 3	47%	28%	56%	49%	27%	31%	43%	43%	
Wärmevert. WW: Stufe 1	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
Wärmevert. WW: Stufe 2	52%	71%	47%	49%	68%	69%	55%	55%	
Wärmevert. WW: Stufe 3	48%	29%	53%	51%	32%	31%	45%	45%	
Anteile der Haupt-Wärmeerzeuger der Heizung							gesamt**	gesamt****	
Fernwärme	3,3%	3,5%	4,2%	18,7%	22,4%	17,3%	11,8%	9,8%	
Gaskessel	30,6%	32,8%	45,3%	32,4%	37,5%	51,4%	34,7%	34,8%	
Stufe 1:KTK	0,4%	0,6%	1,3%	0,5%	1,2%	1,7%	0,7%	0,7%	
Stufe 2:NTK	5,3%	6,9%	9,4%	7,4%	11,3%	23,8%	8,3%	8,0%	
Stufe 3:BWK	24,9%	25,3%	34,6%	24,5%	25,0%	25,9%	25,7%	26,1%	
Ölkessel	17,1%	18,3%	10,9%	11,6%	7,3%	2,8%	12,8%	13,5%	
Stufe 1:KTK	1,2%	2,1%	0,3%	0,5%	0,0%	0,0%	0,8%	0,9%	
Stufe 2:NTK	11,3%	12,2%	9,0%	6,9%	4,1%	2,0%	8,3%	8,9%	
Stufe 3:BWK	4,6%	4,0%	1,6%	4,2%	3,2%	0,8%	3,8%	3,7%	
Biom.kessel	9,2%	8,5%	6,4%	5,6%	4,6%	4,5%	6,8%	7,2%	
Kohlekessel	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
elektr. WP	38,6%	36,6%	32,8%	21,1%	18,7%	16,2%	28,1%	30,2%	
Stufe 1	19,3%	18,3%	14,5%	10,5%	9,4%	7,7%	13,9%	14,9%	
Stufe 2	9,7%	9,3%	9,0%	5,3%	4,7%	4,2%	7,2%	7,7%	
Stufe 3	9,6%	9,1%	9,3%	5,2%	4,7%	4,3%	7,1%	7,7%	
Gas-WP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
Gas-BHKW	0,0%	0,0%	0,0%	5,1%	4,6%	4,1%	2,6%	2,0%	
Biom-BHKW	0,0%	0,0%	0,0%	5,1%	4,6%	3,8%	2,6%	1,9%	
Gasofen	0,2%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	
Ölofen	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	
Holzofen	0,9%	0,0%	0,3%	0,1%	0,0%	0,0%	0,3%	0,4%	
Kohlofen	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
dezentral direktelekt.	0,0%	0,4%	0,1%	0,1%	0,3%	0,0%	0,1%	0,1%	
Anteile thermischer Solaranlagen							gesamt**	gesamt****	
Solarthermische Anlagen	45,9%	50,2%	51,9%	34,7%	38,6%	38,6%	41,5%	43,2%	
nur Warmwasserbereitung	12,4%	15,5%	18,4%	8,2%	10,1%	8,6%	11,2%	12,0%	
Heizungsunterstützung	33,5%	34,7%	33,5%	26,4%	28,5%	30,0%	30,3%	31,2%	

Szenario Schnell, Wohngebäudebestand 2009 im Jahr...			2050						
	EFH I	EFH II	EFH III	MFHI	MFHII	MFHIII			
Baujahr	bis 1978	1979-1994	1995-2009	bis 1978	1979-1994	1995-2009			
Modernisierter Anteil der Bauteilfläche							gesamt*		
Wand	97%	43%	16%	96%	51%	16%	72%		
Dach	100%	68%	20%	100%	59%	20%	78%		
OGD	100%	99%	25%	100%	100%	25%	87%		
KD	100%	76%	25%	100%	80%	25%	82%		
Fenster	100%	75%	44%	100%	87%	44%	85%		
							79%		
Modernisierter Anteil Wärmeschutz-Niveau I									
Wand	39%	7%	0%	43%	15%	0%	27%		
Dach	16%	23%	0%	10%	14%	0%	13%		
OGD	0%	21%	0%	0%	22%	0%	5%		
KD	0%	3%	0%	0%	7%	0%	1%		
Fenster	16%	12%	0%	9%	25%	0%	12%		
Modernisierter Anteil Wärmeschutz-Niveau II									
Wand	24%	19%	8%	22%	19%	8%	20%		
Dach	36%	20%	9%	38%	20%	9%	28%		
OGD	29%	33%	10%	23%	33%	10%	25%		
KD	29%	28%	9%	24%	28%	9%	25%		
Fenster	36%	26%	17%	39%	26%	17%	31%		
Modernisierter Anteil Wärmeschutz-Niveau III									
Wand	34%	17%	7%	30%	17%	7%	25%		
Dach	48%	25%	11%	52%	25%	11%	37%		
OGD	71%	46%	15%	76%	46%	15%	56%		
KD	70%	45%	15%	75%	45%	15%	56%		
Fenster	48%	36%	27%	52%	36%	27%	42%		
Anteile Wohnungslüftungsanlagen							gesamt**	gesamt****	
Lüftungsanlagen	45,6%	40,2%	33,8%	52,9%	44,2%	33,8%	45,6%	44,5%	
Abluftanlagen	8,3%	7,3%	5,9%	12,5%	10,9%	5,9%	9,5%	9,0%	
Anlagen mit LWRG	37,4%	32,9%	27,9%	40,5%	33,2%	27,9%	36,1%	35,5%	
Qualität der Wärmeverteilung***							gesamt**	gesamt****	
Wärmevert. Heizung***: Stufe 1	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
Wärmevert. Heizung***: Stufe 2	13%	50%	25%	8%	51%	59%	23%	23%	
Wärmevert. Heizung***: Stufe 3	87%	50%	75%	92%	49%	41%	77%	77%	
Wärmevert. WW: Stufe 1	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
Wärmevert. WW: Stufe 2	12%	49%	36%	15%	49%	58%	26%	26%	
Wärmevert. WW: Stufe 3	88%	51%	64%	85%	51%	42%	74%	74%	
Anteile der Haupt-Wärmeerzeuger der Heizung							gesamt**	gesamt****	
Fernwärme	5,0%	4,9%	4,8%	25,0%	24,7%	23,5%	15,2%	12,7%	
Gaskessel	9,8%	11,9%	16,7%	9,4%	12,2%	17,8%	11,3%	11,5%	
Stufe 1:KTK	0,0%	0,0%	0,2%	0,0%	0,1%	0,3%	0,1%	0,1%	
Stufe 2:NTK	0,1%	0,9%	2,1%	0,0%	1,2%	4,8%	0,8%	0,8%	
Stufe 3:BWK	9,7%	10,9%	14,3%	9,4%	10,9%	12,7%	10,4%	10,6%	
Ölkessel	0,1%	1,4%	2,1%	0,0%	0,7%	0,6%	0,5%	0,6%	
Stufe 1:KTK	0,0%	0,1%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
Stufe 2:NTK	0,0%	0,9%	1,7%	0,0%	0,3%	0,4%	0,3%	0,4%	
Stufe 3:BWK	0,1%	0,4%	0,4%	0,0%	0,3%	0,2%	0,1%	0,2%	
Biom.kessel	10,0%	9,9%	9,3%	5,0%	5,0%	4,9%	7,3%	8,0%	
Kohlekessel	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
elektr. WP	75,1%	71,9%	66,9%	40,4%	38,3%	35,4%	55,5%	59,7%	
Stufe 1	37,6%	36,0%	33,1%	20,2%	19,2%	17,6%	27,7%	29,8%	
Stufe 2	18,8%	18,0%	16,9%	10,1%	9,6%	8,9%	13,9%	14,9%	
Stufe 3	18,8%	18,0%	16,9%	10,1%	9,6%	8,9%	13,9%	14,9%	
Gas-WP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
Gas-BHKW	0,0%	0,0%	0,0%	10,1%	9,6%	8,9%	5,1%	3,8%	
Biom-BHKW	0,0%	0,0%	0,0%	10,1%	9,6%	8,8%	5,1%	3,8%	
Gasofen	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
Ölofen	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
Holzofen	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
Kohleofen	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
dezentral direktelekt.	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
Anteile thermischer Solaranlagen							gesamt**	gesamt****	
Solarthermische Anlagen	96,5%	94,2%	91,9%	93,9%	95,7%	95,5%	94,8%	94,9%	
nur Warmwasserbereitung	20,3%	22,1%	24,4%	23,2%	24,7%	23,0%	22,5%	22,3%	
Heizungsunterstützung	76,2%	72,1%	67,5%	70,8%	71,0%	72,5%	72,3%	72,5%	

Szenario Trend, Wohngebäudebestand 2009 im Jahr...		2030							
	EFH I	EFH II	EFH III	MFHI	MFHII	MFHIII			
Baujahr	bis 1978	1979-1994	1995-2009	bis 1978	1979-1994	1995-2009			
Modernisierter Anteil der Bauteilfläche							gesamt*		
Wand	40%	14%	2%	47%	22%	2%	31%		
Dach	100%	41%	7%	100%	32%	7%	71%		
OGD	60%	38%	5%	65%	54%	5%	48%		
KD	17%	5%	2%	18%	9%	2%	12%		
Fenster	77%	28%	8%	87%	40%	8%	58%		
							37%		
Modernisierter Anteil Wärmeschutz-Niveau I									
Wand	24%	7%	0%	30%	15%	0%	18%		
Dach	57%	23%	0%	55%	14%	0%	39%		
OGD	34%	21%	0%	38%	37%	0%	27%		
KD	10%	3%	0%	11%	7%	0%	7%		
Fenster	37%	12%	0%	46%	25%	0%	29%		
Modernisierter Anteil Wärmeschutz-Niveau II									
Wand	15%	7%	2%	16%	7%	2%	11%		
Dach	40%	17%	7%	42%	17%	7%	30%		
OGD	24%	15%	5%	25%	15%	5%	19%		
KD	6%	2%	2%	6%	2%	2%	5%		
Fenster	37%	15%	7%	39%	15%	7%	27%		
Modernisierter Anteil Wärmeschutz-Niveau III									
Wand	1%	1%	0%	1%	1%	0%	1%		
Dach	3%	1%	1%	3%	1%	1%	2%		
OGD	2%	1%	0%	2%	1%	0%	2%		
KD	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		
Fenster	3%	1%	1%	3%	1%	1%	2%		
Anteile Wohnungslüftungsanlagen							gesamt**	gesamt****	
Lüftungsanlagen	2,6%	2,4%	6,4%	6,6%	6,4%	6,4%	5,0%	4,6%	
Abluftanlagen	1,4%	1,4%	2,6%	5,1%	5,0%	2,6%	3,3%	2,9%	
Anlagen mit LWRG	1,1%	1,1%	3,8%	1,5%	1,4%	3,8%	1,7%	1,7%	
Qualität der Wärmeverteilung***							gesamt**	gesamt****	
Wärmevert. Heizung***: Stufe 1	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
Wärmevert. Heizung***: Stufe 2	63%	81%	46%	61%	81%	74%	66%	66%	
Wärmevert. Heizung***: Stufe 3	37%	19%	54%	39%	19%	26%	34%	34%	
Wärmevert. WW: Stufe 1	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
Wärmevert. WW: Stufe 2	63%	79%	51%	61%	76%	74%	64%	65%	
Wärmevert. WW: Stufe 3	37%	21%	49%	39%	24%	26%	35%	35%	
Anteile der Haupt-Wärmeerzeuger der Heizung							gesamt**	gesamt****	
Fernwärme	2,0%	2,8%	3,8%	17,4%	26,0%	13,0%	10,9%	8,9%	
Gaskessel	44,6%	47,3%	66,2%	50,3%	57,8%	75,9%	52,1%	51,7%	
Stufe 1:KTK	0,0%	0,3%	2,6%	0,2%	1,4%	3,4%	0,7%	0,7%	
Stufe 2:NTK	3,8%	6,1%	13,6%	6,7%	12,9%	34,9%	8,8%	8,4%	
Stufe 3:BWK	40,8%	40,9%	50,0%	43,3%	43,5%	37,7%	42,6%	42,6%	
Ölkessel	35,2%	35,1%	17,6%	21,9%	9,6%	4,3%	24,3%	25,9%	
Stufe 1:KTK	2,6%	3,8%	0,7%	0,5%	0,0%	0,0%	1,3%	1,6%	
Stufe 2:NTK	21,8%	21,8%	13,4%	12,3%	5,3%	2,3%	14,7%	16,0%	
Stufe 3:BWK	10,8%	9,5%	3,5%	9,1%	4,3%	2,0%	8,2%	8,3%	
Biom.kessel	11,3%	9,8%	5,0%	8,3%	5,9%	4,9%	8,6%	8,8%	
Kohlekessel	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
elektr. WP	4,6%	5,1%	7,1%	2,0%	0,7%	1,6%	3,4%	3,8%	
Stufe 1	2,3%	2,5%	0,5%	1,0%	0,3%	0,1%	1,3%	1,5%	
Stufe 2	1,3%	1,5%	3,1%	0,7%	0,2%	0,7%	1,1%	1,3%	
Stufe 3	1,0%	1,1%	3,5%	0,4%	0,2%	0,8%	0,9%	1,1%	
Gas-WP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
Gas-BHKW	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,3%	0,1%	0,0%	
Biom-BHKW	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
Gasofen	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
Ölofen	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
Holzofen	2,3%	0,0%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,7%	0,8%	
Kohlofen	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
dezentral direktelekt.	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
Anteile thermischer Solaranlagen							gesamt**	gesamt****	
Solarthermische Anlagen	33,3%	37,2%	38,9%	7,9%	3,0%	6,7%	20,2%	24,0%	
nur Warmwasserbereitung	17,1%	19,9%	21,7%	3,9%	1,6%	3,8%	10,6%	12,6%	
Heizungsunterstützung	16,2%	17,3%	17,2%	4,0%	1,5%	3,0%	9,6%	11,4%	

Szenario Trend, Wohngebäudebestand 2009 im Jahr...		2050							
	EFH I	EFH II	EFH III	MFHI	MFHII	MFHIII			
Baujahr	bis 1978	1979-1994	1995-2009	bis 1978	1979-1994	1995-2009			
Modernisierter Anteil der Bauteilfläche							gesamt*		
Wand	62%	29%	7%	71%	37%	7%	48%		
Dach	100%	73%	19%	100%	64%	19%	79%		
OGD	89%	59%	17%	97%	75%	17%	72%		
KD	24%	10%	4%	26%	14%	4%	18%		
Fenster	100%	57%	34%	100%	69%	34%	79%		
							52%		
Modernisierter Anteil Wärmeschutz-Niveau I									
Wand	27%	7%	0%	33%	15%	0%	20%		
Dach	8%	23%	0%	1%	14%	0%	8%		
OGD	34%	21%	0%	38%	37%	0%	27%		
KD	10%	3%	0%	11%	7%	0%	7%		
Fenster	16%	12%	0%	10%	25%	0%	12%		
Modernisierter Anteil Wärmeschutz-Niveau II									
Wand	31%	20%	7%	34%	20%	7%	25%		
Dach	84%	46%	18%	90%	46%	18%	64%		
OGD	50%	34%	15%	54%	34%	15%	41%		
KD	13%	7%	4%	14%	7%	4%	10%		
Fenster	77%	40%	31%	82%	40%	31%	61%		
Modernisierter Anteil Wärmeschutz-Niveau III									
Wand	4%	2%	1%	4%	2%	1%	3%		
Dach	8%	5%	2%	9%	5%	2%	6%		
OGD	5%	3%	2%	5%	3%	2%	4%		
KD	1%	1%	0%	1%	1%	0%	1%		
Fenster	7%	4%	3%	8%	4%	3%	6%		
Anteile Wohnungslüftungsanlagen							gesamt**	gesamt****	
Lüftungsanlagen	5,0%	4,4%	8,4%	9,3%	8,4%	8,4%	7,3%	6,9%	
Abluftanlagen	2,6%	2,4%	3,6%	6,4%	6,0%	3,6%	4,4%	4,0%	
Anlagen mit LWRG	2,4%	2,1%	4,8%	2,8%	2,4%	4,8%	2,9%	2,9%	
Qualität der Wärmeverteilung***							gesamt**	gesamt****	
Wärmevert. Heizung***: Stufe 1	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
Wärmevert. Heizung***: Stufe 2	36%	70%	23%	40%	72%	71%	47%	48%	
Wärmevert. Heizung***: Stufe 3	64%	30%	77%	60%	28%	29%	53%	52%	
Wärmevert. WW: Stufe 1	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
Wärmevert. WW: Stufe 2	44%	70%	47%	39%	67%	70%	50%	49%	
Wärmevert. WW: Stufe 3	56%	30%	53%	61%	33%	30%	50%	51%	
Anteile der Haupt-Wärmeerzeuger der Heizung							gesamt**	gesamt****	
Fernwärme	2,5%	3,1%	3,9%	21,9%	28,9%	16,1%	13,1%	10,6%	
Gaskessel	41,8%	43,7%	62,0%	43,6%	52,2%	70,3%	47,5%	47,5%	
Stufe 1:KTK	0,0%	0,0%	1,2%	0,0%	0,1%	1,7%	0,2%	0,3%	
Stufe 2:NTK	2,0%	2,2%	7,9%	1,1%	3,5%	19,3%	3,6%	3,6%	
Stufe 3:BWK	39,8%	41,5%	53,0%	42,5%	48,5%	49,3%	43,6%	43,6%	
Ölkessel	27,1%	28,1%	14,0%	16,0%	6,2%	2,0%	18,3%	19,7%	
Stufe 1:KTK	0,1%	0,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,2%	
Stufe 2:NTK	13,9%	15,0%	7,1%	7,7%	3,2%	1,0%	9,2%	10,0%	
Stufe 3:BWK	13,1%	12,3%	7,0%	8,2%	3,1%	1,0%	8,9%	9,5%	
Biom.kessel	19,5%	16,6%	10,2%	15,5%	11,4%	9,1%	15,4%	15,7%	
Kohlekessel	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
elektr. WP	8,7%	8,5%	9,8%	2,9%	1,4%	2,1%	5,6%	6,4%	
Stufe 1	4,3%	4,2%	1,8%	1,4%	0,7%	0,4%	2,4%	2,7%	
Stufe 2	2,3%	2,4%	3,7%	0,9%	0,3%	0,8%	1,7%	1,9%	
Stufe 3	2,1%	1,9%	4,2%	0,6%	0,3%	0,9%	1,5%	1,8%	
Gas-WP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
Gas-BHKW	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,3%	0,1%	0,0%	
Biom-BHKW	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
Gasofen	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
Ölofen	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
Holzofen	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	
Kohlofen	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
dezentral direktelekt.	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
Anteile thermischer Solaranlagen							gesamt**	gesamt****	
Solarthermische Anlagen	62,8%	61,2%	58,9%	16,1%	5,0%	8,7%	36,3%	42,6%	
nur Warmwasserbereitung	31,9%	31,9%	31,7%	8,0%	2,6%	4,8%	18,7%	21,9%	
Heizungsunterstützung	30,9%	29,3%	27,2%	8,1%	2,5%	4,0%	17,7%	20,6%	

A.2 Energiebilanzen der Szenarien

Die folgenden Tabellen zeigen Energiebilanzdaten der verschiedenen Szenarien im Überblick für die Jahre 2009, 2015, 2020, 2030, 2040 und 2050. Es sind die Gesamtergebnisse für den Wohngebäudesektor dargestellt (Bestand 2009 und Neubau ab 2010). Brennstoffverbräuche beziehen sich auf den (unteren) Heizwert. Solarthermische Anlagen stehen im Modell stellvertretend auch für die Kombination Photovoltaik und Wärmepumpe. Der (unbekannte) Betrag der in Photovoltaikanlagen erzeugten elektrischen Energie ist in den Bilanzen nicht ausgewiesen. Die Abkürzung „LWRG“ steht für Lüftungwärmerückgewinnung, „KWK“ für Kraft-Wärme-Kopplung.

Szenario Basis		2009	2015	2020	2030	2040	2050
<u>Kenngößen für die Gesamtbewertung</u>							
CO2-Emissionen	Mt/a	135,0	125,0	115,1	78,5	45,3	24,3
THG-Emissionen	Mt/a	164,2	152,4	141,1	100,0	61,8	36,0
Primärenergieverbrauch	TWh/a	652,0	603,1	551,1	386,8	244,7	160,7
Gesamt-Wärmeverbrauch	TWh/a	566,9	546,7	525,4	453,5	383,4	322,3
CO2-Emissionsfaktor der Wärmeversorgung	kg/kWh	0,238	0,229	0,219	0,173	0,118	0,075
THG-Emissionsfaktor der Wärmeversorgung	kg/kWh	0,290	0,279	0,269	0,221	0,161	0,112
Primärenergie-Aufwandszahl der Wärmeversorgung		1,150	1,103	1,049	0,853	0,638	0,499
Biomasseverbrauch	TWh/a	68,1	76,7	81,1	99,3	107,7	101,6
<u>Wärmeverbrauch im Bestand 2009</u>							
Heizwärmeverbrauch (vor Anrechnung LWRG)	TWh/a	437,7	415,3	391,7	326,1	262,0	208,6
Heizwärmeverbrauch (nach Anrechnung LWRG)	TWh/a	437,4	414,9	390,6	321,3	252,2	192,7
Nutzwärmeverbrauch Warmwasser (WW)	TWh/a	52,8	52,1	51,5	50,3	49,1	47,9
Wärmeverteiler- und Speicherverluste Heizg./WW	TWh/a	76,7	71,7	68,6	60,4	54,0	46,9
Gesamt-Wärmeverbrauch im Bestand 2009	TWh/a	566,9	538,7	510,7	432,1	355,3	287,5
<u>Wärmeverbrauch im Neubau ab 2010</u>							
Gesamt-Wärmeverbrauch Neubau (vor Anrechnung LWRG)	TWh/a	0,0	8,7	16,3	24,7	33,0	41,3
Gesamt-Wärmeverbrauch Neubau	TWh/a	0,0	8,0	14,8	21,4	28,1	34,8
<u>Endenergieverbrauch der Wohngebäude</u>							
Fernwärme	TWh/a	34,0	36,2	39,4	40,3	38,1	32,4
Erdgas	TWh/a	295,2	277,7	254,6	165,4	85,9	49,4
Heizöl	TWh/a	186,6	168,8	144,0	66,5	17,6	2,7
Kohle	TWh/a	3,1	1,3	0,1	0,0	0,0	0,0
Biomasse Typ 1	TWh/a	54,7	62,5	63,5	54,4	42,6	33,3
Biomasse Typ 2	TWh/a	0,0	0,0	1,6	10,1	15,6	13,9
Strom (ohne Strom aus Gebäude-KWK)	TWh/a	31,2	27,5	28,8	48,1	61,6	60,0
Solarwärme	TWh/a	3,9	7,8	13,6	30,1	44,8	56,6
Umweltwärme	TWh/a	5,2	8,3	20,0	71,2	104,7	98,9
Endenergieverbrauch gesamt (ohne Gebäude-KWK-Strom)	TWh/a	614,0	590,1	565,8	486,0	410,8	347,1
Strom aus in den Gebäuden installierter KWK	TWh/a	0,1	0,1	1,1	6,4	10,4	10,4
Endenergieverbrauch gesamt mit Gebäude-KWK-Strom	TWh/a	614,1	590,2	566,8	492,4	421,2	357,5
<u>Brennstoffverbrauch (Gebäude, Strom- und Fernwärmerzeugung)</u>							
Erdgas	TWh/a	332,7	315,0	296,3	218,5	151,0	116,9
Heizöl	TWh/a	188,0	169,6	144,9	67,4	18,2	2,7
Steinkohle	TWh/a	26,0	25,4	27,2	24,3	13,9	0,0
Braunkohle	TWh/a	22,6	19,2	18,8	20,5	13,1	0,0
Biomasse Typ 1	TWh/a	66,0	73,8	75,5	79,7	78,0	71,9
Biomasse Typ 2	TWh/a	2,1	2,9	5,6	19,6	29,7	29,6
Kernbrennstoffe	TWh/a	12,9	6,6	0,0	0,0	0,0	0,0
<u>Stromverbrauch und Verteilverluste</u>							
Stromverbrauch Wohngebäude	TWh/a	31,3	27,6	29,9	54,5	72,0	70,4
Stromverbrauch Fernwärme	TWh/a	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4
Verteilverluste Strom	TWh/a	1,6	1,4	1,5	2,5	3,2	3,2
<u>Stromerzeugung</u>							
allgemeine Stromerzeugung	TWh/a	18,0	13,0	12,8	31,0	44,5	44,1
Stromerzeugung in Fernwärme-KWK	TWh/a	15,2	16,3	17,8	20,1	20,8	19,4
Stromerzeugung in Gebäude-KWK	TWh/a	0,1	0,1	1,1	6,4	10,4	10,4
Stromerzeugung gesamt	TWh/a	33,3	29,4	31,8	57,4	75,7	74,0
<u>Wohnflächen</u>							
Wohnfläche Bestand 2009	Mrd. m ²	3,52	3,47	3,43	3,35	3,27	3,19
Wohnfläche Neubau ab 2010	Mrd. m ²	0,00	0,12	0,23	0,37	0,51	0,65
Wohnfläche gesamt	Mrd. m ²	3,52	3,59	3,66	3,72	3,78	3,84

Szenario Langsam		2009	2015	2020	2030	2040	2050
<u>Kenngößen für die Gesamtbewertung</u>							
CO ₂ -Emissionen	Mt/a	135,0	125,0	117,1	90,6	57,0	29,7
THG-Emissionen	Mt/a	164,2	152,4	143,1	112,9	74,9	42,7
Primärenergieverbrauch	TWh/a	652,0	603,1	562,7	450,1	303,7	188,9
Gesamt-Wärmeverbrauch	TWh/a	566,9	546,7	529,2	477,3	409,5	344,4
CO ₂ -Emissionsfaktor der Wärmeversorgung	kg/kWh	0,238	0,229	0,221	0,190	0,139	0,086
THG-Emissionsfaktor der Wärmeversorgung	kg/kWh	0,290	0,279	0,270	0,237	0,183	0,124
Primärenergie-Aufwandszahl der Wärmeversorgung		1,150	1,103	1,063	0,943	0,742	0,549
Biomasseverbrauch	TWh/a	68,1	76,7	83,0	100,2	109,5	107,2
<u>Wärmeverbrauch im Bestand 2009</u>							
Heizwärmeverbrauch (vor Anrechnung LWRG)	TWh/a	437,7	415,3	396,3	347,4	283,8	226,0
Heizwärmeverbrauch (nach Anrechnung LWRG)	TWh/a	437,4	414,9	395,7	345,3	277,7	214,2
Nutzwärmeverbrauch Warmwasser (WW)	TWh/a	52,8	52,1	51,5	50,3	49,1	47,9
Wärmeverteiler- und Speicherverluste Heizg./WW	TWh/a	76,7	71,7	67,2	60,3	54,6	47,6
Gesamt-Wärmeverbrauch im Bestand 2009	TWh/a	566,9	538,7	514,4	455,8	381,4	309,6
<u>Wärmeverbrauch im Neubau ab 2010</u>							
Gesamt-Wärmeverbrauch Neubau (vor Anrechnung LWRG)	TWh/a	0,0	8,7	16,3	24,7	33,0	41,3
Gesamt-Wärmeverbrauch Neubau	TWh/a	0,0	8,0	14,8	21,4	28,1	34,8
<u>Endenergieverbrauch der Wohngebäude</u>							
Fernwärme	TWh/a	34,0	36,2	37,7	42,3	39,8	34,6
Erdgas	TWh/a	295,2	277,7	262,5	207,8	129,0	67,2
Heizöl	TWh/a	186,6	168,8	154,4	101,8	40,4	9,1
Kohle	TWh/a	3,1	1,3	0,1	0,0	0,0	0,0
Biomasse Typ 1	TWh/a	54,7	62,5	68,7	66,4	51,6	36,8
Biomasse Typ 2	TWh/a	0,0	0,0	0,0	3,6	11,1	14,3
Strom (ohne Strom aus Gebäude-KWK)	TWh/a	31,2	27,5	25,0	32,3	50,3	59,3
Solarwärme	TWh/a	3,9	7,8	11,2	22,6	37,9	51,0
Umweltwärme	TWh/a	5,2	8,3	11,1	35,7	79,3	98,4
Endenergieverbrauch gesamt (ohne Gebäude-KWK-Strom)	TWh/a	614,0	590,1	570,6	512,6	439,4	370,7
Strom aus in den Gebäuden installierter KWK	TWh/a	0,1	0,1	0,1	2,3	7,1	9,9
Endenergieverbrauch gesamt mit Gebäude-KWK-Strom	TWh/a	614,1	590,2	570,7	514,9	446,4	380,6
<u>Brennstoffverbrauch (Gebäude, Strom- und Fernwärmerzeugung)</u>							
Erdgas	TWh/a	332,7	315,0	301,5	254,4	187,3	134,9
Heizöl	TWh/a	188,0	169,6	155,2	102,5	40,9	9,1
Steinkohle	TWh/a	26,0	25,4	24,7	19,4	12,2	0,0
Braunkohle	TWh/a	22,6	19,2	16,2	13,3	10,4	0,0
Biomasse Typ 1	TWh/a	66,0	73,8	79,5	88,8	85,5	76,9
Biomasse Typ 2	TWh/a	2,1	2,9	3,5	11,4	24,0	30,4
Kernbrennstoffe	TWh/a	12,9	6,6	0,0	0,0	0,0	0,0
<u>Stromverbrauch und Verteilverluste</u>							
Stromverbrauch Wohngebäude	TWh/a	31,3	27,6	25,1	34,6	57,4	69,2
Stromverbrauch Fernwärme	TWh/a	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4
Verteilverluste Strom	TWh/a	1,6	1,4	1,3	1,7	2,6	3,1
<u>Stromerzeugung</u>							
allgemeine Stromerzeugung	TWh/a	18,0	13,0	9,6	13,6	31,9	42,4
Stromerzeugung in Fernwärme-KWK	TWh/a	15,2	16,3	17,0	20,9	21,5	20,5
Stromerzeugung in Gebäude-KWK	TWh/a	0,1	0,1	0,1	2,3	7,1	9,9
Stromerzeugung gesamt	TWh/a	33,3	29,4	26,8	36,8	60,4	72,7
<u>Wohnflächen</u>							
Wohnfläche Bestand 2009	Mrd. m ²	3,52	3,47	3,43	3,35	3,27	3,19
Wohnfläche Neubau ab 2010	Mrd. m ²	0,00	0,12	0,23	0,37	0,51	0,65
Wohnfläche gesamt	Mrd. m ²	3,52	3,59	3,66	3,72	3,78	3,84

Szenario Schnell		2009	2015	2020	2030	2040	2050
Kenngößen für die Gesamtbewertung							
CO ₂ -Emissionen	Mt/a	135,0	124,9	112,5	73,8	41,6	23,3
THG-Emissionen	Mt/a	164,2	152,4	138,4	94,9	57,6	34,8
Primärenergieverbrauch	TWh/a	652,0	602,9	535,7	362,3	226,6	155,0
Gesamt-Wärmeverbrauch	TWh/a	566,9	546,8	520,7	443,1	373,6	314,1
CO ₂ -Emissionsfaktor der Wärmeversorgung	kg/kWh	0,238	0,228	0,216	0,167	0,111	0,074
THG-Emissionsfaktor der Wärmeversorgung	kg/kWh	0,290	0,279	0,266	0,214	0,154	0,111
Primärenergie-Aufwandszahl der Wärmeversorgung		1,150	1,103	1,029	0,818	0,607	0,494
Biomasseverbrauch	TWh/a	68,1	76,6	82,9	99,9	108,7	99,7
Wärmeverbrauch im Bestand 2009							
Heizwärmeverbrauch (vor Anrechnung LWRG)	TWh/a	437,7	415,3	387,6	317,8	254,4	202,9
Heizwärmeverbrauch (nach Anrechnung LWRG)	TWh/a	437,4	414,9	386,0	311,8	243,2	185,5
Nutzwärmeverbrauch Warmwasser (WW)	TWh/a	52,8	52,1	51,5	50,3	49,1	47,9
Wärmeverteiler- und Speicherverluste Heizg./WW	TWh/a	76,7	71,8	68,5	59,5	53,2	45,9
Gesamt-Wärmeverbrauch im Bestand 2009	TWh/a	566,9	538,8	506,0	421,6	345,4	279,3
Wärmeverbrauch im Neubau ab 2010							
Gesamt-Wärmeverbrauch Neubau (vor Anrechnung LWRG)	TWh/a	0,0	8,7	16,3	24,7	33,0	41,3
Gesamt-Wärmeverbrauch Neubau	TWh/a	0,0	8,0	14,8	21,4	28,1	34,8
Endenergieverbrauch der Wohngebäude							
Fernwärme	TWh/a	34,0	36,2	41,3	38,4	38,3	31,7
Erdgas	TWh/a	295,2	277,8	240,8	149,1	72,6	46,0
Heizöl	TWh/a	186,6	168,8	135,2	54,8	11,2	2,0
Kohle	TWh/a	3,1	1,3	0,1	0,0	0,0	0,0
Biomasse Typ 1	TWh/a	54,7	62,6	61,9	51,8	41,4	32,4
Biomasse Typ 2	TWh/a	0,0	0,0	3,4	12,4	16,8	13,7
Strom (ohne Strom aus Gebäude-KWK)	TWh/a	31,2	27,4	32,6	53,2	63,9	59,5
Solarwärme	TWh/a	3,9	7,8	15,1	31,3	44,9	55,7
Umweltwärme	TWh/a	5,2	8,4	29,9	83,8	111,3	97,7
Endenergieverbrauch gesamt (ohne Gebäude-KWK-Strom)	TWh/a	614,0	590,2	560,4	474,8	400,3	338,7
Strom aus in den Gebäuden installierter KWK	TWh/a	0,1	0,1	2,2	7,9	11,4	10,3
Endenergieverbrauch gesamt mit Gebäude-KWK-Strom	TWh/a	614,1	590,3	562,6	482,7	411,7	349,1
Brennstoffverbrauch (Gebäude, Strom- und Fernwärmerzeugung)							
Erdgas	TWh/a	332,7	315,0	285,3	203,4	139,6	112,8
Heizöl	TWh/a	188,0	169,7	136,2	55,8	11,8	2,0
Steinkohle	TWh/a	26,0	25,3	29,7	25,6	14,4	0,0
Braunkohle	TWh/a	22,6	19,1	21,3	23,0	13,6	0,0
Biomasse Typ 1	TWh/a	66,0	73,8	75,1	77,6	77,5	70,5
Biomasse Typ 2	TWh/a	2,1	2,9	7,8	22,3	31,2	29,2
Kernbrennstoffe	TWh/a	12,9	6,5	0,0	0,0	0,0	0,0
Stromverbrauch und Verteilverluste							
Stromverbrauch Wohngebäude	TWh/a	31,3	27,5	34,8	61,1	75,2	69,9
Stromverbrauch Fernwärme	TWh/a	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,4
Verteilverluste Strom	TWh/a	1,6	1,4	1,7	2,8	3,4	3,1
Stromerzeugung							
allgemeine Stromerzeugung	TWh/a	18,0	12,9	16,0	37,2	46,7	44,1
Stromerzeugung in Fernwärme-KWK	TWh/a	15,2	16,3	18,7	19,2	21,0	19,1
Stromerzeugung in Gebäude-KWK	TWh/a	0,1	0,1	2,2	7,9	11,4	10,3
Stromerzeugung gesamt	TWh/a	33,3	29,2	36,9	64,3	79,1	73,5
Wohnflächen							
Wohnfläche Bestand 2009	Mrd. m ²	3,52	3,47	3,43	3,35	3,27	3,19
Wohnfläche Neubau ab 2010	Mrd. m ²	0,00	0,12	0,23	0,37	0,51	0,65
Wohnfläche gesamt	Mrd. m ²	3,52	3,59	3,66	3,72	3,78	3,84

Szenario Trend		2009	2015	2020	2030	2040	2050
Kenngößen für die Gesamtbewertung							
CO ₂ -Emissionen	Mt/a	135,0	125,1	117,6	102,2	89,6	77,9
THG-Emissionen	Mt/a	164,2	152,6	143,7	125,4	110,6	96,9
Primärenergieverbrauch	TWh/a	652,0	603,9	565,6	498,5	442,5	391,0
Gesamt-Wärmeverbrauch	TWh/a	566,9	547,7	531,8	493,1	459,8	427,7
CO ₂ -Emissionsfaktor der Wärmeversorgung	kg/kWh	0,238	0,229	0,221	0,207	0,195	0,182
THG-Emissionsfaktor der Wärmeversorgung	kg/kWh	0,290	0,279	0,270	0,254	0,240	0,227
Primärenergie-Aufwandszahl der Wärmeversorgung		1,150	1,103	1,063	1,011	0,962	0,914
Biomasseverbrauch	TWh/a	68,1	76,9	83,3	91,9	100,5	108,5
Wärmeverbrauch im Bestand 2009							
Heizwärmeverbrauch (vor Anrechnung LWRG)	TWh/a	437,7	415,3	396,0	357,5	321,5	287,0
Heizwärmeverbrauch (nach Anrechnung LWRG)	TWh/a	437,4	414,9	395,4	356,6	320,4	285,7
Nutzwärmeverbrauch Warmwasser (WW)	TWh/a	52,8	52,1	51,5	50,3	49,1	47,9
Wärmeverteiler- und Speicherverluste Heizg./WW	TWh/a	76,7	71,7	67,2	57,8	51,2	44,3
Gesamt-Wärmeverbrauch im Bestand 2009	TWh/a	566,9	538,7	514,1	464,7	420,6	377,8
Wärmeverbrauch im Neubau ab 2010							
Gesamt-Wärmeverbrauch Neubau (vor Anrechnung LWRG)	TWh/a	0,0	9,5	18,8	30,2	41,6	53,0
Gesamt-Wärmeverbrauch Neubau	TWh/a	0,0	9,0	17,7	28,4	39,1	49,9
Endenergieverbrauch der Wohngebäude							
Fernwärme	TWh/a	34,0	36,2	37,8	39,3	39,9	40,1
Erdgas	TWh/a	295,2	278,2	264,9	234,6	208,1	182,5
Heizöl	TWh/a	186,6	168,8	154,5	124,6	98,4	74,2
Kohle	TWh/a	3,1	1,3	0,1	0,0	0,0	0,0
Biomasse Typ 1	TWh/a	54,7	62,7	69,0	78,3	86,8	94,2
Biomasse Typ 2	TWh/a	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Strom (ohne Strom aus Gebäude-KWK)	TWh/a	31,2	27,6	24,9	22,7	22,7	24,7
Solarwärme	TWh/a	3,9	7,7	10,7	15,8	20,5	24,6
Umweltwärme	TWh/a	5,2	8,5	11,3	15,4	19,2	22,7
Endenergieverbrauch gesamt (ohne Gebäude-KWK-Strom)	TWh/a	614,0	591,1	573,2	530,7	495,7	463,1
Strom aus in den Gebäuden installierter KWK	TWh/a	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Endenergieverbrauch gesamt mit Gebäude-KWK-Strom	TWh/a	614,1	591,2	573,3	530,8	495,8	463,2
Brennstoffverbrauch (Gebäude, Strom- und Fernwärmerzeugung)							
Erdgas	TWh/a	332,7	315,6	304,0	275,7	251,1	228,6
Heizöl	TWh/a	188,0	169,7	155,3	125,3	99,1	74,9
Steinkohle	TWh/a	26,0	25,5	24,8	23,3	22,8	22,2
Braunkohle	TWh/a	22,6	19,2	16,2	13,1	11,9	10,8
Biomasse Typ 1	TWh/a	66,0	74,0	79,9	88,7	97,3	105,0
Biomasse Typ 2	TWh/a	2,1	2,9	3,5	3,2	3,2	3,5
Kernbrennstoffe	TWh/a	12,9	6,6	0,0	0,0	0,0	0,0
Stromverbrauch und Verteilverluste							
Stromverbrauch Wohngebäude	TWh/a	31,3	27,7	25,0	22,8	22,8	24,8
Stromverbrauch Fernwärme	TWh/a	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5
Verteilverluste Strom	TWh/a	1,6	1,5	1,3	1,2	1,2	1,3
Stromerzeugung							
allgemeine Stromerzeugung	TWh/a	18,0	13,1	9,5	6,4	6,0	7,8
Stromerzeugung in Fernwärme-KWK	TWh/a	15,2	16,3	17,1	17,9	18,4	18,7
Stromerzeugung in Gebäude-KWK	TWh/a	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Stromerzeugung gesamt	TWh/a	33,3	29,5	26,7	24,4	24,5	26,6
Wohnflächen							
Wohnfläche Bestand 2009	Mrd. m ²	3,52	3,47	3,43	3,35	3,27	3,19
Wohnfläche Neubau ab 2010	Mrd. m ²	0,00	0,12	0,23	0,37	0,51	0,65
Wohnfläche gesamt	Mrd. m ²	3,52	3,59	3,66	3,72	3,78	3,84