

Wege zum klimaneutralen Wohngebäudebestand bis zum Jahr 2050

Patrick Hansen, Peter Markewitz, Wilhelm Kuckshinrichs, Jürgen-Fr. Hake

Forschungszentrum Jülich GmbH, Institut für Energie- und Klimaforschung –
Systemforschung und Technologische Entwicklung (IEK-STE),
Leo-Brandt-Straße , D-52425 Jülich, Tel.: +49-2461-61-3322,
p.hansen@fz-juelich.de, www.fz-juelich.de/iek/iek-ste

Kurzfassung: Für das Erreichen der Klimaschutzziele der EU bis 2050 mit einer Minderung der Treibhausgase um mehr als 80 % gegenüber dem Jahr 1990 sind in den Mitgliedsstaaten erhebliche Anstrengungen erforderlich. In Deutschland soll diese Zielsetzung mit dem Energiekonzept der Bundesregierung umgesetzt werden. Ein wesentlicher Schwerpunkt dieses Konzepts liegt auf der Reduktion des Wärmebedarfs im Gebäudesektor. Bis zum Jahr 2050 soll auf der Basis eines Sanierungsfahrplans begleitet durch Förderprogramme ein nahezu klimaneutraler Wohngebäudebestand erzielt werden. In der vorliegenden Analyse wurde mit Szenarien bis 2050 untersucht, ob neben dem Energiekonzept der Bundesregierung auch alternative Optionen wie der Einsatz von innovativen Heizungssystemen und gasförmigen erneuerbaren Energien zum Erreichen der Klimaziele führen können. Die Ergebnisse zeigen, dass mit der Umsetzung des Energiekonzepts die größten Endenergieeinsparungen realisiert werden können. Durch hocheffiziente Heizungssysteme und eine verstärkte Zumischung von Erneuerbaren zum Erdgas können jedoch fast die gleichen CO₂-Minderungsbeiträge zu deutlich geringeren Kosten erzielt werden. Sensitivitätsanalysen belegen, dass eine Änderung der energetischen Sanierungsrate und die Effizienz der Sanierungen die größten energie-, emissions- und kostenseitigen Auswirkungen in allen Szenarien besitzen

Keywords: Klimaneutraler Wohngebäudebestand, Szenarien, Energiekonzept, Innovationsoffensive Gas

1 Motivation

Nach den Klimaschutzzielen der EU sollen die Treibhausgasemissionen bis 2050 um mehr als 80 % gegenüber dem Jahr 1990 vermindert werden. Diese Zielsetzung wurde in Deutschland mit dem Energiekonzept der Bundesregierung bestätigt [BMWi 2010]. Mit der Entscheidung zum beschleunigten Ausstieg aus der Kernenergie gewinnt der Beitrag des Klimaschutzes und der Energieeffizienz im Gebäudebereich weiter an Bedeutung [BMWi 2011]. Insbesondere der Wohngebäudesektor weist ein großes Energieeinsparpotenzial auf. Im Mittelpunkt steht hier der Altbau, da mehr als 70 % der heutigen Wohngebäude noch vor der 1. Wärmeschutzverordnung von 1977 errichtet worden sind. Ein zentrales Ziel wird vor diesem Hintergrund in der Reduktion des Wärmebedarfs gesehen, wodurch bis zum Jahr 2050 ein nahezu klimaneutraler Gebäudebestand erreicht werden soll. Zum Erreichen dieses

klimaneutralen Gebäudebestands soll ein Sanierungsfahrplan aufgestellt werden, der begleitet durch Förderprogramme zur Verdopplung der energetischen Sanierungsrate auf 2 % pro Jahr beitragen soll. In der vorliegenden Analyse wurden vor diesem Hintergrund Szenarien untersucht, die einerseits das Energiekonzept der Bundesregierung und andererseits alternative Pfade und Optionen, mit denen die Klimaziele erreicht werden können, abbilden. Welche Energieeinsparungen, CO₂-Minderungsbeiträge und kostenseitigen Auswirkungen in den einzelnen Szenarien bis zum Jahr 2050 erwartet werden können und ob der verstärkte Einsatz von hocheffizienten Heizungssystemen wie Mikro-KWK-Anlagen und von gasförmigen Erneuerbaren eine Alternative für die zukünftige Energieversorgung darstellen, wurde für den Wohngebäudesektor in Deutschland analysiert.

2 Methodik

Für die Szenariorechnungen wird das STE-Gebäude-Simulationsmodell eingesetzt. Dieses Modell ist ein dynamisches Simulationsmodell, das die zeitabhängige Entwicklung des Energiebedarfs der Wohngebäude und technische Optionen in Form von Szenarien simuliert. Ausgehend von einer umfassenden Datenbank, in der alle relevanten Alters- und Größenklassen des Wohngebäudebestands sowie die Heizungs- und Warmwassersysteme enthalten sind, berechnet das Modell den jährlichen Energiebedarf für Raumwärme und Warmwasser differenziert nach Energieträgern sowie der zugehörigen CO₂-Emissionen. Mit den Typologien der Datenbank kann der gesamte deutsche Wohngebäudebestand abgebildet und für die Zukunft u.a. unter Berücksichtigung der Wirkungen von gesellschaftlichen und demographischen Entwicklungen dynamisch fortgeschrieben werden. Die Auswirkungen verschiedener Maßnahmen zur Wärmedämmung an der Gebäudehülle und zur Heizungsanlagenverbesserung können somit durch das Modell bestimmt werden.

Mittels Variation der Parameter Sanierungsrate, Ausnutzung der Sanierungspotenziale und Veränderung der Bedarfsstruktur können vielfältige technische Analysen durchgeführt werden. Zur Hebung der Potenziale für die innovativen Heizungssysteme wurden die Nachfragestrukturen und Trends der systemanalytischen Analysen aus [Krause & Erler 2010] und [Fischer et al. 2010] an das STE-Wohngebäude-Modell angepasst und die differenzierten Technologieketten zu Technologiepfaden der o.g. Datenbank aggregiert sowie implementiert.

Zur Bewertung von unterschiedlichen Maßnahmen an Gebäuden wird im Modell eine sogenannte Referenzentwicklung definiert an, der die Wirkungen der Maßnahmen gespiegelt werden. Ausgehend von diesem Referenzniveau werden im Vergleich mit den alternativen Szenarien die Differenzen der Kosten, der Energieverbräuche und der CO₂-Emissionen ausgewiesen. Die kostenseitige Bewertung erfolgt im Rahmen dieser Untersuchung auf Basis der Barwertmethode, da sie die Vergleichbarkeit von zu unterschiedlichen Zeitpunkten anfallenden Kosten garantiert. Insgesamt weist das Simulationsmodell sowohl Jahreswerte als auch kumulierte Werte über den Betrachtungszeitraum (2010 – 2050) aus. Der kosten- und emissionsseitige Vergleich erlaubt auch eine Berechnung der spezifischen CO₂-Vermeidungskosten einzelner Maßnahmen.

3 Definition der Szenarien und Maßnahmen

Ausgehend vom Trendszenario, das die Wirkungen der bereits implementierten Maßnahmen bei einer energetischen Sanierungsrate von 1 % pro Jahr mit moderater Erhöhung im Zeitraum 2020 bis 2050 auf jährlich 1,5 % fortschreibt, wird ein Szenario Energiekonzept entwickelt. Dabei wird zur Herleitung eines nahezu klimaneutralen Wohngebäudebestands die weitere Verschärfung der Effizienzstandards der EnEV berücksichtigt. Neben diesen Szenarien wird ein alternatives Szenario für die Innovationsoffensive Gas hergeleitet. Schwerpunkte dieses alternativen Szenarios sind der forcierte Einsatz von gasbasierten Mikro-KWK-Anlagen und die verstärkte Nutzung von gasförmigen regenerativen Energien. Anders als in den Szenarien Trend und Energiekonzept wird im Szenario Innovationsoffensive anstelle eines mittleren Erneuerungszyklus für Heizungssysteme von 25 Jahren ein verkürzter Zyklus von 20 Jahren unterstellt.

Für die Berechnung der Szenarien wurden die in der Tabelle 1 aufgeführten energie- und klimapolitischen Maßnahmen und Instrumente für den Einsatz von Raumwärme und Warmwasser im Wohngebäudebereich angenommen. Im Trendszenario werden die aktuell gültigen Maßnahmen, die zugleich eine große Bedeutung für die Sanierung von Wohngebäuden haben, abgebildet. Die gebäudeseitigen zusätzlichen und ergänzenden Maßnahmen des Energiekonzepts der Bundesregierung werden im Szenario Energiekonzept simuliert. Mit den Maßnahmen des Szenarios Innovationsoffensive Gas wird u.a. der CO₂-seitige Reduktionsbeitrag durch den verstärkten Einsatz von gasbasierten Heizungssystemen und gasförmigen Erneuerbaren Energieträgern anstelle forcierter Gebäudesanierungsaktivitäten erörtert.

Tabelle 1: Übersicht der Maßnahmen in den Szenarien

Trendszenario	Szenario Energiekonzept	Szenario Innovations-offensive Gas
KfW - Förderprogramm - Energieeffizient Bauen - Energieeffizient Sanieren	Einsatz von hocheffizienten Gastechiken	KfW – Förderprogramm - Energetische Städtebausanierung
Städtebauförderung - Stadtumbau West - Stadtumbau Ost	Verstärkte Nutzung von gasförmigen erneuerbaren Energien	Steigerung der Förderungen im KfW - Programm - Energieeffizient Sanieren
Marktanreizprogramm Erneuerbare Energien	Ausweitung EEWärmeG auf den Altbau nach Vorgabe des EWärmeG in Baden-Württemberg	Novellierungen der EnEV 2009
EnEV 2009	EU-Ökodesignrichtlinie: Durchführungsmaßnahme für Heizkessel und Warmwasserbereiter	Novellierung EEWärmeG: Verbesserung der Bedingungen zur Einspeisung von Biogas
EEWärmeG 2011		EU-Ökodesignrichtlinie: Durchführungsmaßnahme für Heizkessel und Warmwasserbereiter

		Wärme-Contracting Mietwohnungsmarkt	im
--	--	--	----

IEK-STE 2011

4 Wesentliche Rahmendaten

Die Szenariorechnungen beruhen auf dem wärmetechnischen Ausgangszustand des Jahres 2009 und der Entwicklung der Bevölkerung bis 2050 nach der Untergrenze der mittleren Bevölkerungsentwicklung des Statistischen Bundesamts [STBA 2010]. Darauf aufbauend wird mit dem Nachfragetool des Gebäudesimulationsmodells unter Berücksichtigung der Einkommens- und Verbrauchsstichprobe [EVS 2008] und der Haushaltsvorausberechnung [STBA 2007] die Dynamik der Haushaltsstruktur und Wohnflächennachfrage ermittelt. Die Wohnfläche des Jahres 2009 mit 3,48 Mrd. m² steigt demnach trotz einer rückläufigen Wohnbevölkerung im Zeitraum 2009 bis 2050 von 81,8 Mio. auf 69,4 Mio. auf insgesamt 3,87 Mrd. m² bis 2050 an. Dies ist durch die steigende Anzahl der Ein- und Zwei-Personenhaushalte sowie der Wohnfläche pro Person begründet. Unter Einbeziehung der Neubauwohnfläche des Zeitraums 2010 bis 2050 von 1,03 Mrd. m² steigt die bewohnte Wohnfläche insgesamt von 3,22 Mrd. m² im Jahr 2009 um 14 % auf 3,67 Mrd. m² im Jahr 2050 an. Die Leerstandsquote nimmt somit von aktuell rund 8 % auf nahezu 5 % bis zum Jahr 2050 ab.

4.1 Austausch von Heizungssystemen

Die Substitutionsraten der Heizungssysteme und die Durchdringung von innovativen Heiztechnologien werden in den Szenarien energieträgerspezifisch vorgegeben. Die Erneuerung von Heizkesseln wurde für die Justierung der Austauschraten im Ausgangsjahr 2010 auf der Basis der Verkaufsstatistiken des BDH [BDH 2010] und der Analyse der Heizungssanierungen im KfW-Programm „Energieeffizient Sanieren“ [Clausnitzer et al., 2008, Clausnitzer et al., 2010, Clausnitzer et al., 2009, Clausnitzer et al., 2007, Gabriel & Balmert, 2007] durchgeführt. Demnach beträgt der Anteil der gasbasierten Heizungssysteme im Zeitraum 2005-2009 an den ausgetauschten Wärmeerzeugern insgesamt 57 %.

Zur Abbildung der Dynamik des Heizkesselbestands werden unter Berücksichtigung der abgerissenen Wohnfläche und des unterstellten (szenarioabhängigen) Erneuerungszyklus der Heizungssysteme die Potenziale für den Einsatz neuer Heizungsanlagen mit dem Wohngebäudesimulationsmodell pro Jahr ermittelt. Da der aktuelle Heizkesselbestand vor allem durch heizöl- und gasbasierte Heizungssysteme dominiert wird, liegen hier die größten Ersatzpotenziale.

Im Trendszenario und im Szenario Energiekonzept wird angenommen, dass beim Austausch von heizölbasierten Heizungssystemen bis zum Jahr 2050 mindestens eine Restgröße von 20 % für ölbasierte Systeme verbleibt. In diesen beiden Szenarien wird zudem angenommen, dass die zu ersetzenden Ölheizungen zunehmend durch einen Mix von Heizungssystemen (Gasbasierte Systeme, Biomassekessel und Elektrowärmepumpen etc.) substituiert werden. Zudem wird von einer leichten Durchdringung mit Mikro-KWK-Anlagen

und mit Brennstoffzellen ausgegangen. Beim Austausch der erdgasbasierten Heizungssysteme wird unterstellt, dass diese Systeme ab dem Jahr 2020 ausschließlich wiederum durch gasbasierte Heizungssysteme ersetzt werden. Die größten Austauschraten bestehen im Jahr 2050 mit 52,5 % beim Einsatz von Gas-Brennwertkesseln mit Solaranlage und mit 30 % beim verstärkten Einsatz von innovativen gasbasierten Heizungssystemen.

Für das Szenario Innovationsoffensive Gas, dass zur Ableitung des Potenzials zum Einsatz gasbasierter und hocheffizienter Heizungssysteme dient, wird beim Austausch der Heizungssysteme die Annahme getroffen, dass alle zu ersetzenden heizöl- und gasbasierten Heizungssysteme ab dem Jahr 2020 ausschließlich durch gasbasierte Heizungssysteme substituiert werden. Der verstärkte Einsatz von gasbasierten Wärmepumpen, Mikro-KWK-Anlagen und Brennstoffzellen wird sowohl beim Austausch von heizölbasierten Heizungen als auch von gasbasierten Heizungssystemen angenommen. Im Jahr 2050 beträgt der Anteil von Mikro-KWK-Anlagen (einschließlich Brennstoffzellenanlagen) an den zu ersetzenden Systemen insgesamt 60 %.

4.2 Zusammensetzungen und Preise des Gasgemischs

Eine der wesentlichen Maßnahmen zur Senkung der CO₂-Emissionen ist der Einsatz Erneuerbarer Energieträger auch in der Gasversorgung. Die verschiedenen Anteile der EE-Gase werden je Szenario gesondert prognostiziert. Dabei wird einerseits von den gegenwärtigen Wachstumsraten der verschiedenen Märkte ausgegangen. Andererseits werden die politischen Maßnahmen der einzelnen Szenarien in Betracht gezogen. Basis für die Bestimmung der Anteile an EE-Gasen im Erdgasnetz ist der Verbrauch an Erdgas in allen Bereichen.

Im Trendszenario bleiben die eingespeisten Mengen an Biogas und SNG bis zum Jahr 2050 mit dann 6,1 % gegenüber dem Gesamtgasverbrauch klein. Durch die verstärkte Substitution des Erdgases durch Biogas und SNG bei sinkendem Gasgesamtverbrauch steigt insgesamt im Szenario Energiekonzept der Anteil der gasförmigen Erneuerbaren bis zum Jahr 2050 auf 33,7 % an. Entgegen diesen Annahmen wird im Szenario Innovationsoffensive Gas unterstellt, dass sich der Gasamtgasverbrauch erhöht, da aufgrund der Rückverstromung von PtG-Gasen eine Substitution anderer Energieträger (Kohle, Heizöl) erreicht werden muss. Durch den hohen Anteil an EE-Gasen wird aber dennoch eine Substitution von Erdgas in etwa der gleicher Größenordnung wie im Szenario Energiekonzept erreicht. Im Ergebnis erreichen die EE-Gase im Jahr 2030 ca. 23,2 % und im Jahr 2050 55,8 % am Endenergieverbrauch Gas.

Für die jeweiligen Gasgemische errechnen sich Verbraucherpreise auf der Basis der Produktionskosten der verschiedenen Gasbestandteile, die den Szenariorechnungen zugrunde liegen. Tabelle 2 enthält die Preise für die szenarioabhängigen Gasgemische im Vergleich mit dem verbraucherseitigen Erdgaspreis. Da die Beimischung CO₂-freier Gasbestandteile ein wesentliches Ziel der Innovationsoffensive ist, sinkt der Anteil an konventionellem Erdgas und liegt der Gasgemischpreis im Jahr 2050 gegenüber dem Szenario Trend um ca. 46 % (gegenüber Erdgas: ca. 53 %) höher. Der Anstieg des Gaspreises im Szenario Energiekonzept beträgt gegenüber dem Szenario Trend im Jahr 2050 etwa 17 % und fällt damit deutlich geringer aus.

Tabelle 2: Verbraucherpreise des Gasgemischs

Projektion	2020	2030	2040	2050
Produktionskosten	in ct/kWh			
H ₂ aus Wind	20,00	15,00	13,00	13,00
H ₂ aus PV	42,00	30,00	23,00	23,00
CH ₄ aus Wind	32,00	26,00	22,00	22,00
CH ₄ aus PV	59,00	42,00	32,00	25,00
Biogas aus NawaRo*)	8,00	8,00	8,00	8,00
Biogas aus Abfall	8,00	8,00	8,00	8,00
SNG aus Holz	21,80	14,30	12,10	12,10
Verbrauchspreise inkl. Steuern	in ct/kWh			
Trend	7,04	7,72	8,38	9,06
Energiekonzept	7,47	8,62	9,62	10,62
Innovationsoffensive Gas	7,38	9,30	10,76	13,22
Zum Vergleich Erdgas**)	6,93	7,50	8,06	8,62

*) NawaRo = Nachwachsende Rohstoffe

**) Entwicklung des Erdgaspreises nach [EWI;GWS;Prognos 2010]

Quelle: [Krause et al. 2011]

IEK-STE 2011

5 Ergebnisse

In allen Szenarien nehmen der Energieverbrauch und die damit verbundenen CO₂-Emissionen deutlich ab. Der vermehrte Einsatz von Mikro-KWK-Anlagen führt im Szenario Innovationsoffensive Gas zu einer nennenswerten Stromerzeugung, die im Jahr 2050 etwa 25 TWh beträgt. Die hierdurch substituierte Strommenge im Umwandlungsbereich ist dem Haushaltssektor emissions- und kostenseitig gutzuschreiben. Die Berechnungen zeigen, dass mit den Maßnahmen der Szenarien Energiekonzept und Innovationsoffensive Gas erhebliche Emissionseinsparungen ausgelöst werden, die im Jahr 2050 zu einem nahezu klimaneutralen Wohngebäudebestand führen würden. Vergleicht man die über den Betrachtungszeitraum (2010 – 2050) kumulierten direkten Emissionseinsparungen in den Haushalten, fallen diese für das Szenario Energiekonzept um etwa 77 Mio. t höher aus als im Szenario Innovationsoffensive Gas (vgl. Tabelle 3). Der kostenseitige Vergleich beider Szenarien zeigt allerdings, dass die kumulierten Mehrkosten des Szenarios Energiekonzepts um ein Vielfaches höher als im Szenario Innovationsoffensive Gas liegen, was durch die relativ teuren und hauptsächlich außerhalb des Renovierungszyklus zu ergreifenden gebäudeseitigen Effizienzmaßnahmen zu erklären ist. Die eingesparten Energieträgerkosten

vermögen die Investitionskosten nicht annähernd zu kompensieren. Insgesamt errechnen sich über den gesamten Zeitraum für das Szenario Energiekonzept spezifische Vermeidungskosten in Höhe von 120 €/t CO₂ und für das Szenario Innovationsoffensive Gas von rund 6 €/t CO₂. Mit einer moderaten Erhöhung der Sanierungsrate könnte im Szenario Innovationsoffensive Gas eine gleiche kumulierte Einsparung direkter CO₂-Emissionen erzielt werden. Dies wäre allerdings mit höheren Investitionen verbunden. Die spezifischen Vermeidungskosten liegen selbst in diesem Fall mit etwa 30 €/t CO₂ immer noch deutlich unter dem Wert des Szenarios Energiekonzept.

Unter Einbeziehung der Vorketten ändern sich die jeweils dargestellten Gesamtkosten nicht. Auf der Basis der jetzt höheren CO₂-Einsparungen, die auf die Einsparung von Primärenergie und die Substitution von fossilen durch erneuerbare Energieträger zurückzuführen sind, ergeben sich neue spezifische Vermeidungskosten. Für das Energiekonzept betragen diese rund 78 €/t CO₂, dagegen für die Innovationsoffensive 4 €/t CO₂ und für die Sensitivität rund 22 €/t CO₂ (vgl. Tabelle 3). D.h. zugleich, dass durch die emissionsseitige Einbeziehung der Vorketten die Vorteilhaftigkeit der Innovationsoffensive Gas bestätigt bleibt [Krause et al. 2011].

Tabelle 3: Ergebnisse der Szenarien (kumulierte Werte über den Betrachtungszeitraum 2010 bis 2050, Barwertdarstellung)

(Änderungen gegenüber Trend)	Szenario Energiekonzept	Szenario Innovations-offensive Gas	Sensitivität Innovations-offensive Gas
Mehrinvestitionen	187,9 Mrd. €	72,7 Mrd.	99,7 Mrd.
Heizungen im Bestand	-	69,3 Mrd.	69,3 Mrd.
Heizungen im Neubau	-	3,4 Mrd.	3,4 Mrd.
Dämmung im Bestand	185,3 Mrd. €	-	27,0 Mrd. €
Dämmung im Neubau	2,6 Mrd. €	-	-
Energiekosten	- 113,8 Mrd. €	- 44,1 Mrd. €	- 54,1 Mrd. €
Erlöse (KWK-Gutschrift*)	- 1,4 Mrd. €	25,4 Mrd.	25,4 Mrd.
Nettomehrkosten	75,5 Mrd. €	3,2 Mrd. €	16,4 Mrd. €
CO ₂ -Emissionen ohne Vorketten *)	- 631,8 Mio.tCO ₂	- 555,0 Mio.tCO ₂	- 641,5 Mio.tCO ₂
Spezif. Vermeidungskosten ohne Vorketten	120 €/tCO ₂	6 €/tCO ₂	30 €/tCO ₂
CO ₂ -Emissionen mit Vorketten *)	- 963,0 Mio.tCO ₂	- 776,0 Mio.tCO ₂	- 866,0 Mio.tCO ₂
Spezif. Vermeidungskosten mit Vorketten	78 €/tCO ₂	4 €/tCO ₂	22 €/tCO ₂

*) KWK-Gutschrift nach Kraftwerks-Mix aus [EWI, GWS, Prognos, 2010]

Quelle: eigene Berechnungen IEK-STE

IEK-STE 2011

Die durchgeführten Sensitivitätsanalysen zeigen, dass eine Änderung der energetischen Sanierungsrate sowie der Potenzialausnutzung die größten energie-, emissions- und kostenseitigen Auswirkungen besitzt. Diese Parameter haben in allen Szenarien einen sehr starken Einfluss. Im Szenario Energiekonzept stellen sie aufgrund des ambitionierten Sanierungsfahrplans die entscheidenden Maßnahmen dar, um die primär- und emissionsseitigen Ziele der Bundesregierung zu erreichen. Ließe sich dieser ambitionierte Sanierungsfahrplan bedingt durch eine mangelnde Akzeptanz in der Bevölkerung nicht durchsetzen, würde dies in Ermangelung von Alternativen zu einer Verfehlung der Zielstellung führen.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Umsetzung des Energiekonzepts als auch die Realisierung der Maßnahmen, wie sie in der untersuchten Innovationsoffensive gefordert werden, sich nicht autonom vollziehen. Vielmehr sind entsprechende politische und technische Rahmenbedingungen zu schaffen sowie Informationskampagnen zur Sensibilisierung der privaten Haushalte durchzuführen.

Da die Untersuchung den Wohngebäudebereich umfasst und somit kein geschlossenes Szenariobild darstellt, das alle Energiesektoren umfasst, sind weitere Untersuchungen notwendig. Eine vollständige Bewertung der Szenarien, welche Alternative zu bevorzugen ist, kann nur unter Einbettung der Szenarien in ein übergeordnetes Gesamtsystem der Energieversorgung getroffen werden. In diesem Zusammenhang ist u.a. der Einsatz von Mikro-KWK-Anlagen in seinen Wechselwirkungen zur sonstigen Stromwirtschaft (Erzeugungspark, Netze) detailliert zu analysieren. Auch die volkswirtschaftlichen Implikationen, z.B. Budgeteffekte des Staates, sind in einer weiteren vertieften Analyse zu erörtern.

6 References

- BDH (2011) *Trends und Herausforderungen im Wärmemarkt*, Jahrespressekonferenz des Bundesindustrieverbands Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V. (BDH), 26.01.2010, Köln
- BMW (2010) *Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung*. <http://www.bmwi.de>.
- BMW (2011) *Der Weg zur Energie der Zukunft - sicher, bezahlbar und umweltfreundlich*. <http://www.bmwi.de>, vom 11.07.2011.
- CLAUSNITZER, DIEFENBACH, GABRIEL, LOGA & WOSNIOK (2007) *Ermittlung von Effekten des KfW-CO₂-Gebäudesanierungsprogramms - Entwicklung der Methodik und Ergebnisse der Berichtsperioden 2005 und 2006, Studie im Auftrag der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW)*. Bremer Energie Institut (BEI), Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU), Institut für Statistik, Fachbereich Mathematik und Informatik der Universität Bremen, Frankfurt.
- CLAUSNITZER, DIEFENBACH, BALMERT, GABRIEL, LOGA & WOSNIOK (2008) *Effekte des CO₂-Gebäudesanierungsprogramms 2007, Gutachten im Auftrag der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW)*,. Bremer Energie Institut (BEI), Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU), Institut für Statistik, Fachbereich Mathematik und Informatik der Universität Bremen, Frankfurt.
- CLAUSNITZER, DIEFENBACH, GABRIEL, EILMES, LOGA & WOSNIOK (2009) *Effekte des CO₂-Gebäudesanierungsprogramms 2008*. Bremer Energie Institut (BEI), Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU), Frankfurt.
- CLAUSNITZER, DIEFENBACH, FETTE, GABRIEL, LOGA & WOSNIOK (2010) *Effekte der Förderfälle des Jahres 2009 des CO₂-Gebäudesanierungsprogramms und des*

- Programms „Energieeffizient Sanieren“.* Bremer Energie Institut (BEI), Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU), Institut für Statistik, Fachbereich Mathematik und Informatik der Universität Bremen, Frankfurt.
- EVS (2008) *Einkommens- und Verbrauchsstichprobe 2008*, Haus- und Grundbesitz sowie Wohnverhältnisse privater Haushalte, Fachserie 15, Sonderheft 1, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden
- EWI; GWS; PROGNOSE (2010) *Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung*. Studie im Auftrag des Bundesministers für Wirtschaft und Technologie (BMWi), Projekt Nr. 12/10, Berlin
- FISCHER, M., SCHERBER, B., BURMEISTER, F. (2010) *Bewertung der Energieversorgung mit leitungsgebundenen gasförmigen Brennstoffen im Vergleich zu anderen Energieträgern – Analyse der Einflussketten der dezentralen Erzeugungsketten*, Abschlussbericht, DVGW G5/04/09-TP1-B
- GABRIEL & BALMERT (2007) *Effekte des CO₂-Gebäudesanierungsprogramms 2005 und 2006 - Zusatzauswertung, Gutachten im Auftrag der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW)*. Bremer Energie Institut (BEI), Frankfurt.
- KRAUSE, H., ERLER, F., KÖPPEL, W., FISCHER, M., HANSEN, P., MARKEWITZ, P., KUCKSHINRICHS, W., HAKE, J.-Fr. (2011) *Bewertung der Energieversorgung mit leitungsgebundenen gasförmigen Brennstoffen im Vergleich zu anderen Energieträgern – Einfluss moderner Gastechnologien in der häuslichen Energieversorgung auf Effizienz und Umwelt*, Final report, DVGW G5/04/09-TP2, Bonn
- KRAUSE, H., ERLER, F. (2010) *Bewertung der Energieversorgung mit leitungsgebundenen gasförmigen Brennstoffen im Vergleich zu anderen Energieträgern – Nachfragestruktur, Bedarfs- und Bestandsanalyse*, Abschlussbericht, DVGW G5/04/09-TP1-C
- STBA (2007) *Entwicklung der Privathaushalte bis 2025*, Ergebnisse der Haushaltsvorausberechnung 2007, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden
- STBA (2010) *Bevölkerung Deutschlands bis 2060*, 12. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden