

Gutachten zur Umsetzung von Artikel 14 der
Richtlinie über die Gesamteffizienz von
Gebäuden (Heizungsinspektion)



Gutachten zur Umsetzung von Artikel 14 der Richtlinie über die Gesamteffizienz von Gebäuden (Heizungsinspektion)

Entwurf Endbericht zur Abstimmung – Vertraulich –

Von: Markus Offermann, Bernhard von Manteuffel, Jan Grözinger

Datum: 8. Oktober 2013

Aktenzeichen: 10.08.17.7-13.06

Projekt-Nummer: BUIDE13798

© Ecofys 2013 beauftragt durch: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	5
1 Einleitung	6
2 Untersuchungskonzept und Grundlagen	7
2.1 Untersuchungskonzept	7
2.2 Grundlagen	10
2.2.1 Entwicklung des Mengengerüsts der Heizkessel in Deutschland	10
2.2.2 Annahmen Baselineszenario	15
2.2.3 Verfahren zur Berechnung des Endenergiebedarfs je Alters- und Leistungsklasse für die Jahre 2013, 2014 und 2015	19
2.2.4 Primärenergiefaktoren und CO ₂ -Emissionsfaktoren	19
3 Referenzszenario: Bewertung der Inspektion nach Artikel 14 Absatz 1 bis 3	
Gesamtenergieeffizienzrichtlinie	21
3.1 Heizungsinspektionen gemäß Artikel 14 der EPBD-Richtlinie	23
3.2 Energieeinsparpotenziale	26
3.3 Häufigkeit einer sinnvollen Umsetzbarkeit	28
3.4 Umsetzungswahrscheinlichkeit (praktische Umsetzungshäufigkeit)	30
3.5 Inspektionsintervall	32
3.6 Bestimmung des jährlichen Einsparpotentials	33
3.6.1 Wärmeerzeugung und Wärmeverteilung	34
3.6.2 Wärmeübergabe	34
3.6.3 Einsparungen Referenzszenario	36
4 Istszenario: Bewertung der deutschen Maßnahmen nach Artikel 14 Absatz 4	
Gesamtenergieeffizienzrichtlinie	39
4.1 Ersatzmaßnahmen	42
4.1.1 Regulatorische Maßnahmen	42
4.1.2 Finanzielle Maßnahmen	45
4.1.3 Informative Maßnahmen	45
4.2 Energieeinsparpotenziale	47
4.2.1 Wiederkehrende Messungen von Heizkesseln auf Grund der Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen (1. BImSchV)	47
4.2.2 Förderung im Rahmen des CO ₂ -Gebäudesanierungsprogramms (Förderung durch Kreditanstalt für Wiederaufbau)	49
4.2.3 Förderung im Rahmen des Marktanreizprogramms (Förderung durch Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle und Kreditanstalt für Wiederaufbau)	50

4.3	Häufigkeit von Kesselerneuerungen infolge der wiederkehrenden Messungen gemäß 1. BImSchV	51
4.4	Messintervall gemäß 1. BImSchV	53
4.5	Bestimmung des jährlichen Einsparpotentials	53
4.5.1	Wiederkehrende Messungen von Heizkesseln auf Grund der Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen (1. BImSchV)	53
4.5.2	Förderung im Rahmen des CO ₂ -Gebäudesanierungs- und des Marktanreizprogramms	54
4.5.3	Einsparungen Istszenario	55
5	Sensitivitätsbetrachtung	58
6	Gegenüberstellung der Ergebnisse	60
7	Literaturverzeichnis	63

Zusammenfassung

Die aktuelle Fassung der RICHTLINIE 2010/31/EU DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden sieht in Artikel 14 vor, dass Heizungsanlagen, deren Heizkessel eine Nennleistung von 20 Kilowatt übersteigen, einer regelmäßigen Inspektion zu unterziehen sind.

Nach Absatz 4 wird den Mitgliedstaaten allerdings die Möglichkeit eingeräumt auf die Umsetzung dieser Inspektionspflicht zu verzichten, wenn sie nationale Ersatzmaßnahmen eingeführt haben, die in ihrer Wirkung zu mindestens ebenso hohen Energieeinsparungen (Primärenergie) führen, wie sie durch die Heizungsanlageninspektionen zu erwarten wären. Dies ist durch ein entsprechendes Gutachten nachzuweisen.

Dieses Gutachten untersuchte daher für den relevanten Betrachtungszeitraum 2013-2015 zwei Szenarien:

- Referenzszenario
Hierbei werden die zu erwarteten Effekte durch die hypothetischen Heizungsinspektionen gem. 2010/31/EU, Art. 14, Abs. 1-3 berücksichtigt
- Istszenario
Hierbei werden die Effekte der nationalen Maßnahmen berücksichtigt, die als Ersatzmaßnahmen herangezogen werden können
(Messungen nach 1. Bundesimmissionsschutzverordnung, Anforderungen der Energieeinsparverordnung, Fördermaßnahmen, etc.)

Die Untersuchung hat gezeigt, dass die aus dem Istszenario resultierenden Einsparungen die theoretisch erzielbaren Einsparungen durch das Referenzszenario, sowohl hinsichtlich des Primärenergiebedarfs, als auch hinsichtlich der CO₂-Emissionen, klar übertreffen. Insbesondere die aus der Ersatzmaßnahme "wiederkehrende Messungen der 1. BImSchV" resultierenden Primärenergieeinsparungen übertreffen diejenigen des Referenzszenarios so deutlich, dass auch unter Berücksichtigung der zu erwartenden Unsicherheiten der getroffenen Annahmen (s. Sensitivitätsbetrachtung) die Gleichwertigkeit mit dem Referenzszenario sichergestellt ist.

1 Einleitung

Die Energy Performance of Buildings Directive (EPBD, Europäische Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden, 2010/31/EU), sieht wie das Vorgängerdokument (2002/91/EG) eine „Inspektion von Heizungsanlagen“ (Artikel 14) vor. Dabei heißt es im Wortlaut:

„Die Mitgliedstaaten ergreifen die erforderlichen Maßnahmen, um die regelmäßige Inspektion der zugänglichen Teile der zur Gebäudeheizung verwendeten Anlagen – beispielsweise Wärmeerzeuger, Steuerungssystem und Umwälzpumpe – mit Heizkesseln mit einer Nennleistung von mehr als 20 kW für Raumheizungszwecke zu gewährleisten. Diese Inspektion umfasst auch die Prüfung des Wirkungsgrads der Kessel und der Kesseldimensionierung im Verhältnis zum Heizbedarf des Gebäudes. Die Prüfung der Dimensionierung von Heizkesseln braucht nicht wiederholt zu werden, wenn in der Zwischenzeit an der betreffenden Heizungsanlage keine Änderungen vorgenommen wurden oder in Bezug auf den Wärmebedarf des Gebäudes keine Änderungen eingetreten sind. (...)“
(2010/31/EU, Artikel 14, Absatz 1)¹

In Artikel 14 Absatz 4 der Richtlinie wird den Mitgliedsstaaten die Option eingeräumt eine Gleichwertigkeit der nationalen Ersatzmaßnahmen mit den Anforderungen aus Absatz 1 bis 3 nachzuweisen:

„...Maßnahmen (zu) beschließen, um sicherzustellen, dass die Nutzer Ratschläge zum Austausch der Kessel, zu sonstigen Veränderungen an der Heizungsanlage und zu Alternativlösungen erhalten, um den Wirkungsgrad und die Zweckmäßigkeit der Dimensionierung des Heizkessels zu beurteilen. Die Gesamtauswirkungen dieses Ansatzes müssen denen, die bei Anwendung der Absätze 1, 2 und 3 entstehen, gleichwertig sein. (...)“
(2010/31/EU, Artikel 14, Absatz 4)

Ziel des vorliegenden Gutachtens ist es mit Hilfe eines Szenarien-Vergleichs zu untersuchen, ob die in Deutschland ergriffenen Ersatzmaßnahmen gemäß Artikel 14 Abs. 4 der Richtlinie in ihrer Wirkung mindestens gleichwertig zu Artikel 14 Abs. 1 bis 3 sind.

Dazu werden in einem ersten Szenario zunächst die gemäß den Absätzen 1, 2 und 3 des Artikels 14 der Richtlinie zu erwartenden Primärenergieeinsparungen ermittelt. In einem zweiten Szenario werden die primärenergetischen Wirkungen ausgewählter deutscher Ersatzmaßnahmen bestimmt. Bei der Bestimmung der Primärenergieeinsparungen wird soweit als möglich auf wissenschaftlich belastbare Daten zurückgegriffen. Die Ergebnisse der Untersuchung werden durch eine Sensitivitätsanalyse, bei der die möglichen Unsicherheiten einzelner Parameter berücksichtigt wurden, untermauert. Am Ende des Gutachtens werden die Ergebnisse der beiden Szenarien – unter Berücksichtigung der Sensitivitätsanalyse – gegenübergestellt. Neben den Primärenergiebedarfseinsparungen werden jeweils auch die Einsparungen beim Endenergiebedarf und den resultierende CO₂-Emissionen angegeben.

¹ Absatz 2 und 3 der Richtlinie beschreiben die Inspektionsintervalle.

2 Untersuchungskonzept und Grundlagen

2.1 Untersuchungskonzept

Die vorliegende Untersuchung wird in folgende Arbeitsschritte unterteilt (siehe Abbildung 1):

1. Entwicklung der Grundlagen für den Vergleich der zu erstellenden Szenarien:
 - a. Entwicklung des Mengengerüsts
 - b. Entwicklung des Baselineszenarios
2. Bewertung der hypothetischen Inspektionen nach Artikel 14 Absatz 1 bis 3 Gesamtenergieeffizienzrichtlinie (sog. Referenzszenario)
3. Bewertung der deutschen Ersatzmaßnahmen nach Artikel 14 Absatz 4 Gesamtenergieeffizienzrichtlinie (sog. Istszenario)
4. Sensitivitätsbetrachtung der Ergebnisse
5. Gegenüberstellung der Ergebnisse

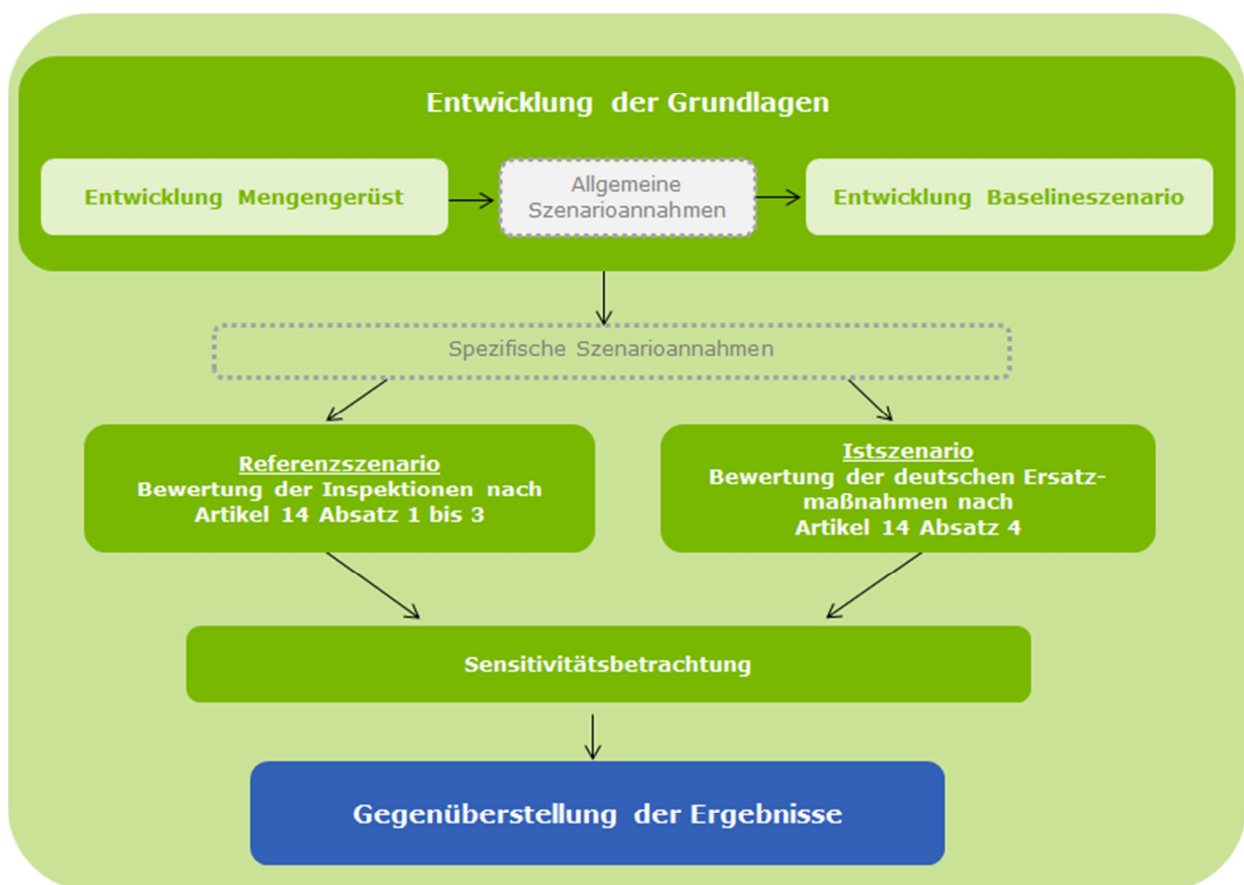


Abbildung 1: Vorgehensweise in der Untersuchung

Aufbauend auf dem Mengengerüst der Heizungsanlagen in Deutschland (siehe Kapitel 2.2.1) wird zunächst ein sog. „Baselineszenario“ entworfen, welches als Grundlage für den Vergleich von Referenzszenario (hypothetische Primärenergieeinsparungen nach Artikel 14, Absatz 1-3) und Istszenario (tatsächliche Primärenergieeinsparungen durch Ersatzmaßnahmen nach Artikel 14, Absatz 4) dient.

Im **Baselineszenario** wird davon ausgegangen, dass ab 2013 weder Heizungsinspektion nach Artikel 14 der Gebäuderichtlinie, noch Ersatzmaßnahmen (siehe Istszenario) implementiert sind. Eigentlich müsste im Baselineszenario eine theoretische Situation im Jahre 2013 abgebildet werden, bei der keine der gültigen Ersatzmaßnahmen jemals vorher implementiert wurde. Da dieses Szenario jedoch sehr theoretisch und wenig belastbar wäre, wird im Sinne einer sehr konservativen Annahme die aktuelle Situation als Ausgangswert im Baselineszenario herangezogen: Alle beschriebenen Ersatzmaßnahmen sind jedoch teilweise seit Jahrzehnten implementiert. Hinsichtlich deren Wirkungen sind daher bereits erhebliche Sättigungseffekte eingetreten. ***Durch das berücksichtigte Baselineszenario wird die Wirkung der Ersatzmaßnahmen gegenüber den neu einzuführenden Inspektionen gemäß EU-Gebäuderichtlinie stark unterschätzt.***

Im **Referenzszenario** werden die hypothetischen Primärenergieeinsparungen, im Fall der fiktiven Inspektionen nach Artikel 14 der EU-Gebäuderichtlinie, ermittelt. Dazu wird in einem ersten Schritt der Rahmen der Heizungsinspektion nach Artikel 14 festgelegt, um im zweiten Schritt die erwarteten Primärenergieeinsparungen des fiktiven Prüfsystems, getrennt nach Wärmeerzeugung/-verteilung und Wärmeübergabe, zu berechnen. Die sinnvollen Maßnahmenpakete und die sich daraus ergebenden Primärenergieeinsparungen werden separat für jede Klasse des Mengengerüsts (getrennt nach Kesselalter und Kesselgröße) bestimmt. Die sich durch die Maßnahmenpakete ergebenden Primärenergieeinsparungen werden von den folgenden Faktoren beeinflusst:

1. Mögliche Energiebedarfsreduzierung bei Implementierung der sich aus den Heizungsinspektionen ergebenden sinnvollen Maßnahmenpakete (getrennt nach Brennstoff und Strom)
2. Häufigkeit einer sinnvollen Umsetzbarkeit des Paketes in der jeweiligen Klasse
3. Umsetzungswahrscheinlichkeit
4. Primärenergiefaktoren
5. Inspektionsintervalle

Die jährlichen Primärenergieeinsparungen werden durch Multiplikation der Punkte 1) bis 4) errechnet und (abhängig von der Restlebensdauer des Kessel) aufsummiert.

Im **Istszenario** werden die Primärenergieeinsparungen für die existierenden Ersatzmaßnahmen ermittelt. Dazu werden existierende (Ersatz-)Maßnahmen beschrieben und deren Einsparpotential quantifiziert.

Die (Ersatz-) Maßnahmen können in drei Kategorien untergliedert werden

- **Regulatorische Maßnahmen**

(Diese sind wesentlich, da im Gegensatz zu allen anderen ordnungsrechtlich bewehrt.):

- Wiederkehrende Messungen auf Grundlage der **1. BImSchV (Erste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes - Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen -)**
- Anforderungen der **EnEV 2009, Paragraphen 10, 11, 14, 26a und b, 27**
- **Finanzielle Maßnahmen:**
 - KfW² Energieeffizient Sanieren-Programm-Teil des CO₂-Gebäudesanierungsprogramms
 - BAFA³-Teil des Marktanreizprogramms
- **Informative Maßnahmen**
Insbesondere Maßnahmen der Öffentlichkeitsarbeit

Im Rahmen dieses Gutachtens detailliert quantifiziert wurden Primärenergieeinsparungen von

- **wiederkehrenden Messungen auf Grundlage der 1. BImSchV,**
- **dem KfW Energieeffizient Sanieren-Programm – Teil des CO₂-Gebäudesanierungsprogramms und von**
- **dem BAFA-Teil des Marktanreizprogramms**

da für diese (Ersatz-) Maßnahmen auf eine verhältnismäßig gute Datengrundlage zurückgriffen werden kann.

Die Primärenergieeinsparungen die sich aus übrigen Maßnahmen erzielen lassen werden ebenfalls bei der Bewertung berücksichtigt. Eine genauere Quantifizierung ist jedoch, wie sich noch zeigen wird, nicht notwendig.

Bei der anschließenden **Sensitivitätsanalyse** wird der Einfluss möglicher Abweichungen der Eingangsparameter auf die Berechnungsergebnisse bestimmt und bewertet.

In der abschließenden Gegenüberstellung der Ergebnisse wird untersucht, ob die aus den Ersatzmaßnahmen resultierenden Primärenergieeinsparungen mindestens den hypothetischen Primärenergieeinsparungen nach Artikel 14, Absatz 1-3 entsprechen.

² Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW)

³ Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA)

2.2 Grundlagen

2.2.1 Entwicklung des Mengengerüsts der Heizkessel in Deutschland

Bei der Entwicklung des Mengengerüsts der Heizkessel wurde im Wesentlichen auf die umfangreiche Datensammlung des Bundesverbands des Schornsteinfegerhandwerks -Zentralinnungsverband (ZIV)- zurückgegriffen. Die Datensammlungen beinhalten detaillierte Informationen zu den nach der 1. BImSchV wiederkehrend messpflichtigen Öl- und Gasfeuerungsanlagen aus denen die Bestände von Konstant- und Niedertemperaturkessel der Energieträger Gas und Öl abgeleitet werden können⁴. Die Daten wurden mit der Studie von [SHELL/BDH 2013] abgeglichen, die unter anderem auch Informationen zur Anzahl von Brennwert- und Festbrennstoffkesseln (Kohle und Holz) enthält. Wie im Kapitel 2.2.2 noch näher erläutert wird, sind jedoch die im Rahmen dieser Untersuchung zu erwartenden Effekte, die von den Brennwert- und Festbrennstoffkessel ausgehen, aus unterschiedlichen Gründen vergleichsweise gering.

2.2.1.1 Bestand Gaskessel

Die etwa **9,25 Mio.** wiederkehrend messpflichtigen Gaskessel im Jahr **2013** (hochgerechnet aus 2010-2012) verteilen sich anhand der in der Datensammlung ZIV festgelegten Kesselalters- und Kesselleistungsklassen wie in den folgenden Diagrammen. Der Anteil der Gas-Brennwertkessel am Gesamtbestand der Gaskessel beträgt gemäß der Studie von [SHELL/BDH 2013] ca. 28 %. Diese sind in den folgenden Datensätzen nicht enthalten.

⁴ Die Daten der Gas- und Ölfeuerungsanlagen aus den Jahren 2010-2012 wurden linear auf das Anfangsjahr des Betrachtungszeitraumes (2013) extrapoliert. Da Heizungsanlagen mit einer Nennwärmeleistung zwischen 4 und 11 kW erst seit der 1. BImSchV-Novelle im Jahr 2010 der wiederkehrenden Messpflicht unterliegen, sind die Daten erst ab 2010 konsistent vergleichbar.

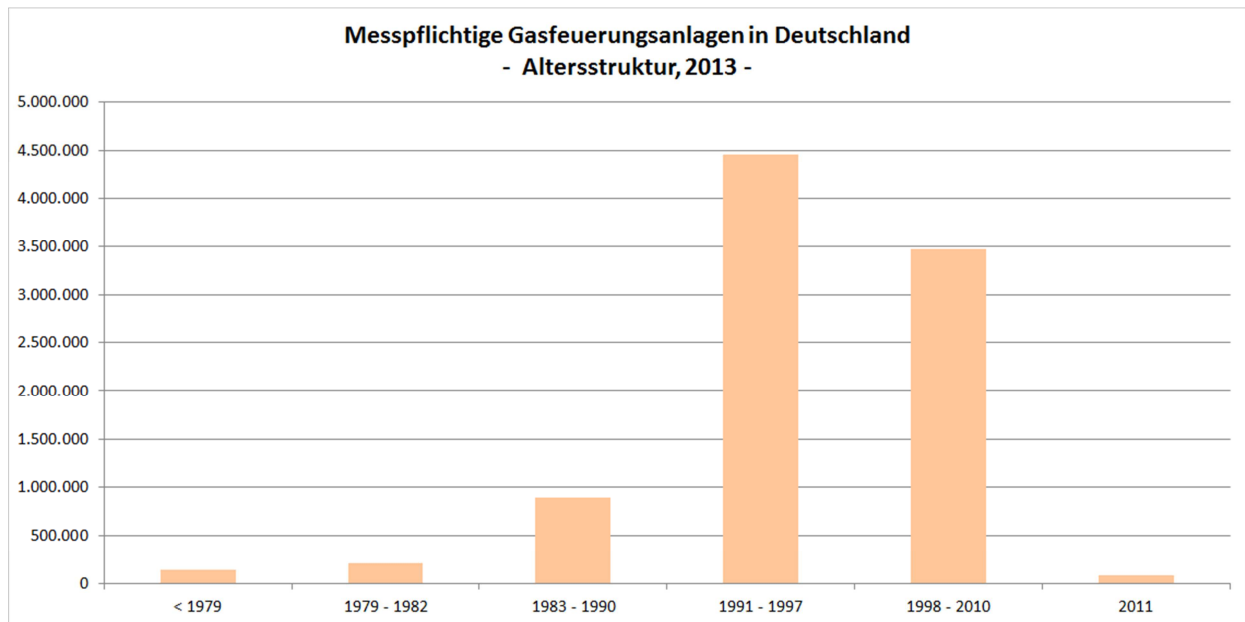


Abbildung 2. Wiederkehrend messpflichtige Gasfeuerungsanlagen in Deutschland, 2013, Altersstruktur, gem. [ZIV]

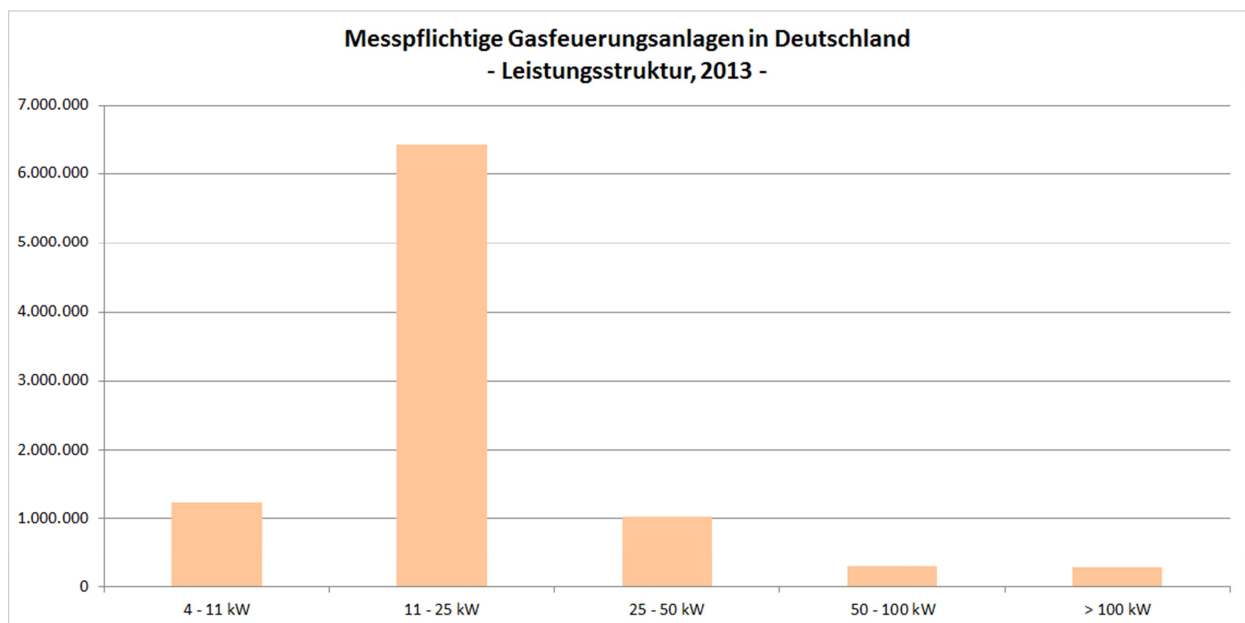


Abbildung 3. Wiederkehrend messpflichtige Gasfeuerungsanlagen in Deutschland, 2013, Leistungsstruktur, gem. [ZIV]

Eine Verschneidung der Alters- und Leistungsstruktur führt zu folgendem Ergebnis.

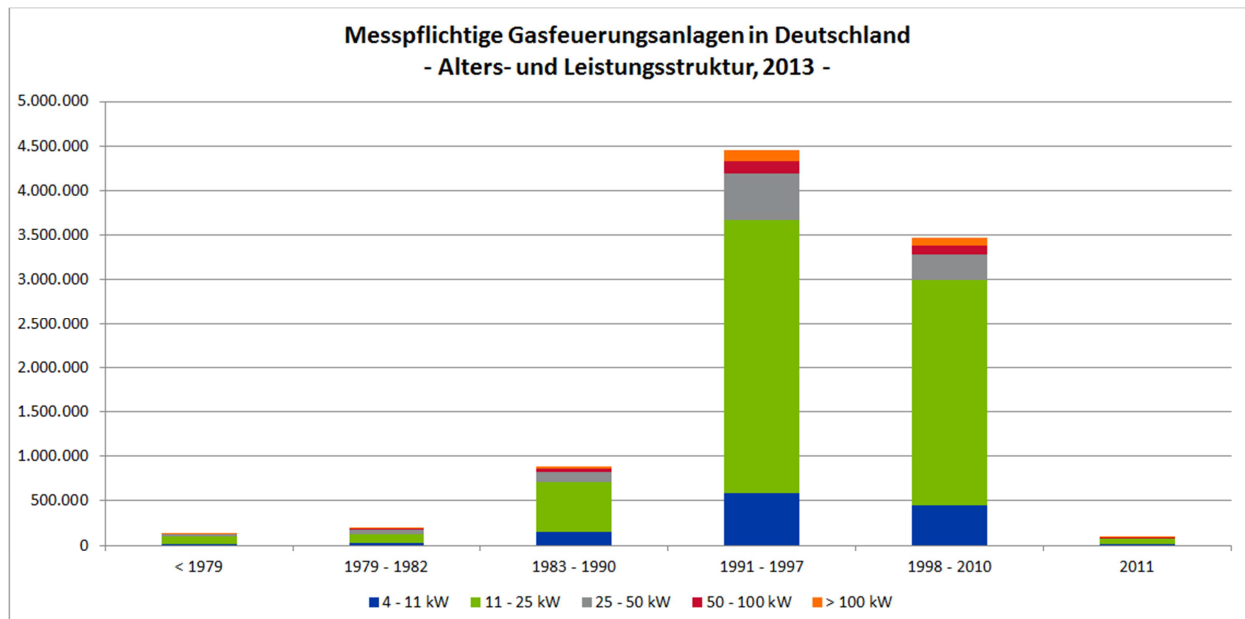


Abbildung 4. Wiederkehrend messpflichtige Gasfeuerungsanlagen in Deutschland, 2013, Alters- und Leistungsstruktur, gem. [ZIV]

2.2.1.2 Bestand Heizölkessel

Die ca. **5,42 Mio.** wiederkehrend messpflichtigen Heizölkessel im Jahr **2013** (hochgerechnet aus 2010-2012) verteilen sich anhand der vom ZIV festgelegten Kesselalters- und Kesselleistungsklassen wie in den folgenden Diagrammen. Der Anteil der Öl-Brennwertkessel am Gesamtbestand der Ölkessel beträgt gemäß der Studie von [SHELL/BDH 2013] ca. 9 %. Diese sind in den folgenden Datensätzen nicht enthalten.

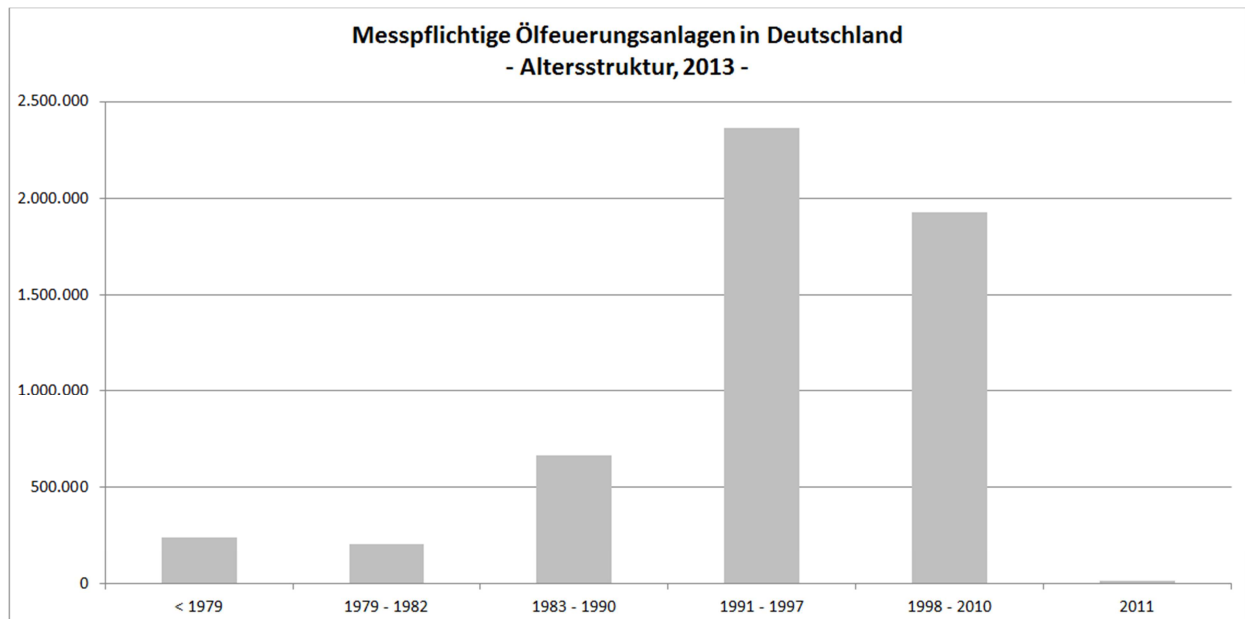


Abbildung 5. Wiederkehrend messpflichtige Heizölfeuerungsanlagen in Deutschland, 2013, Altersstruktur, gem. [ZIV] ohne Brennwertgeräte.

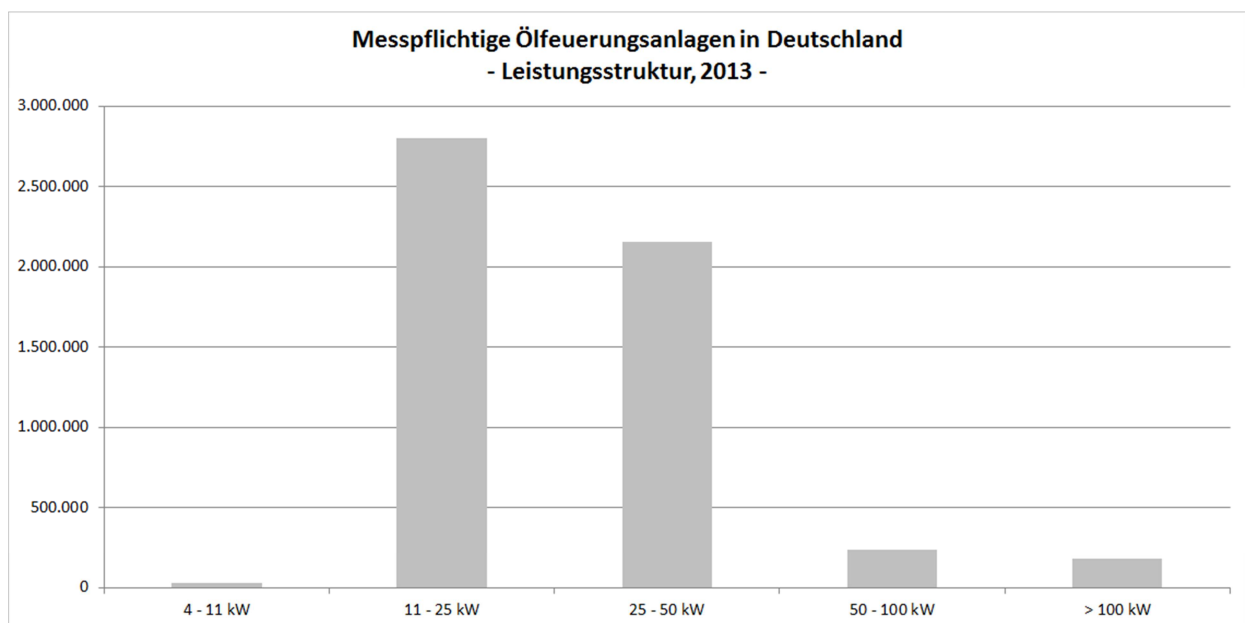


Abbildung 6. Wiederkehrend messpflichtige Heizölfeuerungsanlagen in Deutschland, 2013, Leistungsstruktur, gem. [ZIV] ohne Brennwertgeräte.

Eine Verschneidung der Alters- und Leistungsstruktur führt zu folgendem Ergebnis.

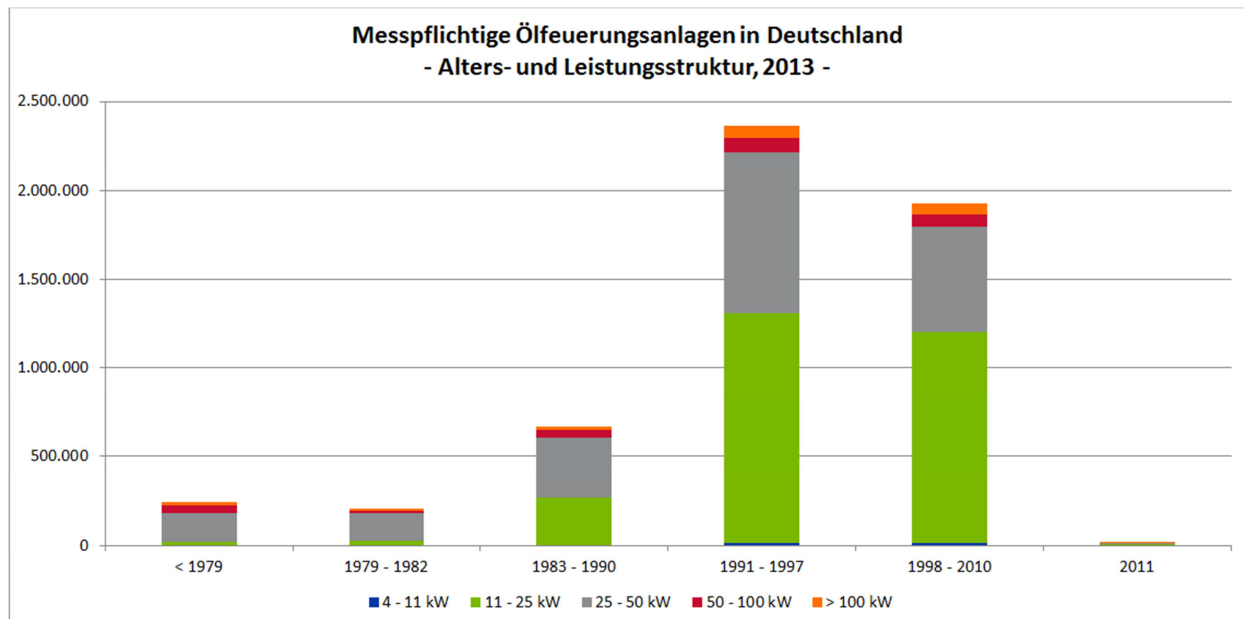


Abbildung 7. Wiederkehrend messpflichtige Heizölfeuerungsanlagen in Deutschland, 2013, Alters- und Leistungsstruktur, gem. [ZIV] ohne Brennwertgeräte.

2.2.1.3 Bestand Festbrennstoffkessel

Im Rahmen dieser Untersuchung wurden drei wesentliche Quellen zum aktuellen Bestand der Festbrennstoffkessel herangezogen: [Shell/BDH 2013], [DEPV 2013] und [ZIV].

Die ermittelten Werte stellen sich für das Jahr 2012 wie folgt dar:

- [Shell/BDH 2013]
 - o Biomassekessel: rund 800.000
- [DEPV 2013]⁵
 - o Pelletkaminöfen: 85.332
 - o Pelletkessel < 50 kW⁶: 185.456
 - o Pelletkessel > 50 kW⁷: 7.818
- [ZIV]
 - o Überwachung⁸ handbeschickter Feuerungsanlagen für feste Brennstoffe: 12.600
 - o Überwachung mech. beschickter Feuerungsanlagen für feste Brennstoffe: 34.800

Wie im folgenden Kapitel 2.2.2 noch näher erläutert wird, sind jedoch die im Rahmen dieser Untersuchung zu erwarteten Effekte, die von den Brennwert- und Festbrennstoffkessel ausgehen vergleichsweise gering.

⁵ Quellen: Deutsches Pelletinstitut auf Basis der Zahlen von Biomasseatlas.de, ZIV, HKI; Stand Januar 2013

⁶ inkl. wasserführender Öfen

⁷ inkl. Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)

⁸ durch die zum 22. März 2010 in Kraft getretene Novellierung der 1. BImSchV sind messpflichtige Feuerungsanlagen für feste Brennstoffe statt einmal im Jahr nur alle zwei Jahre zu überwachen

2.2.2 Annahmen Baselineszenario

Das Baselineszenario beschreibt - ausgehend von der aktuellen Situation - die Entwicklung des Mengengerüsts in die Zukunft. Berücksichtigt wird dabei ausschließlich der Kesseltausch nach Ablauf der Lebensdauer der Kessel. Andere Maßnahmen werden hierbei nicht berücksichtigt. Das Referenzszenario und das Istszenario bauen darauf auf.

Im Folgenden werden die für das Baselineszenario getroffenen Annahmen zusammengefasst:

- Festbrennstoffkessel und andere Wärmeerzeuger (außer Gas- und Heizölkessel):
 - Es ist davon auszugehen, dass der Energieträger **Kohle** bei Heizkesseln in den nächsten Jahren, wo dies möglich ist, unabhängig von den im Rahmen dieser Untersuchung zu variierenden Szenarien ausgetauscht wird. Unter zusätzlicher Berücksichtigung der extrem geringen Anzahl der noch existierenden Kessel ist es sinnvoll, diese im Rahmen der weiteren Betrachtungen zu vernachlässigen.
 - Die möglichen Effekte, die von **Biomassekesseln** ausgehen, sind ebenfalls gering. Da für diese Energieträger zum einen sehr günstige Primärenergiefaktoren (0,2 für Holzpellets, etc.) zu berücksichtigen sind, und zum anderen die Kesselzahlen im Vergleich zu den Anzahlen der Gas- und Ölkessel gering sind (vgl. vorheriges Kapitel), wurden diese ebenfalls bei den weiteren Betrachtungen nicht gesondert berücksichtigt.
 - **Wärmepumpen-, Fernwärme- und Stromheizungsanlagen** sind nicht Gegenstand von Artikel 14 der EPBD.
- Bei vorhandenem **Brennwertkessel Gas/Heizöl** besteht ein vernachlässigbares Primärenergieeinsparpotential, da
 - Anlagen mit derartigen Kesseln überwiegend einem fortschrittlichen Stand der Technik entsprechen.
 - der tatsächliche Kesselwirkungsgrad nur mit unverhältnismäßig großem Aufwand messtechnisch bestimmt werden könnte.
- Die Gesamtzahl der Wärmeerzeuger (Stand 2013) wird für den gesamten Betrachtungszeitraum als konstant angenommen.
- Die Aufteilung der ZIV-Leistungsklasse 11 - 25 kW wird in Leistungsklasse größer und kleiner 20 kW aufgeteilt. Dazu werden 10% der Leistungsklasse 11 - 25 kW abgezogen und der Klasse 25 - 50 kW hinzugefügt. Dadurch entstehen die später verwendeten relevanten Klassen 11 - 20 kW und 20 - 50 kW. Wir halten diese Annahme für konservativ. Im BEAM²-Modell (BEAM) von Ecofys werden hierfür Größenordnungen von ca. 4 bis 7 % (Heizöl bzw. Gas) ausgewiesen.
- Zusammenfassend ergibt sich für die im Rahmen dieser Untersuchung relevanten Gas- und Heizölfeuerungsanlagen das folgende Mengengerüst:

Tabelle 1. Mengengerüsttabelle, Bestand 2013 an relevanten Öl- und Gaskessel, abgeleitet aus [ZIV]

Altersklasse Heizkessel	Leistung des Heizkessels < 20 kW		Leistung des Heizkessels > 20 kW		Gesamt
	Gas	Heizöl	Gas	Heizöl	Gas/Heizöl
< 1979	89.330	17.287	50.237	224.080	380.933
1979 – 1982	116.013	24.970	89.887	179.863	410.733
1983 – 1990	647.633	239.467	239.433	426.667	1.553.200
1991 – 1997	3.364.000	1.181.667	1.094.333	1.183.867	6.823.867
1998 – 2010	2.733.563	1.082.137	740.170	843.997	5.399.867
2011	70.113	8.827	16.587	5.140	100.667
Gesamt	7.020.653	2.554.353	2.230.647	2.863.613	14.669.267

- Die Einsatzdauer der Kessel ist sehr individuell. In Normen zu Wirtschaftlichkeitsbetrachtung (z.B. VDI 2067 oder EN 15459) werden 20 Jahre als typische Lebenserwartung angegeben. Dies deckt sich mit den Angaben von [Agethen et. al.] und der Betrachtung zu den Kesselhäufigkeiten pro Jahrgang (vgl. Abbildung 8). Auch hier ist ein deutlicher Einbruch der Häufigkeiten bei der Altersklasse von über 20 Jahren zu erkennen. Gleichzeitig ist jedoch auch ein nicht unerheblicher Anteil an Kesseln zu beobachten, die deutlich länger eingesetzt werden. Aus den Austauschraten von Diefenbach (2,8 %/a) und den ZIV-Daten 2011-2013 (Gas 2,6 %/a; Heizöl 3,0 %/a) lässt sich ebenfalls auf eine Einsatzdauer von deutlich über 20 Jahren schließen.

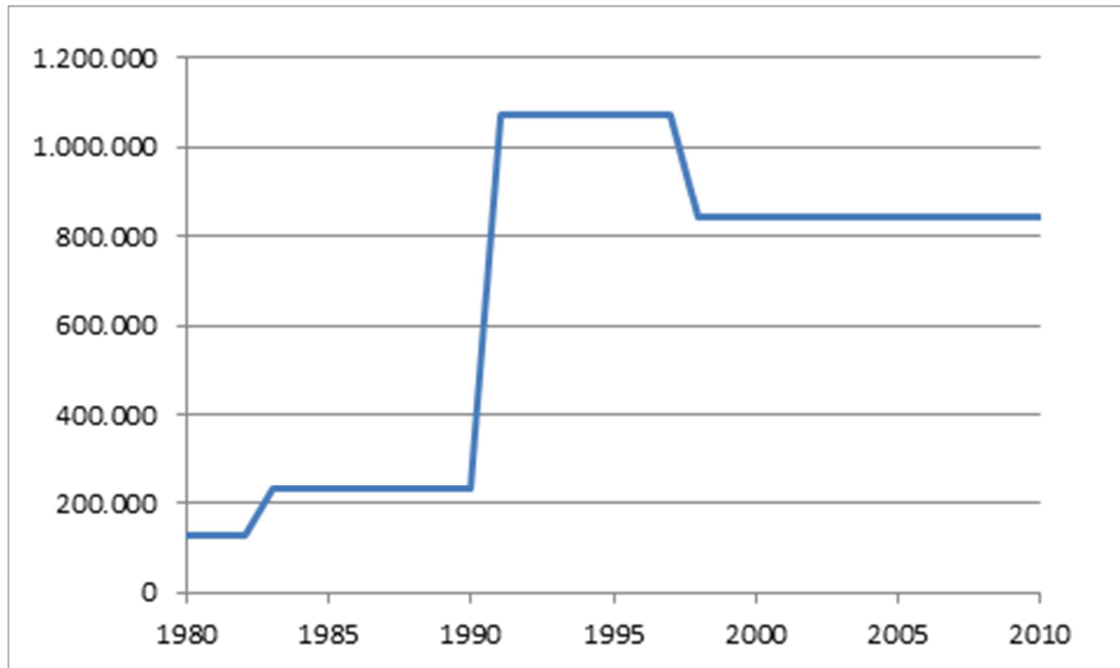


Abbildung 8: Kesselzahl in Abhängigkeit vom Kesselalter, nach [ZIV], Bezugsjahr 2010, Brennwertkesselanzahl nach [Wolff et al. 2004] abgeschätzt

Bei der Modellierung wurde vereinfachend von einer konstanten Lebensdauer von 24 Jahren für alle Kessel ausgegangen. Die reduzierte Anzahl von Kesseln, die gemäß [ZIV] länger als 20 Jahre im Betrieb sind, wurde dabei im Modell als verlängerte Lebensdauer aller Kessel berücksichtigt, so dass die Gesamtrestlaufzeit (= Anzahl x Restlebensdauer) der alten Kessel über 20 Jahre erhalten bleibt, bzw. durch die Annahme von 24 Jahren sogar leicht überschätzt wird.

- Um die Restlebensdauern der Kessel bis zum normalen altersbedingten Kesseltausch berücksichtigen zu können, wurden die Altersklassen gleichmäßig auf die einzelnen Jahre der Altersklasse verteilt. Beispiel zur Veranschaulichung: Für Altersklasse 1979 - 1982, Gas, 4 – 11 kW:
Den Jahren 1979/1980/1981/1982 werden jeweils 6.908 (=27.633/4) Erzeuger zugeordnet.
- Der jeweilige Urzustand der relevanten Parameter
 - Erzeuger-Aufwandszahl
 - Verteilverluste
 - Hilfsenergiebedarf Erzeugung
 - Hilfsenergiebedarf Verteilung

ist gem. DIN V 4701-12: 2004-06 (Kessel, Speicher) und PAS 1027 (Verteilung, Übergabe) ⁹ in Tabelle 2 angenommen worden.

Tabelle 2. Erzeuger-Aufwandszahl/Verteilverluste/Hilfsenergiebedarf Erzeugung und Verteilung gem. DIN V 4701-12: 2004-06 und PAS 1027

Kessel-leistung	Kessel-alter	Erzeuger-Anlagen-aufwand	Verteilverluste	Hilfsenergiebe-darf Erzeugung	Hilfsenergiebe-darf Verteilung
4 - 11 kW	< 1979	1.47	5,633 kWh/a	90 kWh/a	173 kWh/a
4 - 11 kW	1979 - 1982	1.47	5,633 kWh/a	90 kWh/a	173 kWh/a
4 - 11 kW	1983 - 1990	1.24	1,515 kWh/a	90 kWh/a	143 kWh/a
4 - 11 kW	1991 - 1997	1.19	1,515 kWh/a	60 kWh/a	143 kWh/a
4 - 11 kW	1998 - 2010	1.14	698 kWh/a	53 kWh/a	120 kWh/a
4 - 11 kW	2011	1.14	698 kWh/a	53 kWh/a	120 kWh/a
11 - 20 kW	< 1979	1.36	5,633 kWh/a	90 kWh/a	173 kWh/a
11 - 20 kW	1979 - 1982	1.36	5,633 kWh/a	90 kWh/a	173 kWh/a
11 - 20 kW	1983 - 1990	1.21	1,515 kWh/a	90 kWh/a	143 kWh/a
11 - 20 kW	1991 - 1997	1.15	1,515 kWh/a	60 kWh/a	143 kWh/a
11 - 20 kW	1998 - 2010	1.11	698 kWh/a	53 kWh/a	120 kWh/a
11 - 20 kW	2011	1.11	698 kWh/a	53 kWh/a	120 kWh/a
20 - 50 kW	< 1979	1.36	16,313 kWh/a	188 kWh/a	375 kWh/a
20 - 50 kW	1979 - 1982	1.36	16,313 kWh/a	188 kWh/a	375 kWh/a
20 - 50 kW	1983 - 1990	1.21	5,175 kWh/a	188 kWh/a	300 kWh/a
20 - 50 kW	1991 - 1997	1.15	5,175 kWh/a	150 kWh/a	300 kWh/a
20 - 50 kW	1998 - 2010	1.11	2,025 kWh/a	150 kWh/a	263 kWh/a
20 - 50 kW	2011	1.11	2,025 kWh/a	150 kWh/a	263 kWh/a
50 - 100 kW	< 1979	1.28	16,313 kWh/a	188 kWh/a	375 kWh/a
50 - 100 kW	1979 - 1982	1.28	16,313 kWh/a	188 kWh/a	375 kWh/a
50 - 100 kW	1983 - 1990	1.18	5,175 kWh/a	188 kWh/a	300 kWh/a
50 - 100 kW	1991 - 1997	1.13	5,175 kWh/a	150 kWh/a	300 kWh/a
50 - 100 kW	1998 - 2010	1.09	2,025 kWh/a	150 kWh/a	263 kWh/a
50 - 100 kW	2011	1.09	2,025 kWh/a	150 kWh/a	263 kWh/a
> 100 kW	< 1979	1.28	49,050 kWh/a	300 kWh/a	750 kWh/a
> 100 kW	1979 - 1982	1.28	49,050 kWh/a	300 kWh/a	750 kWh/a
> 100 kW	1983 - 1990	1.18	17,400 kWh/a	300 kWh/a	600 kWh/a
> 100 kW	1991 - 1997	1.13	17,400 kWh/a	300 kWh/a	600 kWh/a
> 100 kW	1998 - 2010	1.09	6,150 kWh/a	300 kWh/a	600 kWh/a
> 100 kW	2011	1.09	6,150 kWh/a	300 kWh/a	600 kWh/a
4 - 11 kW	BW	0.99	698 kWh/a	53 kWh/a	128 kWh/a
11 - 20 kW	BW	0.98	702 kWh/a	72 kWh/a	144 kWh/a
20 - 50 kW	BW	0.98	1,463 kWh/a	150 kWh/a	300 kWh/a
50 - 100 kW	BW	0.97	2,175 kWh/a	150 kWh/a	375 kWh/a
> 100 kW	BW	0.97	4,350 kWh/a	300 kWh/a	750 kWh/a

⁹ Beide Quellen sind ausgewertet und zusammengefasst in der BMVBS-Bekanntmachung [Ornth 2009].

2.2.3 Verfahren zur Berechnung des Endenergiebedarfs je Alters- und Leistungsklasse für die Jahre 2013, 2014 und 2015

Für die Ermittlung des Endenergiebedarfs wurde als Grundlage für alle Szenarien die im Folgenden beschriebene Vorgehensweise gewählt.

Das bereits in 2.2.1 beschriebene Mengengerüst formt die Basis aller Szenarien. Hier findet eine Differenzierung nach Energieträger (Gas und Heizöl), Kesselaltersklasse und Leistungsklasse statt.

Für die Bestimmung des Endenergiebedarfs Gas/Heizöl wird jeweils für eine Kombination aus Energieträger, Kesselalter (auf einzelne Jahre aufgeteilt) und Leistungsklasse der Nutzenergiebedarf für die Erzeugung pro Wärmeerzeuger bestimmt. Dazu wird aus der durchschnittlichen Kesselleistung (z.B. 7,5 kW in der Leistungsklasse 4-11 kW) mit einem Kalibrierungsfaktor (potentielle Volllaststunden) der Nutzenergiebedarf bestimmt. Der Kalibrierungsfaktor wird über einen „Top-Down-Ansatz“ auf Basis des Gesamtnutzenergiebedarfs für Heizzwecke der Bundesrepublik Deutschland gem. [AG Energiebilanzen 2013] bestimmt¹⁰. Dieser Nutzenergiebedarf wird mit der jeweiligen Erzeuger-Aufwandszahl gem. DIN V 4701-12: 2004-06 multipliziert und die Verteilverluste des Heizsystems hinzugeaddiert, woraus der Endenergiebedarf resultiert.

Der Endenergiebedarf Strom wird über die Kennwerte des Hilfsstroms für die Erzeugung und die Verteilung aus DIN V 4701-12: 2004-06 und PAS 1027 bestimmt. Dazu wird die Anzahl der Kessel der jeweiligen Klasse (Energieträger, Kesselalter, Leistungsklasse) mit der Summe des Endenergiebedarfs für die Erzeugung und Verteilung multipliziert.

Es wird angenommen, dass der so ermittelte Endenergiebedarf (Stand 2013) sowohl für die bestehenden, als auch für die neuen Kessel (nach altersbedingten Kesseltausch) für den weiteren Betrachtungszeitraum konstant bleibt.

2.2.4 Primärenergiefaktoren und CO₂-Emissionsfaktoren

Gemäß der DIN V 18599 werden für die Berechnungen die folgenden Primärenergiefaktoren (nicht erneuerbarer Anteil) berücksichtigt:

Tabelle 3. Primärenergiefaktoren gem. [DIN V 18599]

Energieträger	Primärenergiefaktor
Erdgas/Heizöl	1,1
Biomasse	0,2
Strom (aktuell)	2,6
ab 2014*	2,0
ab 2016*	1,8

*) Werte nach Entwurf Änderungsverordnung EnEV, Bundesrats-Drucksache 113/13 vom 8.2.13

¹⁰ Endenergieverbrauch Gas (2011): 243 TWh/a; Endenergieverbrauch Heizöl (2011): 179 TWh/a

Für das Gutachten werden außerdem die folgenden CO₂-Emissionsfaktoren gemäß [UBA 2007a] und [UBA 2007b] berücksichtigt.

Tabelle 4. CO₂-Faktoren gem. [UBA 2007a]* und [UBA 2007b]**

Energieträger	CO ₂ -Emissionsfaktor ohne Vorkette [g/kWh]
Heizöl	266
Erdgas	202
Biomasse	0
Strom-Mix	590

*) UBA-Publikation: "Einheitliche Stoffwerte für Emissionsfaktoren, Heizwerte und Kohlenstoffgehalte für Brennstoffe, Rohstoffe und Produkte"

**) UBA-Publikation: "Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strom-Mix"

3 Referenzszenario: Bewertung der Inspektion nach Artikel 14 Absatz 1 bis 3 Gesamtenergieeffizienzrichtlinie

Ziel des Referenzszenarios ist eine möglichst wissenschaftlich fundierte Quantifizierung der sich aus den hypothetischen Heizungsinspektionen nach Artikel 14 Absatz 1 bis 3 der Gesamtenergieeffizienzrichtlinie ergebenden fiktiven Reduzierung des Endenergiebedarfs und der damit verbundenen Verminderung des Primärenergiebedarfs und der Treibhausgasemissionen.

In diesem Kapitel wird in einem ersten Schritt der Rahmen der Heizungsinspektion nach Artikel 14 festgelegt. Aufgrund der hohen offensichtlichen inhaltlichen Abdeckung ist es sinnvoll, den in Artikel 14 grob umrissenen Inspektionsumfang in Anlehnung an die DIN EN 15378 NA 7.2 zu spezifizieren. Die DIN EN 15378 NA 7.2 beschreibt die (nicht obligatorische) Inspektion nach dem Sofortverfahren/Checklistenverfahren (vom Handwerk als Heizungscheck bezeichnet). Das vereinfachte Verfahren hat zum Ziel die Heizungsanlage qualitativ energetisch zu bewerten und entsprechende Verbesserungspotentiale unmittelbar als Ergebnis von Messungen und fachgerechter Inspektion vor Ort aufzuzeigen. Dabei werden die einzelnen Komponenten der Heizungsanlage messtechnisch sowie visuell beurteilt und eingestuft. Die energetische Bedeutung der Baugruppen Wärmeerzeuger, Regelung, Wärmeübergabe und Wärmeverteilung ist unterschiedlich groß. Die Vergabe der Bewertungspunkte für das Sanierungspotential erfolgt dementsprechend. Die Einzelheiten zur Bewertung finden sich in NA.7.2.3 und zum Inspektionsbericht zur Dokumentation des Bewertungsergebnisses in NA.7.2.2. Am Ende der Inspektion und der Verteilung der Bewertungspunkte steht eine entsprechende Empfehlung für den Auftraggeber, wo energetische Verbesserungspotentiale erschließbar sind. Diese Empfehlungen werden in einem Beratungsgespräch erläutert (DIN EN 15378 NA 7.2).

Das Verfahren käme grundsätzlich in Gänze auch als wiederkehrende Inspektion in Betracht, es erfordert aber in Bezug auf die Inspektion der Wärmeübergabesysteme, im Gegensatz zu den anderen Baugruppen, einen Zugang zu den einzelnen Mieteinheiten. Unabhängig von der Rechtsgrundlage erfordert das Betreten von Wohnungen die Anwesenheit der Nutzer. Bei Mehrfamilienhäusern kann dies zu Mehrkosten für mehrfache An- und Abfahrten führen. Der zeitliche Aufwand für eine einfache Inspektion (Heizungscheck) einer kleineren Heizungsanlage beträgt etwa 1 Stunde zuzüglich Beratung und An- und Abfahrt. Die Gesamtkosten für ein Einfamilienhaus betragen somit ca. 80-120 Euro, sie können im Einzelfall abweichen (z.B. bei längerer Anfahrt etc.). Die Kosten für ein Mehrfamilienhaus liegen in etwa bei 100 Euro plus ca. 30 Euro pro Wohneinheit. Der organisatorische Aufwand und damit die tatsächlichen Gesamtkosten sind sehr unterschiedlich und hängen davon ab, wie verschieden die einzelnen Wohnungen sind (bezogen auf Grundriss und Heizkörper) und wie viele Termine vereinbart werden müssen. Die Wirtschaftlichkeit und Praktikabilität bei Umsetzung der Inspektionen, insbesondere der Wärmeübergabesysteme bei Mehrfamilienhäusern und der erreichbaren Primärenergieeinsparungen der daraus abgeleiteten Maßnahmen wird daher kritisch bewertet.

Abgesehen davon würde das Betreten der Wohnungen eine gesetzliche Grundlage für ein Zutrittsrecht zu den zu untersuchenden Mieteinheiten voraussetzen, die zunächst geschaffen werden müsste.

Dennoch wurden die Maßnahmen, die die Wärmeübergabe (insbesondere eine Prüfung und ein Austausch von Thermostatventilen und ein hydraulischer Abgleich) betreffen, allerdings separat, untersucht, da hier die Gebäudebaualterklasse als Kriterium für das zu Grunde liegende Mengengerüst geeigneter ist als das Kesselalter (siehe Kapitel 3.6.2).

Im zweiten Schritt werden in diesem Kapitel die erwarteten Primärenergieeinsparungen des fiktiven Prüfsystems berechnet. Die sinnvollen Maßnahmenpakete und die sich daraus ergebenden Primärenergieeinsparungen werden separat für die Klassen des Mengengerüsts (getrennt nach Kesselalter und Kesselgröße) bestimmt. Die sich durch die Maßnahmenpakete ergebenden Primärenergieeinsparungen werden von den möglichen Endenergiebedarfsreduktionen bei Implementierung der sich aus den Heizungsinspektionen ergebenden sinnvollen Maßnahmenpakete (getrennt nach Brennstoff und Strom) (vgl. Kapitel 3.2), der Häufigkeit einer sinnvollen Umsetzbarkeit des Paketes in der jeweiligen Klasse (vgl. Kapitel 3.3), der Umsetzungswahrscheinlichkeit (vgl. Kapitel 3.4) und den Inspektionsintervallen (vgl. Kapitel 3.5) beeinflusst.

Abbildung 9 illustriert die Vorgehensweise zur Berechnung der Endenergie-/Primärenergie- und CO₂-Einsparung im Referenzszenario.

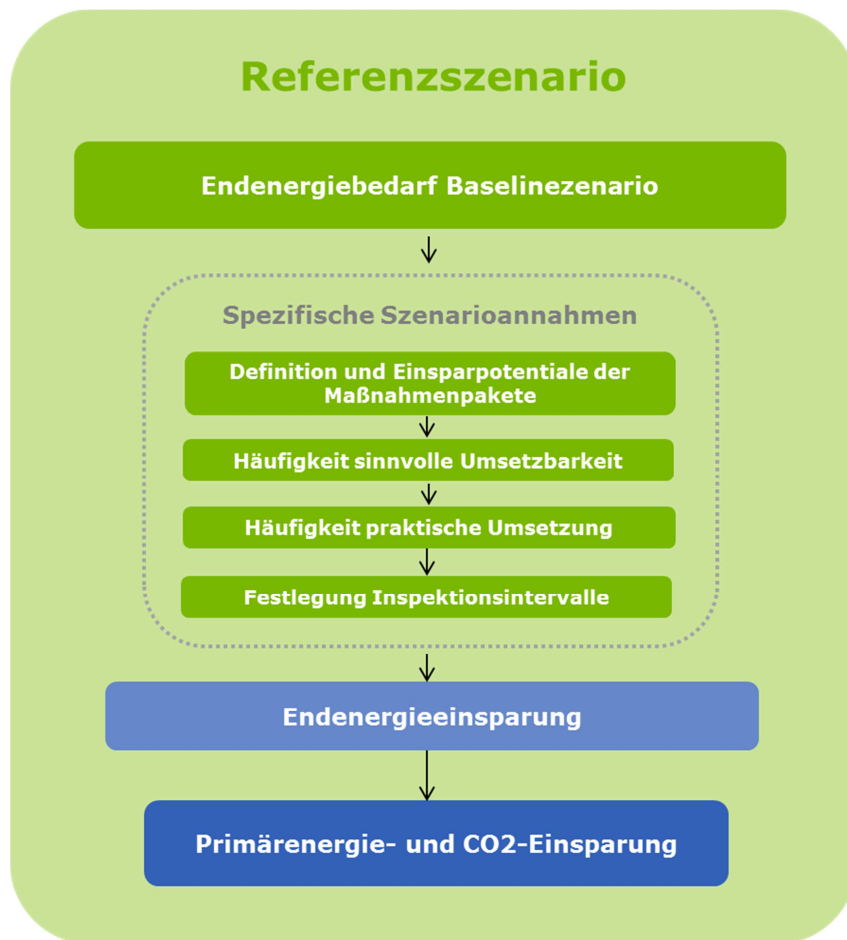


Abbildung 9: Vorgehensweise zur Berechnung der Primärenergie- und CO₂-Einsparung im Referenzszenario

3.1 Heizungsinspektionen gemäß Artikel 14 der EPBD-Richtlinie

Die Europäische Gesamtenergieeffizienzrichtlinie für Gebäude verlangt in Artikel 14 Abs. 1-3 bei Anlagen mit einer Kesselgröße von größer als 20 kW regelmäßige Inspektionen z.B. von Wärmeerzeuger, Steuerungssystem und Umwälzpumpe durch qualifiziertes Personal. Die Inspektionen sollen auch die Prüfung des Wirkungsgrads der Kessel und der Kesseldimensionierung im Verhältnis zum Heizbedarf des Gebäudes abdecken. In der DIN EN 15378 NA 7.2.1 werden hierzu passende Instrumentarien beschrieben. Die überschlägige Bestimmung des Wirkungsgrades auf der Grundlage von DIN V 4701-12 (nach Baujahr und Bauart gemäß Typschild) ist richtlinienkonform und stellt eine nicht-messtechnische Option dar. Alternativ wäre es möglich - wie in der 1. BImSchV - die Abgasverluste als ein Teilelement des Gesamtwirkungsgrades zu bestimmen. Für eine vollständige Bestimmung des Kessel- oder gar Anlagenwirkungsgrades wäre die Installation umfangreicher Messtechnik erforderlich. Soweit noch nicht dokumentiert, wäre hierzu zunächst der Heizenergiebedarf zu bestimmen, was messtechnisch nur während der Heizperiode möglich wäre. Eine Bestimmung des Kessel- oder gar

Anlagenwirkungsgrades im Rahmen einer Inspektion gemäß Artikel 14 der EPBD-Richtlinie halten wir daher für nicht praktikabel.

Da Angaben zum erforderlichen Inhalt der Inspektionen in Artikel 14 der EPBD-Richtlinie nicht gemacht werden, ist davon auszugehen, dass bei der Inspektion des Steuerungssystems und der Umwälzpumpen mit einer einfachen Sichtprüfung die Pflicht bereits erfüllt ist.

Laut Richtlinie ist ein Inspektionsbericht zu erstellen, der das Ergebnis der durchgeführten Inspektion sowie Empfehlungen für kosteneffiziente Verbesserungen der Energieeffizienz der kontrollierten Anlage enthält und dem Eigentümer oder Mieter auszuhändigen ist.

Die Grundlage für die Entwicklung der aus den Inspektionen in Artikel 14 der EPBD-Richtlinie abgeleiteten Maßnahmenpakete liefert die DIN EN 15378:2008-07 „Heizungssysteme in Gebäuden – Inspektion von Kesseln und Heizungssystemen“, die die einzelnen Bestandteile einer Heizungsinspektion (Wärmeerzeugung, Wärmeverteilung und Wärmeübergabe) beschreibt.

Die folgende Tabelle zeigt die Inspektionsbestandteile, die in die Entwicklung der Maßnahmenpakete eingeflossen sind:

Tabelle 5. Berücksichtigte Bestandteile einer Heizungsinspektion gem. DIN EN 15378:2008-07

Oberkategorie	Unterkategorie
1. Wärmeerzeugung	1.1 Abgasverlust
	1.2 Oberflächenverlust
	1.3 Ventilationsverlust
	1.4 Brennwertnutzung
	1.5 Kesselüberdimensionierung
	1.6 Regelung
2. Wärmeverteilung	2.1 Hydraulischer Abgleich
	2.2 Pumpe
	2.3 Rohrleitungsdämmung
3. Wärmeübergabe	3.1 Heizkörper
	3.2 Flächenheizungen

Um in einem nächsten Schritt die Einsparpotentiale abschätzen zu können, wurden folgende, sinnvolle Maßnahmen zu Paketen zusammengefasst:

- Kesseltausch
- Neue zentrale Einrichtungen zur Steuerung und Regelung
- Optimierung Regelung
- Heizungspumpe austauschen
- Heizungspumpe einstellen
- Leitungen dämmen

Wie in Kapitel 3 beschrieben, wurden Maßnahmen, die die Wärmeübergabe (insbesondere eine Prüfung und ein Austausch von Thermostatventilen und ein hydraulischer Abgleich) betreffen, separat untersucht (siehe Kapitel 3.6.2).

Für die Abschätzung der Einsparpotentiale, die sich aus der Inspektion der Wärmeübergabesysteme ergeben, ist die Gebäudebaualtersklasse als Kriterium geeigneter als das Kesselalter, da davon auszugehen ist, dass bei einem Kesseltausch nicht automatisch die Heizkörperventile ausgetauscht werden oder ein hydraulischer Abgleich durchgeführt wird. In Kapitel 3.6.2 wird das Verfahren zur Abschätzung der möglichen Primärenergieeinsparungen, die sich aus einer Inspektion der der Wärmeübergabesystem ergeben, ausführlich beschrieben.

Für die aus den Inspektionen der Wärmeerzeugungs- und Wärmeverteilungssysteme resultierenden Maßnahmen werden nach Alters- und Leistungsklasse verschiedene - als sinnvoll erachtete - Pakete angenommen, siehe Tabelle 6. Bei den Kesselaltersklassen vor 1982 wird davon ausgegangen, dass diese Kessel ohnehin zeitnah ausgetauscht werden würden. Kessel dieses Alters haben nicht nur die wirtschaftliche Lebensdauer nach EN 15459 um mehr als 30% überschritten, sondern auch die in diesem Gutachten angenommene durchschnittliche Lebensdauer um mehr als 6 Jahre (25%). Insofern ist hier nicht mit einer signifikanten Primärenergieeinsparung veranlasst durch Inspektionen zu rechnen (Kapitel 2.2.2).

Heizungssysteme mit einer Leistung kleiner als 20 kW sind nicht Gegenstand der Inspektionen nach Artikel 14 der EPBD, deswegen werden in dieser Leistungsklasse keine Maßnahmenpakete berücksichtigt.

Tabelle 6: Durchgeführte Maßnahmenpakete nach Altersstruktur und Leistungsklasse, Referenzszenario

Leistungs- klasse	Alters- klasse	Kessel- tausch	Neue zentrale Einrich- tungen zur Steue- rung und Regelung	Optimie- rung Regelung	Heizungs- pumpe austau- schen	Heizungs- pumpe einstellen	Leitungen dämmen
4 - 11 kW	< 1979						
4 - 11 kW	1979 - 1982						
4 - 11 kW	1983 - 1990						
4 - 11 kW	1991 - 1997						
4 - 11 kW	1998 - 2010						
4 - 11 kW	2011						
11 - 20 kW	< 1979						
11 - 20 kW	1979 - 1982						
11 - 20 kW	1983 - 1990						
11 - 20 kW	1991 - 1997						
11 - 20 kW	1998 - 2010						
11 - 20 kW	2011						
20 - 50 kW	< 1979						
20 - 50 kW	1979 - 1982						
20 - 50 kW	1983 - 1990	x	x	x	x	x	x
20 - 50 kW	1991 - 1997	x	x	x	x	x	x
20 - 50 kW	1998 - 2010			x	x	x	
20 - 50 kW	2011			x		x	
50 - 100 kW	< 1979						
50 - 100 kW	1979 - 1982						
50 - 100 kW	1983 - 1990	x	x	x	x	x	x
50 - 100 kW	1991 - 1997	x	x	x	x	x	x
50 - 100 kW	1998 - 2010			x	x	x	
50 - 100 kW	2011			x		x	
> 100 kW	< 1979						
> 100 kW	1979 - 1982						
> 100 kW	1983 - 1990	x	x	x	x	x	x
> 100 kW	1991 - 1997	x	x	x	x	x	x
> 100 kW	1998 - 2010			x	x	x	
> 100 kW	2011			x		x	

3.2 Energieeinsparpotenziale

In diesem Arbeitsschritt werden die pro Maßnahme erzielbaren technisch möglichen Einsparpotenziale für die Wärmeerzeugung und -verteilung bestimmt. Diese werden in die unter Kapitel 3.1 spezifizierten Kategorien differenziert (z.B. insbesondere sinnvoll für Typen-, Alters- und Größenklassen). Es werden neben dem Erwartungswert auch die möglichen Bandbreiten der Potenziale, die später für die Sensitivitätsanalyse (vgl. Kapitel 5) herangezogen werden, angegeben. Die erzielbaren Einsparpotenziale, die sich aus Maßnahmen, die die Wärmeübergabe (Thermostatventile und hydraulischer Abgleich) betreffen, ergeben, wurden separat untersucht (siehe Kapitel 3.6.2).

Eventuelle gleichzeitig erschließbare Effizienzsteigerungen bei verbundenen Warmwasseranlagen, die nicht Gegenstand von Artikel 14 der EPBD sind, werden nicht berücksichtigt.

Die definierten Maßnahmenpakete führen zu einer:

- Verbesserung der Erzeugeraufwandszahl (Gas, Öl)
- Verringerung von Verteilverlusten (Gas, Öl)
- Verringerung von Hilfsenergiebedarf Erzeugung (Strom)
- Verringerung von Hilfsenergiebedarf Verteilung (Strom)

Bei Wärmeerzeugern aus den Altersklassen 1983-1990 und 1991-1997 wird, wie in Tabelle 6 dargestellt, als erstes Element des Maßnahmenpakets der (vorzeitige) Austausch des Wärmeerzeugers angenommen. Begünstigend wird außerdem angenommen, dass in diesem Zuge alle übrigen genannten Optimierungsmaßnahmen durchgeführt (bspw. Austausch der Heizungspumpe und Leitungsdämmung) werden. Das führt dazu, dass die Einsparungen in Bezug auf die Erzeugeraufwandszahl und die Verteilverluste besonders hoch ausfallen (s. Tabelle 7). Die Maßnahmenpakete der jüngeren Altersklassen 1998-2010 und 2011 beziehen sich hingegen wegen des geringeren Kesselalters und der damit verbundenen erwarteten höheren Effizienz lediglich auf den Austausch der Heizungspumpen (1998-2010) und Regelungsoptimierungen (1998-2010 und 2011). Deswegen fallen die Einsparungen hier niedriger aus und konzentrieren sich hauptsächlich auf den Hilfsenergiebedarf.

Tabelle 7 gibt eine Übersicht über die möglichen Einsparungen durch die gewählten Maßnahmenpakete nach Leistungsklasse und Altersklasse. Die Verbesserungen basieren auf DIN V 4701-12: 2004-06 und PAS 1027 und Experteneinschätzungen von Ecofys.

Tabelle 7: Einsparpotentiale der Maßnahmenpakete gem. DIN V 4701-12: 2004-06 und PAS 1027 und Experteneinschätzungen, Referenzszenario

Leistungs- klasse	Alters- klasse	Paket- Verbesserung Erzeuger- Aufwands- zahl	Paket- Verbesserung Verteil- verluste	Paket- Verbesserung Hilfsenergie- bedarf Erzeugung	Paket- Verbesserung Hilfsenergie- bedarf Verteilung
4 - 11 kW	< 1979				
4 - 11 kW	1979 - 1982				
4 - 11 kW	1983 - 1990				
4 - 11 kW	1991 - 1997				
4 - 11 kW	1998 - 2010				
4 - 11 kW	2011				
11 - 20 kW	< 1979				
11 - 20 kW	1979 - 1982				
11 - 20 kW	1983 - 1990				
11 - 20 kW	1991 - 1997				
11 - 20 kW	1998 - 2010				
11 - 20 kW	2011				
20 - 50 kW	< 1979				
20 - 50 kW	1979 - 1982				
20 - 50 kW	1983 - 1990	19%	72%	20%	0%
20 - 50 kW	1991 - 1997	15%	72%	0%	0%
20 - 50 kW	1998 - 2010	5%	5%	5%	60%
20 - 50 kW	2011	5%	5%	5%	20%
50 - 100 kW	< 1979				
50 - 100 kW	1979 - 1982				
50 - 100 kW	1983 - 1990	18%	75%	0%	-25%*
50 - 100 kW	1991 - 1997	14%	75%	0%	-25%
50 - 100 kW	1998 - 2010	5%	5%	5%	60%
50 - 100 kW	2011	5%	5%	5%	20%
> 100 kW	< 1979				
> 100 kW	1979 - 1982				
> 100 kW	1983 - 1990	18%	75%	0%	-25%
> 100 kW	1991 - 1997	14%	75%	0%	-25%
> 100 kW	1998 - 2010	5%	5%	5%	60%
> 100 kW	2011	5%	5%	5%	20%

*) Die Hilfsenergie Verteilung ist laut DIN V 4701-12: 2004-06 und PAS 1027 für neuere Altersklassen gleichhoch oder sogar höher als in den älteren. Der Grund liegt vermutlich darin, dass die Umlaufwassermengen, die durch die Heizungspumpen umgewälzt werden müssen, bei neueren Kesseln höher sind, um auch mit niedrigeren Vorlauftemperaturen die benötigte Heizleistung bereitstellen zu können.

3.3 Häufigkeit einer sinnvollen Umsetzbarkeit

Die in Kapitel 3.2 bestimmten technisch möglichen Einsparpotenziale werden nur für einen gewissen Anteil der Anlagen der in Kapitel 2.2.1 bestimmten Kategorien zutreffen. Die Häufigkeiten werden je Kategorie der aus den Heizungsinspektionen resultierenden Energieeffizienzmaßnahmen für die Jahre 2013 bis 2015 angegeben. Die Umsetzungshäufigkeiten der Maßnahmen, die sich auf die Wärmeübergabe (Heizkörperventile und hydraulischer Abgleich) beziehen, wurden separat untersucht (siehe Kapitel 3.6.2).

Es muss der Umstand berücksichtigt werden, dass durch die Messungen, die im Rahmen der 1. BImSchV in den Jahren vor 2013 durchgeführt wurden, sowie durch die Umsetzung der sich aus der EnEV ergebenden Anforderungen (Überprüfungen der regelungstechnischen Ausstattung der Kessel im

Rahmen der Feuerstättenschau; bedingte Anforderung an den Austausch und Ersteinbau von Umwälzpumpen) bereits ein nicht unwesentlicher Teil der heizungssystemverbessernden Maßnahmen in den Jahren zuvor durchgeführt worden ist.

Die Häufigkeit einer sinnvollen Umsetzbarkeit des Paketes in der jeweiligen Klasse ist in Tabelle 8 dargestellt. Sie basiert auf der Einschätzung, dass in den jeweiligen Altersklassen überwiegend anzunehmen ist, dass 50% aller Erzeuger eine geringere und 50% eine höhere Effizienz als der Durchschnitt haben und deswegen es für 50% der Gesamtheit sinnvoll ist, die Maßnahme durchzuführen. Eine Ausnahme wird lediglich in der Altersklasse 1998-2010 gemacht. Hier konzentriert sich das Maßnahmenpaket im Wesentlichen auf den Austausch der Pumpen. Damit wird die Häufigkeit der sinnvollen Umsetzbarkeit wesentlich von der Frage bestimmt, ob die vorhandene Pumpe so beschaffen ist, dass ihr Austausch wirtschaftlich sinnvoll ist. In Bezug auf die sinnvolle Umsetzbarkeit wird davon ausgegangen, dass in 70% aller Fälle energetische Verbesserungen durch den Heizungspumpentausch erreicht werden können. Eine Besonderheit dazu ergibt sich in der Leistungsklasse 20 bis 50 kW. Bis etwa 30 kW sind auch wandhängende Geräte mit integrierten Umwälzpumpen zu berücksichtigen. Diese integrierten Pumpen können nicht separat ausgetauscht werden. Aus diesem Grund reduziert sich die sinnvolle Umsetzungshäufigkeit in dieser Leistungsklasse von 70% auf im Mittel 50% (Altersklassen 1998-2010) und von 50% auf 30% (Altersklasse 2011)¹¹.

¹¹ Zur Berechnung des Abschlags wurde davon ausgegangen, dass 10% der Kessel der Leistungsklasse 20-50 kW (vgl. hierzu Kapitel 2.2.2) und hiervon wiederum 50% der beiden Altersklassen 1998-2010 und 2011 wandhängend sind.

Tabelle 8: Häufigkeit einer sinnvollen Umsetzbarkeit nach Alters- und Leistungsklasse, Referenzszenario

Leistungsklasse	Altersklasse	Häufigkeit (sinnvolle Umsetzbarkeit)
4 - 11 kW	< 1979	
4 - 11 kW	1979 - 1982	
4 - 11 kW	1983 - 1990	
4 - 11 kW	1991 - 1997	
4 - 11 kW	1998 - 2010	
4 - 11 kW	2011	
11 - 20 kW	< 1979	
11 - 20 kW	1979 - 1982	
11 - 20 kW	1983 - 1990	
11 - 20 kW	1991 - 1997	
11 - 20 kW	1998 - 2010	
11 - 20 kW	2011	
20 - 50 kW	< 1979	
20 - 50 kW	1979 - 1982	
20 - 50 kW	1983 - 1990	50%
20 - 50 kW	1991 - 1997	50%
20 - 50 kW	1998 - 2010	50%
20 - 50 kW	2011	30%
50 - 100 kW	< 1979	
50 - 100 kW	1979 - 1982	
50 - 100 kW	1983 - 1990	50%
50 - 100 kW	1991 - 1997	50%
50 - 100 kW	1998 - 2010	70%
50 - 100 kW	2011	50%
> 100 kW	< 1979	
> 100 kW	1979 - 1982	
> 100 kW	1983 - 1990	50%
> 100 kW	1991 - 1997	50%
> 100 kW	1998 - 2010	70%
> 100 kW	2011	50%

Für die später durchgeführte Sensitivitätsanalyse werden, neben dem Erwartungswert, jeweils auch der obere und untere Grenzwert der oben genannten Häufigkeiten abgeschätzt (siehe Kapitel 5).

3.4 Umsetzungswahrscheinlichkeit (praktische Umsetzungshäufigkeit)

Nach Durchführung der Inspektion und Übergabe des in der Gesamtenergieeffizienzrichtlinie geforderten Inspektionsberichts, der eine Auflistung und Potenzialabschätzung der möglichen Verbesserungsmaßnahmen enthält, liegt es in der Entscheidung des Eigentümers, ob er die vorgeschlagenen Energieeffizienzmaßnahmen umsetzen will. Es kann z.B. gem. [Diefenbach, Cischinsky et al. 2010] und [Kirchner, Matthes 2009] davon ausgegangen werden, dass eine Umsetzung nur bei ausreichend hoher und abgesicherter Kosteneffizienz, d.h. einer geringen Amortisationszeit (z.B. < 7 Jahre, abhängig davon, ob Privat- oder Unternehmenseigentum), einem relevanten Einsparpotenzial und geringen Umsetzungshürden erfolgt. Die erwarteten Umsetzungsraten sind daher bei selbstgenutzten Immobilien deutlich höher vgl. [Diefenbach, Cischinsky et al. 2010]. Die Umsetzungswahrscheinlichkeiten werden je Kategorie der aus den Heizungsinspektionen resultierenden Energieeffizienzmaß-

nahmen abgeschätzt. Die Abschätzungen beruhen auf den zuvor genannten Studien, sowie auf einer Experten-Einschätzung. Für die später ebenfalls durchgeführte Sensitivitätsanalyse werden - neben dem Erwartungswert - jeweils auch der obere und untere Grenzwert abgeschätzt (siehe Kapitel 5). Die Wirtschaftlichkeit wird im Wesentlichen auf Basis der Kosten aus der BMVBS-Publikation [Mailach, Oschatz et al. 2012] abgeleitet.

Auf Basis der genannten Literatur und Einschätzungen von Ecofys wurden für die praktische Umsetzungshäufigkeit der vorgeschlagenen Pakete die folgenden konservativen Annahmen getroffen:

- Falls die Investition geringer als 1000 Euro ist, so wird die Investitionswahrscheinlichkeit um den Faktor Investition/1000 verringert. Bei Investitionen unter 1000 Euro ist der Verwaltungsaufwand relativ hoch und nimmt bei sinkendem Investitionsvolumen relativ gesehen weiter zu. Die Folge ist eine abnehmende Bereitschaft, Maßnahmen durchzuführen. Mathematisch wird dies mit dem Investitionswahrscheinlichkeitsfaktor (Investition/ 1000) ausgedrückt (Marginalitätsgrenze in Bezug auf den notwendigen Verwaltungsaufwand).
- Grundsätzlich wurden - abhängig von der überschlägig ermittelten Amortisationszeit der Maßnahmen - folgende Umsetzungswahrscheinlichkeiten vorausgesetzt:
 - o Amortisation \leq 1 Jahre: 50%
 - o $1 < \text{Amortisation} \leq 7$ Jahre: 10%
 - o $7 < \text{Amortisation} \leq 15$ Jahre: 3%
 - o Amortisation > 15 Jahre: 0%

Die Umsetzungswahrscheinlichkeit, die die Maßnahmen betreffen, die sich auf die Wärmeübergabe (Austausch der Heizköperventile und hydraulischer Abgleich) beziehen, wurde separat untersucht (siehe Kapitel 3.6.2).

Bei der Festlegung der Umsetzungswahrscheinlichkeiten wurde zum einen davon ausgegangen, dass der weit überwiegende Anteil der Kessel mit einer Leistung von über 20 kW in nicht selbst genutzten Objekten installiert ist, so dass der Nutznießer der Verbesserung (Mieter) nicht derselbe ist, der die Investition zu tätigen hat (Vermieter). Bei gegebener Wirtschaftlichkeit liegen Gründe für die Nichtumsetzung bei dem i.d.R. nur schwer- oder gar nicht rückvergütbaren Aufwand für den Vermieter.

Die sich unter Berücksichtigung der berechneten Amortisationszeiten ergebenden praktischen Umsetzungshäufigkeiten werden in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 9: Umsetzungshäufigkeit nach Alters- und Leistungsklasse, Referenzszenario

Leistungsklasse	Altersklasse	Umsetzungshäufigkeit (praktische Umsetzung)
4 - 11 kW	< 1979	
4 - 11 kW	1979 - 1982	
4 - 11 kW	1983 - 1990	
4 - 11 kW	1991 - 1997	
4 - 11 kW	1998 - 2010	
4 - 11 kW	2011	
11 - 20 kW	< 1979	
11 - 20 kW	1979 - 1982	
11 - 20 kW	1983 - 1990	
11 - 20 kW	1991 - 1997	
11 - 20 kW	1998 - 2010	
11 - 20 kW	2011	
20 - 50 kW	< 1979	
20 - 50 kW	1979 - 1982	
20 - 50 kW	1983 - 1990	10%
20 - 50 kW	1991 - 1997	3%
20 - 50 kW	1998 - 2010	4%
20 - 50 kW	2011	8%
50 - 100 kW	< 1979	
50 - 100 kW	1979 - 1982	
50 - 100 kW	1983 - 1990	10%
50 - 100 kW	1991 - 1997	10%
50 - 100 kW	1998 - 2010	6%
50 - 100 kW	2011	8%
> 100 kW	< 1979	
> 100 kW	1979 - 1982	
> 100 kW	1983 - 1990	10%
> 100 kW	1991 - 1997	10%
> 100 kW	1998 - 2010	10%
> 100 kW	2011	10%

3.5 Inspektionsintervall

Für das beim Referenzszenario zu wählende Intervall gilt es zunächst festzuhalten, dass Artikel 14 Absatz 3 für die Kessel mit mehr als 100 kW Nennleistung die folgenden Intervalle vorschreibt:

- Heizölkessel: 2 Jahre
- Gaskessel: 4 Jahre

Für alle Kessel mit einer Nennleistung unter 100 kW muss laut Richtlinie lediglich auf Regelmäßigkeit bei der Wahl des Inspektionsintervalls geachtet werden.

Obwohl die Richtlinie diesbezüglich keine Vorgaben macht, wurde für das Referenzszenario ein Inspektionsintervall von **4 Jahren** gewählt. Dies ist eine konservative Annahme, da es durchaus begründbar ist, ein deutlich größeres Intervall zu wählen (geringe Einsparpotentiale bei neu installierten

und häufig inspizierten Anlagen), welches dann natürlich zu erheblich geringeren Primärenergieeinsparungen im Betrachtungszeitraum führen würde.

Die Inspektionsereignisse werden in der Szenariorechnung gleichmäßig über die einzelnen Jahre verteilt, so dass bei dem 4-Jahres-Intervall jedes Jahr 25% aller relevanten Kessel in Deutschland inspiziert werden. Die Gesamtzahl dieser Kessel beläuft sich auf ca. 14,7 Millionen.

In dieser Untersuchung werden lediglich Inspektionen betrachtet, die im Untersuchungszeitraum 2013 bis 2015 liegen. In einer separaten Betrachtung werden auch die Langzeiteffekte dieser Inspektionen bestimmt.

3.6 Bestimmung des jährlichen Einsparpotentials

Die potentiellen Primärenergieeinsparungen eines hypothetischen Inspektionssystems gemäß Artikel 14, Absatz 1-3 der EPBD gegenüber dem Baselineszenario werden nachfolgend im Referenzszenario berechnet. Das Referenzszenario berücksichtigt die Verbesserung durch die Maßnahmenpakete, die Häufigkeit einer sinnvollen Umsetzbarkeit, die Umsetzungswahrscheinlichkeit und die Inspektionsintervalle, (vgl. Kapitel 3.2, Kapitel 3.3, Kapitel 3.4 und Kapitel 3.5 bzw. 3.6.2 für die Wärmeübergabe).

Für die Umsetzung möglicher Verbesserungsmaßnahmen wurde angenommen, dass diese unmittelbar nach der Inspektion erfolgt. Auch dies ist eine konservative Annahme, die das Potential im Referenzszenario tendenziell erhöht.

Sobald die Effizienz der Heizungsanlage durch ein Maßnahmenpaket verbessert wurde, wurde der Endenergiebedarf als konstant angenommen, da die Autoren aus Vereinfachungsgründen annehmen, dass

- keine Verschlechterung der Effizienz über die weitere Lebensdauer stattfindet¹² und
- jede weitere Inspektion keine zusätzliche Effizienzverbesserung in dieser Hinsicht generieren würde.

Bei diesen Annahmen handelt es sich um konservative Annahmen, die in der Tendenz zu einer Überschätzung der durch die Heizungsinspektionen erzielbaren Primärenergieeinsparungen führen.

¹² Da die Inspektionen gemäß BImSchV durch die Bestimmung des feuerungstechnischen Wirkungsgrades ebenfalls auf die Aufrechterhaltung der energetischen Qualität zielt ist der Effekt bei Ist- und Referenzszenario deckungsgleich und kann deswegen bei der vorliegenden Untersuchungsmethodik unberücksichtigt bleiben.

Zur Bestimmung des Einsparpotentials werden die Primärenergieeinsparungen pro Jahr für den Zeitraum von 2013-2015 (Betrachtungszeitraum auf Grund von Artikel 14 Absatz 4 der Gesamtenergieeffizienzrichtlinie) und der sich durch die Inspektionen in den Jahren 2013 bis 2015 ergebenden Primärenergieeinsparungen für die Jahre 2013-2036 (Zeitraum der Lebensdauer der Kessel von 24 Jahren) berechnet.

In der Folge wird die differenzierte Herangehensweise bei den beiden Teilen Wärmeerzeugung/-verteilung und Wärmeübergabe beschrieben.

3.6.1 Wärmeerzeugung und Wärmeverteilung

Der Status Quo des Endenergiebedarfs 2013 wird im Zuge der Heizungsinspektionen durch sinnvolle Pakete verbessert, die jeweils für Kombinationen aus Leistungsklasse und Kesselalter erstellt werden (bspw. 20-50 kW und 1991-1997).

Die sich durch die Maßnahmenpakete ergebenden Primärenergieeinsparungen werden von den folgenden, in den vorangegangenen Kapiteln besprochenen, Parametern beeinflusst:

- Mögliche Energiebedarfsreduzierung bei Implementierung der sich aus den Heizungsinspektionen ergebenden sinnvollen Maßnahmenpakete (getrennt nach Brennstoff und Strom) (vgl. Kapitel 3.2)
- Häufigkeit einer sinnvollen Umsetzbarkeit des Paketes in der jeweiligen Klasse (vgl. Kapitel 3.3)
- Umsetzungswahrscheinlichkeit (vgl. Kapitel 3.4)
- Primärenergiefaktoren (vgl. Kapitel 2.2.4)
- Inspektionsintervalle (vgl. Kapitel 3.5)

Die jährlichen Primärenergieeinsparungen werden durch Multiplikation der Punkte 1) bis 4) errechnet und (abhängig von der Restlebensdauer des Kessel) aufsummiert.

3.6.2 Wärmeübergabe

Wie bereits in Kapitel 3.1 thematisiert, setzt eine mögliche Überprüfung der Wärmeübergabe das Betreten von Wohnungen und die Anwesenheit der Nutzer voraus. Die Wirtschaftlichkeit der aus den Inspektionen des Wärmeübergabesystems abgeleiteten Maßnahmen bei Mehrfamilienhäusern und Nichtwohngebäuden wird kritisch bewertet. Bei Einfamilienhäusern würde diese Problematik entfallen, allerdings sind die meisten Heizungssysteme in Einfamilienhäusern kleiner als gemäß Artikel 14 geforderte Mindestgröße von 20 kW, weshalb diese bei den folgenden Betrachtungen nicht weiter berücksichtigt wurden.

Obwohl die Praktikabilität der Inspektionen der Wärmeübergabesysteme wie oben beschrieben in Frage zu stellen ist, wurde sie für Mehrfamilienhäuser und Nichtwohngebäude abgeschätzt. Für die Abschätzung der Einsparpotentiale durch Inspektion und anschließende Verbesserung der Wärme-

übergabe wurde, wie in Kapitel 3.1 beschrieben, ein separater Ansatz gewählt, der im Folgenden erläutert wird.

Da eine Verbesserung des Wärmeübergabesystems in der Regel unabhängig von einem Kesseltausch erfolgt, wird hier, im Gegensatz zu den Maßnahmen an den Wärmeerzeugern und der Dämmung der Wärmeverteilung, die Gebäudebauklassen als Grundlage für die Primärenergieeinsparungsrechnung herangezogen. Es wurde daher nicht das in 2.2.1 beschriebene Mengengerüst, sondern die Deutsche Gebäudetypologie gem. [Loga et al. 2011] verwendet.

Aus [Loga et al. 2011] konnten Gebäudetypen, Bauklassen, Quadratmeter Wohnfläche und mit Verbrauchswerten verbesserte Endenergiekennwerte für Heizung und Warmwasser sowohl für den fossilen Anteil als auch für den Stromanteil entnommen werden. Diese Endenergiekennwerte wurden anschließend um den Warmwasseranteil bereinigt¹³.

Als Maßnahmen zur Verbesserung des Wärmeübergabesystems wurden zum Einen der Austausch alter Heizkörperventile und zum Anderen ein gleichzeitig durchgeführter hydraulischer Abgleich berücksichtigt.

Die Primärenergieeinsparungen durch den Einsatz neuer Thermostatventile und durch den hydraulischen Abgleich wurden in Anlehnung an die DIN V 18599 errechnet:

- **Thermostatventile**¹⁴
Verbesserungsmaßnahme: Austausch alter Thermostatventile durch solche, die eine verbesserte Regelgenauigkeit aufweisen
Wirkung: Verbesserung des Endenergiebedarfs Heizung um 2,2%
- **Hydraulischer Abgleich**¹⁵
Verbesserungsmaßnahme: hydraulischer Abgleich der Heizungsanlage
Wirkung: Verbesserung des Endenergiekennwerts Heizung (Strom) um ca. 9%

Die sich daraus ergebenden Primärenergieeinsparungen wurden anschließend mit den Häufigkeiten einer sinnvollen und einer praktischen Umsetzung multipliziert (Vorgehensweise analog zu Kapitel 3.4). Dabei wurden die Inspektionsintervalle gemäß Kapitel 3.5 berücksichtigt, um schließlich die effektiven Primärenergieeinsparungen durch die Optimierung der Wärmeübergabe ermitteln zu können.

Es wurden die folgenden sinnvollen und praktischen Umsetzungshäufigkeiten berücksichtigt:

¹³ Annahmen:

Endenergiekennwert Heizung (fossil) = Endenergiekennwert Heizung und Warmwasser (fossil) – 35 kWh/(m²a)
Endenergiekennwert Heizung (Strom) = 0,5*Endenergiekennwert Heizung und Warmwasser (Strom)

¹⁴ Siehe DIN V 18599, Tabelle 6: *Nutzungsgrade für freie Heizflächen (Heizkörper); Raumhöhen ≤ 4 m*, S. 35

Einflussgröße „Raumtemperaturregelung“ P-Regler (2 K) werden ausgetauscht gegen P-Regler (1 K)

¹⁵ Siehe DIN V 18599, Kapitel 6.2.1: *Hilfsenergiebedarf zentraler Warmwasserheizungs-Rohrnetze*, S. 50, Korrekturfaktor hydraulischer Abgleich: 1,1 auf 1,0

- **Häufigkeit der sinnvollen Umsetzbarkeit**

Falls die untere Gebäudebaualtersklassengrenze¹⁶ (bspw. 1984 bei 1984-1994) vor 1988¹⁷ liegt, so kann davon ausgegangen werden, dass zu einem Teil noch verbesserungsfähige Heizkörperventile vorhanden sind und das o.g. Einsparpotential vorhanden ist. Unter Berücksichtigung, dass bei einem erheblichen Anteil alter Gebäude die alten Heizkörperventile inzwischen bereits ausgetauscht wurden, wurde eine Umsetzungshäufigkeit von 50% angenommen.

Bei den Gebäudealtersklassengrenzen jünger als 1988 ist nur in wenigen Fällen mit einem entsprechenden Verbesserungspotential zu rechnen.

Als Häufigkeit für eine sinnvolle Umsetzbarkeit wurde hierbei 5% angenommen.

- **Praktische Umsetzungshäufigkeit**

Wie in Kapitel 3.4 wurde in Abhängigkeit von der überschlägig ermittelten Amortisationszeit der Maßnahmen folgende Umsetzungswahrscheinlichkeiten angesetzt:

Amortisation ≤ 1 Jahre: 50%

1 < Amortisation ≤ 7 Jahre: 10%

7 < Amortisation ≤ 15 Jahre: 3%

Amortisation > 15 Jahre: 0%

Das Inspektionsintervall von 4 Jahren würde bewirken, dass in den Inspektionsjahren von 2013-2015 etwa 75% aller Thermostatventile inspiziert würden und in 75% aller Fälle das Heizungssystem hinsichtlich des hydraulischen Abgleichs untersucht würde.

Im Wohngebäudebereich wurden aus [Loga et al. 2011] ausschließlich die Mehrfamilienhäuser (MFH_A-MFH_J und GMH_B-GMH-F) sowie die beiden Hochhauskategorien (HH_E und HH_F) betrachtet. Es wurde davon ausgegangen, dass die Anzahl an Einfamilienhäusern mit Kesselgrößen in der relevanten Größe (über 20 kW) im Rahmen der Genauigkeit der vorliegenden Abschätzung vernachlässigt werden kann.

Das Verbesserungspotential der Nichtwohngebäude wurde auf der Grundlage des für die Wohngebäude errechneten Potentials ermittelt.

Hierzu wurde der folgende Ansatz gewählt:

- Einsparpotential relevante Wohngebäude
*(Nettogeschoßfläche Nichtwohngebäude / Wohnfläche relevante Wohngebäude)
*50%¹⁸

3.6.3 Einsparungen Referenzszenario

Bei der Darstellung der Ergebnisse wird eine Differenzierung vorgenommen zwischen

¹⁶ Die Gebäudebaualtersklasse ist als Kriterium geeigneter, da davon auszugehen ist, dass bei einem Kesseltausch nicht automatisch die Thermostatventile ausgetauscht werden und ein hydraulischer Abgleich durchgeführt wird.

¹⁷ Energieeinsparungsgesetz 1988 : Vorschrift zur Ausstattung von Heizkörpern mit Thermostatventilen

¹⁸ Annahme: 50% der Nichtwohngebäude verfügen über Heizkörper als Wärmeübergabe

- dem Endenergiebedarf Gas bzw. Heizöl und
- dem Endenergiebedarf Strom (Hilfsenergiebedarf Erzeugung/Verteilung)

Zudem werden im Vergleich zu dem Baselineszenario für den Zeitraum 2013-2015 und 2013-2036 die folgenden Ergebnisse ermittelt:

- Gesamtendenergieeinsparung
- Gesamtprimärenergieeinsparung
- Gesamt CO₂-Einsparung

Tabelle 10 zeigt die Endenergie-, Primärenergie- und CO₂-Einsparungen für den Zeitraum 2013-2015.

Tabelle 10. Ermittelte Einsparungen für das Referenzszenario (Inspektionsintervall 4 Jahre*), 2013-2015

		Endenergie-einsparungen [GWh]		Primärenergie-einsparungen [GWh]	CO ₂ -Einsparungen [kt CO ₂]
		Gas/Heizöl	Strom	Gas/ Heizöl /Strom	Gas/ Heizöl /Strom
Wärmeerzeugung und Wärmeverteilung	> 20 kW	1.174	12	1.317	282
Wärmeübergabe und hydraulischer Abgleich ¹⁹	> 20 kW	90	2	104	22

*) Ausnahme: Heizölkessel > 100 kW = 2 Jahre, Gaskessel > 100 kW = 4 Jahre

Tabelle 11 zeigt die Endenergie-, Primärenergie- und CO₂ Einsparungen für den Zeitraum 2013-2036.

Tabelle 11. Ermittelte Einsparungen für das Referenzszenario (Inspektionsintervall 4 Jahre*), 2013-2036

		Endenergie-einsparungen [GWh]		Primärenergie-einsparungen [GWh]	CO ₂ -Einsparungen [kt CO ₂]
		Gas/ Heizöl	Strom	Gas/ Heizöl /Strom	Gas/ Heizöl /Strom
Wärmeerzeugung und Wärmeverteilung	> 20 kW	3.547	96	4.077	883
Wärmeübergabe und hydraulischer Abgleich	> 20 kW	< 300**	< 30**	< 400**	< 100**

*) Ausnahme: Heizölkessel > 100 kW = 2 Jahre, Gaskessel > 100 kW = 4 Jahre

**) Abschätzung auf Basis der für den Zeitraum 2013 bis 2015 bestimmten Werte

Für eine bessere Veranschaulichung zeigt das folgende Diagramm die Endenergie-Einsparungen **pro Jahr** (von 2013 bis 2036) kumuliert für die Gas- und Heizölkessel (ohne Strom) für das Referenzszenario.

¹⁹ MFH und Nichtwohngebäude (Kesselleistung über 20 kW)

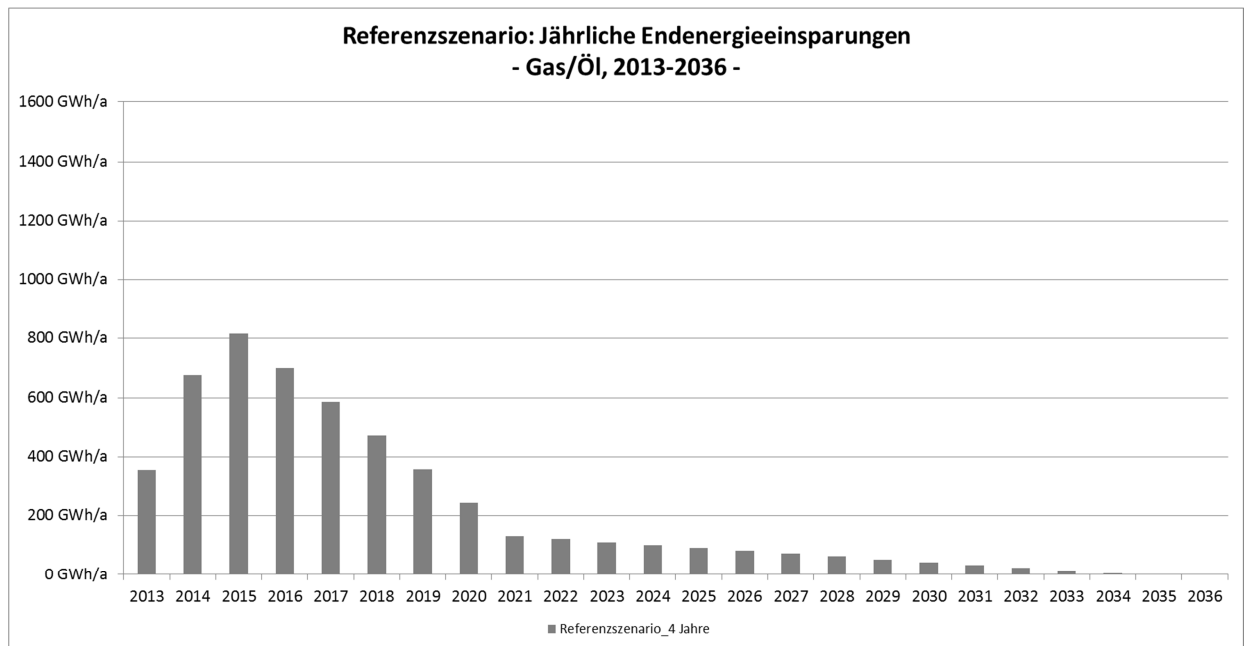


Abbildung 10. Jährliche Endenergieeinsparungen Gas/Heizöl, 2013-2036, Referenzszenario

Die Abbildung zeigt, dass die jährlichen Endenergieeinsparungen in den Jahren 2013-2015 ansteigen und die höchsten Einsparungen im Jahr 2015 auftreten. In den Jahren von 2016-2036 werden die Effekte der Energieeinsparungen durch die normalen altersbedingten Kesselaustausche in den jeweiligen Jahren reduziert (Baselineszenario).

4 Istszenario: Bewertung der deutschen Maßnahmen nach Artikel 14 Absatz 4 Gesamtenergieeffizienzrichtlinie

Im Folgenden werden die nach Artikel 14 Absatz 4 möglichen Ersatzmaßnahmen hinsichtlich ihrer Einsparpotenziale bewertet.

Das Istszenario quantifiziert das Einsparpotential der Ersatzmaßnahmen gemäß Artikel 14, Absatz 4 der EPBD gegenüber dem Baselineszenario. Ziel des Istszenarios ist eine möglichst fundierte Quantifizierung der sich aus Ersatzmaßnahmen ergebenden Reduzierung des Endenergiebedarfs und der damit verbundenen Verminderung des Primärenergiebedarfs und der Treibhausgasemissionen.

Im Istszenario werden zunächst die Primärenergieeinsparungen berücksichtigt, die sich aus ordnungsrechtlich bewehrten gesetzlichen Regelungen und Verpflichtungen ableiten lassen.

Hierbei handelt es sich um die wiederkehrenden Messungen auf der Grundlage der 1. BImSchV und die Anforderungen der EnEV.

Die 1. BImSchV -Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen - sieht bei Öl- und Gasfeuerungsanlagen Messungen des Abgasverlustes durch Schornsteinfeger im Intervall von 2 Jahren vor. Bei Feuerungsanlagen, deren Inbetriebnahme oder wesentliche Änderung < 12 Jahre zurückliegt, beträgt der Intervall 3 Jahre. Im Falle einer Nichteinhaltung der Grenzwerte erfolgt zunächst eine Nachmessung. Bei einer weiteren Grenzwertüberschreitung der Anlagenbetreiber zu Nachbesserungen aufgefordert. Hält die Anlage die Anforderungen dennoch nicht ein, wird ein Austausch erforderlich.

Des Weiteren zu berücksichtigen sind die durch die EnEV vorgegebenen Überprüfungen, die durch die Schornsteinfeger nach § 26b EnEV vollzogen werden:

- Nachrüstungsspflichten des § 10 Absätze 1 und 2 der EnEV
- Anforderungen an neu installierte und ersetzte Anlagen § 14 Absatz 1, 3 und 5 der EnEV

sowie die Pflicht zur Aufrechterhaltung der energetischen Qualität gemäß Paragraph 11 Absatz 3 der EnEV

Die oben genannten gesetzlichen Regelungen und Verpflichtungen, die auf die Effizienz von Heizungsanlagen abzielen, bestehen in Deutschland schon seit langer Zeit und sind teilweise mit Bußgeldern bewehrt. Die lange Existenz führt dazu, dass deren Einsparpotenziale im Betrachtungszeitraum 2013 bis 2015 durch Sättigungseffekte stark minimiert sind.

Eigentlich müssten auch die Effekte bei Ersteinführung dieser Maßnahmen dem Istszenario zugerechnet werden, da sie als Ersatzmaßnahmen im Sinne des Artikels 14 (EPBD) bzw. der vorherigen Regelung nach Artikel 8 der Richtlinie 2002/91/EG anzusehen sind.

Der beschriebene Sättigungseffekt betrifft vor allem einige Regelungen der EnEV, z.B. die Austauschverpflichtungen alter Heizkessel, die vor dem 1. Oktober 1978 eingebaut wurden.

Im Istscenario wird im Sinne einer (weiteren) Untergrenzenbetrachtung der Effekt, der durch die EnEV Regelungen erreicht werden wird, nicht näher quantifiziert.

Die Maßnahmenpakete (getrennt nach Brennstoff und Strom) sind in Kapitel 4.2 zusammengefasst. Die Endenergiebedarfsreduktion durch die Implementierung der Maßnahmen ist durch die Häufigkeit der Umsetzbarkeit des Paketes in der jeweiligen Klasse (vgl. Kapitel 4.3) beeinflusst. Die Messintervalle sind durch die 1. BImSchV vorgegeben (vgl. Kapitel 4.4).

Zusätzlich zu den Primärenergieeinsparungen, die sich aus dem Vollzug der oben genannten gesetzlichen Regelungen und Verpflichtungen ergeben, wurden die Primärenergieeinsparungen des Programms „Energieeffizient Sanieren“ der KfW –Teil des CO₂-Gebäudesanierungsprogramms und die des BAFA-Teils des Marktanreizprogramms auf Grundlage der publizierten Programmevaluierungen quantifiziert und als Ersatzmaßnahmen im Rahmen des Istscenario betrachtet.

Abbildung 11 illustriert die Vorgehensweise zur Berechnung der Primärenergie- und CO₂-Einsparung im Istscenario.

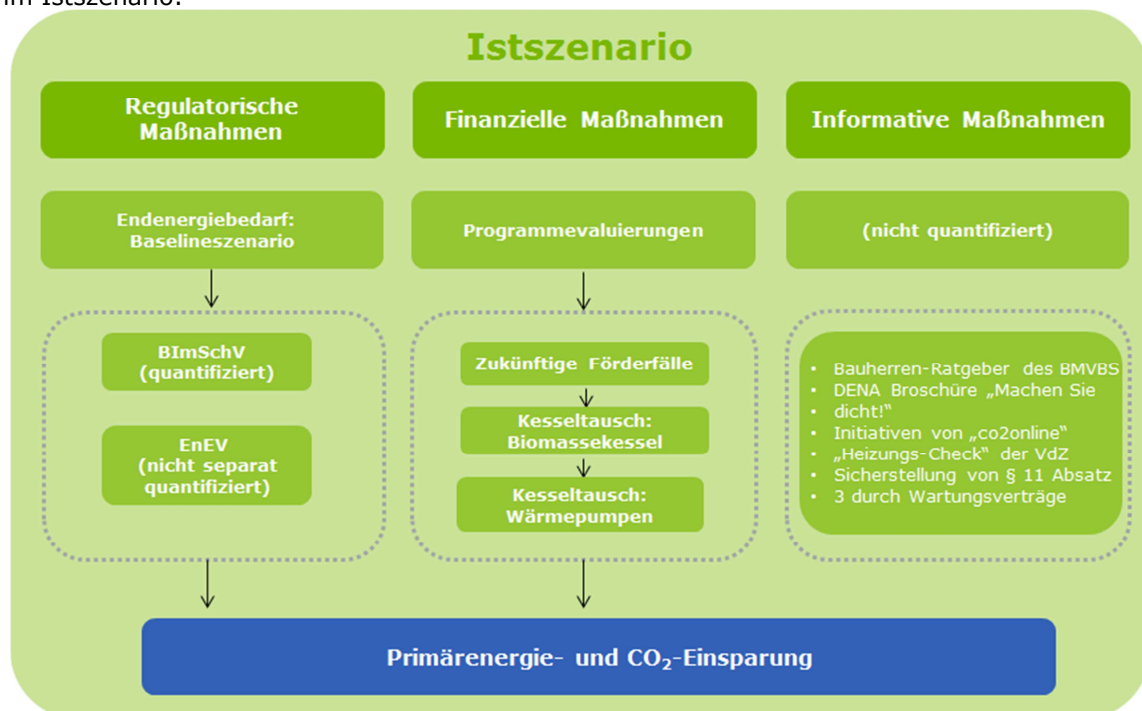


Abbildung 11: Vorgehensweise zur Berechnung der Endenergie-/Primärenergie und CO₂-Einsparung im Istscenario

Die grundsätzliche Herangehensweise orientiert sich am Kapitel zur Bewertung der hypothetischen Inspektion nach Artikel 14, Absatz 1-3 (Kapitel 3). Im Gegensatz dazu werden aber nicht alle beschriebenen Maßnahmen quantifiziert. Dies begründet sich vor allem mit der im Folgenden dargestellten

bereits sehr hohen Wirksamkeit der für die Quantifizierung ausgewählten Ersatzmaßnahmen zum einen, zum anderen mit der teilweise unsicheren Datenlage zur Abschätzung einiger Maßnahmen.

Da zunächst für diese Untersuchung nur die quantifizierten Ersatzmaßnahmen berücksichtigt werden, **stellen die angegebenen berechneten Einsparungen die Untergrenze der möglichen Einsparungen dar**. Die tatsächlichen Einsparungen in der Summe aller – auch – der nicht separat quantifizierten – Ersatzmaßnahmen werden höher sein. Dieser konservative Ansatz garantiert, den Gesamteffekt der Ersatzmaßnahmen nicht zu überschätzen. Tabelle 12 gibt einen Überblick darüber, welche Maßnahmen wie berücksichtigt wurden.

Tabelle 12: Übersicht der Ersatzmaßnahmen

Maßnahme	Quantifiziert/ nicht separat quantifiziert	Beschreibung
Wiederkehrende Überwachung von Heizkesseln auf Grund der Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen (1. BImSchV)	Quantifiziert	Gute Datengrundlage, [ZIV] Wichtige Maßnahme, da aufgrund des verpflichtenden Charakters ein Großteil der Heizkessel inspiziert wird und bei einer Grenzwertüberschreitung der Abgasuntersuchungen Maßnahmen durchgeführt werden müssen.
EnEV 2009 Paragraph 11, Absatz 3: Aufrechterhaltung der energetischen Qualität	Nicht separat quantifiziert	§ 11 der EnEV 2009 zielt auf die Aufrechterhaltung der energetischen Qualität, genauso wie Artikel 14 der EPBD. Der Effekt ist bei beiden Szenarien deckungsgleich.,
EnEV 2009 Paragraph 10, Absatz 1: Nachrüstung bei Anlagen und Gebäuden		Es ist davon auszugehen, dass Absatz 1 des § 10 bei Inkrafttreten 2002 einen enormen Effekt hatte, die Langzeitwirkung dieses Effekts heute aber nur noch sehr abgeschwächt ist, da die betreffenden alten Kessel inzwischen weitere 11 Jahre älter und somit höchstwahrscheinlich überwiegend schon ausgetauscht sind.
EnEV 2009 Paragraph 10, Absatz 2: Nachrüstung bei Anlagen und Gebäuden		Absatz 2 des Paragraphen 10 besagt, dass bisher ungedämmte Wärmeverteilungs- und Warmwasserleitungen gedämmt werden müssen. Im Gegensatz zu Absatz 1 sehen wir die Wirkung der Vorschrift zur Dämmung von Warmwasser- und Wärmeverteilungsleitungen als heute noch signifikant, da im Gegensatz zu (1) hier alle alten Kessel, auch die alten Niedertemperatur- (und Brennwertkessel) betroffen sind.
EnEV 2009 Paragraph 14: Verteilungseinrichtungen und Warmwasseranlagen		§ 14 schreibt die Vorsehung von effizienten Regeleinrichtungen von neuen und ausgetauschten Anlagen vor. Die Wirkung dieses Paragraphen ist uneingeschränkt für den Zeitraum 2013 bis 2015 zu berücksichtigen.
EnEV 2009 Paragraph 26a, Absatz 1, Nr.3 (Vollzugsregelung)		Verschärfung Novelle EnEV 2009
EnEV 2009 Paragraph 26b (Vollzugsregelung)		Verschärfung Novelle EnEV 2009
EnEV 2009 Paragraph 27 Absatz 3 (Vollzugsregelung)		Verschärfung Novelle EnEV 2009
Förderung im Rahmen des CO ₂ Gebäudesanierungsprogramms (gefördert durch KfW)	Quantifiziert	Effekte gut quantifizierbar auf der Datengrundlage von [Diefenbach, Gabriel et al. 2012] Überschneidungen mit anderen Maßnahmen sind nicht auszuschließen

Förderung im Rahmen des Marktanreizprogramms (gefördert durch BAFA und KfW)	Quantifiziert	Effekte gut quantifizierbar auf der Datengrundlage von [Langniß, Nast, Pehnt et al. 2012] Überschneidungen mit anderen Maßnahmen sind nicht auszuschließen
Maßnahmen der Öffentlichkeitsarbeit (Bundesregierung, Verbände, Initiativen)	Nicht separat quantifiziert	Die Effekte von Öffentlichkeitsarbeitsmaßnahmen sind in der Regel nur schwer messbar. Es gibt hierzu nur wenige Dokumentationen. Die Wirksamkeit dieser Maßnahmen müsste daher auf Basis von meist nur recht allgemeinen Informationen z.B. Auflagengröße sinnvoll abgeschätzt werden. Die daraus resultierende Unsicherheit ist recht groß. Überschneidungen mit anderen Maßnahmen sind nicht auszuschließen.

4.1 Ersatzmaßnahmen

Im Folgenden werden die einzelnen Ersatzmaßnahmen näher beschrieben.

4.1.1 Regulatorische Maßnahmen

4.1.1.1 Wiederkehrende Messungen von Feuerungsanlagen auf Grund der Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen

Die Erste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (1. BImSchV - Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen) stellt Anforderungen an die Errichtung und den Betrieb von kleinen und mittleren Feuerungsanlagen mit einer Nennwärmeleistung > 4 kW die keiner immissionsschutzrechtlichen Genehmigung bedürfen. Es werden unter anderem Emissionsgrenzwerte sowie die Häufigkeit und die Art der Messungen der Feuerungsanlagen festgelegt. Die hier betrachteten Öl- und Gasfeuerungsanlagen unterliegen einem Intervall der wiederkehrenden Messungen von 2 Jahren. Bei Feuerungsanlagen, deren Inbetriebnahme oder wesentliche Änderung < 12 Jahre zurückliegt, beträgt der Intervall 3 Jahre. Die wiederkehrende Messung erfolgt durch den Schornsteinfeger. Dabei kann der Betreiber zwar einen Schornsteinfeger seiner Wahl mit der eigentlichen messtechnischen Überprüfung seiner Anlage beauftragen, ein von der zuständigen Behörde eingesetzter „bevollmächtigter Bezirksschornsteinfeger“ überwacht aber die ordnungsgemäße und rechtzeitige Durchführung der messtechnischen Überprüfungen anhand des von ihm geführten „Kehrbuchs“ der Feuerungsanlagen in seinem Bezirk. Einer der im Rahmen regelmäßiger Messungen bestimmten Kennwerte ist der Abgasverlust (nicht möglich bei Brennwertkesseln), aus dem der feuerungstechnische Wirkungsgrad des Kessels bestimmt werden kann.

Im Falle einer Nicht-Einhaltung der Grenzwerte fordert die zuständige Behörde den Anlagenbetreiber zu Nachbesserungen, was in der Folge (bei erneuter Nichteinhaltung der Grenzwerte) zu einem Kesseltausch führen kann. Auch die Umsetzung der vorgenannten Abhilfemaßnahmen wird durch den bevollmächtigten Bezirksschornsteinfeger überwacht.

Die 1. BImSchV ist somit ein wirkungsvolles Instrument, da alle Öl- und Gasfeuerungsanlagen, die eine höhere Nennwärmeleistung als 4 kW besitzen, im Vergleich zu den von der EPBD geforderten > 20 kW-Anlagen, überwacht werden, und so bereits eine deutlich höhere Abdeckung erreicht werden kann als vorgeschrieben.

4.1.1.2 EnEV 2009, Paragraph 10, 11, 14, 26a und b, 27

Die im Folgenden beschriebenen Maßnahmen betreffen insbesondere die entsprechenden Paragraphen der EnEV. Auf eine quantitative Abschätzung der Einsparpotenziale dieser Maßnahmen wurde aus den in Tabelle 12 genannten Gründen verzichtet.

Anforderung an die Wartung von energierelevanten Teilen der Heizungsanlagen (§ 11, Abs. 3)

Zu berücksichtigen ist hierbei der Paragraph 11 Absatz 3 der EnEV 2009 („Aufrechterhaltung der energetischen Qualität“), der dem Betreiber eine regelmäßige, fachkundige Wartung und Instandhaltung derjenigen Komponenten der Anlagen der Heiz-/Kühl- und Raumluftechnik vorschreibt, die einen wesentlichen Einfluss auf den Wirkungsgrad haben. Auch wenn an dieser Stelle keine genaueren Angaben zur Häufigkeit und dem genauen Umfang der durchzuführenden Wartungsarbeiten gemacht werden, so wird dadurch zumindest die Erhaltung der ursprünglichen/geplanten Effizienz der Anlagen unterstützt.

Das Handwerk stützt sich bei seinen Initiativen zur Etablierung der Wartungsverträge für Heizungsanlagen auf diese Vorschrift (s. 4.1.3, Teil „Aktivitäten des Handwerks zur verstärkten Sicherstellung von § 11 Absatz 3 durch Wartungsverträge“).

Anforderung an die Außerbetriebnahme von Heizkesseln (§ 10, Abs. 1)

Paragraph 10 Absatz 1 der EnEV 2009 („Nachrüstung bei Anlagen und Gebäuden“) schreibt vor, dass Heizkessel, die vor dem 01.10.1978 eingebaut oder aufgestellt worden sind, nicht mehr weiter betrieben werden dürfen. Nebenbedingungen sind dabei, dass die Nennleistung zwischen 4 und 400 kW liegt und es sich nicht bereits um einen Niedertemperatur- oder Brennwertkessel handelt. Weitere Ausnahmen befinden sich in §13 Absatz 3.

Die Pflicht zur Außerbetriebnahme von Heizkessel in § 10 Absatz 1 besteht im Grundsatz seit 2002; für die Mehrheit der hier in Rede stehenden Heizkessel über 20 kW lief die Frist bis zum Ende des Jahres 2006 – im Falle technischer Verbesserung bis zum Ende des Jahres 2008. Für Anlagen in Ein- und Zweifamilienhäusern, in denen zum Stichtag (Erlass der Vorschrift) eine Wohnung vom Eigentümer selbst genutzt wurde, gilt die Vorschrift zur Außerbetriebnahme nicht. Allerdings entsteht bei solchen Fällen, die auf Grund der ursprünglichen Eigentumsverhältnisse ausgenommen waren, all-

mählich durch Eigentümerwechsel nachträglich eine Verpflichtung zur Außerbetriebnahme alter Heizkessel, die nach einer jeweils mit dem Eigentümerwechsel beginnenden individuellen Übergangsfrist auch überwacht und ordnungsrechtlich durchgesetzt wird (§ 26b Absatz 1 EnEV).

Anforderungen an die nachträgliche Dämmung von Rohrleitungen (§ 10, Abs. 2)

Paragraph 10 Absatz 2 der EnEV 2009 („Nachrüstung bei Anlagen und Gebäuden“) thematisiert die Verpflichtung von Eigentümern, bisher ungedämmte und zugängliche Wärmeverteilungs- und Warmwasserleitungen im unbeheizten Bereich nachträglich zu dämmen. Hinsichtlich der Fristen, Übergangsregelungen und des Vollzuges siehe vorstehendes Kapitel.

Anforderungen an die Ausstattung von Heizungsanlagen einschließlich der Nachrüstungsanforderungen (§ 14)

Die Anforderungen an die Ausstattung von Heizungsanlagen wird in Paragraph 14 der EnEV 2009 („Verteilungseinrichtungen und Warmwasseranlagen“) beschrieben und betrifft alle Zentralheizungen mit Wasser als Wärmeträger (d.h. auch Wärmepumpen und Fern- und Nahwärmesysteme). Die Ausstattungsregelungen umfassen die Bereiche Thermostatventile, zeit- und witterungsgeführte Steuerung, Dämmpflicht von Leitungen im unbeheizten Bereich, Pumpen und Speicher.

Deutschland ist in diesem Punkt Vorreiter in Europa, da diese Ausstattungspflichten – im Unterschied zur Situation in vielen anderen Mitgliedsstaaten – z.T. bereits seit 1978 bestehen.

Vollzugsregelungen zu den vorstehend unter den Nummern 3 bis 5 genannten Vorschriften (§ 26a, Abs. 1, Nr. 3; § 26b; § 27 Abs. 3)

Die Paragraphen der EnEV 2009, die den Vollzug regeln (§ 26a Abs. 1 Nr. 3, § 26b und § 27 Absatz 3), wurden im Rahmen der Novellierung zur EnEV 2009 verschärft. Die Fachkräfte, die die obigen Maßnahmen durchführen, sind demnach verpflichtet, dem Eigentümer Bescheinigungen über die ordnungsgemäße Ausführung (sog. „Unternehmererklärung“) auszustellen, die der Eigentümer mind. 5 Jahre aufbewahren und auf Verlangen der zuständigen Behörde dieser vorlegen muss. Die Pflichten sind bußgeldbewehrt und sind in aller Regel Gegenstand wiederkehrender Prüfungen durch den Bezirksschornsteinfeger. Dem Vollzug liegt bei Anlagen mit Heizkesseln eine Vollerfassung aller Feuerstätten Deutschlands in einem Kataster zugrunde ([Bundesregierung 2010]).

4.1.2 Finanzielle Maßnahmen

4.1.2.1 Förderung im Rahmen des CO₂ Gebäudesanierungsprogramms (gefördert durch KfW)

Das **CO₂-Gebäudesanierungsprogramm** der Bundesregierung finanziert die Förderprogramme der KfW zum energieeffizienten Bauen und Sanieren.

Für die Heizungserneuerung wurden die folgenden in diesem Rahmen aufgelegten KfW-Programme näher betrachtet:

- Energieeffizient Sanieren – Kredit (151/152)
- Energieeffizient Sanieren – Investitionszuschuss (430)

Weiterführende Informationen zu den Programmen, insbesondere in Bezug auf Förderfälle und Primärenergieeinsparungen durch die Programme finden sich in Kapitel 4.2.2.

4.1.2.2 Förderung im Rahmen des Marktanreizprogramms (gefördert durch BAFA und KfW)

Das Marktanreizprogramm setzt sich aus zwei Teilen zusammen:

- I. Investitionszuschüsse (über das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA))
- II. Darlehen und Tilgungszuschüsse (KfW-Programm Erneuerbare Energien, Premium)

Weiterführende Informationen zum Marktanreizprogramm - insbesondere in Bezug auf Förderfälle und Primärenergieeinsparungen - finden sich in Kapitel 4.2.3.

4.1.3 Informative Maßnahmen

Maßnahmen der Öffentlichkeitsarbeit

Maßnahmen der Öffentlichkeitsarbeit erreichen eine breite Zielgruppe. Wie in Tabelle 12 beschrieben, sind diese nur sehr schwer quantifizierbar. Da diese Maßnahmen jedoch ein wichtiger Baustein zur Minderung des Endenergiebedarfs sind, werden diese im Folgenden beschrieben, jedoch nicht quantifiziert.

Bauherren-Ratgeber des BMVBS

Auf seiner Internetseite und in Broschüren gibt das BMVBS zahlreiche Hinweise zum energieeffizienten Sanieren. Die Modernisierung der Heizungsanlagen spielt in diesem Zusammenhang eine große Rolle.

DENA Broschüre „Machen Sie dicht!“

Die Broschüre der dena „Machen Sie dicht: Energiesparen in Gebäuden“ [Dena 2009] thematisiert u.a. auch die Optimierung der Heizungsanlage mit Hinweisen zu Kessel, Pumpen, Reglern, Thermostatventilen und Heizkörpern. Die Broschüre fokussiert durchweg auf Maßnahmen mit geringem Investitionsbedarf. Jährlich werden ca. 90.000 Exemplare dieser Broschüre vertrieben, so dass eine breite Öffentlichkeit erreicht wird.

Das DENA-Programm „Machen Sie dicht“ wird durch Zuwendungen des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) unterstützt.

Initiativen von „co2online“

Insbesondere der interaktive Modernisierungsratgeber auf der Homepage der gemeinnützigen GmbH co2online soll das Modernisierungstempo in Deutschland erhöhen. Eine Umfrage von co2online zeigt ([co2online 2012]), dass ein Drittel der Befragten durch den Modernisierungsratgeber in ihrer Entscheidung zu sanieren bekräftigt wurde, für jeden Fünften war er sogar ausschlaggebend. Außerdem zeigt sich, dass die für das vorliegende Projekt relevante Heizungserneuerung mit ca. 30% die am häufigsten umgesetzte Sanierungsmaßnahme überhaupt ist.



Abbildung 12. Durchgeführte Modernisierungsmaßnahmen gemäß Evaluation des interaktiven Modernisierungsratgebers [co2online 2012]

Aber auch weitere Initiativen, wie z.B. die Kampagne „Meine Heizung kann mehr“, mit dem Fokus auf den hydraulischen Abgleich, oder die Aktion „Optimus“ können große Erfolge dokumentieren (<http://www.meine-heizung.de/news-einzelansicht/article/6114/kampagne-zieht-positive-zwischenbilanz/>).

Die co2online-Initiativen werden durch Zuwendungen des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) unterstützt.

Neben den zuvor beschriebenen, durch öffentliche Zuwendungen unterstützten Initiativen gibt es auch eine Vielzahl weiterer relevanter Initiativen, von denen im Folgenden zwei Wesentliche näher beschrieben werden:

„Heizungs-Check“ der VdZ

Das „Forum für Energieeffizienz in der Gebäudetechnik“ (bisher „Verband deutscher Zentralheizungswirtschaft“ - VdZ) informiert den Verbraucher über eine kostenfrei herunterladbare Informationsbroschüre (ca. 68.000 im Jahr 2010). Die Langfassung der Informationsbroschüre ist der „Leitfaden zum Heizungs-Check nach DIN EN 15378“ [VdZ 2010]; sie behandelt ausführlich die Kapitel Wärmeerzeugung, -verteilung und -übergabe und gibt für jedes Kapitel dezidierte Modernisierungsempfehlungen. Der Heizungs-Check betrachtet als erstes standardisiertes und neutrales Checklisten-Verfahren die gesamte Heizungsanlage. Die zuständigen Gremien des Deutschen Instituts für Normung (DIN) haben die detaillierte Beschreibung dieses Verfahrens in den nationalen Anhang zu DIN EN 15378 aufgenommen. Der „Heizungs-Check“ dient als Hilfestellung für die Fachbetriebe und standardisiert anhand eines Punktesystems die Berichterstattung des Fachbetriebs an den Heizungsbetreiber.

Aktivitäten des Handwerks zur verstärkten Sicherstellung von § 11 Absatz 3 durch Wartungsverträge

Paragraph 11 Absatz 3 der EnEV 2009 betrachtet die Wartung/Instandhaltung wesentlicher Komponenten u.a. der Heizungsanlage. Auch im Eigeninteresse verfolgen Akteure im Handwerk unterschiedliche Aktivitäten zur forcierten Umsetzung des § 11 Absatz 3 insbesondere durch den Abschluss von Wartungsverträgen.

Der Zentralverband Sanitär Heizung Klima (ZSVHK) gibt als Quote der Heizungsanlagen für die Wartungsverträge abgeschlossen werden einen Wert von 60% an ([ZSVHK 2013]).

4.2 Energieeinsparpotenziale

Wie am Anfang dieses Kapitels (Kapitel 4) beschrieben, werden die Einsparpotenziale der folgenden Ersatzmaßnahmen quantifiziert.

- Wiederkehrende Messungen von Feuerungsanlagen auf Grund der 1. BImSchV
- Förderung im Rahmen des CO₂ Gebäudesanierungsprogramms (gefördert durch KfW)
- Förderung im Rahmen des Marktanreizprogramms (gefördert durch BAFA und KfW)

4.2.1 Wiederkehrende Messungen von Heizkesseln auf Grund der Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen (1. BImSchV)

In diesem Arbeitsschritt werden die pro Maßnahme (siehe Kapitel 3.1) erzielbaren technisch möglichen Einsparpotenziale durch die wiederkehrenden Messungen gemäß 1. BImSchV bestimmt. Diese

werden, wie im Referenzszenario nach den unter Kapitel 3.1 spezifizierten Kategorien differenziert (z.B. insb. sinnvoll für Typen-, Alters- und Größenklassen). Es werden neben dem Erwartungswert auch die möglichen Bandbreiten der Potenziale, die später für die Sensitivitätsanalyse (vgl. Kapitel 5) herangezogen werden, angegeben.

Eventuelle Effizienzsteigerungen bei verbundenen Warmwasseranlagen, die nicht Gegenstand von Artikel 14, sind, werden nicht berücksichtigt. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass Warmwasserbereiter mit einer Nennwärmeleistung von mehr als 28 kW den gleichen Regelungen unterliegen. Diese dienen ebenfalls der Erhöhung der Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden gemäß EU-Richtlinie 2010/31/EU.

Die Maßnahmenpakete führen zu einer:

- Verbesserung der Erzeugeraufwandszahl (Gas, Heizöl)
- Verringerung von Verteilverlusten (Gas, Heizöl)
- Verringerung von Hilfsenergiebedarf Erzeugung (Strom)
- Verringerung von Hilfsenergiebedarf Verteilung (Strom)

Für die Quantifizierung der über die 1. BImSchV erzielbaren Primärenergieeinsparungen werden die verfügbaren Daten des Bundesverbands des Schornsteinfegerhandwerks – Zentralinnungsverband ZIV - herangezogen. Aus den dokumentierten Abgasverlusten, den Grenzwertüberschreitungen und den Kesselgrößen können Rückschlüsse auf die erzielbaren Primärenergieeinsparungen durch den bei Grenzwertüberschreitung notwendigen bzw. freiwilligen Kesseltausch gezogen werden. Hierbei werden die möglichen Primärenergieeinsparungen pro Kesseltyp über die Wirkungsgraddifferenzen des alten Kessels zu einem typischen neuen Kessel (i.d.R. mit Brennwerttechnik) und den über die typischen Vollaststundenzahlen und die Auslegungsleistung errechneten Heizenergiebedarf bestimmt.

Tabelle 13 gibt eine Übersicht über die möglichen Einsparungen durch die gewählten Maßnahmenpakete nach Leistungsklasse und Altersklasse. Die Verbesserungen basieren auf DIN V 4701-12: 2004-06 (Kessel, Speicher), PAS 1027 (Verteilung, Übergabe) und Experteneinschätzungen von Ecofys. Da es sich bei dem auszutauschenden Kessel um einen ineffizienten Kessel handeln muss, wurden hierbei für die Einsparungsberechnung die Effizienzdifferenzen zwischen der Kesselaltersklasse 1983-1990 gegenüber einem Brennwertkessel (dominierende Lösung)²⁰ als Grundlage verwendet. Der Austausch eines alten Heizkessels gegen eine Wärmepumpe führt - zumindest auf Endenergieebene - regelmäßig zu höheren Einsparungen im Vergleich zum Ersatz eines Brennwertkessels. Die Annahme eines Brennwertkessels als neuen Heizkessel stellt somit eine konservative Annahme dar.

²⁰ Gemäß [Shell/BDH 2013] werden „als Ersatz für die veralteten Technologien (...) im Wesentlichen Brennwerttechnik eingesetzt.“ (S.33) Dabei handelt es sich in Wohngebäuden um Größenordnungen, die höher als 80-90% liegen.

Tabelle 13: Einsparpotentiale der Maßnahmenpakete gem. DIN V 4701-12: 2004-06 und PAS 1027 und Experteneinschätzungen, IstszENARIO

Leistungs- klasse	Alters- klasse	Paket- Verbesserung Erzeuger- Aufwands- zahl	Paket- Verbesserung Verteil- verluste	Paket- Verbesserung Hilfsenergie- bedarf Erzeugung	Paket- Verbesserung Hilfsenergie- bedarf Verteilung
4 - 11 kW	< 1979				
4 - 11 kW	1979 - 1982				
4 - 11 kW	1983 - 1990	20%	54%	42%	11%
4 - 11 kW	1991 - 1997	20%	54%	42%	11%
4 - 11 kW	1998 - 2010	20%	54%	42%	11%
4 - 11 kW	2011				
11 - 20 kW	< 1979				
11 - 20 kW	1979 - 1982				
11 - 20 kW	1983 - 1990	19%	72%	20%	0%
11 - 20 kW	1991 - 1997	19%	72%	20%	0%
11 - 20 kW	1998 - 2010	19%	72%	20%	0%
11 - 20 kW	2011				
20 - 50 kW	< 1979				
20 - 50 kW	1979 - 1982				
20 - 50 kW	1983 - 1990	19%	72%	20%	0%
20 - 50 kW	1991 - 1997	19%	72%	20%	0%
20 - 50 kW	1998 - 2010	19%	72%	20%	0%
20 - 50 kW	2011				
50 - 100 kW	< 1979				
50 - 100 kW	1979 - 1982				
50 - 100 kW	1983 - 1990	18%	75%	0%	-25%*
50 - 100 kW	1991 - 1997	18%	75%	0%	-25%
50 - 100 kW	1998 - 2010	18%	75%	0%	-25%
50 - 100 kW	2011				
> 100 kW	< 1979				
> 100 kW	1979 - 1982				
> 100 kW	1983 - 1990	18%	75%	0%	-25%
> 100 kW	1991 - 1997	18%	75%	0%	-25%
> 100 kW	1998 - 2010	18%	75%	0%	-25%
> 100 kW	2011				

*) Die Hilfsenergie für die Verteilung ist laut DIN V 4701-12: 2004-06 und PAS 1027 für neuere Altersklassen gleichhoch oder sogar höher als in den älteren. Der Grund liegt darin, dass die Umlaufwassermengen, die durch die Heizungspumpen umgewälzt werden müssen, bei neueren Kesseln höher sind, um auch mit niedrigeren Vorlauftemperaturen die benötigte Heizleistung bereitstellen zu können.

4.2.2 Förderung im Rahmen des CO₂-Gebäudesanierungsprogramms (Förderung durch Kreditanstalt für Wiederaufbau)

Die Programme wurden zuletzt [Diefenbach, Gabriel et al. 2012] für das Jahr 2011 evaluiert. Für das Jahr 2011 wurden in der Gesamtheit 59.715 Förderzusagen verzeichnet, wobei die in der folgenden Tabelle dargestellten Energieträgerhäufigkeiten vor und nach der Modernisierung festgestellt wurden (Stichprobe > 1000 Förderzusagen).

Tabelle 14. Ermittelte Energieträger-Prozente vor/nach energetischer Sanierung gem. „Energieeffizient Sanieren“

Energieträger	Vor Modernisierung	Nach Modernisierung	Differenz
Erdgas/Flüssiggas	41,4 %	53,0 %	11,6 %
Heizöl	50,7 %	30,7 %	-20,0 %
Biomasse	2,0 %	7,0 %	5,0 %
Wärmepumpe	4,4 %	6,2 %	1,8 %
Fernwärme	0,0 %	1,2 %	1,2 %
El. Direktheizung	0,7 %	0,3 %	-0,4 %
Kohle	0,8 %	0,1 %	-0,7 %
BHKW	0,0 %	1,5 %	1,5 %

Die in der letzten Spalte dargestellten Differenzen vor/nach der Modernisierung wurden verwendet, um die gestiegene Anzahl an Biomassekesseln und Wärmepumpen nach den Modernisierungen abzuschätzen. Dazu wurden die Häufigkeiten auf die Gesamtheit der Förderzusagen angewendet und die Biomassekessel (ca. 2.985) und Wärmepumpen (ca. 1.075) für die Berechnung der Primärenergieeinsparungen verwendet.

4.2.3 Förderung im Rahmen des Marktanreizprogramms (Förderung durch Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle und Kreditanstalt für Wiederaufbau)

Das Programm wurde von [Langniß, Nast, Pehnt et al. 2012] für das Förderjahr 2011 evaluiert. In der vorliegenden Untersuchung wurde ausschließlich Teil I des MAP betrachtet, da in Teil II lediglich 450 Anlagen betroffen waren.

Ein Vergleich der ausgelösten Investitionen durch die eingesetzten Fördermittel zeigt die folgende Abbildung aus dem Evaluationsbericht von [Langniß, Nast, Pehnt et al. 2012].

Tabelle 15. Ausgelöste Investitionen und eingesetzte Fördermittel 2009-2011; Quelle: [Langniß, Nast, Pehnt et al. 2012], S. 30

Ausgelöste Investitionen					Fördermittel ¹			
In Mio. €	2009	2010	2011	Veränderung 10/11	2009	2010	2011	Veränderung 10/11
KfW	432,0	269,1	356,5	32 %	96,2	67,5	98,2	46 %
BAFA	2.050,2	600,9	835,0	39 %	321,4	88,8	135,0	52 %
Gesamt	2.482,2	870,1	1.191,5	37 %	417,7	156,3	233,2	49 %

¹ Fördermittel KfW-Teil ab 2011: Tilgungszuschuss + Zinsvorteil

In Bezug auf den ersten Teil des Förderprogramms durch das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) wurden zunächst die geförderten Biomasseanlagen und Wärmepumpen aus den Jahren 2008 bis 2011 betrachtet, wie die folgende Tabelle zeigt.

Tabelle 16. Anzahl errichteter Anlagen (Biomasse, Wärmepumpen) mit MAP-Förderung über BAFA 2008-2011

	2008	2009	2010	2011
Anzahl Biomasse GESAMT	53,736	51,000	13,912	21,139
Anzahl Wärmepumpen GESAMT	31,844	29,089	5,009	4,347

Mögliche Ursachen für den Rückgang der Förderzahlen 2010 zu 2009 sind nicht nur der Förderstopp vom 03.05.2010 bis 12.07. 2010 sondern auch die Einstellung der Neubauförderung im Teil der Investitionskostenzuschüsse mit den Richtlinien vom 12. Juli 2010 sowie im Bereich der Wärmepumpen die Anhebung der Mindeststandards. So wurde z.B. die geforderte Jahresarbeitszahl für Sole/Wasser-Wärmepumpen im Gebäudebestand von 3,7 auf 4,3 angehoben.

Für die Abschätzung des Einsparpotentials dieser Anlagen wurden durchweg konservative Annahmen getroffen:

- Zunächst wurde aus den Erkenntnissen der Jahre 2008 bis 2011 für die Jahre des Betrachtungszeitraums (2013 bis 2015) jeweils die geringste Anzahl errichteter Anlagen für Biomasse (13.912) und Wärmepumpen (4.347) berücksichtigt.
- Die Gesamtheit der Förderzusagen wird dann für die Berechnung der Primärenergieeinsparungen verwendet.

4.3 Häufigkeit von Kesselerneuerungen infolge der wiederkehrenden Messungen gemäß 1. BImSchV

Bei den wiederkehrenden Abgasverlustmessungen durch die 1. BImSchV werden laut der ZIV-Erhebungen regelmäßig Grenzwertüberschreitungen festgestellt²¹. Im Falle einer Überschreitung der Grenzwerte erhält der Betreiber die Möglichkeit Maßnahmen zu ergreifen, um die erhöhten Abgasverluste zu reduzieren. Dies können Wartungsarbeiten aber auch ein Kessel- oder Brennertausch sein. Werden nach einer Wartung bei der Nachmessung erneut Grenzwertüberschreitungen festgestellt wird der Anlagenbetreiber zu weiteren Nachbesserungen aufgefordert. In der Regel wird nun ein Austausch erforderlich.

In diesem Zusammenhang zu berücksichtigen ist außerdem, dass die Schornsteinfeger in der Praxis als allgemein anerkannte unabhängige Berater, im Rahmen der wiederkehrenden Messungen die Anlagenbetreiber auf mutmaßlich ineffiziente Kessel hinweisen, selbst wenn deren Abgasverlustgrenzwerte nicht überschritten werden.

Alles in allem ist daher davon auszugehen, dass bei dem weit überwiegenden Teil der in der Bundesrepublik durchgeführten Austäusche alter Heizkessel diese entweder direkt, wegen des Aktionszwangs aufgrund des Überschreitens der Abgasverlustgrenzwerte, oder indirekt durch Anraten des Schornsteinfegers, im Zusammenhang mit den wiederkehrenden Messungen durchgeführt werden.

Der Anteil der insgesamt jährlich ausgetauschten Kessel liegt zwischen 2,5 % und 3 %²².

Für die folgenden Betrachtungen wird davon ausgegangen, dass 2 % direkt oder indirekt im Zusammenhang mit wiederkehrenden Messungen gemäß 1. BImSchV ausgetauscht werden.

Es wird des Weiteren davon ausgegangen, dass beim Austausch immer ein entsprechender Brennwertkessel eingesetzt wird. Unter Berücksichtigung der Angaben des BDH [BDH 2013], der bei den Marktdaten der Wärmeerzeuger in 2012 einen Anteil von Wärmepumpen und Biomassekessel von

²¹ Abgasgrenzwertüberschreitungen 2012: Gas = 2,5%, Heizöl = 3,3%

²² Abgeleitet aus Angaben des BDH [BDH 2013] und [Diefenbach, Cischinsky et al. 2010]

13,7 % (Tendenz steigend) und bei den Öl- und Gas-Niedertemperaturkesseln von 20,1 % (Tendenz sinkend) verzeichnet, ist dies eine konservative Annahme. Die gegenüber Brennwertkesseln erzielbaren Primärenergiereduktionen von Wärmepumpen und Biomassekessel sind nämlich deutlich höher einzuschätzen als die Mehrverbräuche durch den Einsatz von Niedertemperaturkesseln.

Es wird vereinfachend davon ausgegangen, dass die Austauschrate von 2 % unabhängig von der Kesselgröße und dem Kesselalter ist (s.

Tabelle 17).

Tabelle 17: Häufigkeit von Kesselerneuerungen nach Alters- und Leistungsklasse, aufgrund der wiederkehrenden Messungen gemäß 1. BImSchV

Leistungsklasse	Altersklasse	Umsetzungshäufigkeit (sinnvolle Umsetzung)
4 - 11 kW	< 1979	
4 - 11 kW	1979 - 1982	
4 - 11 kW	1983 - 1990	2%
4 - 11 kW	1991 - 1997	2%
4 - 11 kW	1998 - 2010	2%
4 - 11 kW	2011	
11 - 20 kW	< 1979	
11 - 20 kW	1979 - 1982	
11 - 20 kW	1983 - 1990	2%
11 - 20 kW	1991 - 1997	2%
11 - 20 kW	1998 - 2010	2%
11 - 20 kW	2011	
20 - 50 kW	< 1979	
20 - 50 kW	1979 - 1982	
20 - 50 kW	1983 - 1990	2%
20 - 50 kW	1991 - 1997	2%
20 - 50 kW	1998 - 2010	2%
20 - 50 kW	2011	
50 - 100 kW	< 1979	
50 - 100 kW	1979 - 1982	
50 - 100 kW	1983 - 1990	2%
50 - 100 kW	1991 - 1997	2%
50 - 100 kW	1998 - 2010	2%
50 - 100 kW	2011	
> 100 kW	< 1979	
> 100 kW	1979 - 1982	
> 100 kW	1983 - 1990	2%
> 100 kW	1991 - 1997	2%
> 100 kW	1998 - 2010	2%
> 100 kW	2011	

Für die später beschriebene Sensitivitätsanalyse werden - neben dem Erwartungswert der Häufigkeit - jeweils auch der obere und untere Grenzwert abgeschätzt.

4.4 Messintervall gemäß 1. BImSchV

Die 1. BImSchV schreibt folgende Messintervalle für Öl- und Gaskessel vor:

- Kessel älter als 12 Jahre: 2 Jahre
- Kessel 12 Jahre oder jünger: 3 Jahre

Die Messungen werden analog zum Referenzszenario in der Istszenariorechnung gleichmäßig über die einzelnen Jahre verteilt. Dies bedeutet, dass z.B. bei dem Zwei-Jahres-Intervall jedes Jahr 50% aller relevanten Kessel in Deutschland gemessen werden. Die Gesamtheit dieser Kessel beläuft sich auf ca. 14,7 Millionen.

In dieser Untersuchung werden lediglich Messungen betrachtet, die im Untersuchungszeitraum 2013 bis 2015 liegen und in den Folgejahren lediglich die Langzeiteffekte dieser Messungen angesetzt.

4.5 Bestimmung des jährlichen Einsparpotentials

Die Primärenergieeinsparungen der Ersatzmaßnahmen im Istszenario werden auf der Grundlage der in den vorangegangenen Kapiteln beschriebenen Annahmen berechnet. Die detaillierte Vorgehensweise zur Berechnung der Primärenergieeinsparungen wird in Kapitel 4.5.1 (wiederkehrende Messungen von Heizkesseln auf Grund der „Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen“ - 1. BImSchV) und in Kapitel 4.5.2 (Förderung im Rahmen des CO₂-Gebäudesanierungs- und des Marktanzreizprogramms) beschrieben.

Alle Annahmen sind konservative Annahmen, die in der Tendenz zu einer Unterschätzung der erzielten Wirkungen durch die Ersatzmaßnahmen führen.

Zur Bestimmung des jährlichen Einsparpotentials werden die Primärenergieeinsparungen pro Jahr für den Zeitraum von 2013-2015 (vorgeschriebenes Intervall der Gesamtenergieeffizienzrichtlinie) und 2013-2036 (Zeitraum der Lebensdauer der Kessel von 24 Jahren) berechnet.

In der Folge wird die differenzierte Herangehensweise für die Bestimmung der Primärenergieeinsparungen durch die wiederkehrende Messungen von Heizkesseln beschrieben. Grundlage für die Bestimmung der Primärenergieeinsparungen sind die 1. BImSchV (Kapitel 4.5.1) und die Förderung im Rahmen des CO₂-Gebäudesanierungs- und des Marktanzreizprogramms (Kapitel 4.5.2).

4.5.1 Wiederkehrende Messungen von Heizkesseln auf Grund der Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen (1. BImSchV)

Der Status Quo des Endenergiebedarfs 2013 wird durch die wiederkehrenden messtechnischen Überprüfungen der Heizkessel auf Grund der „Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen - 1. BImSchV durch sinnvolle Pakete verbessert. Dabei werden jeweils sinnvolle Kombinationen aus Leistungsklasse und Kesselalter erstellt (bspw. 20-50 kW und 1991-1997).

Die sich durch die Maßnahmenpakete ergebenden Primärenergieeinsparungen werden von den folgenden - in den vorangegangenen Kapiteln besprochenen - Parametern beeinflusst.

1. Mögliche Endenergiebedarfsreduktion bei Implementierung der sich aus den Messungen ergebenden sinnvollen Maßnahmenpakete (getrennt nach Brennstoff und Strom) (Kapitel 4.2)
2. Häufigkeit einer sinnvollen Umsetzung des Paketes in der jeweiligen Klasse (Kapitel 4.3)
3. Primärenergiefaktoren (vgl. Kapitel 2.2.4)
4. Messintervalle (vgl. Kapitel 4.4)

Die jährlichen Primärenergieeinsparungen werden durch Multiplikation der Punkte 1) bis 4) errechnet und (abhängig von der Restlebensdauer des Kessels) aufsummiert.

Für mögliche Verbesserungsmaßnahmen wurde angenommen, dass diese nach der messtechnischen Überprüfung unverzüglich erfolgen. Soweit in der Praxis kleine Verzögerungen z. B. wegen der Auftragserteilung auftreten, sind deren Auswirkungen auf die Energieeinsparung in einer hier vernachlässigbaren Größenordnung, siehe auch Kapitel 5.

Sobald die Effizienz der Heizungsanlage durch ein Maßnahmenpaket verbessert wurde, wird der Endenergiebedarf als konstant angenommen. Dies folgt aus der Annahme dass

- keine Verschlechterung der Effizienz über die weitere Lebensdauer stattfindet und
- jede weitere Messung keine zusätzliche Effizienzverbesserung generieren würde.

4.5.2 Förderung im Rahmen des CO₂-Gebäudesanierungs- und des Marktanreizprogramms

Für die Abschätzung der Einsparpotentiale durch Förderungen im Rahmen des CO₂-Gebäudesanierungsprogramms (KfW-Programm „Energieeffizient Sanieren“) und des Marktanreizprogramms wurde, wie in Kapitel 4 beschrieben, ein separater Ansatz gewählt. Dieser wird im Folgenden erläutert. Die Abschätzung basiert auf den Programmevaluierungen von [Diefenbach, Gabriel et al. 2012] und [Langniß, Nast, Pehnt et al. 2012] sowie auf Annahmen bzgl. zukünftiger Förderfälle und Austausch der Kessel. Für die Abschätzung des Einsparpotentials der betroffenen Kessel wurden durchweg konservative Annahmen getroffen. Beispielsweise wurde der Vergleich des Primärenergiebedarfs der Biomassekessel und Wärmepumpen lediglich zu einem Brennwertkessel angestellt, in der Annahme, dass ohne die Fördermittel in absehbarer Zeit der alte fossile Kessel durch einen Brennwertkessel ausgetauscht worden wäre.

Für sowohl die Brennwertkessel-, als auch die Biomasse- und Wärmepumpen-Variante wurde in einem nächsten Schritt die Endenergie²³ ermittelt. Diese errechnete sich aus der jeweiligen Anzahl,

²³ Die Hilfsenergieeinsparungen der Verteilung und Erzeugung wurden auf Grundlage der Erkenntnisse aus den Szenariorechnungen (Referenz-/Istszenario) für das KfW- und das MAP-Programm vernachlässigt.

einer Nutzenergieannahme (Nutzenergiebedarf gem. Kessel der Leistungsklasse 11-20 kW der Hauptuntersuchung, da nur Wohngebäude betroffen sind) und Erzeuger-Aufwandszahlen²⁴.

Mit Hilfe der Endenergie wurden im abschließenden Schritt mit den jeweiligen Primärenergie²⁵- und CO₂²⁶-Faktoren die entsprechenden Einsparungen ermittelt. Dazu wurde bspw. die Anzahl errichteter Biomasseanlagen für Brennwertkessel durchgerechnet und mit den Werten des Biomassekessels verglichen. Gleiches gilt für die Wärmepumpen.

Prinzipiell sind Doppelbilanzierungen bei berechneten Primärenergieeinsparungen der regulatorischen und finanziellen Maßnahmen möglich, da die Wirkung nicht eindeutig auf ihre Ursache zurückzuführen ist. Unter diesem Gesichtspunkt ist es durchaus möglich, dass teilweise Doppelbilanzierungen auftreten. Im Kontext der absolut berechneten Primärenergieeinsparungen relativiert sich jedoch der Anteil der aus den untersuchten finanziellen Förderinstrumente (vgl. Tabelle 18).

4.5.3 Einsparungen Istszenario

Es werden folgende Parameter differenziert

- Endenergiebedarf Gas bzw. Heizöl und
- Endenergiebedarf Strom (Hilfsenergiebedarf Erzeugung/Verteilung)

Zudem werden im Vergleich zu dem Baselineszenario die folgenden Kennwerte ermittelt:

- Gesamtendenergieeinsparung 2013-2015
- Gesamtprimärenergieeinsparung 2013-2015
- Gesamt CO₂-Einsparung 2013-2015
- Gesamtendenergieeinsparung 2013-2036
- Gesamtprimärenergieeinsparung 2013-2036
- Gesamt CO₂-Einsparung 2013-2036

²⁴ Brennwertkessel = 0,98; Biomassekessel = 1,11; Wärmepumpe = 0,30

²⁵ Brennwertkessel Gas/Heizöl = 1,1; Biomasse = 0,2; Strom = 2,6

²⁶ Brennwertkessel: konservativ Erdgas und Heizöl zu gleichen Teilen berücksichtigt = 234 g/kWh; Biomasse = 0 g/kWh; Strom = 590 g/kWh

Tabelle 18. Ermittelte Einsparungen Istszenario, Betrachtungszeitraum 2013-2015

		Endenergie-einsparungen [GWh]		Primärenergie-einsparungen [GWh]	CO ₂ -Einsparungen [kt CO ₂]
		Gas/ Heizöl	Strom	Gas/ Heizöl /Strom	Gas/ Heizöl /Strom
Messungen gemäß 1. BImSchV Intervall: 2-3 Jahre*	< 20 kW	956	-8**	1.034	205
	> 20 kW	1.608	-6	1.756	372
	SUMME	2.564	-14	2.790	577
KfW, Energieeffizient Sanieren****	SUMME	15	***	67	32
MAP, BAFA-Teil ****	SUMME	50	***	267	148

*) gem. BImSchV: 2 Jahre für Kessel älter als 12 Jahre, 3 Jahre für Kessel jünger als 12 Jahre

**) Brennwertkessel haben gemäß DIN V 4701-12: 2004-06. einen höheren Hilfsenergiebedarf

***) Für diese Programme wurde aus Marginalitätsgründen davon abgesehen, den Hilfsstrom mit zu berücksichtigen.

****) Doppelzählung wegen Überschneidung mit aus BImSchV resultierender Maßnahmen möglich, Anteil wird jedoch mit < 50 % abgeschätzt

Tabelle 19. Ermittelte Einsparungen Istszenario, Betrachtungszeitraum 2013-2036

		Endenergie-einsparungen [GWh]		Primärenergie-einsparungen [GWh]	CO ₂ -Einsparungen [kt CO ₂]
		Gas/ Heizöl	Strom		Gas/ Heizöl /Strom
Messungen gemäß 1. BImSchV Intervall: 2-3 Jahre*	< 20 kW	3.164	-46**	3.395	671
	> 20 kW	4.942	-29	5.381	1.137
	SUMME	8.106	-75	8.776	1.807
KfW, Energieeffizient Sanieren****	SUMME	122	***	448	150
MAP, BAFA-Teil****	SUMME	396	***	1.774	691

*) gem. BImSchV: 2 Jahre für Kessel älter als 12 Jahre, 3 Jahre für Kessel jünger als 12 Jahre

**) Brennwertkessel haben gemäß DIN V 4701-12: 2004-06. einen höheren Hilfsenergiebedarf

***) Für diese Programme wurde aus Marginalitätsgründen davon abgesehen, den Hilfsstrom mit zu berücksichtigen.

****) Doppelzählung wegen Überschneidung mit aus BImSchV resultierender Maßnahmen möglich, Anteil wird jedoch mit < 50 % abgeschätzt

Für eine bessere Veranschaulichung zeigt das folgende Diagramm die Endenergie-Einsparungen **pro Jahr** (von 2013 bis 2036) kumuliert für die Gas- und Heizölkessel (ohne Strom) für das Istszenario.

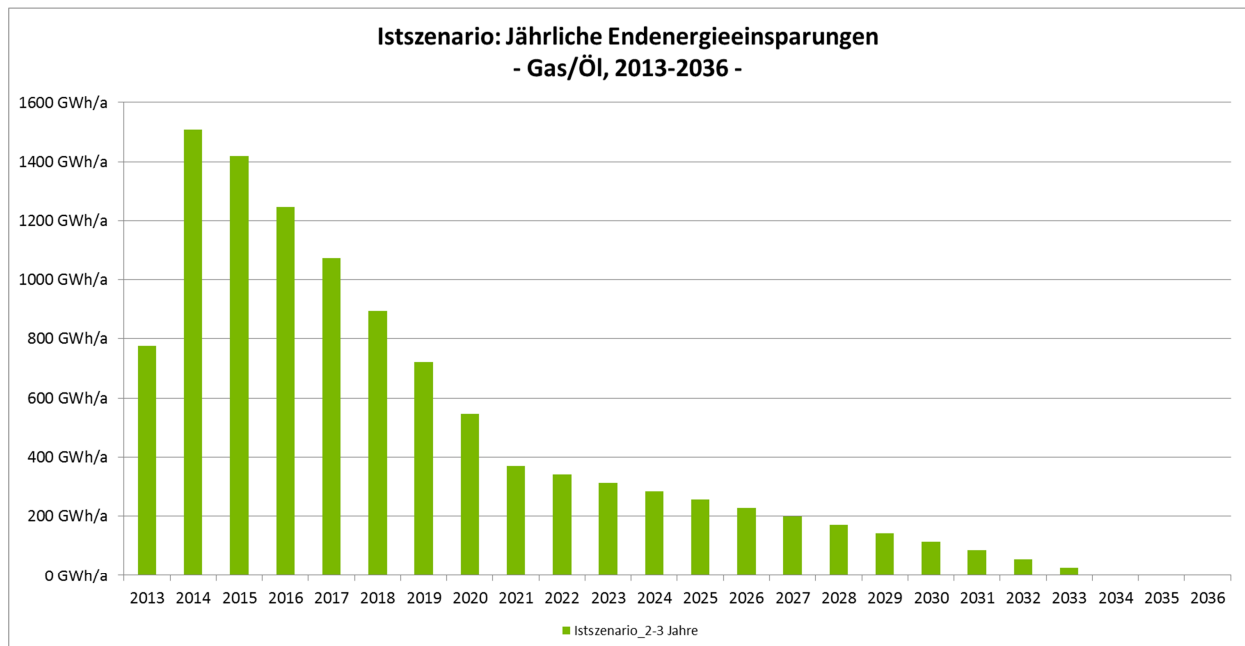


Abbildung 13. Jährliche Endenergieeinsparungen Gas/Heizöl, Istszenario (nur Inspektionen gemäß 1. BImSchV), Betrachtungszeitraum 2013-2036

Die höchsten Endenergieeinsparungen werden beim Istszenario im zweiten Jahr erzielt, da die Kessel, die älter als 12 Jahre sind, in den ersten 2 Jahren messtechnisch überprüft werden. In den ersten zwei Jahren werden sowohl die Einsparungen der verbesserten Kessel aus 2013, als auch der Kessel aus 2014 wirksam. Im Vergleich dazu werden bei dem Referenzszenario (vgl. Kapitel 3.6.3) die höchsten Einsparungen im 3. Jahr des Betrachtungszeitraums erreicht, da das zugrunde gelegte 4-Jahres-Intervall für die angenommenen Inspektionen den 3-Jahres-Betrachtungszeitraum für deren Wirkung übertrifft und deswegen die kumulierten Einsparungen der ersten 3 Jahre wirksam werden.

5 Sensitivitätsbetrachtung

Mit der im Folgenden beschriebenen Sensitivitätsbetrachtung soll der Einfluss möglicher Abweichungen der Eingangsparameter auf die Berechnungsergebnisse bestimmt und bewertet werden. Die Sensitivitätsbetrachtung wird nur für die Endenergieeinsparungen im Zeitraum 2013 bis 2015 der zwei Hauptszenarien durchgeführt. Da der relevante Primärenergiebedarf unter Berücksichtigung der Primärenergiefaktoren direkt aus dem Endenergiebedarf abgeleitet wird und keine relevanten Besonderheiten bei den unterschiedlichen Energieträgern zu erwarten sind, ist es ausreichend die Sensitivitätsbetrachtung für den Endenergiebedarf durchzuführen. Es ist des Weiteren davon auszugehen, dass sich durch eine mögliche Berücksichtigung untergeordneter Einsparpotentialquellen oder durch einen erweiterten Betrachtungszeitraum keine wesentlichen Veränderungen ergeben.

Da die Datengrundlage, aus der die Mengengerüste entwickelt wurden, als weitestgehend gesichert angesehen werden kann, werden bei der Sensitivitätsbetrachtung folgende Parameter berücksichtigt:

- Einsparung durch die Maßnahmenpakete (E)
- Sinnvolle Umsetzungshäufigkeit (H)
- Praktische Umsetzungshäufigkeit (W)

Für jeden Parameter wird jeweils eine relative Abweichung vom Erwartungswert angenommen:

- Relative Abweichung der Einsparung (dE): 20%
- Relative Abweichung der sinnvollen Umsetzungshäufigkeit (dH): 25%
- Relative Abweichung der praktischen Umsetzungshäufigkeit (dW): 30%

Die Berechnung wird mittels des Fehlerfortpflanzungsgesetzes durchgeführt. Die Gleichung für die Ermittlung der Varianzen der Gesamteinsparung dG lautet demnach:

$$dG = \sqrt{((H * W * dE)^2 + (E * W * dH)^2 + (E * H * dW)^2)} \quad 27$$

Daraus resultieren die in der folgenden Tabelle dargestellten möglichen Varianzen in der Gesamteinsparung der Szenarien.

²⁷ W und dW sind nur relevant für das Referenzszenario. Beim Ist-szenario sind W=1 und dW =0 zu setzen, die Häufigkeit (H) wurde, wie in Kapitel 4.3 beschrieben, mit 2% angesetzt.

Tabelle 20. Sensitivitätsbetrachtung der Endenergiegesamteinsparung der Szenarien, 2013-2015 in GWh

		Erwartungswert Endenergieeinsparungen		Varianz Endenergieeinsparungen	
		Gas/ Heizöl	Strom	Gas/ Heizöl	Strom
Referenzszenario ²⁸ Intervall: 4 Jahre	SUMME	1.174	12	± 515	± 7
Istszenario ²⁹ Intervall: 2-3 Jahre	SUMME	2.564	-14	± 821	± 5

Die Tabelle zeigt Varianzen von etwa 44% für das Referenzszenario (Endenergieeinsparungen gemäß Artikel 14 der EPBD) bzw. ca. 32% für die Endenergieeinsparungen, die sich aus den wiederkehrenden Messungen gem. 1. BImSchV ergeben (Istszenario).

Die Varianz der Differenz dD der beiden Szenarien wird bestimmt durch:

$$dD = \sqrt{((dG_I)^2 - (gG_R)^2)}$$

mit

dG_I: Varianz des Istszenarios (= 821+5 GWh)

dG_R: Varianz des Referenzszenarios (= 515+7 GWh)

Für die Varianz der Differenz ergibt sich demnach ein Wert von 977 GWh.

Da die Varianz kleiner als die Differenz (= 1.364 GWh) ist, wird davon ausgegangen, dass allein durch Einsparungen, die sich aus den wiederkehrenden Messungen gem. 1. BImSchV ergeben, die Einsparungen, die sich aus den Anforderung für die Inspektionen aus Artikel 14 Absätze 1 bis 3 der EPBD ergeben würden, bereits mehr als kompensiert werden. Dies gilt für die Endenergieeinsparungen ist qualitativ jedoch, wie zuvor beschrieben, auf die Primärenergieeinsparungen übertragbar.

Anmerkung: Allgemein wurde in den Berechnungen vereinfachend - unter Berücksichtigung der jeweiligen Umsetzungshäufigkeiten - nach erfolgter Inspektion bzw. Messung immer von einer sofortigen Umsetzung der Maßnahmen ausgegangen. Dies entspricht natürlich nicht der Realität, in der die Spanne zwischen Inspektion/Messung und Umsetzung Wochen oder Jahre betragen kann. Bei einer angenommenen mittleren Zeitverzögerung zwischen Inspektion/Messung und Umsetzung von 6 Monaten ergäbe sich innerhalb des Betrachtungszeitraumes von 3 Jahren eine Überschätzung der oben genannten Einsparungen um ca. 16%. Es ist jedoch davon auszugehen, dass die freiwilligen Maßnahmen - resultierend aus den Heizungsinspektionen gemäß EU Richtlinie - in der Regel später umgesetzt werden als die teilweise ordnungsrechtlich bewährten Maßnahmen der 1. BImSchV. In der Realität wird daher der oben dargestellte Unterschied der Einsparungen noch größer sein.

²⁸ Ohne Berücksichtigung der Einsparungen im Bereich Wärmeübergabe und Hydraulischen Abgleich

²⁹ Ohne Berücksichtigung der Einsparungen aus den KfW- und BAFA-Programmen

6 Gegenüberstellung der Ergebnisse

Die abschließende Beurteilung und Dokumentation erfolgt einerseits für den **Primärenergiebedarf**, da es sich dabei um das Hauptkriterium der Gesamtenergieeffizienzrichtlinie handelt, andererseits werden, in Anlehnung an den – von der EU als Referenz für die Gleichwertigkeitsnachweise genannten – Bericht des Vereinigten Königreiches ([Young, Olloqui, Hartless 2010]) als weitere Kenngröße auch die klimarelevanten resultierenden **CO₂-Emissionen** herangezogen.

Die akkumulierten End-/ Primärenergie- und CO₂-Einsparungen für das Referenz- und Istscenario (siehe Kapitel 4.2.1) für den Zeitraum 2013-2015 und 2013-2036 werden in Tabelle 21 dargestellt.

Tabelle 21. Akkumulierte End-/ Primärenergie- und CO₂-Einsparungen für den Zeitraum 2013-2015 und 2013-2036

		Einheit	Referenzscenario*	Istscenario**
2013-2015	Endenergieeinsparungen	GWh	1,279	2,550
	Primärenergieeinsparungen	GWh	1,421	2,790
	CO ₂ -Einsparungen	kt CO ₂	304	577
2013- 2036	Endenergieeinsparungen	GWh	3,752	8,030
	Primärenergieeinsparungen	GWh	4,227	8,776
	CO ₂ -Einsparungen	kt CO ₂	913	1,807

*) inklusive separat bestimmter theoretischer Einsparungen aus verbesserter Wärmeübergabe und hydraulischem Abgleich

**) nur 1. BImSchV ohne KfW- und MAP-Teil

Bereits die aus der Ersatzmaßnahme „wiederkehrenden Messungen der 1. BImSchV“ resultierenden Primärenergieeinsparungen übertreffen diejenigen des Referenzszenarios (Heizungsinspektionen gemäß Artikel 14 der EPBD) so deutlich, dass auch unter Berücksichtigung der sich aus den Unsicherheiten der Eingabeparameter ergebenden Varianz (siehe Kapitel 5) mindestens eine Gleichwertigkeit sichergestellt ist. Diese Ergebnisse sind direkt auf die ebenfalls dargestellten Einsparungen der CO₂-Emissionen übertragbar.

Für eine bessere Veranschaulichung der zeitlichen Entwicklung der Einsparungen zeigt Abbildung 14 die Endenergie-Einsparungen **pro Jahr** (von 2013 bis 2036) kumuliert für die Gas- und Heizölkessel für Szenarien:

- Istscenario (nur Messungen nach 1. BImSchV)
- Referenzscenario (Inspektionen gemäß EU-Richtlinie)

Abbildung 14 zeigt, dass die jährlichen Endenergieeinsparungen des Istszenarios diejenigen des Referenzszenarios deutlich übersteigen. Die höchsten jährlichen Einsparungen treten in den Jahren 2013-

2015 auf, da dort die relevanten Inspektionen bzw. Messungen stattfinden. In den Jahren von 2016-2036 werden die Effekte der Energieeinsparungen durch die normalen altersbedingten Kesselaustausche in den jeweiligen Jahren reduziert.

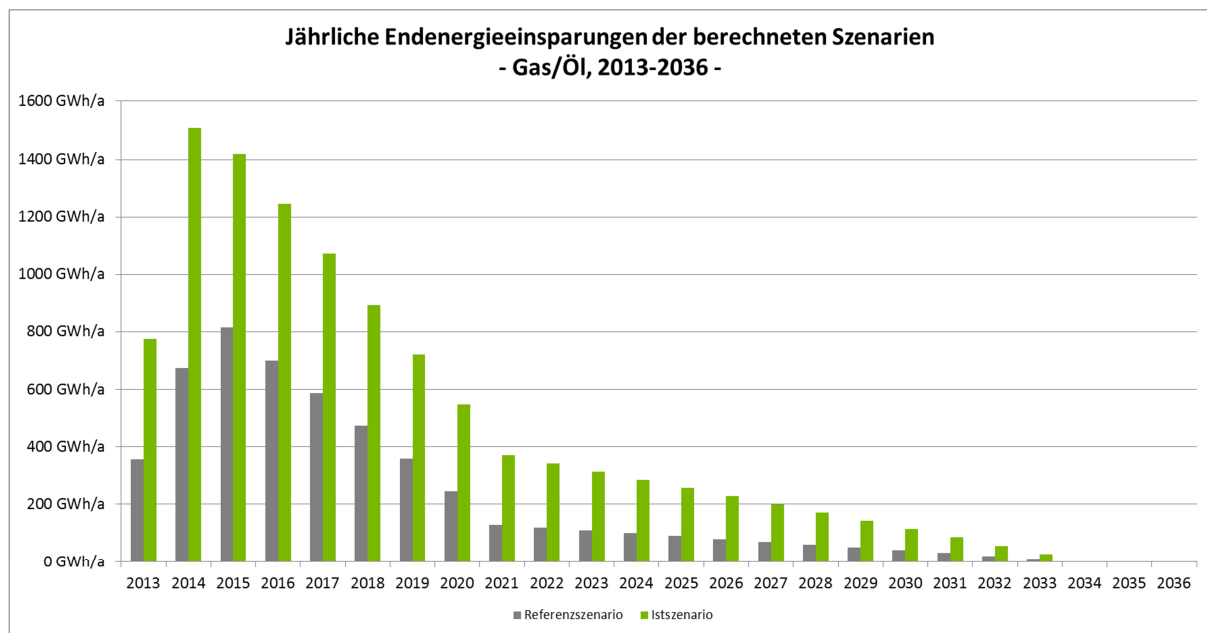


Abbildung 14. Jährliche Endenergieeinsparungen Gas/Heizöl (ohne Strom), 2013-2036, Referenz- und Istszenario

Zusätzliche Einsparungen im Istszenario erzielen die untersuchten Förderprogrammen (KfW, siehe Kapitel 4.2.2 und MAP, siehe Kapitel 4.2.3), siehe Tabelle 22.

Tabelle 22: Akkumulierte End-/ Primärenergie- und CO₂-Einsparungen der Förderprogramme der KfW (CO₂-Gebäudesanierungsprogramm) und BAFA (MAP) für den Zeitraum 2013-2015 und 2013-2036³⁰

		Einheit	KfW	MAP	Summe
2013-2015	Endenergieeinsparungen	GWh	15	50	65
	Primärenergieeinsparungen	GWh	67	267	334
	CO ₂ -Einsparungen	kt CO ₂	32	148	180
2013- 2036	Endenergieeinsparungen	GWh	122	396	518
	Primärenergieeinsparungen	GWh	448	1,774	2,221
	CO ₂ -Einsparungen	kt CO ₂	150	691	841

³⁰ Doppelzählung wegen Überschneidung mit aus BImSchV resultierenden Maßnahmen möglich, Anteil wird jedoch mit < 50 % abgeschätzt

Abgesehen von den oben beschriebenen, im Istscenario separat quantifizierten, Einsparungen müssen auch die nicht näher quantifizierten Effekte berücksichtigt werden, die aus den beschriebenen Anforderungen der EnEV 2009 (Paragraphen 10, 11, 14, 26a und b, 27) und den informativen Maßnahmen von der Bundesregierung, Initiativen und Verbänden resultieren. Da die Anforderungen der EnEV 2009, ebenfalls wie die der 1. BImSchV, ordnungsrechtlich bewehrt sind, ist davon auszugehen, dass die daraus resultierenden Einsparungen während des Betrachtungszeitraumes, obwohl aufgrund der Sättigungseffekte durch das langjährige Bestehen reduziert, mindestens von gleicher Größenordnung sind. Hinzu kommen die heute noch wirkenden Einsparungen, die sich als Folge der Ersteinführung der EnEV im Jahre 2002 ergeben haben. Wärmeschutzverordnungen, aus denen ebenfalls für den Kontext relevante Einsparungen resultieren, existieren bereits seit 1982. Noch länger reicht die 1. BImSchV zurück. Diese historischen regulatorischen Effizienzmaßnahmen führen dazu, dass die Einsparpotentiale bei beiden untersuchten Szenarien insgesamt nur noch gering sind.

Aus den obigen Darstellungen wird deutlich, dass die aus Ersatzmaßnahmen erzielbaren Einsparungen die theoretisch durch die Umsetzung der Inspektion von Heizungsanlagen gemäß Artikel 14 der Europäische Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (2010/31/EU) maximal erzielbaren Einsparungen, sowohl hinsichtlich des Primärenergiebedarfs, als auch hinsichtlich der CO₂-Emissionen, klar übertreffen.

Zusammenfassend lässt sich daher feststellen, dass die geforderte Gleichwertigkeit der Wirkungen der Ersatzmaßnahmen gemäß Artikel 14 Absatz 4 der Gesamtenergieeffizienzrichtlinie für Deutschland sichergestellt ist.

7 Literaturverzeichnis

AG Energiebilanzen 2013. *Anwendungsbilanzen für die Endenergiesektoren in Deutschland in den Jahren 2010 und 2011.* AG Energiebilanzen. BMWi. 2013

BDH 2013. *Telefonat und E-Mail-Kontakt mit Herrn Kiryk am 20.09.2013.* Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V. 2013

BEAM. Kalkulations- und Analysetool BEAM2. Ecofys Germany GmbH. 2010
<http://www.ecofys.com/de/presse/kalkulations-und-analysetool-beam2-von-ecoys-zeigt/>
(Zugriff: 04.07.2013)

Bundesregierung 2010. *Bericht über die Gleichwertigkeit des Ansatzes gemäß des Artikels 8 Buchstabe b) der Richtlinie 2002/91/EG.* Regierung der Bundesrepublik Deutschland. 2010
http://www.bbsr.bund.de/cIn_032/nn_22776/BBSR/DE/Aktuell/Forschungsprojekte/10-08-17-7-13-06/Gleichwertigkeitsbericht,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/Gleichwertigkeitsbericht.pdf
(Zugriff: 22.04.2013)

co2online 2012. *Evaluation des Modernisierungsratgebers Ergebnisbericht.* co2online gemeinnützige GmbH. 2012
http://www.co2online.de/fileadmin/CO2online/PDF_Evaluationen/2012_Evaluation_Modernisierungsratgeber_co2online_gGmbH.pdf
(Zugriff: 18.04.2013)

Dena 2009. *Machen Sie dicht: Energiesparen in Gebäuden.* Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena). 2009
http://www.zukunft-haus.info/uploads/tx_zrwshop/2086_Machen_Sie_dicht_web_01.pdf
(Zugriff: 18.04.2013)

DEPV 2013. *E-Mail-Kontakt mit Frau Sievers am 23.09.2013.* Deutscher Energieholz- und Pellet-Verband e.V. (DEPV). 2013

Diefenbach, Cischinsky et al. 2010. *Datenbasis Gebäudebestand. Datenerhebung zur energetischen Qualität und zu den Modernisierungstrends im deutschen Wohngebäudebestand.* Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU). Darmstadt, 2010.
http://datenbasis.iwu.de/dl/Endbericht_Datenbasis.pdf
(Zugriff: 19.12.2012)

Diefenbach, Gabriel et al. 2012. *Monitoring der KfW-Programme „Energieeffizient Sanieren“ und „Energieeffizient Bauen“ 2011.* Institut Wohnen und Umwelt GmbH. 2012.
<https://www.kfw.de/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-alle-Evaluationen/Monitoring-EBS-2011.pdf>
(Zugriff: 19.04.2013)

DIN V 4701-12: 2004-06. *Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen im Bestand. Teil 12: Wärmeerzeuger und Trinkwassererwärmung*

DIN EN 15378: 2008-07. *Heizungssysteme in Gebäuden - Inspektion von Kesseln und Heizungssystemen*

EEWärmeG 2012. *Erfahrungsbericht zum Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG-Erfahrungsbericht).* BMU. 2012

http://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/eewaermeg_erfahrungsbericht.pdf
 (Zugriff: 19.04.2013)

1. BImSchV 2010. *Erste Verordnung zur Durchführung des Bundes- Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen - 1. BImSchV).* Regierung der Bundesrepublik Deutschland. 2010

http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bimschv_1_2010/gesamt.pdf
 (Zugriff: 19.09.2013)

Kirchner, Matthes 2009. *Modell Deutschland Klimaschutz bis 2050: Vom Ziel her denken.* WWF. 2009

http://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/WWF_Modell_Deutschland_Endbericht.pdf
 (Zugriff: 19.04.2013)

Langniß, Nast, Pehnt et al. 2012. *Evaluierung von Einzelmaßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt (Marktanreizprogramm) für den Zeitraum 2009-2011.* Evaluierung des Förderjahres 2011. BMU. 2012

Loga et al. 2011. *Deutsche Gebäudetypologie - Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden (erarbeitet im Rahmen des EU Projektes „Typology Approach for Building Stock Energy Assessment“ - TABULA).* Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt, Germany. 2011.

http://www.building-typology.eu/downloads/public/docs/brochure/DE_TABULA_TypologyBrochure_IWU.pdf (Zugriff: 08.05.2012)

Mailach, Oschatz et al. 2012. *Untersuchung zur weiteren Verschärfung der energetischen Anforderungen an Gebäude mit der EnEV 2012 - Anforderungen an die Anlagentechnik in Bestandsgebäuden.* BMVBS-Online-Publikation Nr. 06/2012

http://www.bbsr.bund.de/cln_032/nn_112742/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BMVBS/Online/2012/DL_ON062012,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/DL_ON062012.pdf
 (Zugriff: 19.04.2013)

Ornth 2009. *Bekanntmachung der Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Nichtwohngebäudebestand, 30.7.2009.* Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS). 2009

http://www.bbsr.bund.de/nn_21976/BBSR/DE/Bauwesen/EnergieKlima/Energieausweise/energieausweise__node.html?__nnn=true (Zugriff: 21.01.2013)

PAS 1027: 2004-02. *Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen im Bestand, Ergänzung zur DIN 4701-12*

SHELL/BDH 2013. *Shell BDH Hauswärme-Studie KLIMASCHUTZ IM WOHNUNGSSEKTOR – WIE HEIZEN WIR MORGEN?.* Shell Deutschland, Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik (BDH), Hamburgisches WeltWirtschaftsinstitut (HWWI), Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden Forschung und Anwendung GmbH (iTG). 2013

<http://s08.static-shell.com/content/dam/shell-new/local/country/deu/downloads/pdf/comms-shell-bdh-heating-study-2013.pdf>
 (Zugriff: 19.09.2013)

VdZ 2010. *Leitfaden zum Heizungs-Check.* Vereinigung der deutschen Zentralheizungswirtschaft e.V.. Bonn, 2010.

http://www.vdzev.de/sites/default/files/br_leitfaden_heizungs_check_0.pdf
 (Zugriff: 18.04.2013)

Wolff et al. 2004. *Felduntersuchung: Betriebsverhalten von Heizungsanlagen mit Gas-Brennwertkesseln*. Fachhochschule Braunschweig Wolfenbüttel, Fachbereich Versorgungstechnik, Institut für Heizungs- und Klimatechnik (IfHK). 2004
<http://www.dbu.de/OPAC/ab/DBU-Abschlussbericht-AZ-14133.pdf>
(Zugriff: 26.09.2013)

Young, Olloqui, Hartless 2010. *Energy Performance of Buildings Directive article 8 equivalence*. Department for Communities and Local Government. 2010
<https://www.gov.uk/government/publications/energy-performance-of-buildings-directive-article-8-equivalence-uk-biennial-reports>
(Zugriff: 22.04.2013)

ZIV. *Erhebungen des Schornsteinfegerhandwerks*. Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks – Zentralinnungsverband (ZIV).
http://www.schornsteinfeger.de/bilder_ziv/files/erhebungen2011neu.pdf (Jahr 2011)
(Zugriff: 17.04.2013)

ZSVHK 2013. *Telefonat vom 20.09.2013 mit Herr Frank Ebisch*. Zentralverband Sanitär Heizung Klima (ZVSHK). 2013

ECOFYS



sustainable energy for everyone



sustainable energy for everyone



ECOFYS Germany GmbH

Am Wassermann 36
50829 Köln

T: +49 (0) 221 27070-100

F: +49 (0) 221 27070-011

E: info@ecofys.com

I: www.ecofys.com