Umweltforschungsplan des
Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit

Überprüfung der Umsetzung des Standes der Technik bezüglich der Emissionen prioritärer Schadstoffe für einzelne Industriebranchen

Teilvorhaben 2

Forschungskennzahl 3712 42 313-2

Ermittlung und Aktualisierung von Emissionsfaktoren für das nationale Emissionsinventar bezüglich kleiner und mittlerer Feuerungsanlagen der Haushalte und Kleinverbraucher

Endbericht - Hauptteil

von

Christian Tebert

Susanne Volz

Kevin Töfge

Ökopol GmbH, Nernstweg 32-34, 22765 Hamburg

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Abschlussdatum Mai 2016

Berichtskennblatt

Titel des Berichts	Ermittlung und Aktualisierung von Emissionsfaktoren für das nationale Emissionsinventar bezüglich kleiner und mittlerer Feuerungsanlagen der Haushalte und Kleinverbraucher - Hauptteil
Autoren	Tebert, Christian Volz, Susanne Töfge, Kevin
Durchführende Institution	ÖKOPOL GmbH – Institut für Ökologie und Politik Nernstweg 32-34, 22765 Hamburg, Tel. 040-39 100 20 Web: http://www.oekopol.de Email: info@oekopol.de
Fördernde Institution	Umweltbundesamt Postfach 14 06 06813 Dessau-Roßlau
Abschlussjahr	2016
Forschungskennzahl	371242313-2
Seitenzahl des Berichts	164 (Hauptteil)
Zusätzliche Angaben	Weitere Daten befinden sich im Anhang-Band zum Bericht
Schlagwörter	Kleinfeuerungsanlagen, 1. BImSchV, Emissionen, Emissionsminderung, Luftreinhaltung, Emissionsprognose, Emissionsinventar, Heizung, Kessel, Raumheizung, Kamin, Kaminofen, Holzbrennstoffe, Biomasse, Pellets, Hackschnitzel, Stückholz, Scheitholz, Holzfeuerung, Staub, PM10, NOx, VOC, NMVOC, Benzol, PCDD/F, PAK, Schwermetalle

Report Cover Sheet

Report Title	Development and update of emission factors for the National Inventory regarding small and medium-size combustion plants of households and small consumers
Authors	Tebert, Christian Volz, Susanne Töfge, Kevin
Performing Organisation	ÖKOPOL GmbH – Institut für Ökologie und Politik Nernstweg 32-34, 22765 Hamburg, Germany Phone: +49 40-39 100 20 Web: http://www.oekopol.de Email: info@oekopol.de
Funding Agency	Umweltbundesamt Postfach 14 06 06813 Dessau-Roßlau
Report Date	2016
Project No.	371242313-2
No. of Pages	164 (main report)
Supplementary Notes	Additional data can be found in the annex of the report
Keywords	Small combustion plants, 1. BImSchV, emissions, emission reduction, air pollution control, emission forecast, emission inventory, heating, stove, wood combustion, fireplace, oven, heating, biomass, pellets, wood chips, firewood, logs, dust, PM10, NOx, CO, VOC, NMVOC, benzene, PCDD/F, PAH, heavy metals

Kurzbeschreibung

Die vorliegende Studie dient zur Berechnung von Emissionen aus Kleinfeuerungsanlagen in Deutschland mit bis zu 1 MW Nennleistung sowie zur Ermittlung von Emissionsfaktoren für den gesamten Anlagenbestand. Dieser hat sich von 2005-2015 aufgrund der verstärkten Nutzung von Holzbrennstoffen wesentlich geändert. Im Ergebnis wird der Bestand der Kleinfeuerungsanlagen in den Jahren 2010, 2015, 2025 und 2030 dargestellt, differenziert nach Brennstoffen und Anlagenarten, separat für die Bereiche *Haushalte*, *Gewerbe/Handel/Dienstleistungen* und *Militär*. Hintergrund des Forschungsvorhabens ist die Verpflichtung Deutschlands zur Erstellung von Berichten und Prognosen zu nationalen Emissionen aufgrund europäischer und internationaler Vereinbarungen.

Durch den Trend zu holzgefeuerten Anlagen können v. a. bei winterlichen Inversionswetterlagen hohe Luftbelastungen durch Feinstaub und krebserzeugende PAK auftreten. Deshalb wurden die Emissionsanforderungen für holzgefeuerte Anlagen mit der 1. BImSchV 2010 verschärft. Bei der Emissionsfaktorermittlung wurden diese veränderten Rahmenbedingungen berücksichtigt, ebenso wie neue Literaturdaten und mehr als 400 Prüfstandsmessungen von Kleinfeuerungsanlagen. Als Ergebnis liegen für das nationale Emissionsinventar verbesserte Emissionsfaktoren vor, die aktuelle und künftige Veränderungen des Anlagenbestandes berücksichtigen. Mit den Emissionsfaktoren kann der Schadstoffausstoß aus Kleinfeuerungsanlagen realitätsnah berechnet werden.

Der ermittelte Gesamtbestand der Kleinfeuerungsanlagen in Deutschland beläuft sich im Jahr 2010 auf **36,3 Mio. Anlagen**. Seit 2005 werden insbesondere Stilllegungen von Einzelraumfeuerungen angenommen, die bei Sanierungen durch den Einbau von Zentralheizungen oder durch Gebäudeabriss entfielen (v.a. Dauerbrandöfen, die als einzige Wärmeerzeuger dienten).

Der ermittelte Bestand der mit **Öl** gefeuerten Anlagen sank zwischen 2005 und 2010 um 1,7 Mio. auf 5,9 Mio. (-22%). Mit **Gas** gefeuerte Anlagen nahmen in der Zeit um 1,7 Mio. auf 16,2 Mio. zu (+25%). **Festbrennstofffeuerungen** (v.a. für Biomasse) nahmen um 0,2 Mio. auf 14,2 Mio. ab (-1%); dabei nahmen Holzkessel (für Pellets, Stückholz, Hackschnitzel) um 0,2 Mio. auf 0,8 Mio. zu (+33%) und Einzelraumfeuerungen um 0,4 Mio. auf 13,3 Mio. ab (-3%).

Die Emissionen aus Kleinfeuerungsanlagen in Deutschland wurden anhand der neu ermittelten Emissionsfaktoren und des Energieverbrauchs ermittelt. Zum Jahr 2010 lagen Erhebungsdaten für den Energieverbrauch vor, für die Jahre 2015, 2025 und 2030 wurde der Energieverbrauch auf Basis der Prognosen der „Politikszenarien Klimaschutz VI“ (Matthes et al. 2013) berechnet.

Die Ergebnisse zeigen gegenüber 2005 extrem hohe Emissionen im Bezugsjahr 2010, das durch einen besonders kalten Winter und die verstärkte Nutzung von Kohle und Holz charakterisiert war.

Für die Prognosen der Jahre 2015, 2025 und 2030 wurde eine hohe Stilllegungsrate der älteren, emissionsintensiven Einzelraumfeuerungen angenommen, sowie ein allmählicher Austausch von holzgefeuerten Anlagen, die nicht der 1. BImSchV entsprechen. Auf Basis dieser Annahmen erhöhen sich die NMVOC-Emissionen aufgrund der wesentlichen Erneuerung der Anlagenstruktur zunächst nicht, steigen dann aber in beiden Szenarien, weil zunehmend holzgefeuerte Anlagen verwendet werden. Ähnlich verläuft auch die Entwicklung der Emissionen von Dioxinen und Furanen.

Bei Staub (PM10) kommt es in den Jahren 2015-2030 gegenüber dem Jahr 2005 trotz einer anteiligen Erhöhung der holzgefeuerten Brennstoffe in beiden Szenarien nicht zu einem An-

stieg der Emissionen, weil davon ausgegangen wird, dass staubintensive ältere Anlagen und Ölfeuerungen durch emissionsärmere Anlagen auf Gas- und Holzbasis (v.a. Pelletkessel) ersetzt werden. Bei Stickstoffoxiden, Schwefeldioxid und Kohlenmonoxid sinken die Emissionen aus Kleinfeuerungsanlagen im Zeitraum 2015-2030 gegenüber dem Jahr 2005 in beiden Szenarien deutlich.

Abstract

This study was undertaken to calculate emissions in Germany from small combustion plants with a nominal capacity up to 1 MW as well as to determine emission factors for the entire stock of plants. From 2005 to 2015 the stock changed significantly due to an increased use of wood fuels. As a result, the stock of small combustion plants is presented for the years 2010, 2015, 2025 and 2030, differentiated by fuels and plant types, separately for the sectors *households*, *trade/commerce/services* and *military*. The background of the research project is the commitment of Germany in European and international contracts to elaborate reports and forecasts on national emissions.

The trend towards wood-fired plants can lead to high air pollution with fine dust and PAH, in particular occurring from effects of thermal inversion during winter periods. On this background stricter emission limits were enforced for wood-fired plants by the 1. BImSchV in 2010. This legal framework condition was considered when determining emissions factors, together with new literature data and more than 400 test results of small combustion plants. As a result, improved emission factors were determined, considering current and future changes of the plant stock and to be used in the national emission inventory. With the emission factors, realistic emissions of small combustion plants can be calculated.

The stock of small combustion plants in Germany was calculated with **36.3 million units** in 2010. Since 2005, decommissioning is assumed in particular of room heaters no longer used due to the installation of central heatings during rehabilitations or due to the demolition of older buildings (in particular room heaters like slow-burning stoves used as the only heat source).

Between 2005 and 2010 the stock of **oil-fired** plants decreased by 1.7 million to 5.9 million (-22%). **Gas-fired** plants increased by 1.7 million to 16.2 million (+25%). **Solid fuel fired** plants (mainly for biomass) decreased by 0.2 million to 14.2 million (-1%); in this category, wood boilers (for pellets, logs, wood chips) increased by 0.2 million to 0.8 million (+33%), and room heaters decreased by 0.4 million to 13.3 million (-3%).

Based on newly determined emission factors and data of energy consumption, emissions from small combustion plants in Germany were calculated. For 2010, data regarding energy consumption was available. For 2015, 2025 and 2030, energy consumption was based on the forecast of energy consumption predicted in the report „Politikszenarien Klimaschutz VI“ (Matthes et al. 2013).

Compared with 2005, the results show extremely high emissions in the reference year 2010, characterized by an unusual cold winter and by an increased use of coal and wood fuel.

For the scenarios of 2015, 2025 and 2030 high decommissioning rates were assumed regarding older emission-intensive room heaters as well as a gradual replacement of wood-fired plants not complying with the requirements of the 1. BImSchV. On the basis of these assumptions, emissions of NMVOC initially do not increase because of the renewal of the plant stock, but rise later in both scenarios due to the increasing use of wood-fired furnaces. A similar development can be observed for emissions of dioxins and furans.

Compared with 2005, emissions of dust (PM10) do not increase in 2015-2030 although the share of wood-fired fuels grows, because older and dust-intensive plants are replaced as well as oil-fired plants. Compared with 2005, emissions of nitrogen oxides, sulphur oxides and carbon monoxide from small combustion plants decrease significantly in 2015-2030 in both scenarios.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis 9
Tabellenverzeichnis 10
Abkürzungen 17
Zusammenfassung 20
Summary 31
1 Einführung 42
2 Anlagenstruktur der Kleinfeuerungsanlagen im Referenzjahr 2010 und in den Jahren 2015, 2025, 2030, jeweils für die Szenarien „Aktuelle Politik“ und „Energiewende“ 43
2.1 Kontext der Anlagenbestandsermittlung 43
2.1.1 Grundlagen der gewählten Anlagenstruktur 43
2.1.2 Gesetzliche Rahmenbedingungen 45
2.1.3 Entwicklung der Emissionsminderungstechnik 45
2.1.4 Ökonomische Rahmenbedingungen 46
2.2 Anlagenstruktur im Referenzjahr 2010 48
2.2.1 Bestand aller Feuerungsanlagen in Haushalten und GHD einschließlich Militär 48
2.2.2 Bestand und Anlagenstruktur für öl- und gasgefeuerte Anlagen im Jahr 2010 51
2.2.3 Bestand und Anlagenstruktur für biomassegefeuerte Anlagen 64
2.2.4 Vergleich der Anlagenstrukturen von 2005 und 2010 76
2.3 Anlagenstruktur im Aktuelle-Politik-Szenario (APS) 2015 bis 2030 78
2.3.1 Prognose APS der Anlagenstruktur für Öl- und Gasfeuerungen 79
2.3.2 Prognose APS der Anlagenstruktur für Einzelraumfeuerungen 79
2.3.3 Prognose APS der Anlagenstruktur für Biomasse-Heizkessel 84
2.3.4 Prognostizierte Anlagen- und Altersstruktur biomassegefeuerter Anlagen für das Szenario-Jahr 2030 im Aktuelle-Politik-Szenario (APS) 92
2.4 Anlagenstruktur im Energiewende-Szenario (EWS) 2015 bis 2030 95
2.4.1 Prognose EWS der Anlagenstruktur für Heizkessel 97
2.4.2 Prognostizierte Anlagen- und Altersstruktur biomassegefeuerter Anlagen für das Szenario-Jahr 2030 im Szenario EWS 99
2.5 Vergleich der Entwicklung der Anlagenstruktur für biomassegefeuerte Heizkessel in den Szenarien APS und EWS 102
3 Ermittlung von Emissionsfaktoren für das Referenzjahr und die Szenarien „Aktuelle Politik“ sowie „Energiewende“ 104
3.1 Ermittlung der Emissionsfaktoren 104
3.1.1 Methodik zur Ermittlung der Emissionsfaktoren 105
3.1.2 Emissionsfaktoren der Kleinfeuerungsanlagen in Deutschland 2010 108

3.1.3 Emissionsfaktoren für die Partikelfraktionen PM_1, $PM_{2,5}$ und PM_{10} 111
3.2 Emissionsfaktoren von biomassegefeuerten Anlagen im Referenzjahr 2010 im Detail 113
3.3 Emissionsfaktoren von biomassegefeuerten Anlagen im Szenario APS für die Jahre 2015, 2025 und 2030 116
3.4 Emissionsfaktoren von biomassegefeuerten Anlagen im Energiewende-Szenario für die Jahre 2015, 2025 und 2030 121
4 Endenergieeinsatz in Kleinfeuerungsanlagen im Bezugsjahr 2010 und für die Szenarien „Aktuelle Politik“ und „Energiewende“ in den Jahren 2015, 2025, 2030 126
4.1 Endenergieverbrauch fester Biomasse im Jahr 2010 127
4.1.1 Endenergieverbrauch fester Biomasse im Bereich Haushalte 127
4.1.2 Endenergieverbrauch fester Biomasse im Bereich Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) 130
4.1.3 Endenergieverbrauch fester Biomasse im Bereich Militär 131
4.2 Endenergieverbrauch aller Brennstoffe in den Bereichen Haushalte, GHD und Militär im Jahr 2010 131
4.3 Gerätebezogener Endenergieverbrauch (HH, GHD, Militär) im Jahr 2010 132
4.3.1 Endenergieverbrauch Haushalte 133
4.3.2 Endenergieverbrauch Gewerbe, Handel und Dienstleistungen 136
4.4 Prognose des Endenergieverbrauchs für die Jahre 2015, 2025 und 2030 im Aktuelle-Politik-Szenario (APS) 139
4.5 Prognose des Endenergieverbrauchs für die Jahre 2015, 2025 und 2030 im Energiewende-Szenario (EWS) 142
4.6 Holzverfügbarkeit und Verbrauch 143
4.6.1 Holzverbrauch 143
4.6.2 Holzverfügbarkeit 144
5 Berechnung des Emissionsaufkommens für das Referenzjahr 2010 und der Emissionsprognosen für die Jahre 2015, 2025 und 2030 146
5.1 Berechnung des Emissionsaufkommens im Jahr 2010 146
5.2 Prognose der Emissionsentwicklung auf Basis der Szenarien „Aktuelle Politik“ und „Energiewende“ für die Jahre 2015, 2025 und 2030 150
6 Literaturverzeichnis 157

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Absatz Kamin- und Dauerbrandöfen (2005-2013) 21

Abbildung 2: Emissionsentwicklung 2005-2030 im Endenergieverbrauch-Szenario APS 26

Abbildung 3: Emissionsentwicklung 2005-2030 im Endenergieverbrauch-Szenario EWS 27

Figure 4: Sales of fireplaces with heating inserts and slow-burning stoves (2005-2013) 31

Figure 5: Emissions 2005-2030 in final energy use-related scenario „current policy“ 37

Figure 6: Emissions 2005-2030 in final energy use-related scenario “Energiewende” 38

Abbildung 7: Preisentwicklung bei Holzpellets, Heizöl und Erdgas (2007-2016) 47

Abbildung 8: Absatz Kamin- und Dauerbrandöfen (2005-2013) 67

Abbildung 9: Absatzzahlen für Pelletöfen 2005 bis 2013 und Annahme 81

Abbildung 10: Absatzzahlen für Pelletkessel 2005 - 2014 und Annahme 86

Abbildung 11: Absatzzahlen für Scheitholzkessel der Jahre 2006 - 2014 und Annahme 87

Abbildung 12: Absatzzahlen für Hackschnitzelkessel für die Jahre 2006 bis 2014 und Annahme 89

Abbildung 13: Prognose der Absatzzahlen für biomassegefeuerte Heizkessel (Szenario APS) 91

Abbildung 14: Prognose der Absatzzahlen für Einzelraumfeuerungen (Szenario EWS) 97

Abbildung 15: Prognose der Absatzzahlen für biomassegefeuerte Heizkessel (Szenario EWS) 97

Abbildung 16: Vergleich des erwarteten Anlagenzuwachses in den Szenarien APS und EWS 103

Abbildung 17: Vorgehen zur Ermittlung der Emissionsfaktoren 105

Abbildung 18: Endenergieverbrauch von Holzbrennstoffen in Haushalten (2005 – 2014) 129

Abbildung 19: Emissionsentwicklung 2005-2030 des Endenergieverbrauchs im Szenario APS 151

Abbildung 20: Emissionsentwicklung 2005-2030 des Endenergieverbrauchs im Szenario EWS 152

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Bestandsveränderung der wesentlichen Anlagenkategorien aller Kleinfeuerungsanlagen in Deutschland von 2005 bis 2010 23

Tabelle 2: Emissionsaufkommen in den Jahren 2005, 2010, 2015, 2025, 2030 im Szenario „Aktuelle Politik“ (APS) für CO, NO_x, SO_2, NMVOC, PM10 und PCDD/F in den Bereichen Haushalte (HH), Gewerbe/Handel/Dienstleistungen (GHD) und Militär 26

Tabelle 3: Emissionsaufkommen in den Jahren 2005, 2010, 2015, 2025, 2030 im Szenario „Energiewende“ (EWS) für CO, NO_x, SO_2, NMVOC, PM10 und PCDD/F in den Bereichen Haushalte (HH), Gewerbe/Handel/Dienstleistungen (GHD) und Militär 27

Tabelle 4: Emissionsaufkommen in Kleinfeuerungsanlagen im Referenzjahr 2010 in den Bereichen Haushalte, Gewerbe/Handel/Dienstleistungen (GHD) und Militär (Teil 1) 28

Tabelle 5: (Fortsetzung Tabelle 4): Emissionsaufkommen in Kleinfeuerungsanlagen im Referenzjahr 2010 in den Bereichen Haushalte, Gewerbe/Handel/Dienstleistungen (GHD) sowie Militär 28

Tabelle 6: (Fortsetzung Tabelle 5): Emissionsaufkommen in Kleinfeuerungsanlagen im Referenzjahr 2010 in den Bereichen Haushalte, Gewerbe/Handel/Dienstleistungen (GHD) sowie Militär 29

Table 7: Change of stock of most important furnace categories of small combustion plants in Germany in households and trade/commerce/service (TCS) from 2005 to 2010 33

Table 8: Emissions in 2005, 2010, 2015, 2025 and 2030 in scenario „current policy“ for CO, NO_x, SO_2, NMVOC, PM10 and PCDD/F from the sectors households (HH), trade/commerce/service (TCS) and military 36

Table 9: Emissions in 2005, 2010, 2015, 2025 and 2030 in scenario „Energiewende“ (energy transition) for CO, NO_x, SO_2, NMVOC, PM10 and PCDD/F from households (HH), trade/commerce/service (TCS) and military 37

Table 10: Emissions of small combustion plants in 2010 from households, trade/commerce/service (TCS) and military (Part 1) 39

Table 11: (continuation Table 10): Emissions of small combustion plants from households, trade/commerce/service (TCS) and military in 2010 (Part 2) 39

Table 12: (continuation Table 11): Emissions of small combustion plants from households, trade/commerce/service (TCS) and military in 2010 (Part 3) 40

Tabelle 13: Bestand installierter Kleinfeuerungsanlagen in den Bereichen Haushalte (HH) und Gewerbe/Handel/Dienstleistungen (GHD) einschließlich Militär im Jahr 2010 50

Tabelle 14: Bestand an installierten Ölfeuerungen und mittlere Leistungen in HH und GHD inkl. Militär im Jahr 2010, unterteilt nach Leistungsbereich und Altersstufe 53

Tabelle 15: Bestand an installierten Ölfeuerungen und mittlere Leistungen in HH in Deutschland im Jahr 2010, unterteilt in Leistungsbereiche und Altersstufen 54

Tabelle 16: Bestand an installierten Ölfeuerungen und mittleren Leistungen in GHD in Deutschland im Jahr 2010, unterteilt in Leistungsbereiche und Altersstufen 55

Tabelle 17: Bestand an installierten Gasfeuerungen und mittlere Leistungen in HH und GHD im Jahr 2010, unterteilt nach Leistungsbereich und Altersstufe 57

Tabelle 18: Bestand an installierten Gasfeuerungen und mittleren Leistungen in HH in Deutschland im Jahr 2010, unterteilt in Leistungsbereiche und Altersstufen 59

Tabelle 19: Bestand an installierten Gasfeuerungen und mittleren Leistungen in GHD in Deutschland im Jahr 2010, unterteilt in Leistungsbereiche und Altersstufen 62

Tabelle 20: Struktur der öl- und gasgefeuerten Anlagen im Bereich Militär (2010) 64

Tabelle 21: Absatzdaten für Pellet-, Scheitholz- und Hackgutkessel (2005 - 2010) 65

Tabelle 22: Absatzzahlen des HKI für 2006 - 2010 und Annahmen zur Bestandsänderung 66

Tabelle 23: Bestand an installierten Kleinfeuerungsanlagen für feste Brennstoffe und mittlere Leistungen in Haushalten und Gewerbe, Handel, Dienstleistungen im Jahr 2010, unterteilt nach Leistungsbereich und Altersstufe 70

Tabelle 24: Bestand an installierten Kleinfeuerungsanlagen für feste Brennstoffe und mittlere Leistungen in HH im Jahr 2010, unterteilt nach Leistungsbereich und Altersstufe 72

Tabelle 25: Überblick der Anlagenstruktur (GHD) für Feststofffeuerungen nach Leistungsbereich und Altersstufe 74

Tabelle 26: Vergleich der Anlagenstruktur aller Kleinfeuerungsanlagen in Deutschland im Jahr 2005 und im Referenzjahr 2010 77

Tabelle 27: Bestandsveränderung der wesentlichen Anlagenkategorien aller Kleinfeuerungsanlagen in Deutschland von 2005 bis 2010 78

Tabelle 28: Absatzzahlen verschiedener Quellen für Einzelraumfeuerungen (2005-2013) sowie Annahmen (2014-2030) im Szenario APS ohne Saldo aus Absatz und Austausch 79

Tabelle 29: Absatzzahlen für Pelletöfen 2005 – 2013 und Annahme 81
Tabelle 30: Absatzzahlen für Pelletkessel 2005 bis 2014 und Annahme 85
Tabelle 31: Absatzzahlen für Scheitholzkessel 2006 - 2014 und Annahme 87
Tabelle 32: Absatzzahlen für Hackschnitzelkessel 2006 - 2014 und Annahme 88
Tabelle 33: Absatzprognose für verschiedene Arten von Biomassekesseln (2005 - 2030 APS) 90
Tabelle 34: Prognostizierter Bestand der Kleinfeuerungsanlagen für Festbrennstoffe in Haushalten sowie Gewerbe, Handel, Dienstleistungen im Jahr 2030 (Szenario APS) 92
Tabelle 35: Prognostizierter Bestand an installierten Kleinfeuerungsanlagen für Festbrennstoffe und mittlere Leistungen in Haushalten und GHD im Jahr 2030 (Szenario APS), unterteilt nach Leistungsbereich und Altersstufe 93
Tabelle 36: Absatzzahlen für verschiedene Arten von Biomasse-Einzelraumfeuerungen (2005 - 2030) im Szenario EWS 96
Tabelle 37: Absatzprognose für verschiedene Arten von Biomassekesseln (2005-2030 EWS) 98
Tabelle 38: Prognostizierter Bestand an installierten Kleinfeuerungsanlagen für Festbrennstoffe in Haushalten und GHD im Jahr 2030 (Szenario EWS) 99
Tabelle 39: Prognostizierter Bestand an installierten Kleinfeuerungsanlagen für Festbrennstoffe und mittlere Leistungen in Haushalten und GHD im Jahr 2030 (Szenario EWS), unterteilt nach Leistungsbereich und Altersstufe 100
Tabelle 40: Datenbasis für die Aktualisierung der Emissionsfaktoren von Holzfeuerungen 106
Tabelle 41: Festlegung der anteiligen Gewichtungen der Energieverbräuche zur Berechnung von Emissionen, getrennt nach Leistungsbereich und Geräteart 107
Tabelle 42: Emissionsfaktoren für Feuerungsanlagen in den Bereichen Haushalte, GHD und Militär in Deutschland im Bezugsjahr 2010 108
Tabelle 43: Fortsetzung Tabelle 42: Emissionsfaktoren für Feuerungsanlagen in den Bereichen Haushalte, GHD und Militär in Deutschland im Bezugsjahr 2010 109
Tabelle 44: Mittlere Anteile der Partikelfraktionen $PM_{1,}$ $PM_{2,5}$ und PM_{10} am Gesamtstaub 111
Tabelle 45: Emissionsfaktoren der Partikelfraktionen PM_1 für Feuerungsanlagen der Bereiche Haushalte, GHD und Militär in Deutschland im Jahr 2010 112
Tabelle 46: Emissionsfaktoren der Partikelfraktionen $PM_{2,5}$ für Feuerungsanlagen der Bereiche Haushalte, GHD und Militär in Deutschland im Jahr 2010 112

Tabelle 47: Emissionsfaktoren der Partikelfraktionen PM10 für Feuerungsanlagen der Bereiche Haushalte, GHD und Militär in Deutschland im Jahr 2010 113

Tabelle 48: Gemittelte Prüfstandwerte automatisch geregelter Anlagen (Baujahr bis 2010) für CO, VOC, NOx und Staub 113

Tabelle 49: Emissionsfaktoren für biomassegefeuerte Feuerungsanlagen in den Bereichen HH und GHD (einschließlich Militär) in Deutschland im Bezugsjahr 2010 (Teil 1) 114

Tabelle 50: Emissionsfaktoren für biomassegefeuerte Feuerungsanlagen in den Bereichen HH und GHD (einschließlich Militär) in Deutschland im Bezugsjahr 2010 (Teil 2) 115

Tabelle 51: Emissionsfaktoren für biomassegefeuerte Feuerungsanlagen in den Bereichen HH und GHD (einschließlich Militär) in Deutschland im Bezugsjahr 2010 (Teil 3) 115

Tabelle 52: Einfluss der Verjüngung des Anlagenbestandes (2010 – 2030) im Szenario APS auf den Emissionsfaktor Staub am Beispiel Stückholzkessel (› 25 – 50 kW) 116

Tabelle 53: Emissionsfaktoren für biomassegefeuerte Feuerungsanlagen in den Bereichen HH und GHD (inkl. Militär) in Deutschland im Jahr 2015 (Szenario APS) 118

Tabelle 54: Emissionsfaktoren für biomassegefeuerte Feuerungsanlagen in den Bereichen HH und GHD (inkl. Militär) in Deutschland im Jahr 2025 (Szenario APS) 118

Tabelle 55: Emissionsfaktoren für biomassegefeuerte Feuerungsanlagen in den Bereichen HH und GHD (inkl. Militär) in Deutschland im Jahr 2030 (Szenario APS) 119

Tabelle 56: Anteil der einzelnen Anlagen am Endenergieverbrauch biomassegefeuerter Anlagen im Jahr 2010 und im Szenario APS im Jahr 2015 und 2030 in Haushalten (HH) sowie Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) 120

Tabelle 57: Emissionsfaktoren für biomassegefeuerte Feuerungsanlagen in Haushalten (HH) in Deutschland in den Szenario-Jahren 2015, 2025 und 2030 (Szenario APS) 121

Tabelle 58: Emissionsfaktoren für biomassegefeuerte Feuerungsanlagen in Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) in den Szenario-Jahren 2015, 2025 und 2030 (Szenario APS) 121

Tabelle 59: Veränderung der Altersklassenstruktur bei Stückholzkesseln › 25 – 50 kW über die Jahre 2010, 2015, 2025 und 2030 am Beispiel des Emissionsfaktors „Staub“ im Szenario EWS 122

Tabelle 60: Emissionsfaktoren für biomassegefeuerte Feuerungsanlagen in den Bereichen HH und GHD (inkl. Militär) in Deutschland im Jahr 2015 (Szenario EWS) 122

Tabelle 61: Emissionsfaktoren für biomassegefeuerte Feuerungsanlagen in den Bereichen HH und GHD (inkl. Militär) in Deutschland im Jahr 2025 (Szenario EWS) 123

Tabelle 62: Emissionsfaktoren für biomassegefeuerte Feuerungsanlagen in den Bereichen HH und GHD (inkl. Militär) in Deutschland im Jahr 2030 (Szenario EWS) 123

Tabelle 63: Anteil der Anlagenarten am Endenergieverbrauch biomassegefeuerter Anlagen im Jahr 2010 sowie im Szenario EWS im Jahr 2015 und 2030 in HH sowie GHD 124

Tabelle 64: Emissionsfaktoren für biomassegefeuerte Feuerungsanlagen in Haushalten (HH) in Deutschland in den Jahren 2015, 2025 und 2030 (Szenario EWS) 125

Tabelle 65: Emissionsfaktoren für biomassegefeuerte Feuerungsanlagen in Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) in den Jahren 2015, 2025 und 2030 (Szenario EWS) 125

Tabelle 66: Holz-Endenergieverbrauch in Haushalten nach Holzfraktionen (2005 - 2010) 127

Tabelle 67: Holz-Endenergieverbrauch in Haushalten nach Haupt-Holzfraktionen auf Basis von Mantau und Döring et al. im Zeitraum 2005 bis 2014 128

Tabelle 68: Holz-Endenergieverbrauch in Haushalten nach Haupt-Holzfraktionen gemäß Frondel et al. im Zeitraum 2005 bis 2014 128

Tabelle 69: Holz-Endenergieverbrauch in Haushalten (2005 – 2014) 129

Tabelle 70: Endenergieverbrauch von Holz im Bereich Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (2005–2014) 130

Tabelle 71: Endenergieverbrauch von Holz im Bereich Militär (2008 – 2012) 131

Tabelle 72: Endenergieverbrauch in Deutschland im Jahr 2010 in den Bereichen Haushalte, GHD und Militär 132

Tabelle 73: Gerätebezogene Endenergieverbräuche der in Haushalten installierten Ölfeuerungen in Deutschland im Jahr 2010 133

Tabelle 74: Gerätebezogene Endenergieverbräuche der in Haushalten installierten Gasfeuerungen in Deutschland im Jahr 2010 134

Tabelle 75: Gerätebezogene Endenergieverbräuche der in Haushalten installierten Feuerungen für feste Brennstoffe in Deutschland im Jahr 2010 135

Tabelle 76: Gerätebezogene Endenergieverbräuche der installierten Ölfeuerungen im Bereich GHD in Deutschland im Jahr 2010 136

Tabelle 77: Gerätebezogene Endenergieverbräuche der installierten Gasfeuerungen im Bereich GHD in Deutschland im Jahr 2010 137

Tabelle 78: Gerätebezogene Endenergieverbräuche der installierten Feuerungen für feste Brennstoffe im Bereich GHD in Deutschland im Jahr 2010 138

Tabelle 79: Prognose des Endenergieverbrauchs emissionsrelevanter Energieträger für die Bereiche Haushalte, GHD und Militär von 2015 bis 2030 (Szenario APS) 140

Tabelle 80: Prognose des Endenergieverbrauchs emissionsrelevanter Energieträger für den Bereich Haushalte von 2015 bis 2030 (Szenario APS) 140

Tabelle 81: Prognose des Endenergieverbrauchs emissionsrelevanter Energieträger für den Bereich Gewerbe, Handel, Dienstleistungen von 2015 bis 2030 (Szenario APS) 141

Tabelle 82: Prognose des Endenergieverbrauchs emissionsrelevanter Energieträger für den Bereich Militär von 2015 bis 2030 (Szenario APS) 141

Tabelle 83: Prognose des Endenergieverbrauchs emissionsrelevanter Energieträger für die Bereiche Haushalte, GHD und Militär von 2015 bis 2030 (Szenario EWS) 142

Tabelle 84: Prognose des Endenergieverbrauchs emissionsrelevanter Energieträger für den Bereich Haushalte von 2015 bis 2030 (Szenario EWS) 142

Tabelle 85: Prognose des Endenergieverbrauchs emissionsrelevanter Energieträger für den Bereich Gewerbe, Handel, Dienstleistungen von 2015 bis 2030 (Szenario EWS) 143

Tabelle 86: Prognose des Endenergieverbrauchs emissionsrelevanter Energieträger für den Bereich Militär von 2015 bis 2030 (Szenario EWS) 143

Tabelle 87: Prognose des potenziellen Rohholzaufkommens nach 5-Jahresperioden gemäß 2. Bundeswaldinventur 144

Tabelle 88: Emissionsaufkommen in Kleinfeuerungsanlagen im Referenzjahr 2010 in den Bereichen Haushalte, Gewerbe/Handel/Dienstleistungen (GHD) und Militär (Teil 1) 146

Tabelle 89: (Fortsetzung Tabelle 88): Emissionsaufkommen in Kleinfeuerungsanlagen im Referenzjahr 2010 in den Bereichen Haushalte, Gewerbe/Handel/Dienstleistungen (GHD) sowie Militär 147

Tabelle 90: (Fortsetzung Tabelle 89): Emissionsaufkommen in Kleinfeuerungsanlagen im Referenzjahr 2010 in den Bereichen Haushalte, Gewerbe/Handel/Dienstleistungen (GHD) sowie Militär 148

Tabelle 91: Emissionsaufkommen der Partikelfraktionen PM1, PM2,5 und PM10 aus Feuerungsanlagen der Bereiche HH, GHD und Militär in Deutschland im Jahr 2010 149

Tabelle 92: Emissionsaufkommen in den Jahren 2005, 2010, 2015, 2025, 2030 im Szenario „Aktuelle Politik“ (APS) für CO, NO_x, SO_2, NMVOC, PM10 und PCDD/F in den Bereichen Haushalte (HH), Gewerbe/Handel/Dienstleistungen (GHD) und Militär 150

Tabelle 93: Emissionsaufkommen in den Jahren 2005, 2010, 2015, 2025, 2030 im Szenario „Energiewende“ (EWS) für CO, NO_x, SO_2, NMVOC, PM10 und PCDD/F in den Bereichen Haushalte (HH), Gewerbe/Handel/Dienstleistungen (GHD) und Militär 150

Tabelle 94: Emissionsaufkommen im Jahr 2010 und in den Szenarien APS und EWS der Jahre 2015, 2025 und 2030 153

Abkürzungen

AGEB	Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen
AGEE	Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien
ALS	Arbeitsgruppe Luftreinhaltung der Universität Stuttgart
APS	Aktuelle-Politik-Szenario
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BAFU	Bundesamt für Umwelt (Schweiz)
BDH	Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik
BFE	Bundesanstalt für Energie (Schweiz)
BfR	Bundesinstitut für Risikobewertung
BImSchV	Bundes-Immissionsschutzverordnung
BLT	Biomass Logistics Technology Wieselburg (Österreich)
BImSchV	Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz
BMELV	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
BMVg	Bundesministerium für Verteidigung
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BWP	Bundesverband Wärmepumpe
CARMEN	Centrale Agrar-Rohstoff Marketing und Energie-Netzwerk
CH_4	Methan
CO	Kohlenmonoxid
Cu	Kupfer
DBFZ	Deutsches Biomasseforschungszentrum
DEPI	Deutsches Pelletinstitut
DEPV	Deutscher Energieholz- und Pelletverband
Destatis	Statisches Bundesamt
DIN	Deutsches Institut für Normung
DIW	Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung
EF	Emissionsfaktor
EL	Extra leichtflüssig
EnEV	Energieeinsparverordnung
FM	Festmeter
FNR	Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe
g	Gramm
GHD	Gewerbe, Handel und Dienstleistungen

Hg	Quecksilber
HH	Haushalte
HK	Heizkessel
HKI	Industrieverband Haus-, Heiz- und Küchentechnik
HWWI	Hamburgisches Weltwirtschaftsinstitut
IEK-STE	Institut für Energie- und Klimaforschung, Systemforschung und Technologische Entwicklung
IER	Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung
IFK	Institut für Feuerungs- und Kraftwerkstechnik
INFRO	Informationssysteme für Rohstoffe
IREES	Institut für Ressourceneffizienz und Energiestrategien
ISI	Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung
iTG	Institut für Technische Gebäudeausstattung
IVD	Institut für Verfahrenstechnik und Dampfkesselwesen (aktueller Name: Institut für Feuerungs- und Kraftwerkstechnik - ifk)
kg	Kilogramm
kW	Kilowatt
LAI	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz
LANUV	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz, Essen
LAU MLU	Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt
LHM	Landeshauptstadt München
LUA	Landesumweltamt Brandenburg
LUBW	Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg
LWF	Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft
mg	Milligramm
MJ	Megajoule
NEC	National Emission Ceilings (Nationale Emissionsobergrenzen)
µg	Mikrogramm
NERC	National Emission Reduction Commitments (Nationale Emissionsminderungsverpflichtungen)
Ni	Nickel
NOx	Stickstoffoxide
NMVOC	Flüchtige organische Verbindungen ohne Methan
PAK	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
Pb	Blei
PM	Particulate Matter (Partikel bzw. Staub)

PM10	Partikel, die einen größenselektierenden Lufteinlass gemäß der Referenzmethode für die Probenahme und Messung von PM10 bzw. PM2,5, EN 12341, passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von 10 µm eine Abscheidewirksamkeit von 50 % aufweist (vgl. EU 2008)
PM2,5	Partikel, die einen größenselektierenden Lufteinlass gemäß der Referenzmethode für die Probenahme und Messung von PM10 bzw. PM2,5, EN 12341, passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von 2,5 µm eine Abscheidewirksamkeit von 50 % aufweist
PM1	Partikel, die einen größenselektierenden Lufteinlass analog der Referenzmethode für die Probenahme und Messung von PM10 bzw. PM2,5, EN 12341, passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von 1 µm eine Abscheidewirksamkeit von 50 % aufweist
PJ	Petajoule
RWI	Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung
SO_2	Schwefeldioxid
StMLU	Bayerisches Staatsministerium für Landtechnik und Umweltfragen
StK	Statistik der Kohlenwirtschaft
TCS	Trade, Commerce, Service (Handel, Gewerbe, Dienstleistungen)
TFZ	Technologie- und Förderzentrum
TJ	Terajoule
TLL	Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft
TUM	Technische Universität München
UBA	Umweltbundesamt
UBA-AT	Umweltbundesamt, Österreich
V	Vanadium
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VDI/KRdL	Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN – Normenausschuss Kommission Reinhaltung der Luft
VOC	Volatile Organic Compounds (flüchtige organische Verbindungen)
vTI	Johann Heinrich von Thünen-Institut
Zn	Zink
ZIV	Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks - Zentralinnungsverband

Zusammenfassung

Die vorliegende Studie hat Ökopol im Auftrag des Umweltbundesamtes in einem Forschungsvorhaben erstellt, das zur Berechnung von Emissionen aus Kleinfeuerungsanlagen in Deutschland mit bis zu 1 MW Nennleistung diente, sowie zur Ermittlung von Emissionsfaktoren für den gesamten Anlagenbestand. Dieser hat sich von 2005-2015 aufgrund der verstärkten Nutzung von Holzbrennstoffen wesentlich geändert. Im Ergebnis wird der Bestand der Kleinfeuerungsanlagen in den Jahren 2010, 2015, 2025 und 2030 dargestellt, differenziert nach Brennstoffen und Anlagenarten. Dabei wurde eine Aufteilung auf die drei Nutzungsbereiche *Haushalte*, *Gewerbe/Handel/Dienstleistungen* und *Militär* abgeschätzt, da diese im nationalen Emissionsinventar getrennt geführt werden.

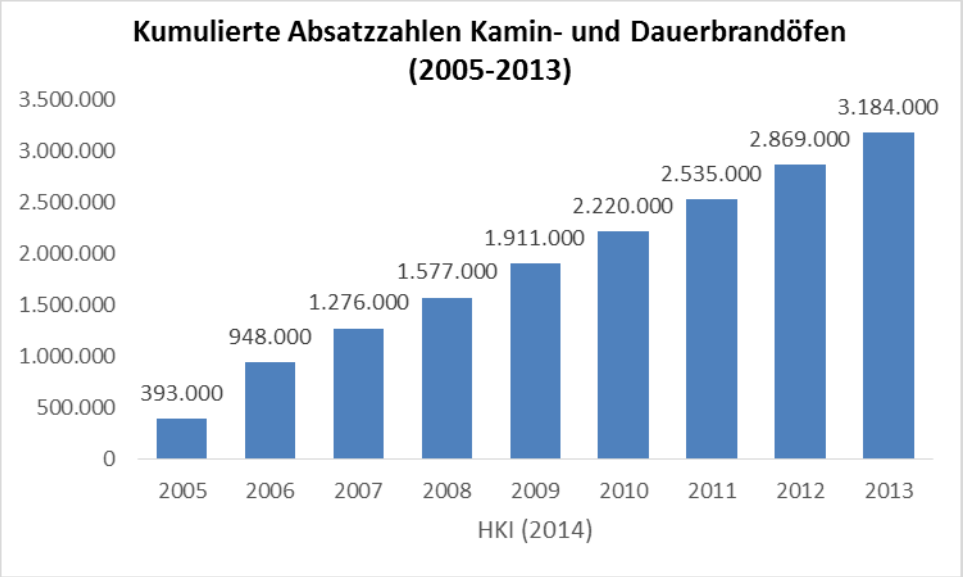
Hintergrund des Vorhabens ist die Verpflichtung Deutschlands zur Erstellung von Berichten und Prognosen zu nationalen Emissionen. Diese Verpflichtung ergibt sich aus zahlreichen europäischen und internationalen Vereinbarungen, wie dem Paris-Abkommen und dem Kyoto-Protokoll zum Klimaschutz, den Protokollen der Genfer Luftreinhaltekonvention und den EU-Richtlinien über nationale Emissionshöchstgrenzen (NEC-Richtlinie, EU 2001) und über nationale Minderungsziele (NERC-Richtlinie, EC 2013).

Als Ergebnis liegen für das nationale Emissionsinventar verbesserte Emissionsfaktoren für Kleinfeuerungsanlagen vor, die im Bereich der Holzbrennstoffe auf eine breite aktualisierte Datenbasis gestellt sind und ermöglichen, den Schadstoffausstoß dieser Anlagen realitätsnah zu berechnen.

Die letzte im Auftrag des Umweltbundesamtes erstellte Untersuchung zu Emissionen kleiner und mittlerer Feuerungsanlagen in *Haushalten*, *Gewerbe/Handel/Dienstleistungen* und *Militär* stammt aus dem Jahr 2008. Darin wurden von der Universität Stuttgart Emissionen aus Kleinfeuerungsanlagen für das Bezugsjahr 2005 berechnet und Prognosen bis 2020 erstellt (Struschka et al. 2008).

Seither war ein starker Trend zur Installation holzgefeuerter Wärmeerzeuger in Haushalten und bei anderen Kleinverbrauchern zu verzeichnen, der sich auch im verstärkten Absatz von Holzbrennstoffen spiegelt. Zum einen gab es die Tendenz zur Errichtung holzgefeuerter Einzelraumfeuerungen („Komfortheizungen“), die zusätzlich zur Zentralheizung genutzt werden. Neben Pelletöfen und Herden wurden vor allem Kaminöfen und Dauerbrandöfen verkauft (Abbildung 1).

Abbildung 1: Absatz Kamin- und Dauerbrandöfen (2005-2013)



HKI (2014)

Zum anderen sind – als Beitrag zur Energiewende und begünstigt durch staatliche Förderprogramme sowie niedrige Holzpreise – vermehrt auch Zentralheizungssysteme auf Biomassekessel umgestellt worden. Als Brennstoffe kommen neben Scheitholz und Hackschnitzeln insbesondere emissionsärmere Pellets verstärkt zum Einsatz.

Durch diesen Trend zu holzgefeuerten Anlagen können v. a. bei winterlichen Inversionswetterlagen hohe Luftbelastungen durch Feinstaub und krebserzeugende PAK auftreten (Launhardt 2002; BMUB 2007; Baumbach 2013). Deshalb wurden die Emissionsanforderungen für holzgefeuerte Anlagen im Januar 2010 mit der Novellierung der Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen verschärft (1. BImSchV 2010). Die Verordnung stellt erhöhte Anforderungen vor allem an die Emissionen von Staub und Kohlenmonoxid. Mit einer ruß- und CO-ärmeren Verbrennung sind auch niedrige Emissionen flüchtiger Kohlenwasserstoffe zu erwarten.

Für holzgefeuerte Zentralheizungen trat die erste Stufe der Verschärfungen im März 2010 in Kraft; die zweite Stufe gilt seit Januar 2015. Für Einzelraumfeuerungen traten die Anforderungen ebenfalls im März 2010 in Kraft. Der Zeitraum zur Nachrüstung oder Stilllegung der Einzelraumfeuerungen ist nach dem Baujahr gestaffelt und endet für die ältesten Öfen im Januar 2015. In Zukunft werden auch durch die EU-Ökodesign-Richtlinie emissionsseitige Anforderungen an holzgefeuerte Kessel und Einzelraumfeuerungen gestellt (EU 2014a, 2014c). Sie gelten für Feststoffkessel ab dem Jahr 2020 und für Einzelraumfeuerungen ab 2022. Im Vergleich mit den Anforderungen der 1. BImSchV enthalten die EU-Verordnungen höhere Emissionsanforderungen jedoch nur bei flüchtigen organischen Verbindungen; dies wurde bei den Emissionsfaktoren berücksichtigt.

Bis Anfang 2015 gingen die Projektnehmer davon aus, dass ein Parallelvorhaben (im Auftrag des Bundesumweltministeriums) den Anlagenbestand der Kleinfeuerungsanlagen in Deutschland rechtzeitig bestimmen würde, um diese Daten im Projekt nutzen zu können. Anfang 2015 war absehbar, dass sich das Parallelprojekt so stark verzögern würde, dass die Projektnehmer vom Umweltbundesamt gebeten wurden, eigene Berechnungen und Abschätzungen zur Bestimmung des Anlagenbestandes der Kleinfeuerungsanlagen in Deutschland durchzuführen. Die Grundlagen wurden im Jahr 2015 geschaffen und mit den Emissionsfaktoren verknüpft.

Erste Ergebnisse wurden dem Umweltbundesamt und dem Umweltministerium im September 2015 zur Diskussion vorgelegt. Anfang Dezember 2015 wurde dem Umweltbundesamt ein erster Entwurf des Endberichtes zur Kommentierung übermittelt. Ein überarbeiteter Entwurf wurde im Februar 2016 fertig gestellt und an Branchenexperten verschickt. Mitte März fand mit den Branchenexperten ein Fachgespräch zum Endberichtentwurf statt. Auf der Basis der Kommentare und Diskussionen des Fachgespräches wurde mit dem Umweltbundesamt die Endfassung des Berichtes abgestimmt.

Anlagenstruktur

Kapitel 2 (S. 43) beschreibt die Ermittlung der Anlagenstruktur. Kapitel 2.1 erläutert den Kontext der Bestandsermittlung. Es werden zunächst die Grundlagen der gewählten Anlagenstruktur beschrieben (Kapitel 2.1.1), anschließend gesetzliche Rahmenbedingungen genannt (2.1.2), die technischen Entwicklungen zur Emissionsminderung aufgezeigt (Kapitel 2.1.3) und ökonomische Rahmenbedingungen skizziert (Kapitel 2.1.4).

In Kapitel 2.2 wird die Anlagenstruktur für das Bezugsjahr 2010 ermittelt. Zunächst wurden die Bestandszahlen aller Kleinfeuerungsanlagen berechnet, die in Deutschland der 1. BImSchV (2010) unterliegen. Die Darstellung erfolgt separat für die Brennstoffe *Öl*, *Gas* und *Festbrennstoffe* (Kohle, Biomasse). Bei jedem Brennstoff wird nach Anlagenarten differenziert und der Bestand für die verschiedenen Nutzungsbereiche ermittelt (*Haushalte*, *Gewerbe/Handel/Dienstleistungen* und *Militär*). Kapitel 2.2.4 zeigt die Veränderung der gesamten Anlagenstruktur zwischen 2005 und 2010.

Die Aktualisierung der Struktur der mit Gas gefeuerten Anlagen für das Jahr 2010 erfolgte auf Basis der Daten des *Bundesverbands des Schornsteinfegerhandwerks – Zentralinnungsverband* (ZIV 2011a). Daten zu gasgefeuerten Brennwertkesseln wurden der *Hauswärme-Studie* entnommen (Jörg et al. 2013). Der Anlagenbestand 2010 für ölgefeuerte Anlagen basiert auf Daten des *Bundesverbands des Schornsteinfegerhandwerks* (ZIV 2011a, ZIV 2011b). Der Anlagenbestand 2010 der mit Feststoffen gefeuerten Anlagen basiert hinsichtlich der dominierenden Biomassefeuerungen auf Daten von *DEPI* (2014a), *HKI* (2015), *BDH* (2011-2014, 2015) und *BAFA* (2014c).

Im Ergebnis (Tabelle 1) beläuft sich der Gesamtbestand der Kleinfeuerungsanlagen in Deutschland im Jahr 2010 auf **36,3 Mio. Anlagen**. Dies ist gegenüber dem für 2005 ermittelten Bestand von 36,5 Mio. Anlagen (Struschka et al. 2008) in fünf Jahren ein Rückgang um 0,2 Mio. Anlagen
(-0,6%), entsprechend etwa 50.000 Anlagen pro Jahr. Es wird angenommen, dass ein Rückgang insbesondere durch Stilllegungen von Einzelraumfeuerungen erfolgte, die bei Sanierungen durch den Einbau von Zentralheizungen oder durch den Abriss älterer Gebäude entfielen (insbesondere Raumheizungen wie Dauerbrandöfen, die als einzige Wärmeerzeuger dienten).

Der Bestand der mit **Öl** gefeuerten Anlagen sank zwischen 2005 und 2010 um 1,7 Mio. auf 5,9 Mio. (-22%). Mit **Gas** gefeuerte Anlagen nahmen in diesem Zeitraum um 1,7 Mio. auf 16,2 Mio. zu (+25%). **Festbrennstofffeuerungen** (v.a. für Biomasse) nahmen um 0,2 Mio. auf 14,2 Mio. ab (-1%); dabei nahmen Holzkessel (für Pellets, Stückholz, Hackschnitzel) um 0,2 Mio. auf 0,8 Mio. zu (+33%) und Einzelraumfeuerungen um 0,4 Mio. auf 13,3 Mio. ab (-3%). (vgl. Tabelle 13, S. 50)

Tabelle 1: Bestandsveränderung der wesentlichen Anlagenkategorien aller Kleinfeuerungsanlagen in Deutschland von 2005 bis 2010

Kleinfeuerungsanlagen in Haushalten und GHD inkl. Militär nach Brennstoff- und Geräteart	Bestand 2005 [1] [1000 Stück]	Bestand 2010 [1000 Stück]	2005-2010 Änderung [1000 Stück]	2005-2010 Änderung [%]
Ölfeuerungen	7.622,1	5.883,6	-1.738,5	-23%
Ölkessel (Heizwert)	7.546,4	5.631,9	-1.914,5	-25%
Ölkessel (Brennwert)	75,7	251,7	176	232%
Gasfeuerungen	14.507,2	16.260,4	1.753,2	12%
Gaskessel (Heizwert)	7.695,2	9.217,7	1.522,5	20%
Gaskessel (Brennwert)	1.070,3	3.250,0	2.179,7	204%
Sonstige (Gas)	5.741,7	3.792,7	-1.949,0	-34%
Festbrennstofffeuerungen	14.376,6	14.129,6	-247,0	-2%
Holzkessel	596,6	811,6	215,0	36%
Einzelraumfeuerungen	13.780,0	13.318,0	-462,0	-3%
Summe Kessel	15.794,8	19.110,3	3.315,5	21%
Summe	36.505,9	36.273,6	-232,3	-1%

[1] Struschka et al. (2008)

In Kapitel 2.3 und Kapitel 2.4 erfolgten Annahmen für die Szenarien „Aktuelle Politik“ und „Energiewende“, auf deren Basis die Veränderungen des Anlagenbestandes gegenüber dem Bezugsjahr 2010 jeweils für die Jahre 2015, 2025 und 2030 ermittelt wurden. Die Anlagenstrukturen in den Szenarien wurden so gewählt, dass der Energieverbrauch der Kleinfeuerungsanlagen in Deutschland bei durchschnittlichen Wetterverhältnissen in den betrachteten Jahren in etwa den prognostizierten Energieverbrauchswerten der Studie „Klimaszenarien VI“ (Matthes et al. 2013) entspricht.

Emissionsfaktoren

In Kapitel 3 (S. 104) wurden die Ergebnisse zur Anlagenstruktur verwendet, um neue Emissionsfaktoren für das Referenzjahr 2010 sowie für die Jahre 2015, 2025 und 2030 für biomassegefeuerte Anlagen zu berechnen.

Für die Berechnung der Prognosen der Emissionsfaktoren wurden aktuelle Informationen zu den Emissionsfaktoren erhoben, neue Technologien am Markt recherchiert sowie Gesetzgebungen bewertet, die eine Begrenzung von Emissionen erfordern. Bei Datenlücken wurde auf Emissionsfaktoren von *Struschka et al.* (2008) zurückgegriffen, wenn anzunehmen war, dass die für das Jahr 2005 getroffenen Annahmen weiter zutreffen. Die Beschränkungen der 1. BImSchV (2010) und der EU-Ökodesign-Richtlinie (EU 2014a; EU 2014b) für Kleinfeuerungsanlagen wurden berücksichtigt.

Zur Abschätzung der zukünftigen technischen und emissionsseitigen Entwicklung von Heizungskesseln und Einzelraumfeuerungen erfolgte neben der Recherche zu Emissionsmessdaten die Kontaktaufnahme mit Verbänden und Instituten zur Ermittlung des Anlagenbestandes. Kontaktiert wurden insbesondere der *Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V.* (BDH), der *Industrieverband Haus-, Heiz- und Küchentechnik e.V.* (HKI), der *Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks- Zentralinnungsverband*

(ZIV), das *Deutsche Pelletinstitut GmbH* (DEPI), das *Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle* (BAFA). Des Weiteren wurden Informationen des deutschen Umweltbundesamtes, des Schweizer *Bundesamtes für Umwelt* (BAFU) sowie von Forschungseinrichtungen (DBFZ, IFK, TFZ) einbezogen.

Bei der Aktualisierung der Emissionsfaktoren wurden Emissionsdaten berücksichtigt, die bei Messungen auf Prüfständen und im Realbetrieb der Anlagen erhoben wurden. Mehr als 400 Prüfstandsberichte von Pelletfeuerungen, Hackgutkesseln und Scheitholzkesseln des Prüflabors BLT Josephinum in Wieselburg (Österreich) wurden erhoben, zur Weiterbearbeitung in Excel-Tabellenform übertragen und ausgewertet. Zusätzlich wurde Literatur zu neuen Emissionswerten aus Kleinfeuerungsanlagen gesichtet. Aktuelle technische Entwicklungen wurden auf Messen für Kleinfeuerungsanlagen in Frankfurt und Hannover eruiert sowie anhand der Vorträge der VDI/KRdL-Expertenforen "Biomassefeuerung" am 14.4.2013 und 21.4.2015 in Bonn sowie des LAI-Fachgesprächs „Holzfeuerungen in Ballungsräumen“ am 1./2.10.2013 beim LANUV in Essen.

Da Prüfstandsmessungen unter standardisierten Bedingungen erfolgen, wurden die Ergebnisse mit einem Faktor erhöht, um die Messwerte den Emissionen im realen Betrieb anzugleichen. Im Ergebnis liegen für die Schadstoffe aus Holzfeuerungsanlagen aktualisierte Emissionsfaktoren vor.

Für die Szenarien wurde angenommen, dass die neueren Anlagen die Grenzwerte der 1. BImSchV für Staub und Kohlenmonoxid einhalten und dass bei einem CO-Wert unter 800 mg/Nm^3 entsprechend der Messungen von *Hartmann et al.* [2014] nur geringe VOC-Emissionen auftreten.

Hinsichtlich der Emissionsfaktoren für sonstige Brennstoffe ist zu beachten, dass bei verstärkter Verwendung von schwefelarmem Heizöl der Emissionsfaktor für die Szenarien anzupassen ist.

Endenergieeinsatz

Kapitel 4 (S. 126) stellt den Energieverbrauch in Kleinfeuerungsanlagen dar, der für die Emissionsberechnungen verwendet wurde. Für das Bezugsjahr 2010 konnten überwiegend statistische Daten verwendet werden. Für die Jahre 2015, 2025 und 2030 war von den Energieverbräuchen auszugehen, die in der Studie „Politikszenarien Klimaschutz VI“ im Auftrag des Umweltbundesamtes prognostiziert wurden (Matthes et al. 2013). Wie in dieser Studie wurden zwei Emissionsszenarien berechnet, die den Energieverbrauch bis zum Jahr 2030 einmal auf der Basis der aktuellen Politik prognostizieren und alternativ unter der Annahme einer verstärkten Energiewendepolitik.

Für die beiden Bereiche *Haushalte* und *Gewerbe/Handel/Dienstleistungen* wird der Energieverbrauch konventioneller Brennstoffe (Öl, Gas, Kohle) in Kleinfeuerungsanlagen über langjährig etablierte Erhebungen relativ zuverlässig ermittelt (AGEB 2016). Für Holzbrennstoffe ist die Ermittlung schwierig, da hohe Mengen ohne den Umweg über den Handel verkauft werden oder die Nutzung direkt aus eigenem Waldbestand erfolgt. Für das Bezugsjahr 2010 lagen zwar statistische Daten zur Abschätzung des Verbrauchs der Holzbrennstoffe im Bereich *Haushalte* vor, für das Jahr 2010 fehlten in offiziellen Statistiken jedoch Angaben zum stark gestiegenen Verbrauch von Holzbrennstoffen im Bereich *Gewerbe, Handel und Dienstleistungen* (AGEB 2016). Zur Ermittlung der Emissionen im Bezugsjahr 2010 wurden deshalb Daten aus Erhebungen zum Holzverbrauch im Bereich *Gewerbe, Handel und Dienstleistungen* (Schlomann et al. 2013) genutzt.

In Kapitel 4.4 (S. 139) wird der Energieverbrauch des Jahres 2010 in den Bereichen *Haushalte* und *GHD* auf Basis der in Kapitel 2 ermittelten Anlagenstruktur berechnet. Dazu erfolgten

Annahmen zur mittleren Nennwärmeleistung und zu Vollbenutzungsstunden der unterschiedlichen Anlagenarten. Die Plausibilität des Ergebnisses zum Energieverbrauch des Anlagenbestandes wurde für jeden Brennstoff mit den statistischen Energieverbrauchsdaten des Jahres 2010 abgeglichen. Der Vergleich zeigt, dass der Energieverbrauch der ermittelten Anlagenstruktur des Jahres 2010 mit den statistischen Verbrauchsdaten gut überein stimmt.

Für die Emissionsberechnung der Prognosejahre 2015, 2025 und 2030 wurden die Energieverbrauchsprognosen der Studie "Politikszenarien Klimaschutz VI" (Matthes et al. 2013) verwendet, die dort bereits auf die Bereiche *Haushalte* und *GHD* aufgeteilt vorliegen. Wie für das Bezugsjahr 2010 wurden die Energieverbräuche der Prognosejahre für beide Szenarien auf Basis der in Kapitel 2 ermittelten Anlagenstrukturen berechnet. Die Plausibilität der Anlagenstruktur wurde durch den Abgleich der Ergebnisse mit den Energieverbrauchsprognosen (Matthes et al. 2013) geprüft. Die Prüfung zeigt, dass der Gesamtenergieverbrauch des ermittelten Anlagenbestandes gut mit den prognostizierten Energieverbräuchen überein stimmt, allerdings eine anteilig höherer Verbrauch an Holzbrennstoffen im Bereich *Gewerbe, Handel und Dienstleistungen* zu erwarten ist.

Da in den Szenarien ein hoher Verbrauch an Holzbrennstoffen prognostiziert wurde, erfolgte in Kapitel 4.6 (S. 143) eine kurze Untersuchung der in Deutschland verfügbaren Holzreserven. Im Ergebnis zeigt sich, dass beim aktuellen Trend zur verstärkten Holznutzung im Jahr 2020 ein deutlicher Fehlbedarf im Holzaufkommen zu erwarten ist.

Emissionsaufkommen

In Kapitel 5 (S. 146) wurden die Emissionen aus Kleinfeuerungsanlagen in Deutschland berechnet, die aus den ermittelten Emissionsfaktoren und den Energieverbräuchen für das Bezugsjahr 2010 und die Jahre 2015, 2025 und 2030 resultieren. Für die Prognosejahre wurden jeweils Ergebnisse für ein Szenario *Aktuelle Politik* und ein Szenario *Energiewende* berechnet.

Da das Jahr 2010 durch einen besonders kalten Winter geprägt war, der mit entsprechend höheren Energieverbräuchen und Emissionen verbunden war, wurden die Ergebnisse für wesentliche Schadstoffe dem Jahr 2005 gegenübergestellt (Struschka et al. 2008), das klimatisch in etwa einem Durchschnittsjahr entsprach.

Tabelle 2 und Abbildung 2 sowie Tabelle 3 und Abbildung 3 geben für fünf Schadstoffe einen Überblick über die Entwicklung der Emissionen aus Kleinfeuerungsanlagen im Zeitraum 2005-2030 für die beiden Szenarien *Aktuelle Politik* (APS) und *Energiewende* (EWS).

Der Verbrauch von Energieträgern, die mit hohen Staub-Emissionsfaktoren verbunden sind, nahm seit dem Jahr 2005 überdurchschnittlich zu. Die Ergebnisse zeigen extrem hohe Emissionen im Bezugsjahr 2010, die durch den besonders kalten Winter und die verstärkte Nutzung von Kohle und Holz in emissionsintensiven Feuerungen entstanden sind.

Für die Folgejahre 2015 bis 2030 wurde eine hohe Stilllegungsquote bei älteren, emissionsintensiven Einzelraumfeuerungen angenommen, sowie ein allmählicher Austausch von holzgefeuerten Anlagen, die nicht der 1. BImSchV entsprechen. Auf Basis dieser Annahmen nehmen die NMVOC-Emissionen aufgrund der wesentlichen Erneuerung der Anlagenstruktur zunächst nicht zu, steigen dann aber in beiden Szenarien an, weil zunehmend holzgefeuerte Anlagen verwendet werden. Ähnlich verläuft auch die Entwicklung der Emissionen von Dioxinen und Furanen.

Bei Staub (PM10) kommt es in den Jahren 2015-2030 gegenüber dem Jahr 2005 trotz einer anteiligen Erhöhung der holzgefeuerten Brennstoffe in beiden Szenarien nicht zu einem Anstieg der Emissionen, da staubintensive ältere Anlagen und Ölfeuerungen ersetzt werden. Bei

Stickstoffoxiden, Schwefeldioxid und Kohlenmonoxid sinken die Emissionen aus Kleinfeuerungsanlagen im Zeitraum 2015-2030 gegenüber dem Jahr 2005 in beiden Szenarien deutlich.

Tabelle 2: Emissionsaufkommen in den Jahren 2005, 2010, 2015, 2025, 2030 im Szenario „Aktuelle Politik“ (APS) für CO, NO_x, SO_2, NMVOC, PM10 und PCDD/F in den Bereichen Haushalte (HH), Gewerbe/Handel/Dienstleistungen (GHD) und Militär

Summe HH, GHD, Militär	Emissionsaufkommen (APS)					Veränderung [%]				
	2005	2010	2015	2025	2030	2005	2010	2015	2025	2030
CO [t]	825.868	975.879	599.166	532.726	514.128	85	100	61	55	53
NOx [t]	95.068	94.248	83.911	77.867	74.658	101	100	89	83	79
SO2 [t]	69.942	68.837	62.234	49.339	42.899	102	100	90	72	62
NMVOC [t]	40.278	56.255	39.849	44.604	46.867	72	100	71	79	83
PM10 [t]	25.294	34.351	22.331	19.031	18.965	74	100	65	55	55
PCDD/F [g]	119	40	28	33	34	300	100	70	82	87

Abbildung 2: Emissionsentwicklung 2005-2030 im Endenergieverbrauch-Szenario APS

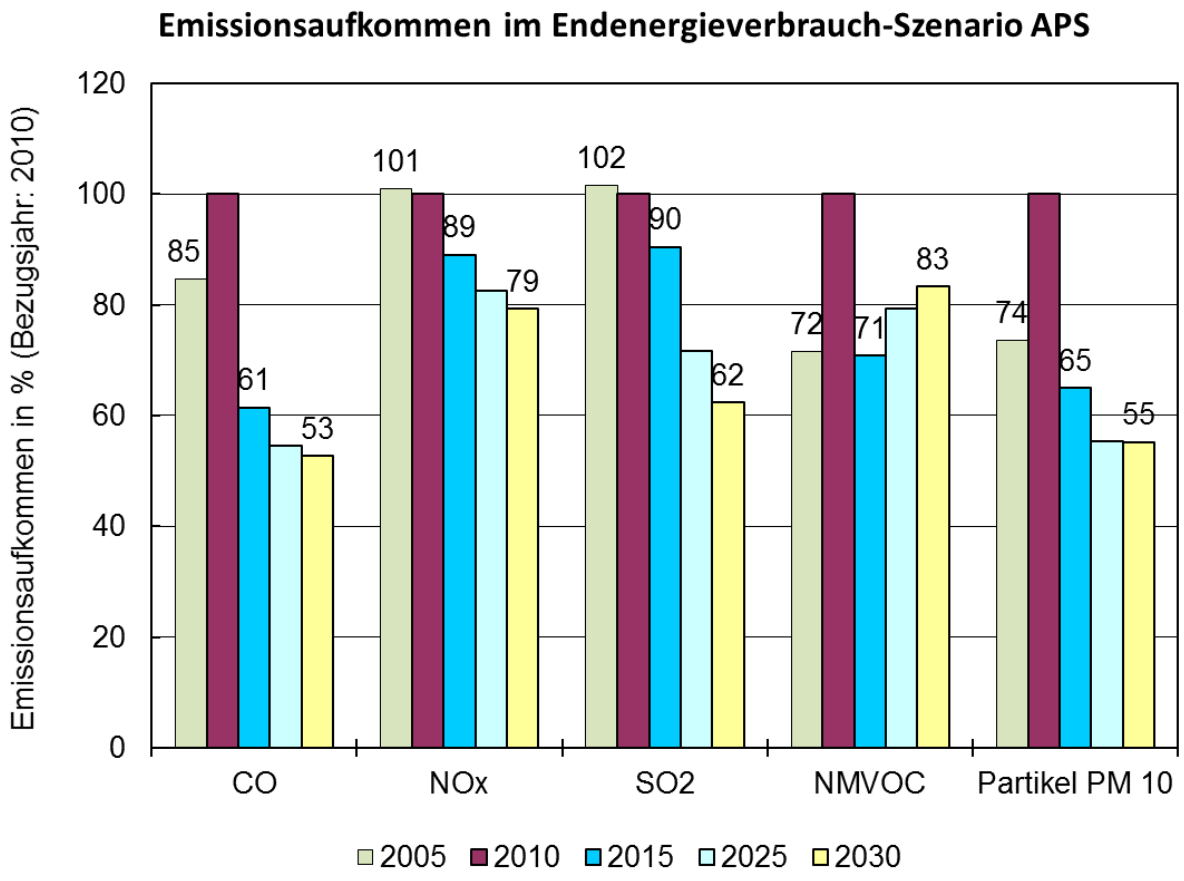


Tabelle 3: Emissionsaufkommen in den Jahren 2005, 2010, 2015, 2025, 2030 im Szenario „Energiewende“ (EWS) für CO, NO_x, SO_2, NMVOC, PM10 und PCDD/F in den Bereichen Haushalte (HH), Gewerbe/Handel/Dienstleistungen (GHD) und Militär

Summe HH, GHD, Militär	Emissionsaufkommen (EWS)					Veränderung [%]				
	2005	2010	2015	2025	2030	2005	2010	2015	2025	2030
CO [t]	825.868	975.879	578.851	515.659	498.939	85	100	59	53	51
NOx [t]	95.068	94.248	79.681	62.746	54.450	101	100	85	67	58
SO2 [t]	69.942	68.837	58.101	30.164	15.437	102	100	84	44	22
NMVOC [t]	40.278	56.255	37.973	42.944	46.411	72	100	68	76	83
PM10 [t]	25.294	34.351	21.784	19.264	19.227	74	100	63	56	56
PCDD/F [g]	119	40	24	34	38	300	100	61	85	97

Abbildung 3: Emissionsentwicklung 2005-2030 im Endenergieverbrauch-Szenario EWS

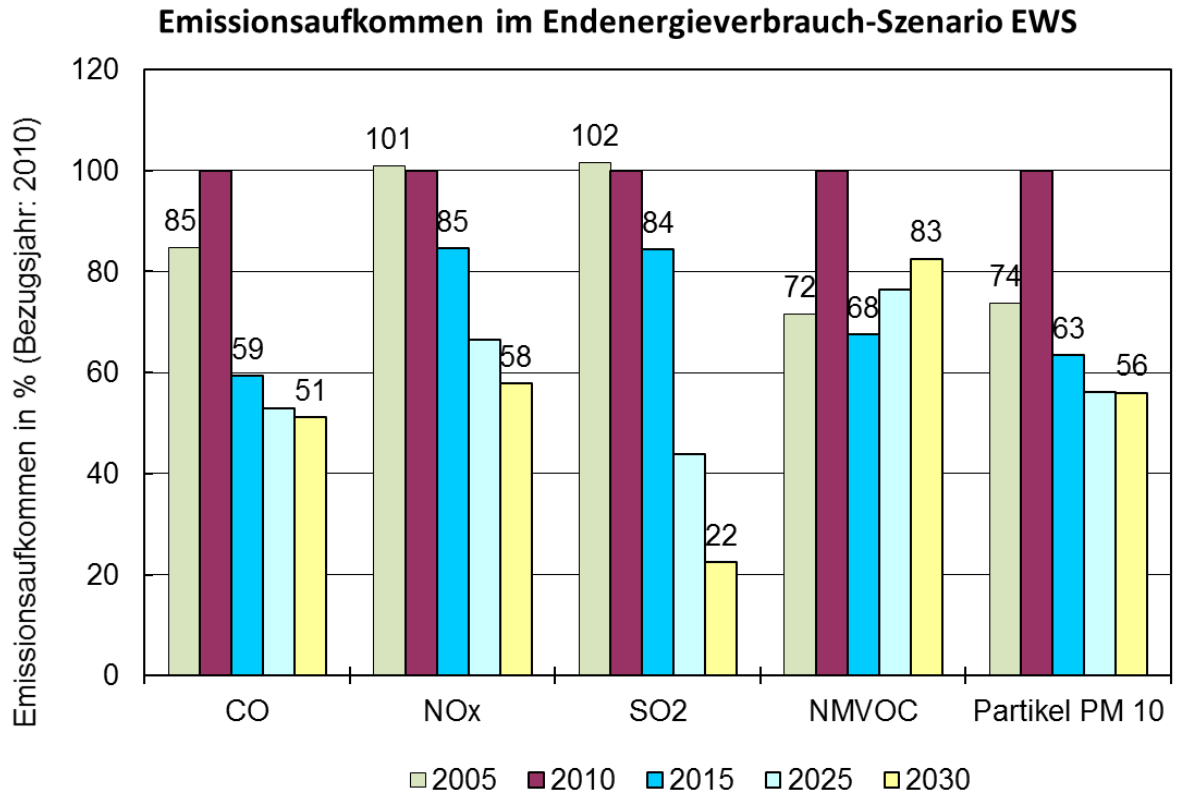


Tabelle 4, Tabelle 5 und Tabelle 6 zeigen detaillierte Ergebnisse zum Emissionsaufkommen im Jahr 2010.

Tabelle 4: Emissionsaufkommen in Kleinfeuerungsanlagen im Referenzjahr 2010 in den Bereichen Haushalte, Gewerbe/Handel/Dienstleistungen (GHD) und Militär (Teil 1)

Energieträger	Bereiche	CO_2 [t]	CO [t]	NO_x [t]	SO_2 [t]	Partikel [t]	PCDD/F [g]	PAK [kg]
Heizöl EL	Haushalte	41.009.509	6.624	23.450	33.400	475	1,3	90
	GHD	15.366.936	2.495	8.923	12.516	215	0,47	34
	Militär	178.226	33	113	186	4,4	0,0069	0,35
Brenngase	Haushalte	58.194.726	13.798	21.338	521	31	2,1	-
	GHD	24.357.855	5.235	9.597	218	13	0,83	-
	Militär	750.456	141	343	6,7	0,40	0,022	-
Steinkohlen	Haushalte	1.855.094	66.174	1.181	7.455	357	0,43	1.096
	GHD	970.399	21.863	909	2.814	187	0,10	573
	Militär	4.509	21	5,1	19	13	0,00021	-
Steinkohlenkoks	Haushalte	91.304	4.685	34	394	14	0,036	83
	GHD	24.312	1.248	9,2	105	3,8	0,0095	20
	Militär	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Steinkohlen-briketts	Haushalte	1.031.127	52.664	544	6.087	2.867	0,22	5.315
	GHD	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Militär	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Braunkohlen-briketts	Haushalte	2.207.754	53.470	1.973	2.111	1.809	0,57	4.864
	GHD	205.661	4.977	184	195	170	0,053	462
	Militär	4.702	241	4,2	11,2	2,6	0,00064	-
Holzbrennstoffe	Haushalte	29.202.888	646.479	19.984	2.309	25.648	16	110.631
	GHD	6.076.511	95.731	5.657	489	3.497	18	11.653
	Militär	-	-	-	-	-	-	-
Summe	Haushalte	133.592.402	843.894	68.504	52.277	31.201	21	122.079
	GHD	47.001.674	131.549	25.279	16.337	4.086	19	12.742
	Militär	937.893	436	465	223	20	0,030	0,35
Summe	alle	181.531.969	975.879	94.248	68.837	35.307	40	134.821

"0"-Wert bedeutet: Brennstoff wird nicht eingesetzt

"-" bedeutet: Es konnte kein Emissionsfaktor ermittelt werden

Tabelle 5: (Fortsetzung Tabelle 4): Emissionsaufkommen in Kleinfeuerungsanlagen im Referenzjahr 2010 in den Bereichen Haushalte, Gewerbe/Handel/Dienstleistungen (GHD) sowie Militär

Energie-träger	Bereiche	VOC [t]	CH_4 [t]	NMVOC [t]	Benzol [t]	N_2O [t]	HCl [kg]	As [kg]	Cd [kg]
Heizöl EL	Haushalte	851	22	835	8,1	311	-	-	-
	GHD	488	8,3	482	3,0	109	-	-	-
	Militär	6,7	0,041	6,7	0,047	1,4	-	-	-
Brenngase	Haushalte	2.986	3.128	619	0,24	248	-	-	-
	GHD	1.019	1.108	179	0,086	112	-	-	-
	Militär	5,0	0,56	4,6	0,0011	3,9	-	-	-
Steinkohlen	Haushalte	3.238	2.590	1.295	-	224	166	63	77
	GHD	834	703	306	-	86	87	33	40
	Militär	0,12	0,094	0,047	-	0,23	0,78	0,34	0,19
	Haushalte	17	8,8	10	-	0,81	21	3,3	1,2

Energie-träger	Bereiche	VOC [t]	CH_4 [t]	NMVOC [t]	Benzol [t]	N_2O [t]	HCl [kg]	As [kg]	Cd [kg]
Steinkohlen-koks	GHD	4,4	2,3	2,6	-	0,22	5,5	0,89	0,32
	Militär	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Steinkohlen-briketts	Haushalte	4.970	3.976	1.988	-	104	279	44	119
	GHD	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Militär	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Braunkohlen-briketts	Haushalte	4.424	1.273	3.595	12	115	86	103	8,7
	GHD	410	119	332	1,1	11	8,0	9,7	0,82
	Militär	19	12	16	-	0,018	-	-	-
Holzbrenn-stoffe	Haushalte	56.007	28.775	42.122	2.270	452	81	45	620
	GHD	5.030	2.567	4.462	360	31	328	190	228
	Militär	-	-	-	-	-	-	-	-
Summe	Haushalte	72.493	39.773	50.464	2.290	1.455	633	258	826
	GHD	7.785	4.508	5.764	364	349	429	234	269
	Militär	31	13	27	0,048	5,5	0,78	0,34	0,19
Summe	alle	80.309	44.294	56.255	2.654	1.810	1.063	492	1.095

"0"-Wert bedeutet: Brennstoff wird nicht eingesetzt

"-" bedeutet: Es konnte kein Emissionsfaktor ermittelt werden

Tabelle 6: (Fortsetzung Tabelle 5): Emissionsaufkommen in Kleinfeuerungsanlagen im Referenzjahr 2010 in den Bereichen Haushalte, Gewerbe/Handel/Dienstleistungen (GHD) sowie Militär

Energieträger	Bereiche	Cr [kg]	Cu [kg]	Hg [kg]	Ni [kg]	Pb [kg]	V [kg]	Zn [kg]
Heizöl EL	Haushalte	-	-	-	-	-	-	-
	GHD	-	-	-	-	-	-	-
	Militär	-	-	-	-	-	-	-
Brenngase	Haushalte	-	-	63	-	-	-	-
	GHD	-	-	26	-	-	-	-
	Militär	-	-	0,81	-	-	-	-
Steinkohlen	Haushalte	-	-	69	-	4.448	143	-
	GHD	-	-	36	-	2.327	75	-
	Militär	0,11	0,15	0,17	-	11	0,50	0,49
Steinkohlenkoks	Haushalte	-	-	3,1	-	107	5,3	-
	GHD	-	-	0,82	-	49	1,4	-
	Militär	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Steinkohlen-briketts	Haushalte	-	-	39	-	2.322	65	-
	GHD	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Militär	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Braunkohlen-briketts	Haushalte	198	14	53	156	164	35	114
	GHD	19	1,3	4,9	15	15	3,4	10
	Militär	-	-	0,11	-	-	0,12	-
Holzbrennstoffe	Haushalte	3.723	2.351	159	480	4.707	8,7	65.578
	GHD	1.255	1.609	33	61	8.460	305	38.632
	Militär	-	-	-	-	-	-	-
Summe	Haushalte	3.921	2.365	386	636	11.748	257	65.692
	GHD	1.274	1.610	101	76	10.851	385	38.642
	Militär	0,11	0,15	1,1	0,0	11	0,62	0,49

Energieträger	Bereiche	Cr [kg]	Cu [kg]	Hg [kg]	Ni [kg]	Pb [kg]	V [kg]	Zn [kg]
Summe	alle	5.195	3.975	488	712	22.610	643	104.334

"0"-Wert bedeutet: Brennstoff wird nicht eingesetzt
"-" bedeutet: Es konnte kein Emissionsfaktor ermittelt werden

Summary

This study was elaborated by Ökopol on behalf of the Federal Environment Agency in a research project aiming at the calculation of emissions from small combustion plants in Germany with a nominal capacity up to 1 MW. The study was also conducted to develop emission factors for existing small combustion plants. From 2005 to 2015 the stock of small combustion plants changed significantly due to the increased use of wood-based fuels. As result of the study, the stock of small combustion plants is presented for the years 2010, 2015, 2025 and 2030, differentiated by fuels and type of plant. According to the needs of the national emission inventory, three user categories were distinguished: *households, trade/commerce/service* and *military*.

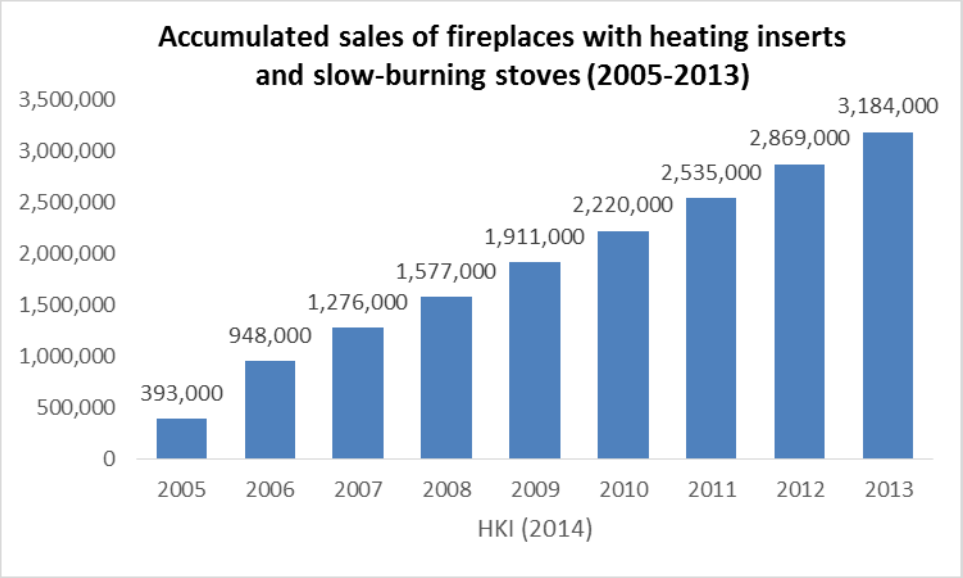
The project's background is the commitment of Germany to compile reports and scenarios on national emissions. This commitment results from several European and international contracts as the Paris Agreement and the Kyoto Protocol for climate protection, the protocols to the Geneva Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution as well as EU directives on national emission ceilings (NEC Directive, EU 2001) and national reduction targets (NERC Directive, EC 2013).

As a result of the study, improved emission factors for small combustion plants are available which have been based on broad up-to-date data of wood-based fuels. They allow a realistic calculation of emissions originating from these plants.

The last study carried out on behalf of the Federal Environment Agency on emissions from small combustion plants in *households, trade/commerce/service* (TCS) and *military* was published in 2008. In the study, the University of Stuttgart calculated emissions from small combustion plants for the reference year 2005 and for scenarios until 2020 (Struschka et al. 2008).

Since that study a strong trend was registered for households and other small consumers towards an installation of wood-fired heat generators. This trend went along with increasing sales of wood-based fuels. There was a trend towards the installation of room heaters („comfort heaters") in addition to central heatings. Besides pellet ovens and cookers, fireplaces with heating inserts and slow-burning stoves were sold (Figure 4).

Figure 4: Sales of fireplaces with heating inserts and slow-burning stoves (2005-2013)



HKI (2014)

Furthermore, an increasing number of central heating systems was converted to biomass boilers – as a contribution to energy transition, favoured by funding programmes of the government as well as by low wood costs. Besides logs and wood chips, in particular wood pellets are used as fuels, associated with low emissions.

The trend towards wood-fired plants can lead to high air pollution with fine dust and PAH, in particular occurring from effects of thermal inversion during winter periods (Launhardt 2002; BMUB 2007; Baumbach 2013). On this background stricter emission limits were enforced for wood-fired plants in January 2010 by the revised regulation on small combustion plants (1. BImSchV 2010). The regulation includes stricter requirements regarding dust and carbon monoxide emissions. It is expected that low-soot and low-CO combustion are associated with lower emissions of volatile organic compounds.

For wood-fired central heatings, the first level of stricter requirements came into force in March 2010; the second level is in force since January 2015. Also for room heaters, the requirements came into force in March 2010. The transition period for upgrading or decommissioning room heaters depends on the installation year; for oldest heaters the transition period ends in January 2015. In future, requirements for emissions of wood-fired boilers and room heaters are also implemented by the EU Ecodesign Directive (EU 2014a, 2014c). They apply to solid fuel boilers from 2020 and for room heaters from 2022. Compared with the 1. BImSchV, the EU regulations require stricter emission limits only for volatile organic compounds. These were considered when the emission factors were determined.

Until the beginning of 2015 the project team took for granted that the plant stock of small combustion plants in Germany would be determined on time by a parallel project (on behalf of the Federal Ministry of Environment), to be used in this study. In the beginning of 2015 it was foreseeable that the parallel project would have a long delay. Therefore, the project team was asked by the Federal Environment Agency to perform own calculations and estimates for determination of the plant stock of small combustion plants in Germany. The basis was set up in 2015 and linked with the emission factors. First results were presented for discussion with the Federal Environment Agency and the Federal Ministry for the Environment in September 2015. In December 2015 a first draft final report was submitted to the Federal Environment Agency for comments. In February 2016, a revised draft version was finalized and sent to sector experts. In mid-March 2016 a workshop was held with the sector experts to discuss the draft final report. The final version of the study was coordinated with the Federal Environment Agency, based on the comments and discussions of the workshop.

Plant stock

Chapter 2 (page 43) describes the development of the plant stock data. Chapter 2.1 explains the context of the stock development. The basis of the selected plant stock is described first (chapter 2.1.1), then the legal framework is presented (2.1.2), the technical development regarding emission reduction is shown (chapter 2.1.3) and the economic context is outlined (chapter 2.1.4).

In chapter 2.2, the plant stock is determined for the reference year 2010. First, the stock data is calculated for all small combustion plants in Germany covered by the 1. BImSchV (2010). The description is done separately according to fuel types *oil*, *natural gas* and *solid fuels* (coal/lignite, biomass). Within each fuel category, the plant types are differentiated and the stock is determined for the different user categories (*households*, *trade/commerce/service* and *military*). Chapter 2.2.4 shows variations of the entire plant stock comparing 2005 and 2010.

The stock update for 2010 regarding gas-fired plants was based on data of the chimney sweepers association *Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks – Zentralinnungsverband*

(ZIV 2011a). Data of gas-fired condensing boilers was taken from a study on building heating (Jörg et al. 2013). Stock data for 2010 of oil-fired plants was based on data of the *Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks* (ZIV 2011a, ZIV 2011b). Stock data for 2010 of solid fuel fired plants regarding the dominating category of biomass-fired furnaces was based on *DEPI* (2014a), *HKI* (2015), *BDH* (2011-2014, 2015) and *BAFA* (2014c).

The result shows a total stock of small combustion plants in Germany of **36.3 million units** in 2010 (Table 7). This is a reduction of 0.2 million (-0.6%) compared with the stock of 36.5 million plants determined for 2005 (Struschka et al. 2008), equivalent with about 50,000 plants per year. It is assumed that the reduction originates in particular from the decommissioning of room heaters no longer used due to the installation of central heatings during renovation or due to the demolition of older buildings (in particular room heaters like slow-burning stoves used as the only heat source).

Between 2005 and 2010 the stock of **oil-fired** plants decreased by 1.7 million to 5.9 million (-22%). **Gas-fired** plants increased by 1.7 million to 16.2 million (+25%). **Solid fuel fired** plants (mainly for biomass) decreased by 0.2 million to 14.2 million (-1%); in this category, wood boilers (for pellets, logs, wood chips) increased by 0.2 million to 0.8 million (+33%), and room heaters decreased by 0.4 million to 13.3 million (-3%). (compare Tabelle 13, page 50)

Table 7: Change of stock of most important furnace categories of small combustion plants in Germany in households and trade/commerce/service (TCS) from 2005 to 2010

Small combustion plants in households and TCS incl. military by fuel and type of furnace	Stock 2005 [1] [1000 units]	Stock 2010 [1000 units]	Difference 2005-2010 [1000 units]	Difference 2005-2010 [%]
Oil combustion	7,622.1	5,883.6	-1,738.5	-23%
Oil-based boilers (conventional)	7,546.4	5,631.9	-1,914.5	-25%
Oil-based boilers (condensing)	75.7	251.7	176	232%
Gas combustion	14,507.2	16,260.4	1,753.2	12%
Gas boilers (conventional)	7,695.2	9,217.7	1,522.5	20%
Gas boilers (condensing)	1,070.3	3,250.0	2,179.7	204%
Others (gas-fired)	5,741.7	3,792.7	-1,949.0	-34%
Solid fuels	14,376.6	14,129.6	-247.0	-2%
Wood boilers	596.6	811.6	215.0	36%
Room heaters	13,780.0	13,318.0	-462.0	-3%
Sum of boilers	15,794.8	19,110.3	3,315.5	21%
Sum	36,505.9	36,273.6	-232.3	-1%

[1] Struschka et al. (2008)

In chapters 2.3 and 2.4 assumptions were made for the scenarios „Current Policy“ and „Energiewende“ (energy transition). Based on these assumptions the plant stock of the reference year 2010 was changed for the years 2015, 2025 and 2030. The plant stock of the scenarios was adapted to meet approximately the total energy consumption of small combustion plants in Germany predicted in the scenarios of the report „Klimaszenarien VI“ (Matthes et al. 2013), during average weather conditions in the selected years.

Emission factors

In chapter 3 (page 104) plant stock results were used for calculation of new emission factors for biomass-fired plants for the reference year 2010 as well as for the years 2015, 2025 and 2030.

For the calculation of future emission factors of the scenarios, latest information about emission factors was compiled, new technologies were researched on the market and legal framework was assessed regarding future emission limits. In case of data gaps, emission factors of *Struschka et al.* (2008) were used if it was assumed that factors determined for the year 2005 were still reasonable. Future emission limits for small combustion plants were considered as determined by the 1. BImSchV (2010) and by regulations of the European Ecodesign Directive (EU 2014a; EU 2014b).

For estimation of future technical development and related emissions of heating boilers and room heaters, investigations on emission data were done as well as data collection involving industry associations and research institutes for characterization and determination of the plant stock. Industry associations involved were *Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V.* (BDH), *Industrieverband Haus-, Heiz- und Küchentechnik e.V.* (HKI), *Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks - Zentralinnungsverband* (ZIV), *Deutsches Pelletinstitut GmbH* (DEPI), and *Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle* (BAFA). Additionally, information was collected from environment agencies like the German Federal Environment Agency, the Swiss *Bundesamt für Umwelt* (BAFU) and from research institutes (DBFZ, IFK, TFZ).

For the update of emission factors, data was considered which was measured according to test procedures as well as under real conditions of use. More than 400 test reports of pellet furnaces, wood chips boilers and log boilers were collected from the test laboratory BLT Josephinum in Wieselburg (Austria). This data was transferred to an Excel spreadsheet and assessed. Additionally, literature research was done regarding new emission data from small combustion plants. Latest technical developments were studied on trade fares for small combustion plants in Frankfurt and Hannover together with an assessment of presentations of the VDI/KRdL expert forum "Biomassefeuerung" (biomass combustion) on 14 April 2013 and 21 April 2015 in Bonn as well as from the LAI workshop „Holzfeuerungen in Ballungsräumen“ (wood combustion in metropolitan areas) on 1-2 October 2013 at the environment agency of North Rhine-Westphalia (LANUV) in Essen.

As measurement data from test procedures is obtained under standardized conditions, the results were increased by a factor to adapt the measurement results to emissions during real operation. As a result, updated emission factors for pollutants of wood-based plants are available.

For the scenarios it was assumed that new plants will comply with limit values of the 1. BImSchV regarding dust and carbon monoxide and that CO emissions below 800 mg/Nm^3 are associated with low VOC emissions, according to measurements of *Hartmann et al.* [2014].

Regarding emission factors for other fuels it has to be noted that sulphur emission factors of the scenarios need to be adapted if an increasing share of low sulphur fuel oil is used.

Final energy consumption

Chapter 4 (page 126) presents the energy consumption of small combustion plants which was used for the calculation of emissions. For the reference year 2010, it was possible to use mainly data from statistics. For the years 2015, 2025 and 2030, the final energy consumption to be used in this study was forecasted by the report „Politikszenarien Klimaschutz VI“ (Policy Sce-

narios for Climate Protection VI), elaborated on behalf of the Federal Environment Agency (Matthes et al. 2013). Same as in that report, two scenarios were calculated in this study, with energy consumption forecasts until 2030, on the one hand based on current policy and on the other hand on a rigorous energy transition.

For both sectors, *households* as well as *trade/commerce/services,* energy consumption of small combustion plants has been determined for many years with an established reliable data collection system covering conventional fuels (oil, gas, coal/lignite) (AGEB 2016). For wood fuels, the determination is difficult as high amounts are sold directly without trading or are used directly from own forests. For the reference year 2010 there were statistical data available for estimating wood fuel consumption of the *household* sector. However, official statistical data for 2010 were missing for the sector *trade/commerce/services*, known for an increasing consumption of wood fuels (AGEB 2016). Thus, for determining emissions in the reference year 2010, data was used from studies assessing wood consumption in the sectors *trade, commerce* and *services* (Schlomann et al. 2013).

In chapter 4.4 (page 139), energy consumption of 2010 is calculated for the sectors *households* and *trade/commerce/services* (TCS), based on the plant stock determined in chapter 2. For this purpose assumptions were made regarding the mean nominal heat value and the hours of full utilization of the different plant types. For each fuel plausibility checks were made regarding the total energy consumption compared with the statistical energy consumption in 2010. The comparison shows that the energy consumption of the plant stock determined for 2010 corresponds well with the statistical consumption data.

For the calculation of emissions of the scenario years 2015, 2025 and 2030, energy consumption forecasts of the report "Politikszenarien Klimaschutz VI" (Policy Scenarios for Climate Protection VI) were used (Matthes et al. 2013), already differentiating between the sectors *households* and *trade/commerce/services*. Same as for the reference year 2010, energy consumption of the forecast years was calculated for both scenarios, based on the plant stock determined in chapter 2. The plausibility of the plant stock was checked by comparison of the results with the energy consumption forecasts (Matthes et al. 2013). The comparison shows that the total energy consumption of the determined plant stock corresponds well with the energy consumption forecasts, but a higher proportion of wood fuels is expected to be used in the sector *trade, commerce* and *services*.

As the forecasts predict a high consumption of wood fuels, in chapter 4.6 (page 143) a short evaluation was done regarding the availability of wood resources in Germany. The result shows that it can be expected that the current trend of increased use of wood leads to a significant wood deficit in 2020.

Emissions

In chapter 5 (page 146) emissions of small combustion plants in Germany were calculated based on emission factors and energy consumption determined for the reference year 2010 and for the years 2015, 2025 and 2030. In the forecasts, results were calculated for both, the scenario *Current Policy* and for the scenario *Energiewende* (energy transition).

The reference year 2010 was characterized by an extremely cold winter, associated with respectively higher energy consumption and emissions. Therefore, results for major pollutants were presented in relation to emissions determined for 2005 (Struschka et al. 2008), when weather conditions were rather representative for an average year.

Table 8 and Figure 5 as well as Table 9 and Figure 6 provide an overview of five pollutants regarding the development of emissions from small combustion plants in the period 2005 to 2030 for the scenario *Current Policy* and for the scenario *Energiewende* (energy transition).

Since 2005 the use of fuels with high dust emission factors increased above average. For the reference year 2010, the results show extremely high emissions, originating from a particularly cold winter and from an increased consumption of coal and wood in furnaces producing high emissions.

For the subsequent years 2015 to 2030, a high decommissioning rate was assumed for older room heaters producing high emissions. Additionally, a gradual replacement was assumed for wood-fired plants not complying with the requirements of the 1. BImSchV. On the basis of these assumptions, emissions of NMVOC initially do not increase because of the renewal of the plant stock, but increase later in both scenarios due to the increasing use of wood-fired plants. A similar development can be observed for emissions of dioxins and furans.

Compared with 2005, emissions of dust (PM10) do not increase in 2015 to 2030 although the share of wood-fired fuels increases, as older and dust-intensive plants are replaced, same as oil-fired plants. Compared with 2005, emissions of nitrogen oxides, sulphur oxides and carbon monoxide from small combustion plants decrease significantly in 2015 to 2030 in both scenarios.

Table 8: Emissions in 2005, 2010, 2015, 2025 and 2030 in scenario „current policy“ for CO, NO_x, SO_2, NMVOC, PM10 and PCDD/F from the sectors households (HH), trade/commerce/service (TCS) and military

Sum HH, TCS, Military	Emissions (Current Policy Scenario)					Relative Difference [%]				
	2005	2010	2015	2025	2030	2005	2010	2015	2025	2030
CO [t]	825,868	975,879	599,166	532,726	514,128	85	100	61	55	53
NOx [t]	95,068	94,248	83,911	77,867	74,658	101	100	89	83	79
SO2 [t]	69,942	68,837	62,234	49,339	42,899	102	100	90	72	62
NMVOC [t]	40,278	56,255	39,849	44,604	46,867	72	100	71	79	83
PM10 [t]	25,294	34,351	22,331	19,031	18,965	74	100	65	55	55
PCDD/F [g]	119	40	28	33	34	300	100	70	82	87

Figure 5: Emissions 2005-2030 in final energy use-related scenario „current policy“

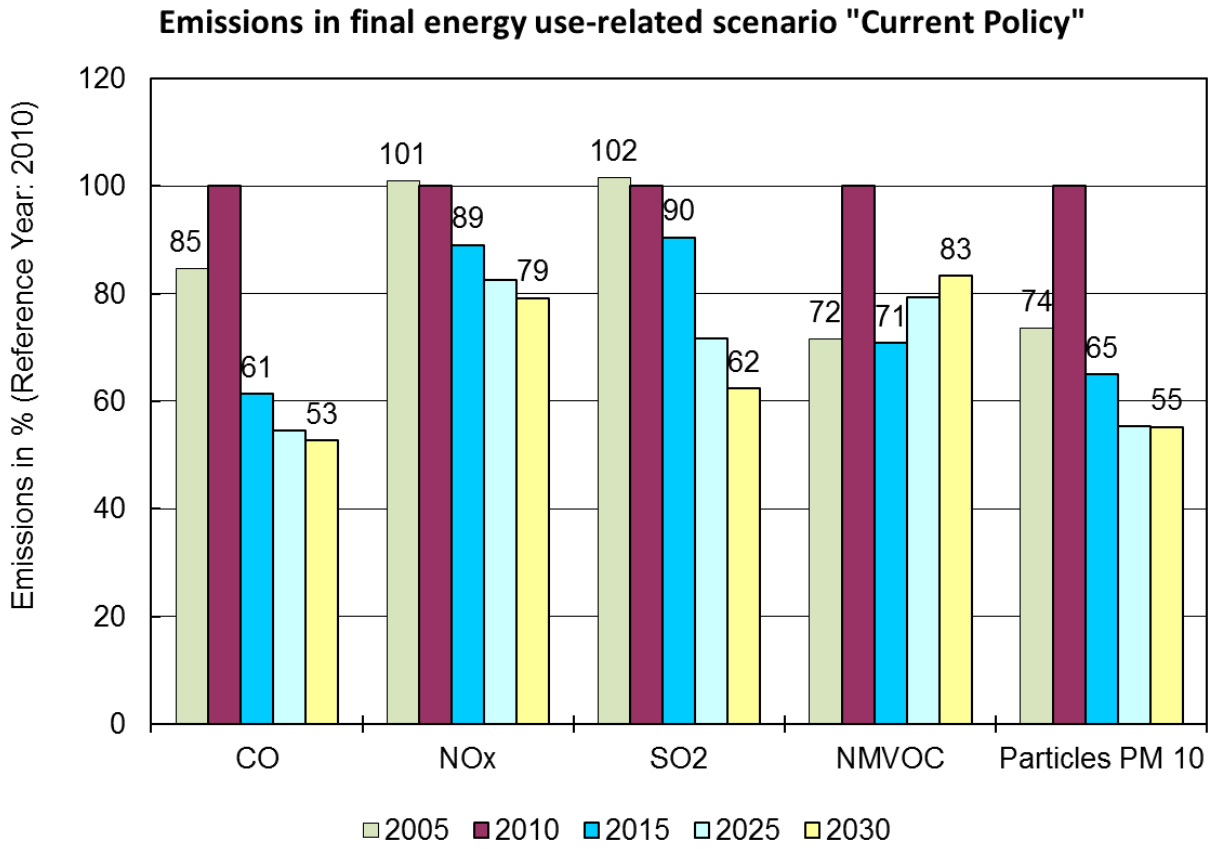


Table 9: Emissions in 2005, 2010, 2015, 2025 and 2030 in scenario „Energiewende“ (energy transition) for CO, NO_x, SO_2, NMVOC, PM10 and PCDD/F from households (HH), trade/commerce/service (TCS) and military

Sum HH, TCS, Military	Emissions (Energiewende Scenario)					Relative Difference [%]				
	2005	2010	2015	2025	2030	2005	2010	2015	2025	2030
CO [t]	825,868	975,879	578,851	515,659	498,939	85	100	59	53	51
NOx [t]	95,068	94,248	79,681	62,746	54,450	101	100	85	67	58
SO2 [t]	69,942	68,837	58,101	30,164	15,437	102	100	84	44	22
NMVOC [t]	40,278	56,255	37,973	42,944	46,411	72	100	68	76	83
PM10 [t]	25,294	34,351	21,784	19,264	19,227	74	100	63	56	56
PCDD/F [g]	119	40	24	34	38	300	100	61	85	97

Figure 6: Emissions 2005-2030 in final energy use-related scenario “Energiewende”

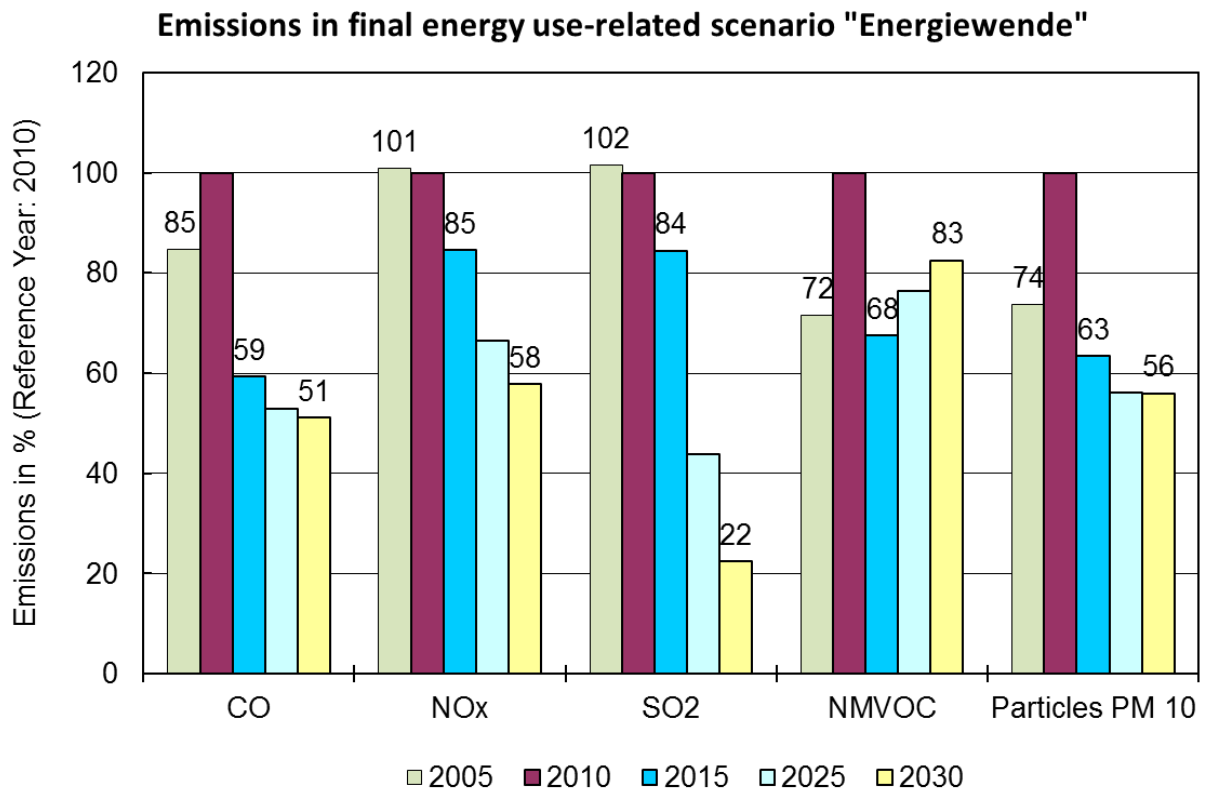


Table 10, Table 11 and Table 12 show detailed results for emissions in 2010.

Table 10: Emissions of small combustion plants in 2010 from households, trade/commerce/service (TCS) and military (Part 1)

Fuel	Sector	CO_2 [t]	CO [t]	NO_x [t]	SO_2 [t]	Particles [t]	PCDD/F [g]	PAH [kg]
Fuel oil (EL)	Households	41,009,509	6,624	23,450	33,400	475	1.3	90
	TCS	15,366,936	2,495	8,923	12,516	215	0.47	34
	Military	178,226	33	113	186	4.4	0.0069	0.35
Natural gas	Households	58,194,726	13,798	21,338	521	31	2.1	-
	TCS	24,357,855	5,235	9,597	218	13	0.83	-
	Military	750,456	141	343	6.7	0.40	0.022	-
Hard coal	Households	1,855,094	66,174	1,181	7,455	357	0.43	1,096
	TCS	970,399	21,863	909	2,814	187	0.10	573
	Military	4,509	21	5.1	19	13	0.00021	-
Coke	Households	91,304	4,685	34	394	14	0.036	83
	TCS	24,312	1,248	9.2	105	3.8	0.0095	20
	Military	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Hard coal briquettes	Households	1,031,127	52,664	544	6,087	2,867	0.22	5,315
	TCS	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Military	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Lignite briquettes	Households	2,207,754	53,470	1,973	2,111	1,809	0.57	4,864
	TCS	205,661	4,977	184	195	170	0.053	462
	Military	4,702	241	4.2	11.2	2.6	0.00064	-
Wood fuels	Households	29,202,888	646,479	19,984	2,309	25,648	16	110,631
	TCS	6,076,511	95,731	5,657	489	3,497	18	11,653
	Military	-	-	-	-	-	-	-
Sum	Households	133,592,402	843,894	68,504	52,277	31,201	21	122,079
	TCS	47,001,674	131,549	25,279	16,337	4,086	19	12,742
	Military	937,893	436	465	223	20	0.030	0.35
Sum	all	181,531,969	975,879	94,248	68,837	35,307	40	134,821

"0" value means: fuel is not used

"-" means: no emission factor could be determined

Table 11: (continuation Table 10): Emissions of small combustion plants from households, trade/commerce/service (TCS) and military in 2010 (Part 2)

Fuels	Sectors	VOC [t]	CH_4 [t]	NMVOC [t]	Benzene [t]	N_2O [t]	HCl [kg]	As [kg]	Cd [kg]
Fuel oil (EL)	Households	851	22	835	8.1	311	-	-	-
	TCS	488	8,3	482	3.0	109	-	-	-
	Military	6.7	0.041	6.7	0.047	1.4	-	-	-
Natural gas	Households	2,986	3,128	619	0.24	248	-	-	-
	TCS	1,019	1,108	179	0.086	112	-	-	-
	Military	5.0	0.56	4.6	0.0011	3.9	-	-	-
Hard coal	Households	3,238	2,590	1,295	-	224	166	63	77
	TCS	834	703	306	-	86	87	33	40
	Military	0.12	0.094	0.047	-	0.23	0.78	0.34	0.19
Coke	Households	17	8.8	10	-	0.81	21	3.3	1.2
	GHD	4.4	2.3	2.6	-	0.22	5.5	0.89	0.32

Fuels	Sectors	VOC [t]	CH_4 [t]	NMVOC [t]	Benzene [t]	N_2O [t]	HCl [kg]	As [kg]	Cd [kg]
	Military	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Hard coal briquettes	Households	4,970	3,976	1,988	-	104	279	44	119
	TCS	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Military	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Lignite briquettes	Households	4,424	1,273	3,595	12	115	86	103	8.7
	TCS	410	119	332	1.1	11	8.0	9.7	0.82
	Military	19	12	16	-	0.018	-	-	-
Wood fuels	Households	56,007	28,775	42,122	2,270	452	81	45	620
	GHD	5,030	2,567	4,462	360	31	328	190	228
	Military	-	-	-	-	-	-	-	-
Sum	Households	72,493	39,773	50,464	2,290	1,455	633	258	826
	TCS	7,785	4,508	5,764	364	349	429	234	269
	Military	31	13	27	0.048	5.5	0.78	0.34	0.19
Sum	all	80,309	44,294	56,255	2,654	1,810	1,063	492	1,095

"0" value means: fuel is not used
"-" means: no emission factor could be determined

Table 12: (continuation Table 11): Emissions of small combustion plants from households, trade/commerce/service (TCS) and military in 2010 (Part 3)

Fuels	Sectors	Cr [kg]	Cu [kg]	Hg [kg]	Ni [kg]	Pb [kg]	V [kg]	Zn [kg]
Fuel oil (EL)	Households	-	-	-	-	-	-	-
	TCS	-	-	-	-	-	-	-
	Military	-	-	-	-	-	-	-
Natural gas	Households	-	-	63	-	-	-	-
	TCS	-	-	26	-	-	-	-
	Military	-	-	0.81	-	-	-	-
Hard coal	Households	-	-	69	-	4,448	143	-
	TCS	-	-	36	-	2,327	75	-
	Military	0.11	0.15	0.17	-	11	0.50	0.49
Coke	Households	-	-	3.1	-	107	5.3	-
	TCS	-	-	0.82	-	49	1.4	-
	Military	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Hard coal briquettes	Households	-	-	39	-	2,322	65	-
	TCS	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Military	0,0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Lignite briquettes	Households	198	14	53	156	164	35	114
	TCS	19	1.3	4.9	15	15	3.4	10
	Military	-	-	0.11	-	-	0.12	-
Wood fuels	Households	3.723	2,351	159	480	4,707	8.7	65,578
	TCS	1.255	1,609	33	61	8,460	305	38,632
	Military	-	-	-	-	-	-	-
Sum	Households	3,921	2,365	386	636	11,748	257	65,692
	TCS	1,274	1,610	101	76	10,851	385	38,642
	Military	0.11	0.15	1.1	0.0	11	0.62	0.49

Fuels	Sectors	Cr [kg]	Cu [kg]	Hg [kg]	Ni [kg]	Pb [kg]	V [kg]	Zn [kg]
Sum	all	5,195	3,975	488	712	22,610	643	104,334

"0" value means: fuel is not used
"-" means: no emission factor could be determined

1 Einführung

Die vorliegende Studie hat Ökopol im Auftrag des Umweltbundesamtes in einem Forschungsvorhaben erstellt, das zur Berechnung von Emissionen aus Kleinfeuerungsanlagen in Deutschland mit bis zu 1 MW Nennleistung diente, sowie zur Ermittlung von Emissionsfaktoren für den gesamten Anlagenbestand. Dieser hat sich von 2005-2015 aufgrund der verstärkten Nutzung von Holzbrennstoffen wesentlich geändert. Im Ergebnis wird der Bestand der Kleinfeuerungsanlagen in den Jahren 2010, 2015, 2025 und 2030 dargestellt, differenziert nach Brennstoffen und Anlagenarten. Dabei wurde eine Aufteilung auf die drei Nutzungsbereiche *Haushalte*, *Gewerbe/Handel/Dienstleistungen* und *Militär* abgeschätzt, da diese im nationalen Emissionsinventar getrennt geführt werden.

Hintergrund des Vorhabens ist die Verpflichtung Deutschlands zur Erstellung von Berichten und Prognosen zu nationalen Emissionen. Diese Verpflichtung ergibt sich aus zahlreichen europäischen und internationalen Vereinbarungen, wie dem Paris-Abkommen und dem Kyoto-Protokoll zum Klimaschutz, den Protokollen der Genfer Luftreinhaltekonvention und den EU-Richtlinien über nationale Emissionsobergrenzen (NEC-Richtlinie) und Minderungsziele (NERC-Richtlinie).

Die letzte im Auftrag des Umweltbundesamtes erstellte Untersuchung zu Emissionen kleiner und mittlerer Feuerungsanlagen in *Haushalten*, *Gewerbe/Handel/Dienstleistungen* und *Militär* stammt aus dem Jahr 2008. Darin wurden von der Universität Stuttgart Emissionen aus Kleinfeuerungsanlagen für das Bezugsjahr 2005 berechnet und Prognosen bis 2020 erstellt (Struschka et al. 2008).

Seither war ein starker Trend zur Installation holzgefeuerter Wärmeerzeuger in Haushalten und bei anderen Kleinverbrauchern zu verzeichnen, der sich auch im verstärkten Absatz von Holzbrennstoffen spiegelt. Zum einen gab es die Tendenz zur Errichtung holzgefeuerter Einzelraumfeuerungen, die zusätzlich zur Zentralheizung genutzt werden („Komfortheizungen"). Das Vorhaben hat deshalb zum Ziel, die Bestandsstruktur der Kleinfeuerungsanlagen zu ermitteln und insbesondere für den Bereich holzgefeuerter Anlagen verbesserte Emissionsfaktoren zu bestimmen, die den fortgeschrittenen Stand der Technik dieser Anlagen im Emissionsinventar abbilden.

Nach dem Projekt-Auftakttreffen im März 2013 erfolgten Recherchen zu den Emissionsfaktoren. Neben Literaturdaten wurden mehr als 400 Prüfstandsdaten ausgewertet und Informationen von Verbänden erhoben. Im November 2014 wurde ein Zwischenbericht erstellt, der Ergebnisse zum Holzeinsatz in Kleinfeuerungsanlagen und Informationen zur Waldnutzung in Deutschland enthielt.

Bis Anfang 2015 gingen die Projektnehmer davon aus, dass ein Parallelvorhaben (im Auftrag des Bundesumweltministeriums) den Anlagenbestand der Kleinfeuerungsanlagen in Deutschland rechtzeitig bestimmen würde, um diesen im Projekt zu nutzen. Anfang 2015 war absehbar, dass sich das Parallelprojekt um mehr als zwei Jahre bis in das Jahr 2016 hinein verzögern würde, so dass die Projektnehmer vom Umweltbundesamt gebeten wurden, eigene Berechnungen und Abschätzungen zur Bestimmung des Anlagenbestandes der Kleinfeuerungsanlagen in Deutschland durchzuführen. Die Grundlagen wurden im Jahr 2015 geschaffen und mit den Emissionsfaktoren verknüpft. Erste Ergebnisse wurden dem Umweltbundesamt und dem Umweltministerium im September 2015 zur Diskussion vorgelegt. Anfang Dezember 2015 wurde dem Umweltbundesamt ein erster Entwurf des Endberichtes zur Kommentierung übermittelt.

Nach Einarbeitung von Anmerkungen verschickte das Umweltbundesamt den Entwurf des Endberichtes an einen Expertenkreis, der am 17. März 2016 auf einem Fachgespräch die Ergebnisse der Studie diskutierte. Die Anmerkungen und Kommentare wurden mit der Fachbetreuerin im Umweltbundesamt besprochen und eine überarbeitete Endfassung des Berichtes erstellt.

2 Anlagenstruktur der Kleinfeuerungsanlagen im Referenzjahr 2010 und in den Jahren 2015, 2025, 2030, jeweils für die Szenarien „Aktuelle Politik“ und „Energiewende“

In diesem Kapitel wird erläutert, wie die Anlagenstruktur der Kleinfeuerungsanlagen in Deutschland ermittelt wurde. Aufgrund der internationalen Berichtspflichten erfolgt eine Differenzierung der Anlagen für die Bereiche *Haushalte* (HH), *Gewerbe, Handel und Dienstleistung* (GHD) sowie *Militär*.

Diverse Faktoren haben auf die Entwicklung der Anlagenstruktur von Kleinfeuerungsanlagen in den Bereichen *Haushalte*, *Gewerbe, Handel und Dienstleistungen* und *Militär* einen Einfluss. Hierzu gehören insbesondere die gesetzlichen Rahmenbedingungen (Emissionsgrenzwerte), die technischen Entwicklungen (Emissionsminderungsoptionen), Marktanreizprogramme (Förderung bestimmter Heizungstechniken), die Entwicklung von Brennstoffpreisen (v.a. Öl, Gas und Holz) sowie die wirtschaftliche Situation im Land.

Kapitel 2.1 erläutert den Kontext der Anlagenbestandsermittlung. Dabei wird auf die Grundlagen der gewählten Anlagenstruktur eingegangen (Kapitel 2.1.1), die gesetzlichen Rahmenbedingungen beschrieben (2.1.2), technische Entwicklungen zur Emissionsminderung genannt (Kapitel 2.1.3) und ökonomische Rahmenbedingungen aufgezeigt (Kapitel 2.1.4).

In Kapitel 2.2 wird die Anlagenstruktur für das Bezugsjahr 2010 ermittelt. In Kapitel 2.3 werden die Annahmen für das Szenario „Aktuelle Politik“ beschrieben. Kapitel 2.4 erläutert die Annahmen für das Szenario „Energiewende“. In jedem Szenario erfolgen Annahmen jeweils für die Jahre 2015, 2025 und 2030 hinsichtlich der Anlagenbestandveränderung gegenüber dem Bezugsjahr 2010.

2.1 Kontext der Anlagenbestandsermittlung

2.1.1 Grundlagen der gewählten Anlagenstruktur

Die Ermittlung der Anlagenstruktur basiert auf dem Anlagenbestand, der von *Struschka et al.* (2008) für das Jahr 2005 ermittelt wurde.

Um eine gute Vergleichbarkeit der Studien zu gewährleisten, erfolgt die Differenzierung des Anlagenbestandes in einer ähnlichen Struktur wie in den ebenfalls im Auftrag des Umweltbundesamtes erstellten Vorgängerstudien (Struschka et al. 2003, 2008).

Darin basiert die Aufteilung der Ölfeuerungen auf einer zuvor bearbeiteten Studie für das Umweltbundesamt über Feinstaub-Emissionen (Struschka et al. 2003). Bei Anlagen für Brenngase erfolgte die Aufteilung für 2005 entsprechend der Aufteilung aus dem zuvor bearbeiteten Projekt der baden-württembergischen Landesanstalt für Umweltschutz (LfU) zur Ermittlung von Emissionsfaktoren (Pfeiffer et al. 2000). Die Aufteilung der Anlagen für Fest-

brennstoffe erfolgte für 2005 wie in dem zuvor durchgeführten LfU-Vorhaben von *Pfeiffer et al.* (2000).

Die Kleinfeuerungsanlagen werden in der gewählten Struktur unterteilt nach

- Brennstoff (Öl, Gas, Festbrennstoffe)
- Anlagenart (Feuerungstechnik, Ofenart)
- Nennleistung der Anlage (Leistungsbereiche)
- Alter der Anlage (Errichtung nach Altersstufen)

In *Struschka et al.* (2008) wurde für alle Anlagenarten eine mittlere Nennleistung ermittelt. Die mittleren Werte von 2005 wurden in der Regel für 2010 übernommen.

Statistische Daten zum Absatz der Kleinfeuerungsanlagen differenzieren nicht nach der Verwendung der Anlagen in *Haushalten*, *Gewerbe/Handel/Dienstleistungen* und *Militär*. Deshalb erfolgte die gleiche prozentuale Verteilung auf die Nutzerbereiche wie bei *Struschka et al.* (2008), es sei denn, es lagen Gründe für eine anderweitige Aufteilung vor, die jeweils erläutert werden. Veränderungen wurden vorgenommen, wo Informationen über die Nutzung spezifischer Anlagen- und Brennstoffarten im GHD-Bereich vorlagen oder wo die Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) höhere Endenergieverbräuche für GHD auswies. Details dazu erläutert Kapitel 2.2.3.

Unter *Haushalten* werden alle *privaten Haushalte* zusammengefasst. Der Bereich *Gewerbe, Handel, Dienstleistungen* (GHD) ist nicht eindeutig von *privaten Haushalten* zu unterscheiden. In Energiebilanzen erfolgt deshalb die Abgrenzung häufig durch einen negativen Ausschluss. Das heißt, dass dem Bereich *GHD* der Energieverbrauch zugewiesen wird, der nicht eindeutig den übrigen Bereichen *Haushalte, Militär, Verkehr, Energieumwandlung* oder *Industrie* zugeordnet werden kann. Kleinfeuerungsanlagen im Bereich *GHD* umfassen beispielsweise folgende Nutzer:

- Landwirtschaft und Gartenbau,
- Handel (Einzel- und Großhandel),
- Gastgewerbe,
- Handwerk (z.B. Metall-, Holz- und Baugewerbe),
- Wäscher und Reiniger,
- Banken, Versicherungen,
- Dienstleistungen von Unternehmen und freien Berufen,
- öffentliche Einrichtungen und private Organisationen ohne Erwerbscharakter,
- industrielle Kleinbetriebe.

Bei der Ermittlung des Anlagenbestandes in den Bereichen *Haushalt* und *GHD* wurden Einflussfaktoren berücksichtigt, die sich auf die Anlagenstruktur auswirken. Dazu gehören Annahmen zu:

- Sanierung des Gebäudebestandes,
- Neubau von Gebäuden,
- Brennstoffverfügbarkeit und Brennstoffkosten,
- rechtliche Änderungen (Grenzwertverschärfungen, Ökodesign-Anforderungen),
- Förderprogramme (Zuschüsse, vergünstigte Kredite).

Matthes et al. (2013) geben eine jährliche Austauschrate von weniger als 4% auf einen Gesamtbestand von 23,4 Mio. Anlagen an. Eine pauschale Austauschrate wurde nicht angewendet, sondern individuelle Austauschraten für jede einzelne Anlagenart und Altersstufe angenommen. Bei den älteren Anlagen bestimmter Kategorien (v.a. Dauerbrandöfen, Badeöfen,

Herde) dominiert der Wegfall der Anlagen durch Gebäudesanierung oder Abriss gegenüber dem Austausch.

Es wurde darauf geachtet, dass der ermittelte Anlagenbestand im Bezugsjahr 2010 dem tatsächlichen Energieverbrauch dieses Jahres entspricht. Dabei waren sowohl die Verbrauchsmengen unterschiedlicher Energieträger zu berücksichtigen, als auch die extremen Witterverhältnisse des Bezugsjahres. Der Abgleich mit den Statistiken zum Endenergieverbrauch im Jahr 2010 erfolgt in Kapitel 3.

Für die Prognosen war darauf zu achten, dass der Anlagenbestand unter durchschnittlichen Wetterbedingungen in etwa den Energieverbrauch benötigt, der für die betrachteten Jahre und Szenarien in der Studie „Klimaschutzszenarien VI“ (Matthes et al. 2013) angegeben wurde. Der Abgleich mit dem Energieverbrauch der Jahre 2015, 2025 und 2030 findet sich in Kapitel 3.

2.1.2 Gesetzliche Rahmenbedingungen

Bei der Ermittlung der Altersstruktur sind Annahmen hinsichtlich der Einhaltung der 1. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (1. BImSchV 2010) zu treffen, die ab dem 22. März 2010 an biomassegefeuerte Anlagen verschärfte Emissionsanforderungen stellt.

Für Einzelraumfeuerungen ist ab dem 22. März 2010 die Konformität mit den Anforderungen der 1. BImSchV durch eine Prüfstandsmessbescheinigung des Herstellers oder durch eine Schornsteinfegermessung nachzuweisen. Kann der Nachweis nicht erbracht werden, gelten nach Baujahr gestaffelte Umrüstungs- bzw. Stilllegungspflichten. Die erste Frist lief am 31.12.2014 ab und galt für die vor 1975 errichteten Einzelraumfeuerungen. Es folgen Fristen am 31.12. der Jahre 2017, 2020 und 2024 für Baujahre der Einzelraumfeuerungen, die vor 1985, 1994 und vor dem 21.3.10 liegen.

Für Biomassekessel treten die neuen Anforderungen der Verordnung in zwei Stufen in Kraft. Während die 1. Stufe für Kessel gilt, die ab dem 22. März 2010 errichtet werden, trat die 2. Stufe mit verschärften Anforderungen am 1.1.2015 in Kraft. Bestehende Anlagen sind zeitlich gestaffelt nach dem Jahr der Errichtung nachzurüsten oder stillzulegen. Vor 1995 errichtete Anlagen mussten die Anforderungen spätestens am 1.1.2015 einhalten. Es folgen Fristen am 1.1. der Jahre 2019 bzw. 2025 für Anlagen, die vor 2005 bzw. bis zum 21.3.2010 errichtet wurden.

2.1.3 Entwicklung der Emissionsminderungstechnik

Wie aus Prüfstandberichten für Biomassefeuerungen hervorgeht, ist eine Vielzahl moderner Holzkessel in der Lage, die 2. Stufe der 1. BImSchV zu erfüllen (BAFA 2014b; Lasselsberger 2001; BLT Wieselburg 2013). Am zuverlässigsten sind hierbei Anlagen auf Basis von Holzpellets, so dass angenommen wird, dass sich diese – auch in Folge des höheren Wirkungsgrades und der BAFA-Förderung – gegenüber Scheitholz- und Holzhackschnitzelanlagen verstärkt durchsetzen.

Die §§ 4 und 26 der 1. BImSchV (2010) fordern für bestimmte Kleinfeuerungsanlagen eine Nachrüstung durch Abscheider nach dem Stand der Technik. An der Entwicklung von Staubabscheidern für Kleinfeuerungsanlagen wird seit einigen Jahren intensiv geforscht. Zur Bestimmung der Effizienz von auf dem Markt verfügbaren Abscheidern wurde Ende 2014 die Spezifikation DIN SPEC 33999 veröffentlicht (VDI 2014).

Zur Emissionsminderung sind einzelne Fabrikate auf dem Markt verfügbar, die einen hohen technischen Stand aufweisen, die aber noch einer Langzeituntersuchung im Betrieb bedürfen

(Lenz 2014). Im niedrigen Leistungsbereich ist eine Nachrüstung von Heizkesseln derzeit wirtschaftlich nicht tragbar (Lenz 2014).

Das DBFZ hat ein Monitoring durchgeführt, welches die Tauglichkeit der Abscheider in der Praxis untersuchte. Eine Nachrüstung von Einzelraumfeuerungen wurde anschließend als unwahrscheinlich erachtet, da Wartung und Einbau häufig eines hohen Aufwands bedürfen (TFZ 2014).

Der Einsatz von Staubabscheidern bei nichtholzartigen biogenen Feststoffen stellt sich bisweilen als schwierig dar (Lenz 2014).

Darüber hinaus werden insbesondere für Einzelraumfeuerungen sowie für Kessel Katalysatoren entwickelt, die CO- und VOC-Emissionen reduzieren. Versuche zeigten einen deutlichen Minderungseffekt; diese Systeme sind jedoch sehr empfindlich gegenüber Staubbelastungen (Bindig et al. 2014; Thiel und Hartmann 2014; Bachmaier und Hartmann 2014)

Der Einsatz von Sekundärwärmetauschern wirkt sich in Hackschnitzelkesseln in manchen Anlagen positiv auf die Partikelreduktion aus. Insbesondere bei Fichtenholz konnten dabei Abscheidegrade von mehr als 25% erzielt werden. Für Buchenhackschnitzel konnten ähnliche Ergebnisse erzielt werden, jedoch nicht so zuverlässig. (Ellner-Schuberth et al. 2010; Hartmann et al. 2013) Darüber hinaus erwirkt der zusätzliche Wärmeertrag geringere energiespezifische Emissionen.

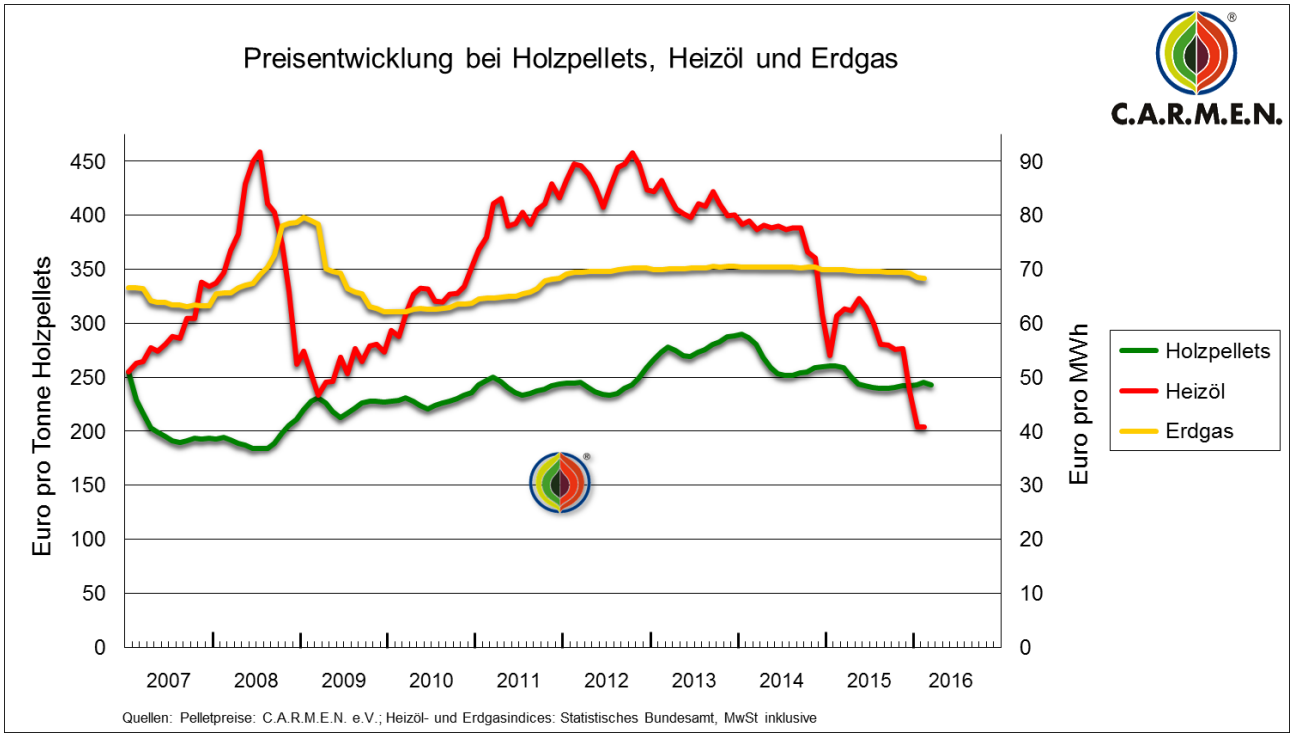
Eine Untersuchung im Auftrag des Umweltbundesamtes zum Stand der Technik bei Kleinfeuerungsanlagen (Schröder et al. 2013) sieht den CO-Grenzwert für alle Biomassekessel als einhaltbar an, stellt jedoch fest, dass die Anlagen im Jahr 2012/2013 den Grenzwert für Staub noch nicht sicher und wiederkehrend einhalten. Es wird erwartet, dass für Pellets und ggf. auch für Stückholz Kessel auf den Markt kommen, die ohne Abscheider den Grenzwert sicher einhalten. Für Holzhackschnitzelkessel wird erwartet, dass wahrscheinlich ein Abscheider erforderlich sein wird. Unsicher erscheint vor allem die langfristige Zuverlässigkeit der Abscheider im realen Betrieb.

Im Ergebnis kann festgestellt werden, dass wirtschaftliche Emissionsminderungsmaßnahmen insbesondere zur Nachrüstung bestehender Anlagen noch in der Entwicklung sind.

2.1.4 Ökonomische Rahmenbedingungen

Die Entwicklung der Brennstoffpreise hat einen hohen Einfluss auf die Kaufentscheidung bei der Neuinstallation oder dem Austausch einer Kleinfeuerungsanlage. Abbildung 7 zeigt die Entwicklung der Heizöl- und Erdgaspreise im Vergleich zum Preis für Holzpellets.

Abbildung 7: Preisentwicklung bei Holzpellets, Heizöl und Erdgas (2007-2016)



CARMEN (2016)

Im Jahr 2007/2008 sowie von Mitte 2010 bis Mitte 2014 stieg der energiespezifische Preis für Öl von 65 auf etwa 80 €/MWh an – zwischenzeitlich erreichte er 90 €/MWh. Für Gas stieg der Preis von 65 auf 80 €/MWh an und erreichte einen Spitzenwert von 80 /MWh. Für Pellets sank der Preis 2007/2008 kurzzeitig auf unter 40 €/MWh und blieb dann im Bereich von 45 bis 50 €/MWh – der Spitzenwert erreichte rund 55 €/MWh (CARMEN 2016).

Da die Energiekosten für Holzpellets in diesem Zeitraum deutlich unter denen der konventionellen Energieträger lagen, bestand ein Anreiz für die Installation von Biomassefeuerungen, insbesondere wenn alte Öl- oder Gasfeuerungen ersetzt werden sollten.

Ab Ende des Jahres 2014 sank der Ölpreis dann wie Ende 2008 erneut stark ab und lag Anfang 2015 kurzzeitig bei 50 €/MWh mit dem Pelletpreis gleichauf. Nach Zwischenanstieg auf 65 €/MWh sank der Ölpreis zum Ende des Jahres 2015 erneut und erreichte – bei etwa gleich bleibendem Pelletpreis von 50 €/MWh – am Anfang des Jahres 2016 mit 40 €/MWh einen Preis deutlich unterhalb des Pelletpreises. (CARMEN 2016)

Der fallende Ölpreis spiegelte sich deutlich in geringeren Verkaufszahlen des Jahres 2015 für alle Holzfeuerungen, die im Vergleich zu Vorjahren große Absatzminderungen zeigten (BDH 2015b).

Aufgrund des seit vielen Jahren geringen Zinsniveaus bestehen diesbezüglich keine ökonomischen Hemmnisse für die Anschaffung oder den Austausch von Kleinfeuerungsanlagen. Im Zeitraum 2005 bis 2008 erhöhte sich der EZB-Leitzins von 2% auf 4%. Im Jahr darauf erfolgte eine starke Senkung auf ein Niveau um 1%, das mehrere Jahre gehalten und im Zeitraum 2012-2016 weiter auf 0% gesenkt wurde. (EZB 2016) Eine rasche Erhöhung der Zinsen ist nicht abzusehen, so dass keine spezifischen Hindernisse für Investitionen in die Prognosen einfließen.

Gleichzeitig bestehen attraktive Förderprogramme (Kredite, Zuschüsse) für den Einbau bzw. den Austausch neuer Heizungen, insbesondere biomassegefeuerter Kessel. Gefördert wurden Anfang 2016 folgende Biomasseanlagen mit 5-100 kW Nennwärmeleistung (außer luftgeführte Pelletöfen):

- Kessel zur Verbrennung von Biomassepellets und -hackschnitzeln
- Pelletöfen mit Wassertasche
- Kombinationskessel für Biomassepellets, Holzhackschnitzel oder Scheitholz
- Besonders emissionsarme Scheitholzvergaserkessel
  (BAFA 2016)
-

2.2 Anlagenstruktur im Referenzjahr 2010

In den folgenden Unterkapiteln werden die Bestandszahlen der Kleinfeuerungsanlagen in Deutschland im Jahr 2010 dargestellt, die der 1. BImSchV unterliegen. Die Darstellung erfolgt differenziert nach den Brennstoffen *Öl*, *Gas* und *Festbrennstoffe* (Kohle, Biomasse) und den mit ihnen verbundenen Anlagenarten, separat für die beiden übergeordneten Bereiche *Haushalte* (HH) und *Gewerbe, Handel und Dienstleistungen* (GHD) einschließlich *Militär* (Kapitel 2.2.1).

Anschließend werden die Altersstruktur und Leistung der mit *Öl und Gas* betriebenen Kleinfeuerungsanlagen für das Jahr 2010 dokumentiert (Kapitel 2.2.2). Daran schließt sich die Darstellung der Struktur der mit fester *Biomasse* gefeuerten Kleinfeuerungsanlagen an (Kapitel 2.2.3).

Kapitel 2.2.4 zeigt die Veränderung der gesamten Anlagenstruktur zwischen 2005 und 2010.

2.2.1 Bestand aller Feuerungsanlagen in Haushalten und GHD einschließlich Militär

Tabelle 13 gibt für das Jahr 2010 einen Überblick über den Bestand der mit Öl, Gas und Festbrennstoffen im Geltungsbereich der 1. BImSchV betriebenen Kleinfeuerungsanlagen in den Bereichen *Haushalte* (HH) sowie *Gewerbe, Handel und Dienstleistungen* (GHD) einschließlich *Militär*.

Die Gesamtzahl der Anlagen basiert auf Erhebungen entsprechend der am Tabellenende angegebenen Quellen. Die Bestandszahlen basieren auf den Angaben für 2005 von *Struschka et al.* (2008) unter Berücksichtigung von Absatzzahlen und dem Austausch bzw. der Stilllegung von Anlagen sowie zur Verteilung auf die Bereiche *Haushalte* und *GHD* einschließlich *Militär*.

Die Aktualisierung der Struktur der mit Gas gefeuerten Anlagen für das Jahr 2010 erfolgte auf Basis der Daten des *Bundesverbands des Schornsteinfegerhandwerks – Zentralinnungsverband* (ZIV 2011a). Daten zu gasgefeuerten Brennwertkesseln wurden der *Hauswärme-Studie* entnommen (Jörg et al. 2013). Details dazu sind in Kapitel 2.2.2 beschrieben. Der Anlagenbestand 2010 für ölgefeuerte Anlagen basiert auf Daten des *Bundesverbands des Schornsteinfegerhandwerks* (ZIV 2011a, ZIV 2011b). Differenzierte Angaben über Altersstufen und Leistungsbereiche der öl- und gasgefeuerten Anlagen sind in Kapitel 2.2.2 dargestellt. Der Anlagenbestand 2010 der mit Feststoffen gefeuerten Anlagen basiert hinsichtlich der dominierenden Biomassefeuerungen auf Daten von *DEPI* (2014a), *HKI* (2015), *BDH* (2011-2014, 2015) und *BAFA* (2014c). Detaillierte Informationen zur Ermittlung der Struktur beinhaltet Kapitel 2.2.3.

Im Ergebnis (Tabelle 13) beläuft sich der Gesamtbestand der Kleinfeuerungsanlagen in Deutschland im Jahr 2010 auf **36,3 Mio. Anlagen**. Dies ist gegenüber dem für 2005 ermittelten

Bestand von 36,5 Mio. Anlagen (Struschka et al. 2008) in fünf Jahren ein Rückgang um 0,2 Mio. Anlagen
(-0,6%), entsprechend etwa 50.000 Anlagen pro Jahr. Es wird angenommen, dass ein Rückgang insbesondere durch Stilllegungen von Einzelraumfeuerungen erfolgte, die bei Sanierungen durch den Einbau von Zentralheizungen oder durch den Abriss älterer Gebäude entfielen (insbesondere Raumheizungen wie Dauerbrandöfen, die als einzige Wärmeerzeuger dienten).

Zur Entwicklung der Anlagenstruktur im Vergleich mit der Struktur des Jahres 2005 siehe Kapitel 2.2.4 ab Seite 76.

Tabelle 13: Bestand installierter Kleinfeuerungsanlagen in den Bereichen Haushalte (HH) und Gewerbe/Handel/Dienstleistungen (GHD) einschließlich Militär im Jahr 2010

Gesamtbestand aller Kleinfeuerungsanlagen im Jahr 2010 nach Brennstoff- und Geräteart		HH und GHD [1.000 Stück]	HH [1.000 Stück]	GHD + Militär [1.000 Stück]
Heizöl EL	Ölfeuerungen mit Verdampfungs-brennern [1]	52,6	50,2	2,4
	Heizkessel mit Ölgebläsebrenner [1]	5.579,3	4.374,2	1.205,1
	Ölbrennwertgeräte [2]	251,7	201,4	50,3
	Summe	5.883,6	4.625,7	1.257,9
Brenngase (Erdgas H und L sowie Flüssiggas)	Gasbrenner mit Gebläse (Heizkessel) [1]	717,7	335,4	382,4
	Gasbrenner ohne Gebläse (Heizkessel) [1]	7.062,0	5.274,2	1.787,8
	Raumluftunabhängige Heizkessel [1]	1.438,0	1.154,2	283,8
	Kombiwasserheizer [3]	2.185,2	2.184,5	0,7
	Durchlaufwasserheizer [3]	871,4	864,9	6,5
	Vorratswasserheizer [3]	264,2	257,7	6,5
	Raumheizer [3]	471,9	470,5	1,3
	Brennwertgeräte [4]	3.250,0	2.608,5	641,5
	Summe	16.260,4	13.150,0	3.110,4
Festbrennstoffe (Kohlen- und Holzbrennstoffe)	Heizkessel - handbeschickt inkl. gewerbliche Holzkessel [5, 10]	608,7	500,1	108,6
	Heizkessel für Pellets [6]	159,1	156,9	2,2
	Heizkessel - mechanisch beschickt inkl. gewerbliche Holzkessel [5, 10]	43,8	-	43,8
	Dauerbrandöfen [7]	839,3	829,4	10,0
	Kachelöfen [5] (mit Heizeinsatz oder Grundöfen)	3.288,5	3.183,7	104,8
	Kaminöfen [8]	4.856,8	4.790,7	66,1
	Pelletöfen [5]	124,8	123,1	1,7
	Kamine [5] (mit offenem oder geschlossenem Feuerraum)	3.243,2	3.213,7	29,5
	Badeöfen [9]	50,4	47,1	3,3
	Herde (und Heizungsherde) [5]	915,0	825,5	89,5
	Summe	14.129,6	13.670,2	459,4
Gesamtbestand Kleinfeuerungsanlagen		36.273,7	31.445,9	4.827,8

[1] ZIV (2011a): Altersstruktur der Feuerungsanlagen in Deutschland im Jahr 2010

[2] ZIV (2011b): Erhebungen des Schornsteinfegerhandwerks für 2010

[3] Datenbasis 2005 (Struschka et al. 2008), Abschätzung der Entwicklung 2006-2010 durch Ökopol (2015)

[4] Jörg et al. (2013): Hauswärmestudie - Fakten, Trends und Perspektiven für Heiztechniken bis 2030

[5] Berechnung Ökopol (2015) auf Datenbasis 2005 (Struschka et al. 2008) unter Berücksichtigung von Bestandsdaten für Heizkessel im Jahr 2010 (Jörg et al. 2013), Absatzzahlen 2006–2010 (HKI 2014), abgeglichen mit Biomasse-Energieverbrauchsdaten für 2010 nach individuellen Energieträgern auf Basis *Mantau* (2012a): Energieholzverwendung in Haushalten 2010 – Marktvolumen und verwendete Holzsortimente

[6] Berechnung Ökopol auf Basis der Bestandsdaten 2004-2013 (DEPI/BAFA 2014), abgeglichen mit Abschätzungen der differenzierten Energieverbrauchsangaben für Pellets im Jahr 2010 nach *Mantau* (2012a)

[7] Bestandsdaten 2005 nach *Struschka et al.* (2008). Statistiken unterscheiden nicht zwischen Dauerbrandöfen und Kaminöfen. Deshalb sind nach 2005 neu errichtete Dauerbrandöfen in der Kategorie *Kaminöfen* mit erfasst.

[8] Berechnung Ökopol (2015) auf Basis der Bestandsdaten 2005 nach *Struschka et al.* (2008) unter Berücksichtigung von Absatzzahlen 2006-2010 für Kaminöfen und hier zugeordneten Dauerbrandöfen (HKI 2014)

[9] Annahme Ökopol (2015): Bis 2010 durch Sanierung gegenüber 2005 etwa 60% Minderung der bis 1989 und etwa 40% Minderung der 1990-2005 installierten Anlagen; keine Neuanschaffung von Badeöfen.

[10] BDH (2015a): Daten zur Marktentwicklung Wärmeerzeuger 2004-2014.

2.2.2 Bestand und Anlagenstruktur für öl- und gasgefeuerte Anlagen im Jahr 2010

Die nachfolgenden Kapitel zeigen in Tabelle 14 und Tabelle 15 den Bestand der öl- und gasgefeuerten Anlagen im Jahr 2010 sowie deren Altersstruktur und Leistungsverteilung. Die Anlagendaten stammen überwiegend vom Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks (ZIV 2011a). Der nicht klar definierte Übergang in der Altersstruktur der Anlagen in den Jahren 1990/88 ist auf die Wiedervereinigung Deutschlands zurückzuführen und zieht sich durch alle ZIV-Erfassungen.

Bei Überwachungen der Schornsteinfeger nach der *1. BImSchV* (2010) erhebt der ZIV anlagenbezogene Daten für Öl- und Gasbrenner. Dabei werden Alter und Nennleistung mit erfasst. Eine Ausnahme bilden Gasbrennwertkessel, da sie nicht überwachungspflichtig sind. Ölbrennwertkessel sind vom ZIV erfasst, da Ruß und Ölderivate überwacht werden. Die Bestandsdaten für 2010 – außer Gasbrennwertkessel – werden vom ZIV übernommen (ZIV 2011a, 2011b).

Angaben zum Bestand der öl- und gasgefeuerten Anlagen finden sich auch in der vom BDH im Auftrag von Shell erstellten *Hauswärmestudie* (Jörg et al. 2013), allerdings dort für das Jahr 2011. Der Bestand der Gasbrennwertkessel wird dort für 2011 mit ca. 3,6 Millionen Anlagen angegeben. Für 2010 werden auf dieser Basis rund 3,25 Mio. Gasbrennwertkessel angenommen, da der BDH für das Jahr 2011 einen Absatz von ca. 0,36 Mio. Gasbrennwertkesseln angibt (BDH 2015a) und nur ein geringer Austausch von etwa 150.000 älteren Brennwertkesseln angenommen wird. Der *BDH* (2013) nennt 3,3 Mio. Gasbrennwertkessel in 2010, was die getroffene Annahme bestätigt.

Der Bestand der *Gaskessel* wird vom *ZIV* (2011a) für 2010 mit 12,8 Mio. Anlagen angegeben, der *BDH* (2013) nennt 12,3 Mio. Gaskessel.

Den Bestand der *Ölfeuerungen* gibt der *ZIV* (2011a) für 2010 mit 5,9 Mio. Anlagen an, der *BDH* (2013) nennt 6,1 Mio. Ölkessel.

2.2.2.1 Struktur der ölgefeuerten Anlagen in Haushalten und im Bereich GHD

Tabelle 14 stellt die Struktur der ölgefeuerten Anlagen in *Haushalten* (HH) und *GHD* einschließlich *Militär* im Jahr 2010 dar, differenziert nach Leistungsbereichen und Altersstufen der Anlagentypen. Die Daten stammen überwiegend aus der Schornsteinfegererhebung des Jahres 2010 (ZIV 2011a, ZIV 2011b) (siehe Fußnoten).

Eine Aufteilung der Anlagen auf die Bereiche *Haushalte* (HH), *Gewerbe/Handel/Dienstleistungen* (GHD) und *Militär* erfolgt in den Statistiken des ZIV nicht. Die gewählte Aufteilung entspricht deshalb überwiegend der Verteilung nach *Struschka et al.* (2008) für das Jahr 2005; Veränderungen wurden vorgenommen, wo Informationen über die Nutzung spezifischer Anlagen- und Brennstoffarten im GHD-Bereich vorlagen oder wo die Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) höhere Endenergieverbräuche für den Bereich *GHD* auswies. Details dazu erläutert Kapitel 2.2.3.

Die Einteilung der Anlagen in die spezifischen Altersgruppen und Leistungsbereiche basiert auf den Erhebungskategorien des ZIV. Die mittleren Nennwärmeleistungen entsprechen denjenigen bei *Struschka et al.* (2008). Allerdings wurde für die beiden größeren Leistungsbereiche von Öl-Verdampfungsbrennern eine höhere mittlere Leistung angesetzt, die der von Gebläsebrennern entspricht. Ohne diese Erhöhung würde der Endenergieverbrauch nicht erreicht, der für ölgefeuerte Anlagen von der AGEB angegeben wird (zum Vergleich der Endenergien siehe Kapitel 3).

Tabelle 14: Bestand an installierten Ölfeuerungen und mittlere Leistungen in HH und GHD inkl. Militär im Jahr 2010, unterteilt nach Leistungsbereich und Altersstufe

Ölfeuerungen in Deutschland (2010) Gesamtbestand [1.000 Stück]	Leistungsbereich in kW (mittlere Leistung [1])	Altersstufe	Anzahl insgesamt [1.000 Stück]	davon in Altersstufe	
				Anteil [%]	Anzahl [1.000 Stück]
5.883,6					
Heizkessel mit Verdampfungsbrennern [2]	4 - 25 (10 kW)	vor 1983	49,8	9	4,5
		1983 - 1997		50	24,8
		1998 - 2010		41	20,4
	› 25 - 50 (32 kW)	vor 1983	2,4	15	0,3
		1983 - 1997		50	1,2
		1998 - 2010		35	0,8
	› 50 (118 kW)	vor 1983	0,4	19	0,1
		1983 - 1997		39	0,2
		1998 - 2010		42	0,2
Heizkessel mit Gebläsebrennern [2]	4 - 25 (20 kW)	vor 1983	2.790,5	2	62,2
		1983 - 1997		58	1.628,4
		1998 - 2010		39	1.099,8
	› 25 - 50 (32 kW)	vor 1983	2.311,3	18	423,0
		1983 - 1997		58	1.346,0
		1998 - 2010		23	542,3
	› 50 (118 kW)	vor 1983	477,5	24	114,6
		1983 - 1997		49	232,1
		1998 - 2010		27	130,8
Ölbrennwertgeräte [3]	≥ 4 (20 kW)	1990 - 2004	251,7	1	2,9
		1998 - 2010		99	248,8

[1] Die Werte für die mittlere Nennleistung einer Altersstufe wurden außer für Verdampfungsbrenner von *Struschka et al.* (2008) übernommen. Für den unteren Leistungsbereich 4-25 kW wurde die mittlere Leistung der Verdampfungsbrenner wurde entsprechend der Festlegung für „› 4 kW“ bei *Struschka et al.* (2008) gesetzt. Die größeren Leistungsbereiche wurden wie bei Heizkesseln mit Gebläsebrennern unterteilt und die mittleren Leistungen wie bei den Gebläsebrennern festgesetzt.

[2] ZIV (2011a)

[3] ZIV (2011b)

In Tabelle 15 wird die Anlagenstruktur differenziert nach Altersstufen und Leistungsbereichen für Ölfeuerungen in *Haushalten* (HH) dargestellt. Die Altersstufen und Leistungsgruppen basieren auf den Erhebungskategorien des ZIV und entsprechen der Unterteilung in den Vorgängerstudien.

Der *ZIV* (2011a) differenziert nicht zwischen Feuerungsanlagen in *Haushalten* (HH) und *Gewerbe, Handel, Dienstleistungen* (GHD). Deshalb erfolgten eigene Abschätzungen zur Aufteilung. Insbesondere wird aufgrund der Daten der AGEB (2016) zum Endenergieverbrauch 2010 im Bereich *GHD* (siehe Kapitel 3) davon ausgegangen, dass gegenüber 2005 weniger Ölfeuerungen im Haushaltsbereich installiert sind und mehr Anlagen der gewerblichen Nut-

zung (GHD) zuzuordnen sind. Ohne den geringeren Anteil der Haushaltsfeuerungen würde der Endenergieverbrauch nicht getroffen, den die Energiebilanz den Nutzerbereichen *Haushalten* und *GHD* zuweist (s. Kapitel 3).

Tabelle 15: Bestand an installierten Ölfeuerungen und mittlere Leistungen in HH in Deutschland im Jahr 2010, unterteilt in Leistungsbereiche und Altersstufen

Ölfeuerungen in Haushalten in Deutschland (2010) Gesamtbestand [1.000 Stück]	Leistungsbereich in kW (mittlere Leistung [1])	Altersstufe	Anzahl insgesamt [1.000 Stück]	davon in Altersstufe Anteil [%]	davon in Altersstufe Anzahl [1.000 Stück]
4.625,7					
Ölfeuerungen mit Verdampfungsbrennern [2]	4 - 25 (10 kW)	vor 1983	47,5	9	4,3
		1983 - 1997		50	23,7
		1998 - 2010		41	19,5
	› 25 - 50 (32 kW)	vor 1983	2,3	15	0,3
		1983 - 1997		50	1,1
		1998 - 2010		35	0,8
	› 50 (118 kW)	vor 1983	0,4	19	0,1
50,2		1983 - 1997		39	0,2
		1998 - 2010		42	0,2
Heizkessel mit Gebläsebrennern [2]	4 - 25 (20 kW)	vor 1983	2.187,7	2	48,8
		1983 - 1997		58	1.276,7
		1998 - 2010		39	862,2
	› 25 - 50 (32 kW)	bis 1988/89	1.812,1	18	331,6
		1990 - 2004		58	1.055,3
		2005 - 2010		23	425,2
	› 50 (118 kW)	vor 1983	374,4	24	89,8
4.374,2		1983 - 1997		49	182,0
		1998 - 2010		27	102,5
Ölbrennwertgeräte [3]	≥ 4 (20 kW)	bis 1990	201,4	1	2,3
		1990 - 2010		99	199,0

[1] Die Werte für die mittlere Nennleistung einer Altersstufe wurden außer für Verdampfungsbrenner von *Struschka et al.* (2008) übernommen. Für den unteren Leistungsbereich 4-25 kW wurde die mittlere Leistung der Verdampfungsbrenner entsprechend der Festlegung für „› 4 kW“ bei *Struschka et al.* (2008) gesetzt. Die größeren Leistungsbereiche wurden wie bei Heizkesseln mit Gebläsebrennern unterteilt und die mittleren Leistungen wie bei den Gebläsebrennern festgesetzt.

[2] ZIV (2011a)

[3] ZIV (2011b)

Tabelle 16 zeigt den Bestand der ölgefeuerten Anlagen für den Bereich *Gewerbe, Handel, Dienstleistungen* (GHD) im Jahr 2010. Für die beiden größeren Leistungsbereiche von Öl-Verdampfungsbrennern wurde wie bei *Haushalten* die mittlere Leistung den Gebläsebrennern gleichgesetzt.

Tabelle 16: Bestand an installierten Ölfeuerungen und mittleren Leistungen in GHD in Deutschland im Jahr 2010, unterteilt in Leistungsbereiche und Altersstufen

Ölfeuerungen im Bereich GHD in Deutschland (2010) Gesamtbestand [1.000 Stück]	Leistungsbereich in kW (mittlere Leistung [1])	Altersstufe	Anzahl insgesamt	davon in Altersstufe	
				Anteil	Anzahl
1.257,9			[1.000 Stück]	[%]	[1.000 Stück]
Ölfeuerungen mit Verdampfungsbrennern [2]	4 - 25 (10 kW)	vor 1983	2,3	9	0,2
		1983 - 1997		50	1,1
		1998 - 2010		41	0,9
	› 25 - 50 (32 kW)	vor 1983	0,1	15	0,0
		1983 - 1997		50	0,1
		1998 - 2010		35	0,0
2,4	› 50 (118 kW)	vor 1983	0,0	19	0,0
		1983 - 1997		39	0,0
		1998 - 2010		42	0,0
Heizkessel mit Gebläsebrennern [2]	4 - 25 (20 kW)	vor 1983	602,7	2	13,4
		1983 - 1997		58	351,7
		1998 - 2010		39	237,6
	› 25 - 50 (32 kW)	bis 1988/89	499,2	18	91,4
		1990 - 2004		58	290,7
		2005 - 2010		23	117,1
1.205,1	› 50 (118 kW)	vor 1983	103,1	24	24,8
		1983 - 1997		49	50,1
		1998 - 2010		27	28,3
Ölbrennwertgeräte [3]	≥ 4 (20 kW)	bis 1990	50,3	1	0,6
		1990 - 2010		99	49,8

[1] Die Werte für die mittlere Nennleistung einer Altersstufe wurden außer für Verdampfungsbrenner von *Struschka et al.* (2008) übernommen. Für den unteren Leistungsbereich 4-25 kW wurde die mittlere Leistung der Verdampfungsbrenner entsprechend der Festlegung für „› 4 kW“ bei *Struschka et al.* (2008) gesetzt. Die größeren Leistungsbereiche wurden wie bei Heizkesseln mit Gebläsebrennern unterteilt und die mittleren Leistungen wie bei den Gebläsebrennern festgesetzt.

[2] ZIV (2011a)

[3] ZIV (2011b)

2.2.2.2 Gasgefeuerte Anlagen in Haushalten und im Bereich GHD

Die folgenden Tabellen zeigen die Anlagenstruktur für gasgefeuerte Anlagen in *Haushalten* und im Bereich *GHD*. Bis auf Angaben zu Gasbrennwertkesseln stammen die Daten aus der Schornsteinfegerüberwachung (ZIV 2011a).

Angaben zur Anzahl der Gasbrennwertkessel finden sich in der vom *Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik* (BDH) erstellten *Hauswärmestudie* (Jörg et al. 2013). Die Anzahl der Gasbrennwertkessel wird für das Jahr 2010 auf etwa 3,25 Mio. Anlagen geschätzt. Dies entspricht dem Bestand von 3,6 Mio. im Jahr 2011 (Jörg et al. 2013) unter Abzug des vom BDH (2015b) genannten Absatz im Jahr 2011 (0,36 Mio.) unter Berücksichtigung eines Austausches von ca. 50.000 Kesseln.

Bei den bis 1988/89 installierten Brennwertgeräten wurde im Zeitraum 2011-2015 ein Austausch von 50% angenommen, bei den 1990-2004 installierten Geräten ein Austausch von 20%. Auf Basis der Bestandszahlen von 2005 (Struschka et al. 2008) ergibt sich daraus ein Austausch (oder Wegfall) von etwa 300.000 Gasbrennwertkesseln, d.h. ca. 60.000 Kesseln pro Jahr.

Die Verteilung der 3,25 Mio. Gasbrennwertkessel auf die Bereiche *Haushalte* und *GHD* basiert auf der prozentualen Verteilung von 2005 (Struschka et al. 2008). Allerdings wurden die Prozentanteile des GHD-Bereiches erhöht, um den Endenergieverbrauch zu erreichen, den die Energiebilanz für 2010 (AGEB 2016) dem Bereich *Gewerbe, Handel, Dienstleistungen* zuweist (vgl. Kapitel 4.3). *Gasbrenner mit Gebläse* erhielten gegenüber 2005 einen 1,3-fach höheren Anteil, *Gasbrenner ohne Gebläse* einen 6-fach höheren Anteil und *Brennwertkessel* einen 8-fach höheren Anteil.

Für die gasgefeuerten Anlagenarten *Kombiwasserheizer, Durchlaufwasserheizer, Vorratswasserheizer* und *Raumheizer* lagen keine Daten zum Absatz der Jahre 2006 bis 2010 vor. Daher wurden die Bestandsdaten dieser Anlagen durch folgende Abschätzung aktualisiert: Aufgrund des zunehmenden Einbaus von Zentralheizungen wurde für diese Anlagenarten davon ausgegangen, dass sich der Altbestand zwischen 2005 und 2010 deutlich verringert: bis 1989 errichtete Altgeräte entfallen bei *Kombiwasserheizern und Durchlaufwasserheizer* zu 90 %, bei *Vorratswasserheizern* zu 60%, bei *Raumheizern* zu 40%. Neuere Geräte mit Baujahr 1990-2004 entfallen bzw. werden in geringem Maße ausgetauscht: 20% *Kombiheizer* und *Durchlauferhitzer*, 30% *Vorratswasserheizer* und 50 % *Raumheizer*. Gleichzeitig wird aufgrund des Einbaus von Zentralheizungen davon ausgegangen, dass nur wenige Anlagen der Gerätearten *Vorratswasserheizer* und *Raumheizer* neu errichtet wurden (2006-2010 in fünf Jahren die zwei- bis dreifache Anzahl der von *Struschka et al.* (2008) für ein Jahr (2005) angenommenen Neugeräte. Bei *Raumheizern* wird angenommen, dass der Bestand in 2010 der Bestandserhöhung im Jahr 2005 bei *Struschka et al.* (2008) entspricht.

Tabelle 17 stellt die Gesamtzahl der gasgefeuerten Anlagen aus *Haushalten* (HH) und *GHD* dar, differenziert nach Leistungsbereichen und Altersstufen der Anlagenarten. Die Altersstufen und Leistungsbereiche basieren auf den Erhebungskategorien des *ZIV* (2015) und entsprechen den Kategorien der Vorgängerstudien.

Tabelle 17: Bestand an installierten Gasfeuerungen und mittlere Leistungen in HH und GHD im Jahr 2010, unterteilt nach Leistungsbereich und Altersstufe

Gasfeuerungen in Deutschland (2010) Gesamtbestand [1.000 Stück]	Leistungs-bereich in kW (mittlere Leistung [1])	Altersstufe	Anzahl insgesamt	davon in Altersstufe	
				Anteil	Anzahl
16.260,4			[1.000 Stück]	[%]	[1.000 Stück]
Gasbrenner mit Gebläse (Heizkessel)[2]	4 - 25 (21 kW)	vor 1983	221,6	4	8,7
		1983 - 1997		62	136,6
		1998 - 2010		34	76,3
	› 25 - 50 (37 kW)	vor 1983	195,3	17	32,7
		1983 - 1997		61	120,0
		1998 - 2010		22	42,6
gesamt:	› 50 (200 kW)	vor 1983	300,8	13	38,5
717,7		1983 - 1997		57	170,0
		1998 - 2010		31	92,2
Gasbrenner ohne Gebläse (Heizkessel)[2]	4 - 25 (19 kW)	vor 1983	5.911,8	5	269,4
		1983 - 1997		63	3.722,0
		1998 - 2010		32	1.920,4
	› 25 - 50 (35 kW)	vor 1983	871,4	9	82,1
		1983 - 1997		65	565,0
		1998 - 2010		26	224,3
gesamt:	› 50 (85 kW)	vor 1983	278,8	8	21,4
7.062,0		1983 - 1997		63	175,8
		1998 - 2010		29	81,7
Raumluftunabhängige Heizkessel [2]	4 - 25 (21 kW)	vor 1983	1.384,9	0	0
		1983 - 1997		57	794,7
		1998 - 2010		43	590,2
	› 25 - 50 (35 kW)	vor 1983	40,5	0	0
		1983 - 1997		31	12,7
		1998 - 2010		69	27,9
gesamt:	› 50 (200 kW)	vor 1983	12,6	0	0
1.438,0		1983 - 1997		29	3,7
		1998 - 2010		71	8,9

Gasfeuerungen in Deutschland (2010) Gesamtbestand [1.000 Stück] 16.260,4	Leistungs-bereich in kW (mittlere Leistung [1])	Altersstufe	Anzahl ins-gesamt [1.000 Stück]	davon in Altersstufe Anteil [%]	 Anzahl [1.000 Stück]
Kombiwasserheizer [3]	≥ 4 (19 kW)	bis 1988/89	2.185,2	1	30,3
		1990 - 2004		91	1.982,0
		2005 - 2010		8	172,9
Durchlaufwasserheizer [3]	≥ 4 (19 kW)	bis 1988/89	871,4	1	10,7
		1990 - 2004		86	750,6
		2005 - 2010		13	110,1
Vorratswasserheizer [3]	≥ 4 (13 kW)	bis 1988/89	264,2	88	233,4
		1990 - 2004		8	21,6
		2005 - 2010		4	9,3
Raumheizer [3,4]	≥ 4 (8 kW)	bis 1988/89	471,9	18	86,7
		1990 - 2004		61	288,9
		2005 - 2010		20	96,3
Brennwertgeräte [5]	≥ 4 (24 kW)	bis 1988/89	3.250,0	0	6,6
		1990 - 2004		36	1.169,3
		2005 - 2010		64	2.074,1

[1] Mittlere Nennleistungen überwiegend von *Struschka et al.* (2008) übernommen; wegen extremem Winter für Gasbrenner mit Gebläse und raumluftunabhängige Heizkessel (› 50 kW) auf 200 kW, für Brennwertgeräte auf 24 kW erhöht, zur Anpassung an den Gas-Endenergieverbrauch in 2010 nach *AGEB* (2016)

[2] ZIV (2011a)

[3] Daten auf Basis 2005 (Struschka et al. 2008). Kombiwasserheizer und Durchlaufwasserheizer: 90% Wegfall der bis 1988/89, 20% Wegfall der 1990-2004 installierten Anlagen, Verdopplung des für 2005 von *Struschka et al.* (2008) angenommenen Anlagenbestandes bis 2010. Vorratswasserspeicher: 60% Wegfall der bis 1988/89, 30% Wegfall der 1990-2004 installierten Anlagen, Verdreifachung des für 2005 von *Struschka et al.* (2008) angenommenen Anlagenbestandes bis 2010. Raumheizer: 70% Wegfall der bis 1988/89, 50% Wegfall der 1990-2004 installierten Anlagen, Beibehaltung des für 2005 von *Struschka et al.* (2008) angenommenen Anlagenbestandes ohne Zuwachs bis 2010.

[4] Raumheizer beinhalten auch die Gas-Heizeinsätze und Gas-Kamine, die einen Anteil von wenigen Prozent ausmachen und damit nur eine geringe Bedeutung haben

[5] Gesamtzahl für 2011 aus *Jörg et al.* (2013), Abzug von etwas weniger als Absatz 2011 (*BDH* (2015b)

In Tabelle 18 wird die Anlagenstruktur differenziert nach Leistungsbereich und Altersstruktur der Anlagentypen für *Haushalte* (HH) dargestellt. Die Aufteilung der Gesamtanlagenzahl auf *Haushalte* und *GHD* basiert auf der prozentualen Aufteilung für das Jahr 2005 bei *Struschka et al.* (2008), wobei der GHD-Anteil für mehrere Anlagenarten erhöht wurde (siehe unten), um die jeweiligen Endenergieverbrauch für 2010 (AGEB 2016) für die beiden Nutzungsbereichen zu erreichen.

Tabelle 18: Bestand an installierten Gasfeuerungen und mittleren Leistungen in HH in Deutschland im Jahr 2010, unterteilt in Leistungsbereiche und Altersstufen

Gasfeuerungen in Haushalten in Deutschland (2010) Gesamtbestand [1.000 Stück]	Leistungsbereich in kW (mittlere Leistung [1])	Altersstufe	Anzahl insgesamt [1.000 Stück]	davon in Altersstufe Anteil [%]	 Anzahl [1.000 Stück]
13.150,0					
Gasbrenner mit Gebläse (Heizkessel) [2]	4 - 25 (21 kW)	vor 1983	103,6	4	4,1
		1983 - 1997		62	63,8
		1998 - 2010		34	35,6
	› 25 - 50 (37 kW)	vor 1983	91,3	17	15,3
		1983 - 1997		61	56,1
		1998 - 2010		22	19,9
gesamt:	› 50 (200 kW)	vor 1983	140,5	13	18,0
335,4		1983 - 1997		57	79,4
		1998 - 2010		31	43,1
Gasbrenner ohne Gebläse (Heizkessel) [2]	4 - 25 (19 kW)	vor 1983	4.415,2	5	201,2
		1983 - 1997		63	2.779,7
		1998 - 2010		32	1.434,2
	› 25 - 50 (35 kW)	vor 1983	650,8	9	61,3
		1983 - 1997		65	422,0
		1998 - 2010		26	167,5
gesamt:	› 50 (85 kW)	vor 1983	208,2	8	16,0
5.274,2		1983 - 1997		63	131,3
		1998 - 2010		29	61,0
Raumluft-unabhängige Heizkessel [2]	4 - 25 (21 kW)	vor 1983	1.111,5	0	0
		1983 - 1997		57	637,8
		1998 - 2010		43	473,7
	› 25 - 50 (37 kW)	vor 1983	32,5	0	0
		1983 - 1997		31	10,2
		1998 - 2010		69	22,4
gesamt:	› 50 (200 kW)	vor 1983	10,1	0	0
1.154,2		1983 - 1997		29	3,0

Gasfeuerungen in Haushalten in Deutschland (2010) Gesamtbestand [1.000 Stück]	Leistungsbereich in kW (mittlere Leistung [1])	Altersstufe	Anzahl insgesamt [1.000 Stück]	davon in Altersstufe	
				Anteil [%]	Anzahl [1.000 Stück]
13.150,0		1998 - 2010		71	7,1

Gasfeuerungen in Haushalten in Deutschland (2010) Gesamtbestand [1.000 Stück]	Leistungsbereich in kW (mittlere Leistung [1])	Altersstufe	Anzahl insgesamt	davon in Altersstufe	
				Anteil	Anzahl
13.150,0			[1.000 Stück]	[%]	[1.000 Stück]
Kombiwasserheizer [3]	≥ 4 (19 kW)	bis 1988/89	2.184,5	1	30,2
		1990 - 2004		91	1.982,0
		2005 - 2010		8	172,3
Durchlaufwasserheizer [3]	≥ 4 (19 kW)	bis 1988/89	864,9	1	10,6
		1990 - 2004		86	745,0
		2005 - 2010		13	109,2
Vorratswasserheizer [3]	≥ 4 (13 kW)	bis 1988/89	257,7	88	227,6
		1990 - 2004		8	21,1
		2005 - 2010		4	9,0
Raumheizer [3,4]	≥ 4 (8 kW)	bis 1988/89	470,5	18	86,4
		1990 - 2004		61	288,1
		2005 - 2010		20	96,0
Brennwertgeräte [5]	≥ 4 (24 kW)	bis 1988/89	2.608,5	0,2	4,1
		1990 - 2004		28	731,1
		2005 - 2010		72	1.873,3

[1] Mittlere Nennleistungen überwiegend von *Struschka et al.* (2008) übernommen; wegen extremem Winter für Gasbrenner mit Gebläse und raumluftunabhängige Heizkessel (› 50 kW) auf 200 kW, für Brennwertgeräte auf 24 kW erhöht, zur Anpassung an den Gas-Endenergieverbrauch in 2010 nach *AGEB* (2016)

[2] *ZIV (2011a)*, Verteilung auf *Haushalte* und *GHD* in Anlehnung an *Struschka et al.* (2008) mit 1,3-facher Erhöhung des GHD-Anteils bei Gasbrennern mit Gebläse und 6-facher Erhöhung bei Gasbrennern ohne Gebläse zur Anpassung an den Gas-Endenergieverbrauch in 2010 im Bereich GHD nach *AGEB* (2016)

[3] Daten auf Basis 2005 (Struschka et al. 2008). Kombiwasserheizer und Durchlaufwasserheizer: 90% Wegfall der bis 1988/89, 20% Wegfall der 1990-2004 installierten Anlagen, Verdopplung des für 2005 von *Struschka et al.* (2008) angenommenen Anlagenbestandes bis 2010. Vorratswasserspeicher: 60% Wegfall der bis 1988/89, 30% Wegfall der 1990-2004 installierten Anlagen, Verdreifachung des für 2005 von *Struschka et al.* (2008) angenommenen Anlagenbestandes bis 2010. Raumheizer: 70% Wegfall der bis 1988/89, 50% Wegfall der 1990-2004 installierten Anlagen, Beibehaltung des für 2005 von *Struschka et al.* (2008) angenommenen Anlagenbestandes ohne Zuwachs bis 2010.

[4] Raumheizer beinhalten auch die Gas-Heizeinsätze und Gas-Kamine, die einen Anteil von wenigen Prozent ausmachen und damit nur eine geringe Bedeutung haben.

[5] Bis 2004 installierte Anlagen basierend auf *Struschka et al.* (2008) und 50% Austausch der Anlagen bis 1988/89 sowie 20% Austausch der Anlagen 1990-2004. Gesamtbestand basierend auf Bestand für 2011 in *Jörg et al.* (2013) abzüglich Absatz 2011 nach *BDH* (2015b). Verteilung auf *Haushalte* und *GHD* in Anlehnung an *Struschka et al.* (2008) mit 8-facher Erhöhung des GHD-Anteils zur Anpassung an den Gas-Endenergieverbrauch in 2010 im Bereich GHD nach *AGEB* (2016)

Tabelle 19 bildet entsprechend die Verteilung der gasgefeuerten Anlagen für den Bereich *Gewerbe, Handel, Dienstleistungen* (GHD) ab. Um den Endenergieverbrauch zu erreichen, der für den Bereich GHD von der AGEB (2016) für das Jahr 2010 angegeben ist, wurde der Prozentanteil für GHD aus dem Jahr 2005 um den Faktor 1,3 bei Gasbrennern mit Gebläse, um den Faktor 6 bei Gasbrennern ohne Gebläse und um den Faktor 8 bei Brennwertkesseln erhöht.

Tabelle 19: Bestand an installierten Gasfeuerungen und mittleren Leistungen in GHD in Deutschland im Jahr 2010, unterteilt in Leistungsbereiche und Altersstufen

Gasfeuerungen im Bereich GHD inkl. Militär in Deutschland (2010) Gesamtbestand [1.000 Stück]	Leistungsbereich in kW (mittlere Leistung [1])	Altersstufe	Anzahl insgesamt [1.000 Stück]	davon in Altersstufe Anteil [%]	davon in Altersstufe Anzahl [1.000 Stück]
3.110,4					
Gasbrenner mit Gebläse (Heizkessel)[2]	4 - 25 (21 kW)	vor 1983	118,1	4	4,7
		1983 - 1997		62	72,8
		1998 - 2010		34	40,6
	› 25 - 50 (37 kW)	vor 1983	104,1	17	17,4
		1983 - 1997		61	63,9
		1998 - 2010		22	22,7
gesamt:	› 50 (234 kW)	vor 1983	160,2	13	20,5
382,4		1983 - 1997		57	90,6
		1998 - 2010		31	49,1
Gasbrenner ohne Gebläse (Heizkessel)[2]	4 - 25 (19 kW)	vor 1983	1.496,6	5	68,2
		1983 - 1997		63	942,3
		1998 - 2010		32	486,2
	› 25 - 50 (35 kW)	vor 1983	220,6	9	20,8
		1983 - 1997		65	143,0
		1998 - 2010		26	56,8
gesamt:	› 50 (85 kW)	vor 1983	70,6	8	5,4
1.787,8		1983 - 1997		63	44,5
		1998 - 2010		29	20,7
Raumluftunabhängige Heizkessel [2]	4 - 25 (21 kW)	vor 1983	273,4	0	0,0
		1983 - 1997		57	156,9
		1998 - 2010		43	116,5
	› 25 - 50 (35 kW)	vor 1983	8,0	0	0,0
		1983 - 1997		31	2,5
		1998 - 2010		69	5,5
gesamt:	› 50 (234 kW)	vor 1983	2,5	0	0,0
283,8		1983 - 1997		29	0,7
		1998 - 2010		71	1,8

Gasfeuerungen im Bereich GHD inkl. Militär in Deutschland (2010) Gesamtbestand [1.000 Stück]	Leistungsbereich in kW (mittlere Leistung [1])	Altersstufe	Anzahl insgesamt	davon in Altersstufe	
				Anteil	Anzahl
3.110,4			[1.000 Stück]	[%]	[1.000 Stück]
Kombiwasserheizer [3]	≥ 4 (19 kW)	bis 1988/89	0,7	11	0,1
		1990 - 2004		86	0,0
		2005 - 2010		3	0,6
Vorratswasserheizer [3]	≥ 4 (13 kW)	bis 1988/89	6,5	95	5,7
		1990 - 2004		5	0,5
		2005 - 2010		1	0,2
Raumheizer [3,4]	≥ 4 (8 kW)	bis 1988/89	1,3	30	0,2
		1990 - 2004		60	0,8
		2005 - 2010		10	0,3
Vorratswasserheizer [3]	≥ 4 (13 kW)	bis 1988/89	6,5	95	5,7
		1990 - 2004		5	0,5
		2005 - 2010		1	0,2
Brennwertgeräte [5]	≥ 4 (35 kW)	bis 1988/89	641,5	0	2,5
		1990 - 2004		68	438,2
		2005 - 2010		31	200,8

[1] Mittlere Nennleistungen überwiegend von *Struschka et al.* (2008) übernommen; wegen extremem Winter zur Anpassung an den Gas-Endenergieverbrauch in 2010 nach *AGEB* (2016) für Gasbrenner mit Gebläse und raumluftunabhängige Heizkessel (› 50 kW) auf 200 kW und für Brennwertgeräte auf 24 kW erhöht.

[2] *ZIV (2011a)*. Verteilung auf *Haushalte* und *GHD* in Anlehnung an *Struschka et al.* (2008) mit 1,3-facher Erhöhung des GHD-Anteils bei Gasbrennern mit Gebläse und 6-facher Erhöhung bei Gasbrennern ohne Gebläse zur Anpassung an den Gas-Endenergieverbrauch in 2010 im Bereich GHD nach *AGEB* (2016).

[3] Daten auf Basis 2005 (Struschka et al. 2008). Kombiwasserheizer und Durchlaufwasserheizer: 90% Wegfall der bis 1988/89, 20% Wegfall der 1990-2004 installierten Anlagen, Verdopplung des für 2005 von *Struschka et al.* (2008) angenommenen Anlagenbestandes bis 2010. Vorratswasserspeicher: 60% Wegfall der bis 1988/89, 30% Wegfall der 1990-2004 installierten Anlagen, Verdreifachung des für 2005 von *Struschka et al.* (2008) angenommenen Anlagenbestandes bis 2010. Raumheizer: 70% Wegfall der bis 1988/89, 50% Wegfall der 1990-2004 installierten Anlagen, Beibehaltung des für 2005 von *Struschka et al.* (2008) angenommenen Anlagenbestandes ohne Zuwachs bis 2010.

[4] Raumheizer beinhalten auch die Gas-Heizeinsätze und Gas-Kamine, die einen Anteil von wenigen Prozent ausmachen und damit nur eine geringe Bedeutung haben

[5] Bis 2004 installierte Anlagen basierend auf *Struschka et al.* (2008) und 50% Austausch der Anlagen bis 1988/89 sowie 20% Austausch der Anlagen 1990-2004. Gesamtbestand basierend auf Bestand für 2011 in *Jörg et al.* (2013) abzüglich Absatz 2011 nach *BDH* (2015b). Verteilung auf *Haushalte* und *GHD* in Anlehnung an *Struschka et al.* (2008) mit 8-facher Erhöhung des GHD-Anteils zur Anpassung an den Gas-Endenergieverbrauch in 2010 im Bereich GHD nach *AGEB* (2016)

2.2.2.3 Öl- und gasgefeuerte Anlagen im Bereich Militär

Im Bereich *Militär* sind keine differenzierten Daten zu den installierten Anlagenarten bekannt. Die Anlagen werden im Bereich *GHD* (siehe vorheriges Kapitel) mit erhoben. Einrichtungen des Verteidigungsministeriums verfügen über eigenes Schornsteinfegerpersonal, welches nur zur Überwachung von Gas- und Ölfeuerungen befugt ist. Die Überwachung der Holzfeuerungen erfolgt durch Schornsteinfeger, die dem ZIV zugehören. Tabelle 20 nennt Daten des Verteidigungsministeriums zu den Leistungsbereichen der beim Militär installierten Öl- und Gaskessel.

Tabelle 20: Struktur der öl- und gasgefeuerten Anlagen im Bereich Militär (2010)

Leistungs-segment	Feuerungen	
	Ölkessel	Gaskessel
kW	Anzahl	
4-25	165	50
25-50	199	107
>50	982	882
Summe	1.346	1.039

BMVg (2011b)

Verglichen mit den ZIV-Daten der privaten Haushalte und GHD beträgt die Anlagenanzahl der öl- und gasgefeuerten Anlagen des Militärs in allen Leistungssegmenten deutlich weniger als 1%.

Für den Bereich Militär werden wegen der fehlenden Differenzierung der Anlagen keine neuen Emissionsfaktoren für 2010 und die Prognosejahre gebildet, sondern die Faktoren für 2005 von *Struschka et al.* (2008) für die jeweiligen Brennstoffarten übernommen.

2.2.3 Bestand und Anlagenstruktur für biomassegefeuerte Anlagen

Zur aktuellen Anlagenstruktur von biomassegefeuerten Kleinanlagen liegen keine Daten vor, so dass Abschätzungen nötig sind. Für die Abschätzung der Bestände wird die von *Struschka et al.* (2008) erstellte Struktur der Anlagenarten und Leistungsbereiche für Festbrennstoffe im Wesentlichen beibehalten. Für das Jahr 2005 werden die Angaben zum Bestandszuwachs von *Struschka et al.* (2008) verwendet. Ab 2006 werden für die Ermittlung der Anlagenstruktur Daten zum Anlagenabsatz verwendet und Stilllegungsraten für die einzelnen Anlagenarten abgeschätzt.

Für die Aufteilung der biomassegefeuerten Anlagen auf die Bereiche *Haushalte* und *Gewerbe, Handel, Dienstleistungen* liegen keine spezifischen Erhebungen vor. Die anteilige Aufteilung erfolgt deshalb prozentual wie im Jahr 2005 bei *Struschka et al.* (2008) einschließlich der vereinfachten Annahme, dass Restholz und Hackschnitzel ausschließlich im Bereich *GHD* eingesetzt werden.

Kleinfeuerungsanlagen für Festbrennstoffe lassen sich im Wesentlichen in *Heizkesselfeuerungen* und *Einzelraumfeuerungen* unterteilen. Holz-Heizkessel werden auch *Biomassekessel* genannt.

Zu *Biomassekesseln* liegen für den Zeitraum 2005-2010 Daten von DEPI (2014a) und BAFA (2014c) vor. Da es sich bei den BAFA-Daten nur um geförderte Anlagen handelt, wurden eigene Schätzungen erstellt, ebenso wie für Hackgutkessel, die vom BDH erst ab 2011 erfasst werden. (vgl. Kapitel 2.3).

Tabelle 21: Absatzdaten für Pellet-, Scheitholz- und Hackgutkessel (2005 - 2010)

Jahr	Pelletkessel < 50 kW [1]	Pelletkessel > 50 kW [1]	Pelletkessel gesamt [1]	Scheitholz-kessel [2]	Scheitholz-kessel [3]	Hackgut-kessel [3]
2005	12.248	442	12.690	-	-	-
2006	23.213	873	24.086	-	40.000	4.500
2007	9.582	586	10.168	7.422	20.000	4.500
2008	31.138	818	31.956	15.278	40.000	4.000
2009	28.153	907	29.060	14.348	40.000	4.000
2010	16.194	583	16.777	1.703	20.000	4.500

[1] DEPI (2014a), [2] BAFA (2014c), [3] eigene Schätzung

Zur Konsolidierung der angenommenen Bestandszahlen für *Biomassekessel* liegen Daten zum Endenergieverbrauch von Holzbrennstoffen für 2006-2014 vor. Diese sind nach Holzfraktionen differenziert, z.B. Pellets, Hackschnitzel, Stückholz, Altholz, so dass sie Gerätearten zugeordnet werden konnten (AGEB 2016, Mantau 2012a, 2012b, Frondel et al. 2011, 2013, Döring et al. 2016).

Die Abschätzung des Bestandes der Holzheizkessel im Jahr 2010 basiert daher auf Bestandsdaten 2005 von *Struschka et al.* (2008), Bestands- und Absatzdaten von *DEPI* (2014a), *BAFA* (2014c) – unter Berücksichtigung von Austausch und Wegfall älterer Anlagen – sowie dem Abgleich der ermittelten Bestandszahlen für 2010 mit dem Endenergieverbrauch, der für die einzelnen Holzfraktionen *Stückholz*, *Pellets* und *Hackschnitzel* für das Jahr 2010 veröffentlicht wurde (AGEB 2016, Mantau 2012a, 2012b, Frondel et al. 2011, 2013, Döring et al. 2016). Bei dem Abgleich wird der Einfluss des extrem kalten Winters 2010 auf den Endenergieverbrauch 2010 berücksichtigt, in dem beim Anlagenbestand die Benutzungsstunden der Feuerungsanlagen erhöht wurden (s. Kapitel 3).

Eine Übersicht der recherchierten Absatzzahlen sowie Abschätzungen zum Kesselanlagenbestand im Jahr 2010 befindet sich in Kapitel 2.3.

Einzelraumfeuerungen

Für Einzelraumfeuerungen wie *Pelletöfen, Dauerbrandöfen, Kachelöfen, Kaminöfen, Kamine* und *Herde* liegen regelmäßig erhobene Absatzdaten des *Industrieverbandes Haus-, Heiz- und Küchentechnik* (HKI 2014), des *Deutschen Pelletinstituts* (DEPI 2014a) und des *Deutschen Pelletverbandes* (DEPV 2014) vor.

Die Daten von DEPI und DEPV beziehen sich auf Anlagen, die von der BAFA gefördert wurden. Deshalb werden zur Ermittlung der Anlagenstruktur im Bezugsjahr 2010 die HKI-Absatzzahlen der Jahre 2006 bis 2010 verwendet. Zusätzlich erfolgen Annahmen zur Stilllegung älterer Anlagen, zum Beispiel durch Gebäudeabriss oder Gebäudesanierung (Zentralheizungseinbau) sowie durch den Einfluss der 1. BImSchV (2010).

Allerdings sind in der Statistik des HKI die Absatzdaten für *Dauerbrandöfen* und *Kaminöfen* sowie für *Kamine* und *Kachelöfen* nicht wie bei *Struschka et al.* (2008) separat ausgewiesen; Absatzdaten für die von *Struschka et al.* (2008) ausgewiesene Kategorie der *Badeöfen* fehlen.

Für die Kategorie der *Dauerbrandöfen* erfolgt deshalb eine Abschätzung der allmählichen Stilllegung des für 2005 bei *Struschka et al.* (2008) angegebenen Bestandes. Ab 2006 installierte Dauerbrandöfen werden vollständig der Kategorie *Kaminöfen* zugeordnet, da differenzierte Statistiken nicht vorliegen und für neuere Öfen ähnliche Emissionsfaktoren erwartet werden.

Die beim *HKI* (2014) gemeinsam ausgewiesene Kategorie der *Heizeinsätze und Kamineinsätze* wird für 2005 bei *Struschka et al.* (2008) differenziert ermittelt und als *Kachelöfen* und *Kamine* bezeichnet. Die Kategorien werden hier weiterhin differenziert beibehalten. Die ab 2006 neu installierten Anlagen werden im gleichen Verhältnis wie im Jahr 2005 bei *Struschka et al.* (2008) auf die Kategorien *Kachelöfen* und *Kamine* aufgeteilt.

Zur Kategorie der *Herde* nennt die Erhebung des *HKI* (2014) Absatzdaten, die bei der Ermittlung der Anlagenstruktur berücksichtigt werden.

Für die Kategorie der *Pelletöfen* liegen Absatzzahlen des HKI vor, die aus Erhebungen bei Herstellern stammen (2014). Außerdem liegen für Pelletöfen Absatzzahlen des *Deutschen Pelletinstituts* (DEPI 2014a) sowie Daten der *BAFA* (2010, 2014c) vor, die den Anteil öffentlich geförderter Pelletöfen umfassen, so dass die realen Absatzzahlen höher liegen. Dies verdeutlichen die Daten des *HKI*, die wesentlich höhere Absatzzahlen ausweisen (HKI 2014).

Tabelle 22 nennt für Einzelraumfeuerungen die Bestandszahlen von *Struschka et al.* (2008) für das Jahr 2005 und Absatzzahlen des HKI für den Zeitraum 2006 bis 2010, fasst die Annahmen zu Stilllegungen zusammen und saldiert die Änderungen der Bestandszahlen von 2005. Im Ergebnis wird der Bestand der Einzelraumfeuerungen im Jahr 2010 angegeben.

Im Anschluss an die Tabelle werden die Annahmen für jede Anlagenart im Detail ausgeführt.

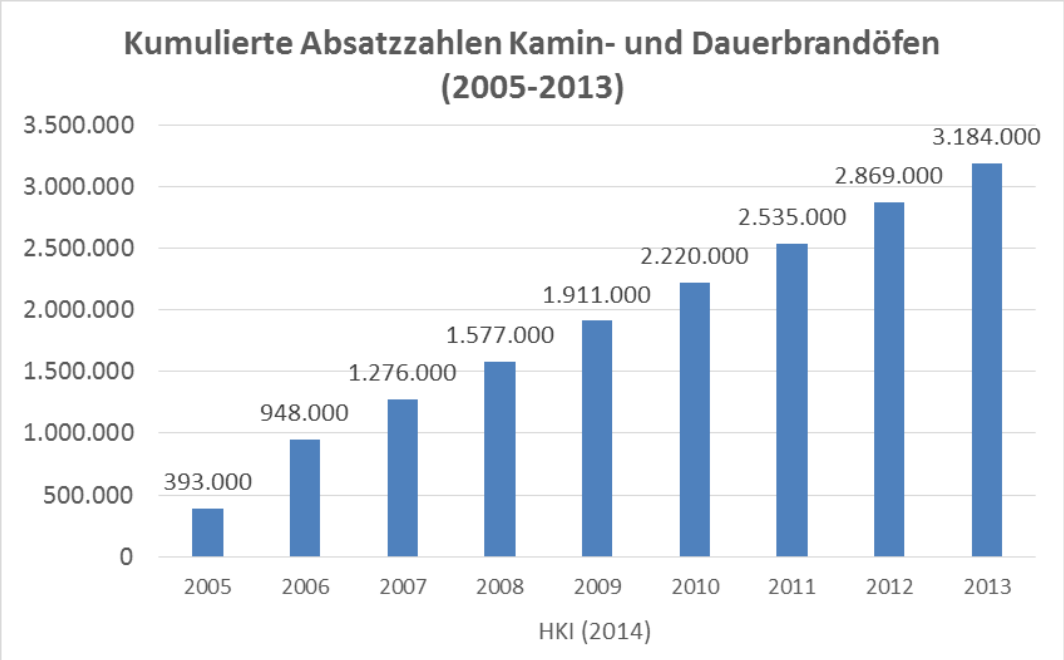
Tabelle 22: Absatzzahlen des HKI für 2006 - 2010 und Annahmen zur Bestandsänderung

Jahr	Kaminöfen, Dauerbrandöfen	Kamine, Kachelöfen (Grundöfen)	Herde	Pelletöfen	Badeöfen	Gesamt
Bestand Einzelraumfeuerungen 2005 [1]	5.240.000	7.030.000	1.350.000	40.000	120.000	13.780.000
Absatz 2006 [2]	555.000	89.000	28.000	15.000	k.A.	687.000
Absatz 2007 [2]	328.000	66.000	20.000	14.000	k.A.	428.000
Absatz 2008 [2]	301.000	66.000	21.000	21.000	k.A.	409.000
Absatz 2009 [2]	334.000	65.000	22.000	24.000	k.A.	445.000
Absatz 2010 [2]	309.000	60.000	24.000	13.000	k.A.	406.000
Summe Absatz 2006-2010 [2]	1.827.000	346.000	115.000	87.000	k.A.	2.375.000
Annahmen zu Stilllegungen 2006-2010	-1.370.900	-844.200	-550.000	-2.200	-69.600	-2.837.000
Saldo der Bestandsänderung 2006-2010	456.100	-498.200	-435.000	84.800	-69.600	-462.000
Bestand Einzelraumfeuerungen 2010	5.696.100	6.531.800	915.000	124.800	50.400	13.318.100

[1] Struschka et al. (2008), [2] HKI (2014), [3] HKI-Bezeichnung: „Heiz- und Kamineinsätze“

Abbildung 8 veranschaulicht den Absatz der Kamin- und Dauerbrandöfen. Allein im Zeitraum 2005 bis 2013 wurden 3,2 Millionen Einzelraumöfen dieser Art abgesetzt (HKI 2014).

Abbildung 8: Absatz Kamin- und Dauerbrandöfen (2005-2013)



HKI (2014)

Dauerbrandöfen

Es wurde geschätzt, dass 60% der vor 1990 errichteten *Dauerbrandöfen* stillgelegt wurden, da sie im Jahr 2010 ein Alter von mindestens 20 Jahren erreicht hatten. Sie sind vom Abriss alter Gebäude stark betroffen, da vermutet wurde, dass viele Altbauten abgebrochen wurden, in denen sie die einzige Wärmequelle waren. Weiterhin wurde geschätzt, dass 40% der im Zeitraum 1990-2005 installierten Dauerbrandöfen bis zum Jahr 2010 stillgelegt wurden. Dies erfolgte vor allem, weil ältere Öfen von Gebäudeabriss betroffen waren und zum anderen, weil seit dem 22. März 2010 die Anforderungen der 1. BImSchV gelten, die von älteren Öfen in der Regel nicht erfüllt werden (Konformität ist durch Prüfstandsmessbescheinigung des Herstellers oder durch Schornsteinfegermessung nachzuweisen). Die Pflicht zur Stilllegung besteht zwar erst – abhängig vom Baujahr – frühestens im Jahr 2015, es wurde aber ein moderater vorzeitiger Austausch angenommen, da neuere Öfen technische Verbesserungen aufweisen (höhere Effizienz, Warmwassersysteme).

Insgesamt wurden von 2006 bis 2010 etwa 900.700 Dauerbrandöfen stillgelegt. Der Bestand verringerte sich dadurch auf 839.300 Dauerbrandöfen. Da keine Statistik für den Absatz von Dauerbrandöfen besteht (vgl. HKI 2014), wurden keine neuen Öfen zugerechnet, sondern alle neu installierten Anlagen beim Bestandszuwachs der Kategorie der *Kaminöfen* mit erfasst.

Kaminöfen (ab 2005 zusammen mit Dauerbrandöfen)

Eine ebenfalls hohe Stilllegungsrate von 40% wurde auch für die vor 1990 installierten *Kaminöfen* angenommen, da sie ein Alter von 20 Jahren und mehr erreichten. Für die zwischen 1990 und 2004 errichteten Kaminöfen wurde eine Stilllegungsrate von 15% geschätzt. Diese wurde durch das Alter der Anlagen und durch den Einfluss der 1. BImSchV bewirkt. Deren Anforderungen gelten ab 22. März 2010 und werden von älteren Kaminöfen in der Regel nicht erfüllt (Konformität ist durch Prüfstandsmessbescheinigung des Herstellers oder durch Schornsteinfegermessung nachzuweisen). Insgesamt wurden 470.200 Kaminöfen im Zeitraum 2006-2010 stillgelegt (1,37 Mio. inkl. Dauerbrandöfen). Den stillgelegten Kaminöfen stand im

gleichen Zeitraum ein Absatz von 1.827.000 neuen Kaminöfen – inkl. Dauerbrandöfen – gegenüber (HKI 2014). Dadurch erhöhte sich der Bestand von 2005 (*Struschka et al.* 2008) auf 1.327.600 Anlagen im Jahr 2010.

Unter Einbeziehung des Bestandes der Dauerbrandöfen im Jahr 2005 (*Struschka et al.* 2008) und der Rückgänge in dieser Kategorie erhöhte sich der Bestand der gemeinsamen Kategorie der Dauerbrandöfen und Kaminöfen saldiert um 456.100 Öfen (vgl. Tabelle 22). Der Bestand ist damit in Summe auf 4,9 Mio. Anlagen gewachsen. Der Anteil älterer Anlagen im Gesamtbestand ist erheblich gesunken.

Kachelöfen und Kamine

Für die ältesten, vor 1990 errichteten *Kachelöfen* wurde eine Stilllegungsrate von 25% angenommen, da sie im Jahr 2010 mindestens 20 Jahre sind und bei Gebäudesanierungen und Abriss entfallen. Für die im Zeitraum 1990-2004 installierten Kachelöfen wurden 15% Stilllegungen bis zum Jahr 2010 geschätzt, die vor allem durch Abriss von älterem Gebäudebestand zustande kamen. Durch eine Sonderregelung in der 1. BImSchV müssen Grundöfen (handwerklich gesetzte Kachelöfen) nicht stillgelegt werden, wenn sie die ab März 2010 geltenden Emissionsanforderungen nicht erfüllen (1. BImSchV 2010).

Für *Kamine*, die vor 1990 sowie im Zeitraum 1990-2004 errichtet wurden, wurde lediglich eine Stilllegungsrate von 2,5% angenommen. Sie sind nicht in gleichem Maße von Gebäudesanierungen oder Abriss betroffen, da ältere Häuser mit Holzfeuerungen als einziger Wärmequelle in der Regel keine Kamine verwenden. Durch die Sonderregelung in der 1. BImSchV muss bei Überschreitung der Anforderungen von offenen Kaminen keine Stilllegung erfolgen, wenn die Kamine nur gelegentlich betrieben werden.

Insgesamt wurden auf Basis der Annahmen 774.500 Kachelöfen und 69.700 Kamine stillgelegt, in Summe 844.200 Öfen. Unter Berücksichtigung des Bestandes der Kachelöfen und Kamine im Jahr 2005 (*Struschka et al.* 2008) und der Absatzes von 346.000 Anlagen (HKI 2014) ist der Bestand im Zeitraum 2006-2010 um 498.300 Anlagen auf 6,4 Mio. Kachelöfen und Kamine gesunken (vgl. Tabelle 22). Der Anteil älterer Anlagen hat im Gesamtbestand leicht abgenommen.

Herde

Für *Herde* wurde bei den vor 1990 installierten Anlagen eine hohe Stilllegungsrate von 60% angenommen, da sie ein Alter von mindestens 20 Jahren aufwiesen und von Gebäudeabriss oder Sanierungen betroffen waren. Für die zwischen 1990 und 2004 errichteten Herde wurde eine Stilllegungsrate von 2,5% geschätzt. Bei diesen jüngeren Anlagen wurde angenommen, dass sie seltener als einzige Wärmequellen verwendet wurden und daher weniger von Gebäudeabriss oder Sanierung betroffen waren. Ein Einfluss auf die Stilllegung älterer Anlagen wurde auch durch die Anforderungen der ab 22. März 2010 gelten 1. BImSchV vermutet. Die Anforderungen werden von älteren Herden in der Regel nicht erfüllt (Konformität ist durch Prüfstandsmessbescheinigung des Herstellers oder durch Schornsteinfegermessung nachzuweisen). Die Pflicht zur Stilllegung besteht zwar frühestens ab 2015 (für Baujahre bis 1974), es wird aber von einem moderaten vorzeitigen Austausch ausgegangen, da neuere Herde technische Verbesserungen aufweisen (z.B. höhere Effizienz, Möglichkeiten zur Warmwassererzeugung).

Insgesamt wurden auf Basis der Annahmen 550.000 Herde stillgelegt. Den stillgelegten Herden stand ein Absatz von 115.000 neuen Anlagen im Zeitraum 2006-2010 gegenüber (HKI 2014). Dadurch sank der Bestand des Jahres 2005 (*Struschka et al.* 2008) bis 2010 um 435.000 Anlagen auf 915.000 Herde im Jahr 2010 (vgl. Tabelle 22). Der Anteil älterer Anlagen hat im Gesamtbestand deutlich abgenommen.

Pelletöfen

Da *Pelletöfen* eine neuere Entwicklung sind, wurde bei den bis 2004 installierten Anlagen lediglich eine Stilllegungsrate von 10% angenommen. Die Stilllegungen erfolgten unter dem Einfluss der 1. BImSchV, deren Anforderungen ab 22. März 2010 gelten und von älteren Pelletöfen in der Regel nicht erfüllt werden (Konformität ist durch Prüfstandsmessbescheinigung des Herstellers oder durch Schornsteinfegermessung nachzuweisen). Die Pflicht zur Stilllegung besteht bei Anlagen mit Baujahr ab 1985 zwar erst im Jahr 2020 (bzw. bei Baujahr ab 1995 erst im Jahr 2025), es wurde aber von einem moderaten vorzeitigen Austausch ausgegangen, da neuere Öfen auch technische Verbesserungen aufweisen (z.B. höhere Effizienz, Warmwassererzeugung).

Auf Basis der Annahmen wurden 2.200 Pelletöfen zwischen 2006 und 2010 stillgelegt (1,4% des Bestandes pro Jahr). Den stillgelegten Öfen steht im gleichen Zeitraum ein Absatz von 87.000 neuen Anlagen gegenüber (HKI 2014). Dadurch erhöhte sich der Bestand des Jahres 2005 (*Struschka et al.* 2008) um 84.800 Anlagen auf 124.800 Pelletöfen im Jahr 2010 (vgl. Tabelle 22).

Zum Vergleich: Der Deutsche Energieholz- und Pelletverband nennt für 2010 einen Bestand von ca. 60.000 Pelletöfen (DEPV 2014). Die Angaben basieren jedoch ebenso wie diejenigen des Deutschen Pelletinstituts (DEPI) und der Energieagentur Nordrhein-Westfalen nur auf Pelletöfen, die von der BAFA gefördert wurden (DEPI 2014b; EnergieAgentur.NRW 2014).

Badeöfen

Für *Badeöfen* wurde bei den vor 1990 installierten Anlagen eine hohe Stilllegungsrate von 60% angenommen, da sie ein Alter von mindestens 20 Jahren aufwiesen und von Gebäudeabriss oder Sanierungen betroffen waren. Für die zwischen 1990 und 2004 errichteten Badeöfen wurde aus dem gleichen Grund eine Stilllegungsrate von 40% geschätzt. Die 2010 in Kraft tretenden Anforderungen der 1. BImSchV gelten nicht für Badeöfen. Insgesamt wurden durch die Annahmen 69.600 Badeöfen stillgelegt. Ein Absatz neuer Badeöfen wurde im Zeitraum 2006-2010 nicht angenommen. Dadurch sank der Bestand des Jahres 2005 (*Struschka et al.* 2008) auf 50.400 Badeöfen im Jahr 2010 (vgl. Tabelle 22).

Die Summe dieser Annahmen führte im Zeitraum 2005-2010 zu einem hohen Rückgang älterer Einzelraumfeuerungen. Dieser belief sich auf 2,8 Mio. Anlagen. Gleichzeitig führten die vom HKI berichteten Absatzzahlen zur Erhaltung des Bestandsniveaus bei Einzelraumfeuerungen. Insbesondere der Absatz von jährlich 300.000 bis 555.000 Kaminöfen im Zeitraum 2006 bis 2010 sorgte dafür, dass die Gesamtzahl der Einzelraumfeuerungen mit 13,3 Millionen in 2010 nur wenig unter dem Bestand von 13,8 Millionen Einzelraumfeuerungen im Jahr 2005 (Struschka et al. 2008) lag.

Biomasseanlagen im Bereich Militär

Der Bereich *Militär* verfügt über kein eigenes Schornsteinfegerpersonal zur Erfassung der biomassegefeuerten Anlagen. Die Überwachung erfolgt durch Schornsteinfeger, die dem ZIV zugeordnet sind. Der ZIV erfasst den Anteil der Biomassefeuerungen im Bereich *Militär* nicht differenziert, so dass für diesen Bereich keine Daten zur Anlagenstruktur (Anlagenarten, Anzahl und Altersstufen) vorliegen. Die Energieeinsatzdaten des Bundesverteidigungsministeriums für 2002 bis 2012 zeigen, dass die Biomassefeuerung im Referenzjahr 2010 mit rund 11 TJ noch einen sehr geringen Anteil von weit unter 1% am Gesamtenergieverbrauch des Militärs hatte (UBA 2014) und somit bei der Emissionsberechnung vernachlässigt werden kann.

2.2.3.1 Struktur der Festbrennstofffeuerungen in Haushalten und im Bereich GHD

Tabelle 23 gibt einen Überblick über die Struktur der mit festen Brennstoffen befeuerten Anlagen aus *Haushalten* (HH) und dem Bereich *Gewerbe, Handel, Dienstleistungen* (GHD) im Jahr 2010, differenziert nach Leistungsbereich und Altersstruktur der Anlagentypen. Die genannten Anlagen verfeuern überwiegend Biomasse (v.a. Scheitholz, Pellets, untergeordnet auch Hackschnitzel und Altholz) sowie in geringerem Maße weitere Festbrennstoffe (Braunkohle und Steinkohle).

Tabelle 23: Bestand an installierten Kleinfeuerungsanlagen für feste Brennstoffe und mittlere Leistungen in Haushalten und Gewerbe, Handel, Dienstleistungen im Jahr 2010, unterteilt nach Leistungsbereich und Altersstufe

Feuerstätten für feste Brennstoffe in Deutschland (2010) Gesamtbestand [1.000 Stück]	Leistungsbereich [kW] (mittlere Leistung [1])	Altersstufe	Anzahl insgesamt [1.000 Stück]	davon in Altersstufe	
				Anteil [%]	Anzahl [1.000 Stück]
14.129,6					
Heizkessel - handbeschickt inkl. gewerbliche Holzkessel [2, 7]	4 - 25 (20 kW)	bis 1988/89	272,1	21	55,8
		1990 - 2004		60	164,4
		2005 - 2010		19	51,9
	25 - 50 (35 kW)	bis 1988/89	262,7	11	29,1
		1990 - 2004		42	109,9
		2005 - 2010		47	123,8
gesamt:	› 50 (91 kW)	bis 1988/89	73,9	6	4,8
608,7		1990 - 2004		45	33,0
		2005 - 2010		49	36,1
Heizkessel für Pellets [3]	4 - 25 (18 kW)	1990 - 2004	139,2	10	14,5
		2005 - 2010		90	124,7
gesamt:	25 - 50 (32 kW)	1990 - 2004	13,5	20	2,7
		2005 - 2010		80	10,8
159,1	› 50 (80 kW)	1990 - 2004	6,4	20	1,3
		2005 - 2010		80	5,1
Heizkessel - mech. beschickt inkl. gewerbliche Holzkessel [2]	4 - 25 (21 kW)	bis 1988/89	1,7	4	0,1
		1990 - 2004		16	0,3
		2005 - 2010		80	1,3
	25 - 50 (41 kW)	bis 1988/89	25,2	5	1,4
		1990 - 2004		20	5,1
		2005 - 2010		75	18,8
gesamt:	› 50 (158 kW)	bis 1988/89	16,9	3	0,4
43,8		1990 - 2004		30	5,1
		2005 - 2010		67	11,3

Feuerstätten für feste Brennstoffe in Deutschland (2010) Gesamtbestand [1.000 Stück]	Leistungsbereich [kW] (mittlere Leistung [1])	Altersstufe	Anzahl insgesamt	davon in Altersstufe	
				Anteil	Anzahl
14.129,6			[1.000 Stück]	[%]	[1.000 Stück]
Dauerbrandöfen [4]	< 15 kW (6,2 kW)	bis 1988/89	839,3	49	409,4
		1990 - 2010		51	429,9
Kachelöfen [2] (mit Heizeinsatz oder als Grundofen)	< 15 kW (7,6 kW)	bis 1988/89	3.288,5	46	1.510,9
		1990 - 2004		47	1.535,2
		2005 - 2010		7	242,5
Kaminöfen [2, 5]	< 15 kW (7,4 kW)	bis 1988/89	4.856,8	2	84,9
		1990 - 2004		48	2.344,0
		2005 - 2010		50	2.428,0
Pelletöfen [2]	< 15 kW (12,9 kW)	1990 - 2004	124,8	16	19,8
		2005 - 2010		84	105,0
Kamine [2] (mit offenem oder geschlossenem Feuerraum)	< 15 kW (5,9 kW)	bis 1988/89	3.243,2	46	1.506,5
		1990 - 2004		37	1.214,9
		2005 - 2010		16	521,9
Badeöfen [6]	< 15 kW (7,0 kW)	bis 1988/89	50,4	86	43,2
		1990 - 2010		14	7,2
Herde [2] (und Heizungsherde)	< 15 kW (6,4 kW)	bis 1988/89	915,0	39	360,0
		1990 - 2004		43	390,0
		2005 - 2010		18	165,0

[1] Mittlere angenommene Nennwärmeleistung der installierten Anlagen.

[2] Berechnung durch Ökopol auf Basis der Bestandsdaten von 2005 (Struschka et al. 2008); Bestandsdaten Heizkessel im Jahr 2010 gesamt (Jörg et al. 2013) plus Absatzzahlen des HKI (2014) 2006-2010 sowie Abgleich mit Abschätzungen der Energieverbrauchsmenge (Biomasse) im Jahr 2010 nach individuellen Energieträgern auf Basis von *Mantau* (2012a). Wegfall von hohen Anteilen der vor 1990 errichteten Anlagen (60% Herde, 40% Kaminöfen, 25% Kachelöfen, 25% Heizkessel handbeschickt) und eines Teils der zwischen 1990-2004 installierten Anlagen (15% Kachelöfen, 15% Kaminöfen, 15% Kachelöfen, 15% Heizkessel handbeschickt, 10% Pelletöfen, 2,5% Herde, 2,5% Kamine) durch Gebäudesanierung, Abriss oder Austausch.

[3] Berechnung durch Ökopol auf Basis der Bestandsdaten laut DEPI/BAFA (2014), Austausch von 15% der 1990-2004 errichteten Pelletkessel und Abgleich mit Abschätzungen der Energieverbrauchsmenge (Biomasse: Pellets) im Jahr 2010 nach individuellen Energieträgern auf Basis *Mantau* (2012a).

[4] Annahme Ökopol: 60% Minderung der ältesten Anlagen, 40% Minderung der Anlagen von 1990-2004 gegenüber Bestand in 2005 nach *Struschka et al.* (2008) durch Gebäudesanierung (Zentralheizungseinbau) und Abriss. Neue Dauerbrandöfen werden wie in der Statistik des HKI mit in der Kategorie "Kaminöfen" erfasst.

[5] Ab 2005 keine Unterscheidung zu Dauerbrandöfen, da bei HKI (2014) in einer Kategorie erfasst.

[6] Annahme Ökopol: 60% Minderung der ältesten Anlagen, 40% Minderung der Anlagen ab 1990 gegenüber Bestand in 2005 nach *Struschka et al.* (2008) durch Gebäudesanierung (Zentralheizungseinbau) und Abriss; keine Neuanschaffungen von Badeöfen.

Feuerstätten für feste Brennstoffe in Deutschland (2010) Gesamtbestand [1.000 Stück]	Leistungsbereich [kW] (mittlere Leistung [1])	Altersstufe	Anzahl insgesamt [1.000 Stück]	davon in Altersstufe	
				Anteil [%]	Anzahl [1.000 Stück]
14.129,6					

[7] BDH (2015a)

2.2.3.2 Festbrennstofffeuerungen in Haushalten

In Tabelle 24 wird die Anlagenstruktur differenziert nach Leistungsbereich und Altersstruktur der Anlagentypen für *Haushalte* (HH) dargestellt. Die Aufteilung der Gesamtanlagenzahl zwischen *Haushalten* und *Gewerbe, Handel, Dienstleistung* erfolgte wie oben bereits erläutert entsprechend der prozentualen Aufteilung nach *Struschka et al.* (2008). In der Altersstufe 2005-2010 werden zu den bei *Struschka et al.* (2008) für 2005 genannten Bestandszuwächsen die Bestandszuwächse eingetragen, die für den Zeitraum 2006-2010 im vorherigen Kapitel abgeschätzt wurden.

Tabelle 24: Bestand an installierten Kleinfeuerungsanlagen für feste Brennstoffe und mittlere Leistungen in HH im Jahr 2010, unterteilt nach Leistungsbereich und Altersstufe

Feuerstätten für feste Brennstoffe in Haushalten in Deutschland (2010) Gesamtbestand [1.000 Stück]	Leistungsbereich [kW] (mittlere Leistung [1])	Altersstufe	Anzahl insgesamt [1.000 Stück]	davon in Altersstufe	
				Anteil [%]	Anzahl [1.000 Stück]
13.670,2					
Heizkessel - handbeschickt [2,7]	4 - 25 (20 kW)	bis 1988/89	252,3	22	55,3
		1990 - 2004		65	162,9
		2005 - 2010		14	34,1
	25 - 50 (35 kW)	bis 1988/89	205,6	14	27,8
		1990 - 2004		51	105,0
		2005 - 2010		35	72,8
gesamt:	› 50 (91 kW)	bis 1988/89	42,2	8	3,4
500,1		1990 - 2004		55	23,2
		2005 - 2010		37	15,5
Heizkessel für Pellets [3]	4 - 25 (18 kW)	1990 - 2004	137,5	10	14,4
		2005 - 2010		90	123,1
	25 - 50 (32 kW)	1990 - 2004	13,1	19	2,6
gesamt:		2005 - 2010		81	10,6
156,9	› 50 (80 kW)	1990 - 2004	6,3	19	1,2
		2005 - 2010		81	5,1

Feuerstätten für feste Brennstoffe in Haushalten in Deutschland (2010) Gesamtbestand [1.000 Stück]	Leistungsbereich [kW] (mittlere Leistung [1])	Altersstufe	Anzahl insgesamt	davon in Altersstufe	
				Anteil	Anzahl
13.670,2			[1.000 Stück]	[%]	[1.000 Stück]
Dauerbrandöfen [4]	< 15 kW (6,2 kW)	bis 1988/89	829,4	49	404,6
		1990 - 2010		51	424,8
Kachelöfen [2] (mit Heizeinsatz oder als Grundofen)	< 15 kW (7,6 kW)	bis 1988/89	3.183,7	46	1.462,7
		1990 - 2004		47	1.486,2
		2005 - 2010		7	234,8
Kaminöfen [2, 5] (ab 2006: mit Dauerbrandöfen)	< 15 kW (7,4 kW)	bis 1988/89	4.790,7	2	83,7
		1990 - 2004		48	2.312,1
		2005 - 2010		50	2.394,9
Pelletöfen [2]	< 15 kW (12,9 kW)	1990 - 2004	123,1	16	19,5
		2005 - 2010		84	103,6
Kamine [2] (mit offenem oder geschlossenem Feuerraum)	< 15 kW (5,9 kW)	bis 1988/89	3.213,7	46	1.492,7
		1990 - 2004		37	1.203,8
		2005 - 2010		16	517,1
Badeöfen [6]	< 15 kW (7,0 kW)	bis 1988/89	47,1	86	40,4
		1990 - 2010		14	6,7
Herde [2] (und Heizungsherde)	< 15 kW (6,4 kW)	bis 1988/89	825,5	39	324,8
		1990 - 2004		43	351,9
		2005 - 2010		18	148,9

[1] Mittlere angenommene Nennwärmeleistung der installierten Anlagen.

[2] Berechnung durch Ökopol auf Basis der Bestandsdaten von 2005 (Struschka et al. 2008); Bestandsdaten Heizkessel im Jahr 2010 gesamt (Jörg et al. 2013) plus Absatzzahlen des HKI (2014) 2006-2010 sowie Abgleich mit Abschätzungen der Energieverbrauchsmenge (Biomasse) im Jahr 2010 nach individuellen Energieträgern auf Basis von *Mantau* (2012a). Wegfall von hohen Anteilen der vor 1990 errichteten Anlagen (60% Herde, 40% Kaminöfen, 25% Kachelöfen, 25% Heizkessel handbeschickt) und eines Teils der zwischen 1990-2004 installierten Anlagen (15% Kachelöfen, 15% Kaminöfen, 15% Kachelöfen, 15% Heizkessel handbeschickt, 10% Pelletöfen, 2,5% Herde, 2,5% Kamine) durch Gebäudesanierung, Abriss oder Austausch.

[3] Berechnung durch Ökopol auf Basis der Bestandsdaten laut DEPI/BAFA (2014), Austausch von 15% der 1990-2004 errichteten Pelletkessel und Abgleich mit Abschätzungen der Energieverbrauchsmenge (Biomasse: Pellets) im Jahr 2010 nach individuellen Energieträgern auf Basis *Mantau* (2012a).

[4] Annahme Ökopol: 60% Minderung der ältesten Anlagen, 40% Minderung der Anlagen von 1990-2004 gegenüber Bestand in 2005 nach *Struschka et al.* (2008) durch Gebäudesanierung (Zentralheizungseinbau) und Abriss. Neue Dauerbrandöfen werden wie in der Statistik des HKI mit in der Kategorie "Kaminöfen" erfasst.

[5] Ab 2005 keine Unterscheidung zu Dauerbrandöfen, da bei HKI (2014) in einer Kategorie erfasst.

[6] Annahme Ökopol: 60% Minderung der ältesten Anlagen, 40% Minderung der Anlagen ab 1990 gegenüber Bestand in 2005 nach *Struschka et al.* (2008) durch Gebäudesanierung (Zentralheizungseinbau) und Abriss; keine Neuanschaffungen von Badeöfen.

Feuerstätten für feste Brennstoffe in Haushalten in Deutschland (2010) Gesamtbestand [1.000 Stück]	Leistungsbereich [kW] (mittlere Leistung [1])	Altersstufe	Anzahl insgesamt	davon in Altersstufe	
				Anteil	Anzahl
13.670,2			[1.000 Stück]	[%]	[1.000 Stück]

[7] BDH (2015a)

2.2.3.3 Festbrennstofffeuerungen im Bereich Gewerbe, Handel, Dienstleistungen

Tabelle 25 zeigt die Anlagenstruktur der Festbrennstoff-Anlagen für den Bereich *Gewerbe, Handel und Dienstleistungen* (GHD).

Wie in der Vorgängerstudie (Struschka et al. 2008) werden Hackschnitzelanlagen vollständig dem Bereich *GHD* zugeschlagen, da diese hauptsächlich im Bereich der kommunalen (Nah-) Wärmeversorgung sowie im Bereich Landwirtschaft und Gartenbau zum Einsatz kommen, und eine Differenzierung zu vereinzelt in privaten Objekten zum Einsatz kommenden Anlagen nicht möglich ist.

In Stückholzfeuerungen (Heizkessel handbeschickt, Unterschubfeuerungen, Vorofenfeuerungen und Einblasfeuerungen) wird vor allem Restholz aus gewerblicher Holznutzung eingesetzt (z.B. Holzbetriebe).

Tabelle 25: Überblick der Anlagenstruktur (GHD) für Feststofffeuerungen nach Leistungsbereich und Altersstufe

Feuerstätten für feste Brennstoffe im Bereich GHD in Deutschland (2010) Gesamtbestand [1.000 Stück]		Leistungsbereich [kW] (mittlere Leistung [1])	Alters-stufe	Anzahl insgesamt	davon in Altersstufe	
					Anteil	Anzahl
119,4				[1.000 Stück]	[%]	[1.000 Stück]
Heizkessel für naturbelassenes Holz gesamt: 1194	Heizkessel - handbeschickt [2, 7]	4 - 25 (20 kW)	bis 1988/89	19,7	2	0,5
			1990 - 2004		7	1,5
			2005 - 2010		90	17,8
		25 - 50 (35 kW)	bis 1988/89	57,2	2	1,3
			1990 - 2004		9	4,9
			2005 - 2010		89	51,0
	gesamt:	› 50 (91 kW)	bis 1988/89	11,5	1	0,1
	88,5		1990 - 2004		11	1,3
			2005 - 2010		87	10,1
	Heizkessel für Pellets [3]	4 - 25 (18 kW)	1990 - 2004	1,8	7	0,1
			2005 - 2010		93	1,6
	gesamt:	25 - 50 (32 kW)	1990 - 2004	0,4	33	0,1
			2005 - 2010		67	0,2
	2,2	› 50 (80 kW)	1990 - 2004	0,1	63	0,1
			2005 - 2010		37	0,0

Feuerstätten für feste Brennstoffe im Bereich GHD in Deutschland (2010) Gesamtbestand [1.000 Stück]			Leistungsbereich [kW] (mittlere Leistung [1])	Alters-stufe	Anzahl insgesamt [1.000 Stück]	davon in Altersstufe	
						Anteil [%]	Anzahl [1.000 Stück]
119,4							
gewerbliche Heizkessel gesamt: 35,2	Heizkessel für Hackschnitzel [2] gesamt: 28,7		4 - 25 (21 kW)	bis 1988/89	1,7	4	0,1
				1990 - 2004		16	0,3
				2005 - 2010		80	1,3
			25 - 50 (41 kW)	bis 1988/89	25,2	5	1,4
				1990 - 2004		20	5,1
				2005 - 2010		75	18,8
			› 50 (158 kW)	bis 1988/89	1,8	5	0,1
				1990 - 2004		21	0,4
				2005 - 2010		74	1,3
	Heizkessel - handbeschickt [2, 7]		› 50 (78 kW)	bis 1988/89	20,2	6	1,2
				1990 - 2004		42	8,5
				ab 2005		52	10,5
	Heizkessel - mech. beschickt 15,0	Unterschub-feuerungen [2, 7]	› 50 (149 kW)	bis 1988/89	5,6	2	0,1
				1990 - 2004		25	1,4
				ab 2005		73	4,1
		Vorofen-feuerungen [2, 7]	› 50 (108 kW)	bis 1988/89	5,5	2	0,1
				1990 - 2004		35	1,9
				ab 2005		62	3,4
		Einblas-feuerungen [2, 7]	› 50 (206 kW)	bis 1988/89	4,0	2	0,1
				1990 - 2004		35	1,4
				ab 2005		63	2,5
Dauerbrandöfen [4]			‹ 15 kW (6,2 kW)	bis 1988/89	10,0	49	4,9
				ab 1990		51	5,1
Kachelöfen [2] (mit Heizeinsatz oder als Grundofen)			‹ 15 kW (7,6 kW)	bis 1988/89	104,8	46	48,2
				1990 - 2004		47	48,9
				ab 2005		7	7,7
Kaminöfen [5]			‹ 15 kW (7,4 kW)	bis 1988/89	66,1	2	1,2
				1990 - 2004		48	31,9
				ab 2005		50	33,1
Pelletöfen [2]			‹ 15 kW (12,9 kW)	1990 - 2004	1,7	16	0,3
				ab 2005		84	1,4
Kamine [2] (mit offenem oder geschlossenem Feuerraum)			‹ 15 kW (5,9 kW)	bis 1988/89	29,5	46	13,7
				1990 - 2004		37	11,1
				ab 2005		16	4,8
Badeöfen [6]			‹ 15 kW (7,0 kW)	bis 1988/89	3,3	86	2,8
				ab 1990		14	0,5

Feuerstätten für feste Brennstoffe im Bereich GHD in Deutschland (2010) Gesamtbestand [1.000 Stück]	Leistungsbereich [kW] (mittlere Leistung [1])	Alters-stufe	Anzahl insgesamt [1.000 Stück]	davon in Altersstufe	
				Anteil [%]	Anzahl [1.000 Stück]
119,4					
Herde [2] (und Heizungsherde)	< 15 kW (6,4 kW)	bis 1988/89	89,5	39	35,2
		1990 - 2004		43	38,1
		ab 2005		18	16,1

[1] Mittlere angenommene Nennwärmeleistung der installierten Anlagen.

[2] Berechnung durch Ökopol auf Basis der Bestandsdaten von 2005 (Struschka et al. 2008); Bestandsdaten Heizkessel im Jahr 2010 gesamt (Jörg et al. 2013) plus Absatzzahlen des HKI (2014) 2006-2010 sowie Abgleich mit Abschätzungen der Energieverbrauchsmenge (Biomasse) im Jahr 2010 nach individuellen Energieträgern auf Basis von *Mantau* (2012a). Wegfall von hohen Anteilen der vor 1990 errichteten Anlagen (60% Herde, 40% Kaminöfen, 25% Kachelöfen, 25% Heizkessel handbeschickt) und eines Teils der zwischen 1990-2004 installierten Anlagen (15% Kachelöfen, 15% Kaminöfen, 15% Kachelöfen, 15% 25% Heizkessel handbeschickt, 10% Pelletöfen, 2,5% Herde, 2,5% Kamine) durch Gebäudesanierung, Abriss oder Austausch.

[3] Berechnung durch Ökopol auf Basis der Bestandsdaten laut DEPI/BAFA (2014), Austausch von 15% der 1990-2004 errichteten Pelletkessel und Abgleich mit Abschätzungen der Energieverbrauchsmenge (Biomasse: Pellets) im Jahr 2010 nach individuellen Energieträgern auf Basis *Mantau* (2012a).

[4] Annahme Ökopol: 60% Minderung der ältesten Anlagen, 40% Minderung der Anlagen von 1990-2004 gegenüber Bestand in 2005 nach *Struschka et al.* (2008) durch Gebäudesanierung (Zentralheizungseinbau) und Abriss. Neue Dauerbrandöfen werden wie in der Statistik des HKI mit in der Kategorie "Kaminöfen" erfasst.

[5] Ab 2005 keine Unterscheidung zu Dauerbrandöfen, da bei HKI (2014) in einer Kategorie erfasst.

[6] Annahme Ökopol: 60% Minderung der ältesten Anlagen, 40% Minderung der Anlagen ab 1990 gegenüber Bestand in 2005 nach *Struschka et al.* (2008) durch Gebäudesanierung (Zentralheizungseinbau) und Abriss; keine Neuanschaffungen von Badeöfen

[7] BDH (2015a)

2.2.4 Vergleich der Anlagenstrukturen von 2005 und 2010

Der Bestand der mit **Öl** gefeuerten Anlagen sank zwischen 2005 und 2010 um 1,7 Mio. auf 5,9 Mio. (-22%). Mit **Gas** gefeuerte Anlagen nahmen in diesem Zeitraum um 1,7 Mio. auf 16,2 Mio. zu (+25%). **Festbrennstofffeuerungen** (v.a. für Biomasse) nahmen um 0,2 Mio. auf 14,2 Mio. ab (-1%); dabei nahmen Holzkessel (für Pellets, Stückholz, Hackschnitzel) um 0,2 Mio. auf 0,8 Mio. zu (+33%) und Einzelraumfeuerungen um 0,4 Mio. auf 13,3 Mio. ab (-3%). (vgl. Tabelle 27)

Wie anfangs erwähnt beläuft sich der Gesamtbestand der Kleinfeuerungsanlagen in Deutschland im Jahr 2010 auf **36,3 Mio. Anlagen** gegenüber 36,5 Mio. Anlagen in 2005 (Struschka et al. 2008).

Tabelle 26 zeigt eine Gegenüberstellung der gesamten Anlagenstruktur im Jahr 2005 (Struschka et al. 2008) mit den ermittelten Daten für das Referenzjahr 2010.

Tabelle 27 zeigt eine Zusammenfassung der Anlagenkategorien im Vergleich der Jahre 2005 und 2010. Sie zeigt, dass der Bestand der Ölfeuerungen zwischen 2005 und 2010 um ca. 1,75 Mio. Anlagen (23%) auf 5,9 Mio. Anlagen zurückging, während der Bestand der Gasfeuerungen um ca. 1,74 Mio. Anlagen (12%) auf 16,2 Mio. Anlagen zunahm. Dies ist im Wesentlichen auf die Neuinstallation von Gasbrennwertkesseln zurückzuführen. Die Anzahl der Gaskessel ist auf 12,5 Mio. Anlagen gestiegen, die Anzahl der Ölkessel auf 5,9 Mio. Anlagen gesunken.

Der Bestand der Biomassefeuerungen blieb in etwa gleich (-2%). Dabei ist die Anzahl der Biomassekessel um 0,2 Millionen auf 0,8 Mio. Anlagen gestiegen, Einzelraumfeuerungen sind um 0,46 Mio. auf 13,3 Mio. Anlagen zurückgegangen.

Zum Vergleich: Der BDH nennt für das Jahr 2010 insgesamt 12,3 Mio. Gaskessel und 6,1 Mio. Ölkessel sowie 0,7 Mio. Biomassekessel (BDH 2011b). Für das Folgejahr werden in der vom BDH erstellten Hauswärmestudie ca. 0,8 Mio. Biomassekessel angegeben (Jörg et al. 2013). Die Anzahl der Einzelraumfeuerungen wurde erstmalig vom ZIV im Jahr 2015 angegeben und für das Jahr 2014 auf 10 Mio. Anlagen geschätzt (ZIV 2015).

Tabelle 26: Vergleich der Anlagenstruktur aller Kleinfeuerungsanlagen in Deutschland im Jahr 2005 und im Referenzjahr 2010

Feuerung		2005 [1]	2010		2005-2010
		Bestand [1.000 Stück]	Bestand [1.000 Stück]	Quelle der Daten für 2010	Änderung [%]
Gasfeuerungen	mit Gebläse	784,9	717,7	Tabelle 17	-9%
	ohne Gebläse	6.910,3	7.062,0	Tabelle 17	2%
	raumluftunabh. Heizkessel	k.A.	1.438,0	Tabelle 17	
	Kombiwasserheizer	2.958,3	2.185,2	Tabelle 17	-26%
	Durchlaufwasserheizer	1.174,0	871,4	Tabelle 17	-26%
	Vorratswasserheizer	640,1	264,2	Tabelle 17	-59%
	Raumheizer	969,2	471,9	Tabelle 17	-51%
	Brennwertgeräte	1.070,3	3.250,0	Tabelle 17	204%
	Summe	14.507,1	16.260,4		12%
Ölfeuerungen	mit Verdampfungsbrenner	1.189,3	52,6	Tabelle 14	-96%
	mit Gebläsebrenner	6.357,0	5.579,3	Tabelle 14	-12%
	Brennwertgeräte	75,7	251,7	Tabelle 14	232%
	Summe	7.622,0	5.883,6		-23%
Holz	Kessel	596,6	811,6	Tabelle 23	36%
	Einzelraumfeuerung	13.780,0	13.318,1	Tabelle 23	-3%
	Summe	14.376,6	14.129,6		-2%
Gesamt		36.506	36.274		-1%

[1] *Struschka et al.* (2008)

Tabelle 27: Bestandsveränderung der wesentlichen Anlagenkategorien aller Kleinfeuerungsanlagen in Deutschland von 2005 bis 2010

Kleinfeuerungsanlagen in Haushalten und GHD inkl. Militär nach Brennstoff- und Geräteart	Bestand 2005 [1] [1000 Stück]	Bestand 2010 [1000 Stück]	2005-2010 Änderung [1000 Stück]	2005-2010 Änderung [%]
Ölfeuerungen	7.622,1	5.883,6	-1.738,5	-23%
Ölkessel (Heizwert)	7.546,4	5.631,9	-1.914,5	-25%
Ölkessel (Brennwert)	75,7	251,7	176	232%
Gasfeuerungen	14.507,2	16.260,4	1.753,2	12%
Gaskessel (Heizwert)	7.695,2	9.217,7	1.522,5	20%
Gaskessel (Brennwert)	1.070,3	3.250,0	2.179,7	204%
Sonstige (Gas)	5.741,7	3.792,7	-1.949,0	-34%
Festbrennstofffeuerungen	14.376,6	14.129,6	-247,0	-2%
Holzkessel	596,6	811,6	215,0	36%
Einzelraumfeuerungen	13.780,0	13.318,0	-462,0	-3%
Summe Kessel	15.794,8	19.110,3	3.315,5	21%
Summe	36.505,9	36.273,6	-232,3	-1%

[1] Struschka et al. (2008)

2.3 Anlagenstruktur im Aktuelle-Politik-Szenario (APS) 2015 bis 2030

Ausgangspunkt bei der Ermittlung der Anlagenstruktur für das Szenario „Aktuelle Politik“ ist die für das Bezugsjahr 2010 ermittelte Anlagenstruktur (siehe Kapitel 2.2).

In den folgenden Kapiteln wird beschrieben, unter welchen Annahmen die Ermittlung der Anlagenstruktur für die Jahre 2015, 2025 und 2030 im Szenario „Aktuelle Politik“ (APS) erfolgte. Annahmen zum „Energiewendeszenario“ (EWS) werden in Kapitel 2.4 beschrieben.

Gemäß der Prognose der vom Umweltbundesamt beauftragten Studie „Klimaszenarien VI“ geht im Szenario „Aktuelle Politik“ (APS) der Bestand ölgefeuerter Anlagen deutlich zurück, der Bestand an Biomassekesseln und gasgefeuerten Anlagen (v.a. KWK) nimmt zu (Matthes et al. 2013).

Die Anlagenstrukturen in den Szenarien wurden so gewählt, dass der Energieverbrauch der Kleinfeuerungsanlagen in Deutschland bei durchschnittlichen Wetterverhältnissen in etwa den prognostizierten Energieverbrauchswerten in der Studie „Klimaszenarien VI“ (Matthes et al. 2013) entspricht. Der Abgleich der Endenergieverbräuche ist in Kapitel 3 dargestellt.

2.3.1 Prognose APS der Anlagenstruktur für Öl- und Gasfeuerungen

Da der Untersuchungsschwerpunkt der Studie auf holzgefeuerten Anlagen lag, wurden Anlagenbestände für KWK-Anlagen nicht prognostiziert und keine spezifischen Emissionsfaktoren entwickelt. Für Öl- und Gasfeuerungen wird für die Jahre 2015-2030 davon ausgegangen, dass sich die Emissionsfaktoren für den Anlagenbestand gegenüber dem Bezugsjahr 2010 nicht grundlegend ändern.

Veränderungen der Emissionsmenge der öl- und gasgefeuerten Anlagen ergeben sich dadurch, dass sich der Energieverbrauch der Prognosejahre entsprechend der Angaben in der Studie „Klimaszenarien VI“ (Matthes et al. 2013) ändert (siehe Kapitel 5, Seite 146).

2.3.2 Prognose APS der Anlagenstruktur für Einzelraumfeuerungen

Als Grundlage für die Prognose der Einzelraumfeuerungen werden – wie bei der Ermittlung der Anlagenstruktur für das Bezugsjahr 2010 – die regelmäßig erhobenen Absatzzahlen des *Industrieverbandes Haus-, Heiz- und Küchentechnik* (HKI) herangezogen (HKI 2014).

Wie in Kapitel 2.2.3 erwähnt sind in der HKI-Statistik die Absatzdaten für *Dauerbrandöfen* und *Kaminöfen* sowie für *Kamine* und *Kachelöfen* gemeinsam ausgewiesen; Daten für *Badeöfen* fehlen. Für *Dauerbrandöfen* erfolgte deshalb wie bereits für das Bezugsjahr 2010 eine Abschätzung der weiteren Stilllegungen des 2010 verbliebenen Bestandes. Neue Dauerbrandöfen werden – wie schon für 2010 – vollständig der Kategorie *Kaminöfen* zugerechnet. Die beim *HKI* (2014) gemeinsam ausgewiesene Kategorie für *Kachelöfen* und *Kamine* wird differenziert geführt; die Verteilung der Bestandszuwächse erfolgt im gleichen Verhältnis wie in 2005 bei *Struschka et al.* (2008).

Tabelle 28 zeigt die angenommenen Absatzzahlen für Kaminöfen und Dauerbrandöfen, Heiz- und Kamineinsätze, sowie Herde und Pelletöfen. Sie zeigt nicht den Saldo aus Absatz und Austausch.

Ab 2015 wird im Szenario „Aktuelle Politik“ erwartet, dass die hohen Verkaufszahlen früherer Jahre bei Holzfeuerungen nicht mehr erreichen werden – z.B. zunächst aufgrund niedriger Ölpreise und der Frage der zuverlässigen Einhaltung der 1. BImSchV, in späteren Jahren wegen steigender Holzpreise und der Feinstaubdiskussion. Es wird von einer allmählichen Sättigung des Marktes und einem leichten Rückgang der Absatzzahlen ausgegangen.

Bis zum Jahr 2020 wird angenommen, dass der Absatz sich auf einem Niveau von 2/3 der Vorjahre hält, weil noch ein relativ hoher Austausch von Anlagen durch die Vorgaben der 1. BImSchV erfolgt. Anschließend wird im „Aktuelle Politik“-Szenario davon ausgegangen, dass der Absatz auf 1/3 sinkt, da der Markt ohne weitere Förderanreize Sättigungserscheinungen zeigt.

Tabelle 28: Absatzzahlen verschiedener Quellen für Einzelraumfeuerungen (2005-2013) sowie Annahmen (2014-2030) im Szenario APS ohne Saldo aus Absatz und Austausch

Jahr	Kamin- und Dauer-brandöfen [1]	Heiz- und Kamin-einsätze [1]	Herde [1]	Pelletöfen [1,2]	
2005	393.000	65.000	19.000	9.000	Absatz nach HKI (2014); Pelletöfen ab 2011 in Anlehnung an DEPI (2014a)
2006	555.000	89.000	28.000	15.000	
2007	328.000	66.000	20.000	14.000	
2008	301.000	66.000	21.000	21.000	
2009	334.000	65.000	22.000	24.000	

2010	309.000	60.000	24.000	13.000		Referenzjahr 2010
2011	315.000	60.000	23.000	15.000		
2012	334.000	61.000	24.000	20.000		
2013	315.000	59.000	21.000	22.000		
2014	315.000	59.000	21.000	15.000	Annahme: Ökopol auf Basis HKI (2014); Pelletöfen auf Basis DEPI (2014a); Endenergieverbräuche: Szenario APS (Matthes et al. 2013)	
2015	220.000	40.000	15.000	14.000		Szenario-Jahr 2015
2016	284.905	54.968	22.155	15.656		
2017	284.905	54.968	22.155	15.656		
2018	284.905	54.968	22.155	15.656		
2019	284.905	54.968	22.155	15.656		
2020	284.905	54.968	22.155	15.656		
2021	210.000	40.000	15.000	14.000		
2022	210.000	40.000	15.000	14.000		
2023	180.000	30.000	10.000	10.000		
2024	180.000	30.000	10.000	10.000		
2025	180.000	30.000	10.000	10.000		Szenario-Jahr 2025
2026	180.000	30.000	10.000	10.000		
2027	180.000	30.000	10.000	10.000		
2028	180.000	30.000	10.000	10.000		
2029	180.000	30.000	10.000	10.000		
2030	180.000	30.000	10.000	10.000		Szenario-Jahr 2030

[1] HKI (2014); [2] DEPI (2014a)

2.3.2.1 Pelletöfen

Für die Kategorie der *Pelletöfen* liegen Absatzzahlen aus der HKI-Erhebung bei Herstellern vor (2014), außerdem Absatzzahlen des *Deutschen Pelletinstituts* (DEPI 2014a) sowie Förderantragszahlen der *BAFA* (2010, 2014c). Daten von *BAFA* und *DEPI* erfassen lediglich den Anteil öffentlich geförderter Pelletöfen, so dass die realen Absatzzahlen darüber liegen. Dies verdeutlichen die Erhebungen des *HKI*, der wesentlich höhere Absatzzahlen ermittelt hat (HKI 2014).

Tabelle 29 zeigt Absatzdaten verschiedener Quellen für Pelletöfen im Zeitraum 2005 bis 2013 sowie die getroffenen Annahmen zur Ermittlung der Anlagenstruktur im Jahr 2015. Für 2014 wird ein Absatz wie im Vorjahr angesetzt. Für 2015 wird angenommen, dass der Absatz absinkt, was vorwiegend durch die gesunkenen Ölpreise begründet ist.

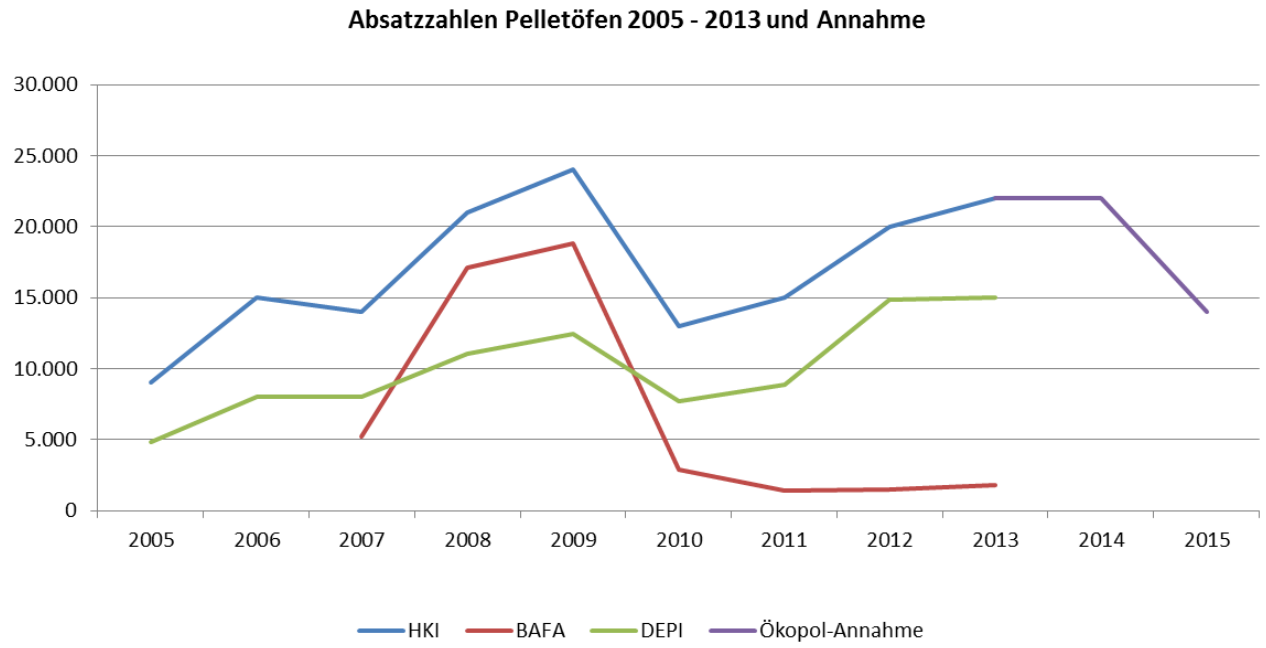
Tabelle 29: Absatzzahlen für Pelletöfen 2005 – 2013 und Annahme

Jahr	Pelletöfen [1] (HKI)	Pelletöfen [2] (DEPI)	Pelletöfen [3] (BAFA)	Pelletöfen (Ökopol-Annahme)
2005	9.000	4.797		9.000
2006	15.000	8.049		15.000
2007	14.000	8.042	5.195	14.000
2008	21.000	11.057	17.079	21.000
2009	24.000	12.486	18.788	24.000
2010	13.000	7.671	2.849	13.000
2011	15.000	8.872	1.383	15.000
2012	20.000	14.826	1.520	20.000
2013	22.000	15.000	1.770	22.000
2014				22.000
2015				14.000

[1] HKI (2014); [2] DEPI (2014a, 2016), [3] BAFA (2010, 2014c)

Abbildung 9 veranschaulicht für Pelletöfen im Zeitraum 2005 - 2013 die Absatzzahlen von HKI (2014), DEPI (2014a) und BAFA (2010, 2014c) sowie die eigenen Annahmen für 2014 und 2015.

Abbildung 9: Absatzzahlen für Pelletöfen 2005 bis 2013 und Annahme



HKI (2014); DEPI (2014a), BAFA (2010, 2014c)

Aufgrund von Abriss oder Sanierung wurde eine Austauschrate von 10% für die im Zeitraum 2005-2010 installierten Pelletöfen angesetzt. Für das Jahr 2010 ergibt sich ein Bestand von 123.100 Pelletöfen. Im Jahr 2015 wird angenommen, dass bei bestehenden Öfen, die vor 2004 errichtet wurden, 50% wegen Sanierung, Abriss oder Nichterfüllung der 1. BImSchV ausgetauscht wurden. Insgesamt wurden dadurch 41.400 Anlagen im Zeitraum 2010-2015 ausge-

tauscht, entsprechend einer Austauschquote von 5,5% pro Jahr. Beim Austausch werden neue Anlagen installiert.

Auf Basis des Bestandes von 2005 (Struschka et al. 2008) sowie des für 2010 ermittelten Bestandes ergibt sich anhand der Absatzzahlen des HKI und der angenommenen Stilllegungen für das Jahr 2015 ein Bestand von 176.400 Pelletöfen.

In den Folgejahren bis 2030 wird im *Aktuelle-Politik-Szenario* davon ausgegangen, dass der Absatz zunächst durch den Austausch von Pelletöfen, die nicht die 1. BImSchV erfüllen, auf einem ähnlichen Niveau wie in den Vorjahren konstant bleibt, und anschließend aufgrund einer Marksättigung noch einmal leicht auf ein Absatzniveau von 14.000 Anlagen pro Jahr sinkt. In Summe werden von 2011 bis 2030 rund 280.000 Pelletöfen abgesetzt, denen eine Stilllegung von 57.200 Öfen gegenüber steht.

2.3.2.2 Dauerbrandöfen

Absatzzahlen für Dauerbrandöfen werden beim HKI gemeinsam mit Kaminöfen erfasst (HKI 2014).

Emissionswerte für Dauerbrandöfen, die für die Emissionsprognose des Jahres 2005 verwendet wurden (Struschka et al. 2008) stammen überwiegend aus der Altersklasse der bis 1990 installierten Geräte. Emissionsdaten von neuen Dauerbrandöfen liegen nicht vor. Eine anteilige Zuordnung der Absatzzahlen würde somit neu installierte Dauerbrandöfen mit mindestens 20 Jahre alten Emissionswerten berechnen.

Neue Dauerbrandöfen werden deshalb gemeinsam mit Kaminöfen in der Altersstufe „ab 2005“ der Kaminöfen geführt.

Die Zusammenlegung neu installierter Dauerbrandöfen und Kaminöfen wird dadurch unterstützt, dass keine wesentlichen Unterschiede im mittleren Emissionsverhalten erwartet werden.

Für den bis 2005 errichteten Bestand wurde angenommen, dass Dauerbrandöfen nach und nach stillgelegt wurden, da sie beim Gebäudeabriss sowie bei Sanierungen entfallen. Verbleibende Anlagen entsprechen nicht der 1. BImSchV und wurden aus Altersgründen ausgetauscht.

Bis 2015 wurde angenommen, dass alle vor 1990 errichteten Dauerbrandöfen stillgelegt wurden, sowie 50% der 1990-2004 errichteten Anlagen. Bis 2025 und bis 2030 wurde von jeweils 10% Stilllegung des verbleibenden Bestandes ausgegangen. In Summe werden durch diese Annahmen im Szenario „Aktuelle Politik“ 665.000 Dauerbrandöfen stillgelegt.

2.3.2.3 Kaminöfen (inkl. Dauerbrandöfen)

Für Kaminöfen wurde für das Szenario-Jahr 2015 angenommen, dass 80% der Anlagen der Altersklasse, die bis 1989 installiert wurden, nicht weiter verwendet werden, da sie älter als 25 Jahre alt sind, von Abriss und Sanierung betroffen sind oder die Anforderungen der 1. BImSchV nicht erfüllen. Aufgrund von Abriss und Sanierung wurde angenommen, dass auch etwa 40% des Anlagenbestandes der Altersklasse der 1990 bis 2004 installierten Anlagen entfallen sowie 10% der von 2004 bis 2010 installierten Anlagen.

Für die ältesten Kaminöfen wurde zwar angenommen, dass 100% der Öfen nicht der 1. BImSchV entsprechen, aber aus Kulanz bei 20% der Kaminöfen eine Einstufung als offener Kamin erfolgt (Nutzung der Sonderregelung für offene Kamine bei offen stehender Tür), so dass dann keine Anforderungen zu erfüllen sind. Weitere Gründe dafür, dass lediglich eine teilweise Stilllegung der nichtkonformen Öfen in 2015 erfolgt, sind zum einen der Dreijahresrhythmus

der Feuerstättenprüfung, so dass nicht alle Anlagen im Jahr 2015 einer Prüfung unterliegen, und die zeitlich gestaffelten Stilllegungsfristen.

Für das Szenario-Jahr 2025 wird angenommen, dass alle bisher nicht ausgetauschten Kaminöfen der Altersklasse „bis 1989“ vollständig entfallen, da sie nun älter als 35 Jahre sind und bereits im Jahr 2015 die Anforderungen der 1. BImSchV nicht erfüllt haben. Für die Altersklasse der 1990-2004 installierten Öfen wird angenommen, dass 80% der nach 2015 verbliebenen Anlagen im Jahr 2025 entfallen. Für diese Altersklasse spielte 2015 eine Rolle, dass die Feuerstättenprüfung im Dreijahresrhythmus erfolgt, so dass anzunehmen ist, dass bis 2025 alle Prüfungen erfolgt sind.

Für das Szenario-Jahr 2030 wird die Stilllegung aller Kaminöfen erwartet, die von 1990-2004 errichtet wurden, sowie 10% der älteren Öfen, die 2005-2010 installiert wurden.

In den Szenarien wird davon ausgegangen, dass Kaminöfen, die aufgrund der 1. BImSchV ausgemustert wurden, nur teilweise gleich ersetzt werden. Der Absatz wird im Aktuelle-Politik-Szenario zunächst auf einem relativ hohen Niveau angenommen, da er noch durch hohe Austauschraten aufgrund der 1. BImSchV beeinflusst ist. Anschließend wird von einer Marktsättigung und etwas geringeren jährlichen Absatzzahlen ausgegangen. Bei den Annahmen zu Absatzdaten wurde darauf geachtet, mit dem in 2030 erreichten Bestand den durch Matthes et al. (2013) prognostizierten Endenergieverbrauch zu erreichen.

In Summe werden von 2016 bis 2030 rund 4,8 Mio. Kaminöfen (inkl. Dauerbrandöfen) abgesetzt, denen eine Stilllegung von 3,1 Mio. Anlagen gegenüber steht.

2.3.2.4 Kachelöfen und Kamine („Heiz- und Kamineinsätze“)

Bei Kachelöfen wurde aufgrund von Gebäudesanierungen, Abriss und Austausch gegen technisch verbesserte Öfen bis zum Jahr 2015 eine Stilllegung von 80% der ältesten, vor 1990 errichteten Anlagen angenommen (302.000 Stück) sowie 5% der 1990-2004 gebauten Kachelöfen. Bis zum Jahr 2025 und 2030 wurden noch einmal 10 bzw. 20% der ältesten Anlagen stillgelegt, sowie jeweils 5% der 1990-2004 gebauten Kachelöfen und im Jahr 2030 auch 5% der 2005-2010 gebauten Öfen. In Summe werden dadurch von 2010-2030 rund 1,5 Millionen Kachelöfen stillgelegt. Der Grund sind insbesondere Gebäudesanierungen und der Abriss von Gebäuden, in denen Kachelöfen teilweise als einzige Wärmequelle dienten. Ein Austausch findet deshalb nur begrenzt statt.

Bei Kaminen wurde davon ausgegangen, dass bis 2015 rund 10% der ältesten, vor 1990 errichteten Anlagen stillgelegt wurden sowie 5% der 1990-2004 erbauten Anlagen. Bis 2025 und 2030 entfallen noch einmal ebenso viele Anteile dieser ältesten Baujahre. Der Grund sind Gebäudesanierungen, Abriss und Austausch gegen technisch verbesserte Kamine. In Summe werden 730.000 Kamine stillgelegt.

Der Stilllegung von zusammen 2,2 Mio. Kachelöfen und Kaminen steht im Zeitraum 2011 bis 2030 ein Absatz von rund 870.000 Heiz- und Kamineinsätzen gegenüber.

2.3.2.5 Herde

Bei Herden wurde für das Jahr 2015 davon ausgegangen, dass alle Anlagen mit Baujahr vor 1990 stillgelegt wurden und zusätzlich 70% der bis 2004 und 50% der bis 2010 errichteten Herde entfallen. Dies erfolgt durch Gebäudesanierungen, Abriss sowie aufgrund der Nichteinhaltung der 1. BImSchV und des Austausches gegen technisch verbesserte Herde.

Der Absatz entspricht bis 2013 den Daten des HKI (2014) und bewegt sich anschließend bis 2030 auf einem ähnlichen Niveau. 2015 wurde – ähnlich wie bei anderen Holzfeuerungen – aufgrund des gesunkenen Ölpreises ein Absatzeinbruch angenommen; 2016 bis 2020 wurde

damit gerechnet, dass der Austausch der Herde, die nicht der 1. BImSchV entsprechen, für einen erhöhten Absatz sorgt.

In Summe werden von 2011 bis 2030 rund 325.000 Herde verkauft, denen die Stilllegung von 753.000 Herden gegenüber steht.

2.3.2.6 Badeöfen

Bei Badeöfen wurde für das Jahr 2015 davon ausgegangen, dass alle Anlagen mit Baujahr vor 1990 stillgelegt wurden und zusätzlich 50% der bis 2004 errichteten Badeöfen entfallen. Dies erfolgt vorwiegend durch Gebäudesanierungen und Abriss sowie aufgrund der Nichteinhaltung der 1. BImSchV. Der verbleibende Bestand von 3.600 Öfen, die 1990-2010 errichtet wurden, nimmt bis 2025 sowie bis 2030 jeweils um 10% ab, so dass 2030 noch etwa 3.000 Badeöfen verbleiben.

Aufgrund der geringen Anlagenzahlen der Badeöfen und des fehlenden Bestandszuwachses kann diese Kategorie in Zukunft bei der Emissionsberechnung gestrichen werden.

2.3.2.7 Gesamtbestand der Einzelraumfeuerungen

Im Jahr 2015 teilte der HKI mit, dass der Anlagenbestand der Einzelraumfeuerungen nach Schätzungen des ZIV bei 10 Mio. Stück liege (HKI 2015).

In Kapitel 2.2.3 wurde gezeigt, dass der für 2010 ermittelte Bestand der Einzelraumfeuerungen wegen hoher Absatzzahlen gegenüber 2005 in etwa gleich blieb, auch unter der Annahme, dass durch Gebäudesanierungen und Abriss ein erheblicher Teil älterer Einzelraumfeuerungen entfiel.

Für 2010 bis 2015 wurde ein weiterer deutlicher Rückgang der Einzelraumfeuerungen angenommen, der durch sinkende Absatzzahlen (BDH 2015b) und durch die Stilllegung von älteren Anlagen beim Abriss und bei der Gebäudesanierung sowie zur Umsetzung der 1. BImSchV erfolgt.

Entsprechend dieser Annahmen ging der Bestand der **Einzelraumfeuerungen** von 13,8 Millionen im Jahr 2005 (Struschka et al. 2008) auf **11,1 Millionen im Jahr 2015** zurück.

Bis zum **Jahr 2030** wird im Szenario „Aktuelle Politik“ ein erneuter Anstieg der Einzelraumfeuerungen auf **13,0 Millionen Anlagen** erwartet.

2.3.3 Prognose APS der Anlagenstruktur für Biomasse-Heizkessel

Die Prognosen für *Pelletkessel, Scheitholzanlagen* und *Hackschnitzelanlagen* basieren auf den Bestandsdaten des Jahres 2005 (Struschka et al. 2008) und den in Kapitel 2.2.3 ermittelten Bestandsdaten des Jahres 2010.

Für biomassegefeuerte Heizkessel liegen für alle Gerätearten statistische Daten vor, die zum einen durch Herstellermeldungen an den BDH erfolgen, zum anderen durch das Deutsche Pelletinstitut (DEPI) und das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) erhoben werden.

Der BDH erfasst genauere Absatzzahlen für biomassegefeuerte Anlagen seit der Erweiterung des Erhebungskreises im Jahr 2014 (BDH 2014). Daten der BAFA (2014c) umfassen nur die geförderten Biomassekessel. Die Daten zeigen hohe Schwankungen der Förderanträge. Für die Berechnung der Szenarien erfolgen auf Basis beider Quellen eigene Annahmen zu Absatzzahlen.

Tabelle 30, Tabelle 31 und Tabelle 32 zeigen die Statistiken für Pellet-, Scheitholz- und Hackschnitzelkessel sowie die getroffenen Annahmen.

2.3.3.1 Absatzzahlen für Pelletkessel

Tabelle 30 zeigt Absatzzahlen verschiedener statistischer Erhebungen zum Pelletkessel-Absatz 2005-2014 sowie die darauf basierenden Annahmen der Absatzzahlen, die für die Emissionsberechnung verwendet wurden. Der aus dem Absatz resultierende Bestand wird unter Berücksichtigung von Austauschraten für die Emissionsberechnung verwendet (Kapitel 5.1, Seite 146). Dabei wird für das Jahr 2005 der Bestandszuwachs entsprechend *Struschka et al.* (2008) gewählt.

Das Deutsche Pelletinstitut (DEPI 2014a) nennt die höchsten Absatzzahlen. Die BAFA-Statistik (2014c) erfasst lediglich die Teilmenge der installierten Kessel, für die Förderanträge bewilligt wurden. Die BDH-Erhebung bei Herstellern erfasst offensichtlich ebenfalls nur eine Teilmenge, die in den Jahren 2013 und 2014 sogar unterhalb der beim BAFA registrierten und geförderten Kessel lag.

Für die Emissionsberechnungen in Kapitel 5.1 werden Absatzmengen entsprechend der Daten des Deutschen Pelletinstituts (DEPI 2014a) angenommen (siehe Tabelle 33). Im Jahr 2015 wurde vom BDH bereits im laufenden Jahr mitgeteilt, dass die Absatzzahlen für holzgefeuerte Kessel deutlich zurückgegangen seien (BDH 2015b). Aus diesem Grund wurde für das Jahr 2015 gegenüber dem Jahr 2013 ein deutlicher Rückgang angenommen.

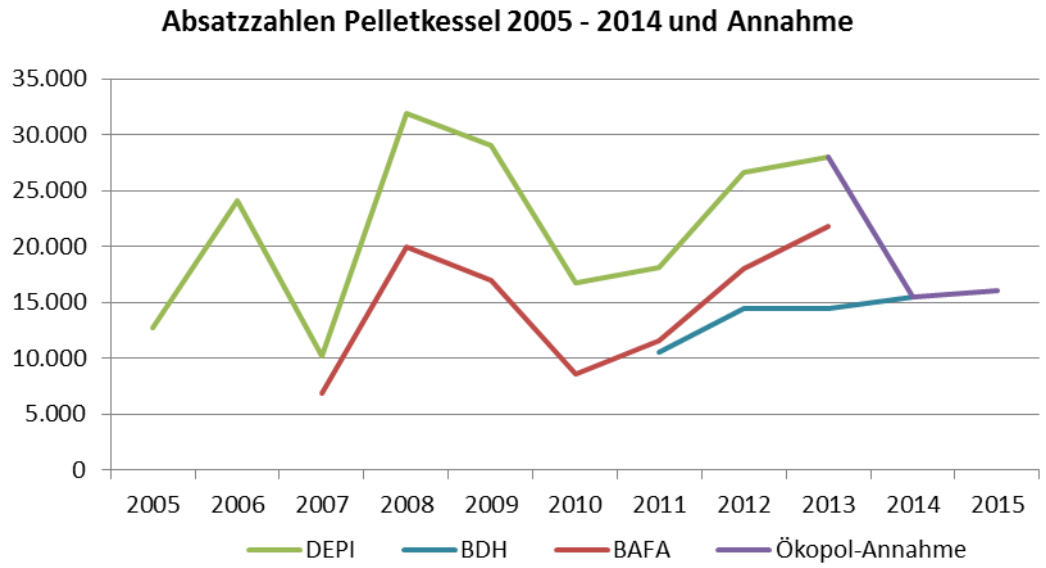
Tabelle 30: Absatzzahlen für Pelletkessel 2005 bis 2014 und Annahme

Jahr	Pelletkessel [1] (BAFA)	Pelletkessel [2] (DEPI)	Pelletkessel [3] (BDH)	Pelletkessel (Ökopol-Annahme)
2005		12.690		12.690
2006		24.086		24.086
2007	6.854	10.168		10.168
2008	19.984	31.956		31.956
2009	16.943	29.060		29.060
2010	8.636	16.777		16.777
2011	11.582	18.155	10.500	18.155
2012	18.058	26.647	14.500	26.647
2013	21.782	28.000	14.500	28.000
2014			15.500	15.500
2015				16.000

[1] BAFA (2010, 2014c); [2] DEPI (2014a); [3] BDH (2011-2014)

Abbildung 10 stellt die Absatzdaten von BAFA, DEPI und BDH zusammen mit der Annahme dar.

Abbildung 10: Absatzzahlen für Pelletkessel 2005 - 2014 und Annahme



DEPI (2014a), BDH (2011-2014), BAFA (2010, 2014c)

2.3.3.2 Absatzzahlen für Scheitholzkessel

Auch für Scheitholzkessel liegen unterschiedliche Absatzstatistiken der BAFA (2010, 2014c), des BDH (2011-2014) und des DEPI (2014) vor. Auffällig ist, dass bei den Daten des BDH (2011-2014) die Absatzzahlen im Jahr 2014 sprunghaft ansteigen. Dies liegt nach Angaben des BDH daran, dass den Daten seit 2014 ein erweiterter Meldekreis zugrunde liegt. Die tatsächlichen Absatzzahlen lagen somit auch in den Jahren davor über den Angaben der BDH-Statistik (BDH 2011-2014).

Für die Jahre 2015, 2020 und 2030 war die Vorgabe des Umweltbundesamtes für das Projekt, dass der Energieverbrauch des Anlagenbestandes mit dem Verbrauch an Biomasse übereinstimmt, der im *Klimaschutzszenario VI* prognostiziert wird (Matthes et al. 2013). Der Biomasseverbrauch einzelner Brennstoffarten sollte ebenfalls zu den differenzierten Abschätzungen zum Einsatz von Scheitholz passen (Frondel et al. 2011, Frondel et al. 2013, Mantau 2012a). Der von *Matthes et al.* (2013) prognostizierte Biomasseverbrauch wird nicht erreicht, wenn mit Zuwachszahlen in der Größenordnung der Daten von *BDH* oder *BAFA* gerechnet wird.

Um den im *Klimaschutzszenario VI* (Matthes et al. 2013) auf Basis der Aktuellen Politik für 2015 prognostizierten Biomasseverbrauch zu erreichen, wird für die Jahre 2005 bis 2014 ein überwiegend höherer Absatz an Scheitholzkesseln angenommen, als von BDH und BAFA ermittelt. Der hohe Absatz wird später v.a. dem Gewerbe zugeordnet (d.h. Scheitholzeinsatz zum Beispiel in landwirtschaftlichen Betrieben).

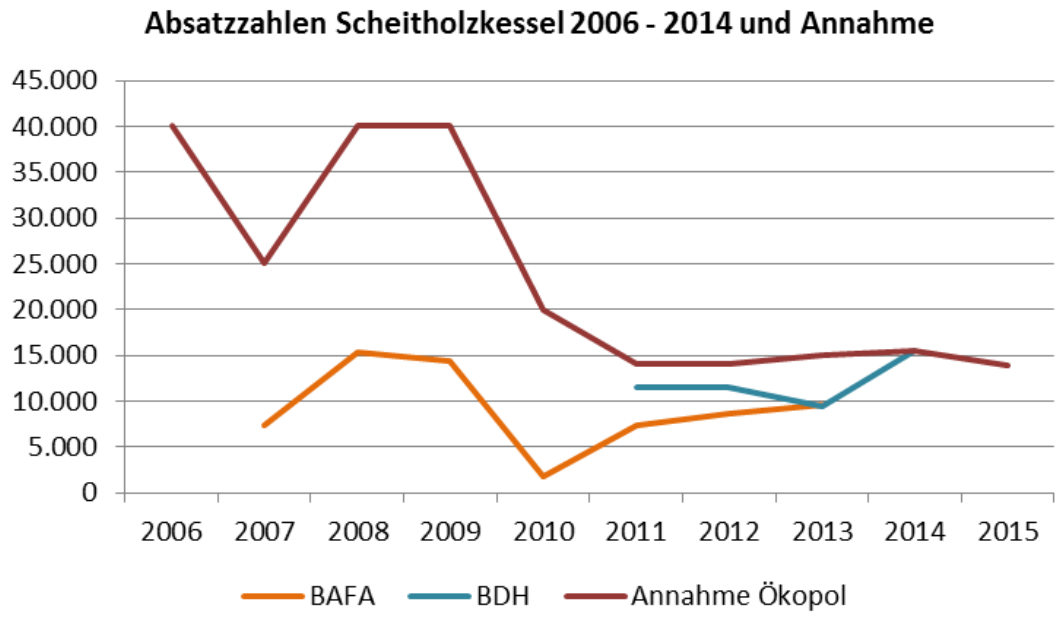
Tabelle 31: Absatzzahlen für Scheitholzkessel 2006 - 2014 und Annahme

Jahr	Scheitholzkessel [1] (BAFA)	Scheitholzkessel [2] (BDH)	Scheitholzkessel (Annahme Ökopol)
2006			40.000
2007	7.422		25.000
2008	15.278		40.000
2009	14.348		40.000
2010	1.703		20.000
2011	7.338	11.500	14.000
2012	8.565	11.500	14.000
2013	9.549	9.500	15.000
2014		15.500	15.500
2015			13.950

[1] BAFA (2010, 2014c); [2] BDH (2011-2014)

Abbildung 11 stellt zum Scheitholzkesselabsatz die Daten von BAFA (2010, 2014c) und BDH (2011-2014) graphisch dar und zeigt die eigenen Annahmen zum deutlich höheren Absatz bis 2010, um mit dem Anlagenbestand im Jahr 2010 den realen Energieverbrauch zu treffen (unter Berücksichtigung höherer Volllaststunden aufgrund des extrem kalten Winters im Jahr 2010, s. Kapitel 3).

Abbildung 11: Absatzzahlen für Scheitholzkessel der Jahre 2006 - 2014 und Annahme



BAFA (2010, 2014c); BDH (2011-2014)

2.3.3.3 Absatzzahlen für Hackschnitzelkessel

Die Statistiken zum Absatz von Hackschnitzelkesseln basieren ähnlich wie diejenigen zu Scheitholzkesseln auf BAFA- und BDH-Daten. Durch die Erweiterung des Erhebungskreises kam es bei den BDH-Daten im Jahr 2014 zu einem deutlichen Sprung in den Absatzzahlen. Tabelle 32 zeigt die Absatzzahlen sowie die eigenen Annahmen. Letztere basieren darauf, dass der BDH den Erhebungskreis 2014 erweiterte und somit für die Vorjahre deutlich höhere Absatzzahlen erwartet werden, insbesondere da diese Jahre für andere holzgefeuerte Anlagen besonders hohe Absatzzahlen zeigten. Für 2015 wird angenommen, dass die Absatzzahlen dem Trend bei holzgefeuerten Anlagen folgen und aufgrund gefallener Ölpreise sowie einer Verunsicherung hinsichtlich der sicheren Einhaltung der 1. BImSchV erheblich zurückgehen (vgl. BDH 2015b).

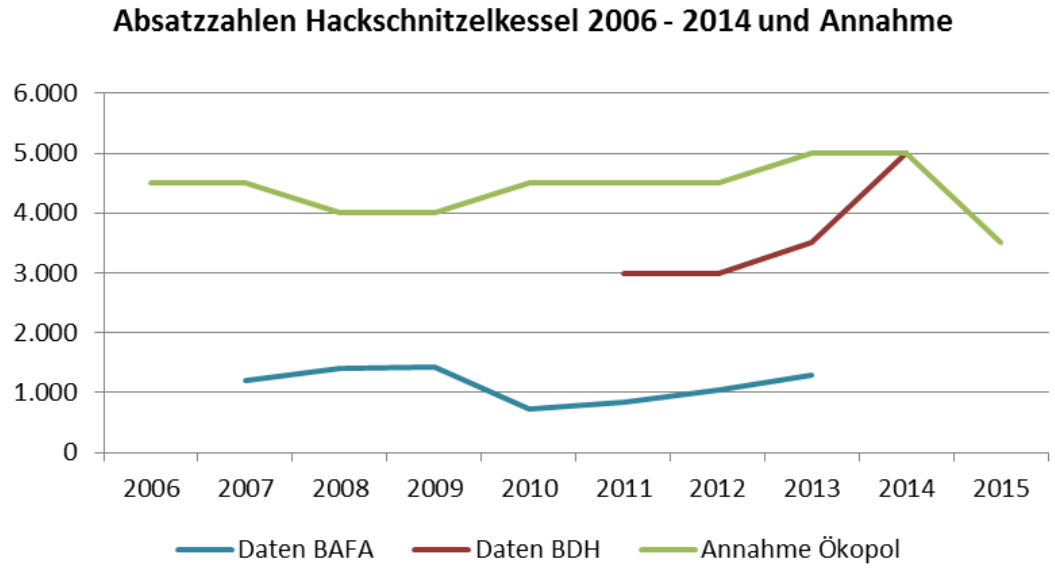
Tabelle 32: Absatzzahlen für Hackschnitzelkessel 2006 - 2014 und Annahme

Jahr	Hackschnitzelkessel [1] (BAFA)	Hackschnitzelkessel [2] (BDH)	Hackschnitzelkessel (Annahme Ökopol)
2006			4.500
2007	1.202		4.500
2008	1.395		4.000
2009	1.421		4.000
2010	724		4.500
2011	836	3.000	4.500
2012	1.042	3.000	4.500
2013	1.287	3.500	5.000
2014		5.000	5.000
2015			3.500

[1] BAFA (2014c); [2] BDH (2011-2014)

Abbildung 12 stellt grafisch die Daten von *BAFA* (2010, 2014c) und *BDH* (2011-2014) dar, sowie die eigenen Annahmen, die sich am Absatz nach Erweiterung des BDH-Erhebungskreises orientieren.

Abbildung 12: Absatzzahlen für Hackschnitzelkessel für die Jahre 2006 bis 2014 und Annahme



BAFA (2014c); BDH (2011-2014), eigene Annahme

2.3.3.4 Absatzprognosen für Pellet-, Scheitholz- und Hackgutkessel

Auf Grundlage der oben genannten Annahmen wird für Pelletkessel, Stückholz- bzw. Scheitholzkessel und Hackschnitzelkessel für das Aktuelle-Politik-Szenario (APS) von der in Tabelle 33 dargestellten Entwicklung ausgegangen. In der Tabelle sind rechts die Quellen benannt.

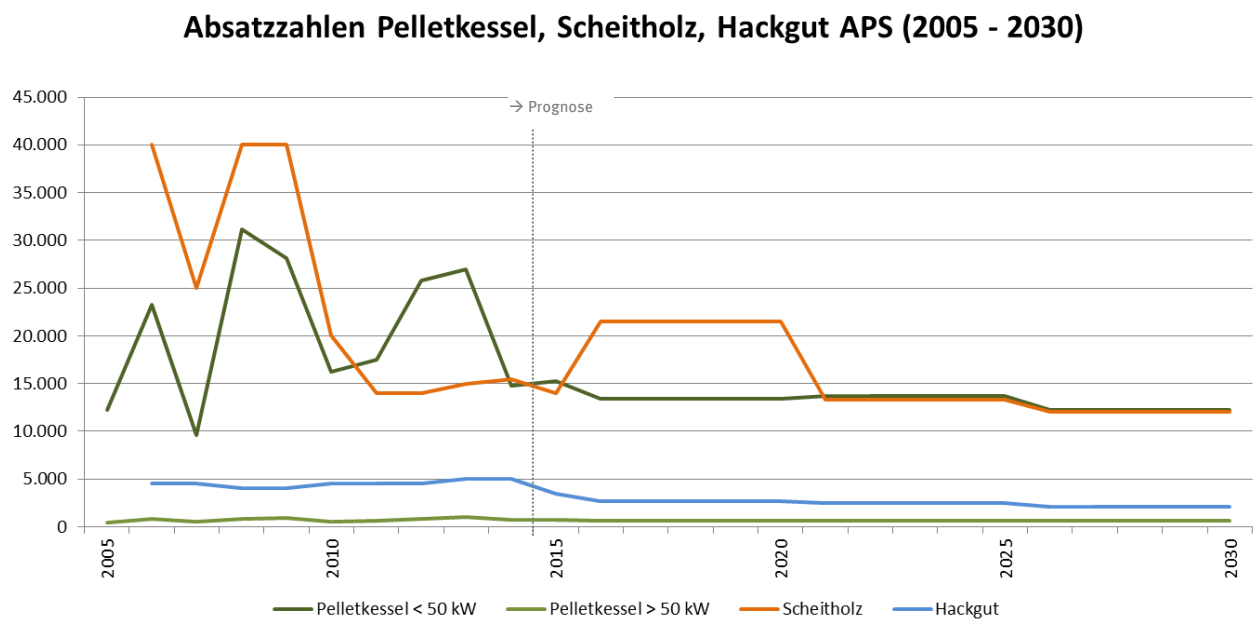
Fett markiert sind in der Tabelle die Jahre, für die in Kapitel 5 (Seite 146) Emissionsmengen berechnet werden. Abbildung 13 veranschaulicht die recherchierten Absatzzahlen sowie Annahmen, die für die Emissionsberechnung verwendet wurden. Die dargestellten Absatzzahlen berücksichtigen nicht den Austausch von Anlagen, der im Saldo die Bestandsveränderung ergibt.

Tabelle 33: Absatzprognose für verschiedene Arten von Biomassekesseln (2005 - 2030 APS)

Jahr	Pelletkessel < 50 kW [1]	Pelletkessel > 50 kW [1]	Scheitholz-kessel [2]	Hackgut-kessel [2]		
2005	12.248	442			Daten für Pelletkessel DEPI (2014a). Scheitholz- und Hack-schnitzelkessel Annahmen Ökopol auf Basis BAFA (2014c) und BDH (2011-2014)	
2006	23.213	873	40.000	4.500		
2007	9.582	586	25.000	4.500		
2008	31.138	818	40.000	4.000		
2009	28.153	907	40.000	4.000		
2010	16.194	583	20.000	4.500		Referenz-jahr 2010
2011	17.535	620	14.000	4.500		
2012	25.821	827	14.000	4.500		
2013	27.000	1.000	15.000	5.000		
2014	14.750	750	15.500	5.000	Annahme: Ökopol. Für Pelletkessel auf Basis DEPI (2014a), für Scheitholz- und Hackgutkessel auf Basis BAFA (2014c) und BDH (2011-2014)	
2015	15.250	750	13.950	3.500		Szenario-Jahr 2015
2016	13.401	663	21.495	2.700		
2017	13.401	663	21.495	2.700		
2018	13.401	663	21.495	2.700		
2019	13.401	663	21.495	2.700		
2020	13.401	663	21.495	2.700		
2021	13.725	675	13.208	2.450		
2022	13.725	675	13.208	2.450		
2023	13.725	675	13.208	2.450		
2024	13.725	675	13.208	2.450		
2025	13.725	675	13.208	2.450		Szenario-Jahr 2025
2026	12.200	600	12.053	2.100		
2027	12.200	600	12.053	2.100		
2028	12.200	600	12.053	2.100		
2029	12.200	600	12.053	2.100		
2030	12.200	600	12.053	2.100		Szenario-Jahr 2030

[1] *DEPI* (2014a); [2] Annahmen Ökopol auf Basis *BAFA* (2014c) und *BDH* (2011-2014)

Abbildung 13: Prognose der Absatzzahlen für biomassegefeuerte Heizkessel (Szenario APS)



DEPI (2014a), BAFA (2014c), BDH (2011-2014), eigene Annahmen

Die Prognose der Absatzzahlen bildet für alle Heizkesselarten den angenommenen Trend sinkender Absatzzahlen ab. Im Jahr 2015 wird im Allgemeinen ein deutlicher Rückgang der Absatzzahlen erwartet (aufgrund gestiegener Ölpreise und Unsicherheit hinsichtlich der sicheren Einhaltung der 1. BImSchV). Allerdings wurde bei den Absatzzahlen im Zeitraum 2015-2020 angenommen, dass der Absatz ansteigt, weil ältere Scheitholzkessel ausgetauscht werden, die nicht den Anforderungen der 2. Stufe der 1. BImSchV entsprechen.

Für die Ermittlung der Anlagenstruktur wurden zum einen die Absatzzahlen mit den angenommenen Stilllegungen verrechnet. Zum anderen wurde darauf geachtet, dass der neu ermittelte Anlagenbestand in den Jahren 2015, 2025 und 2030 den Energiebedarf aufweist, der von *Matthes et al.* (2013) für das „Aktuelle Politik"-Szenario (APS) prognostiziert wurde.

Für Biomassekessel wird – anders als bei Einzelfeuerungen (insbesondere Dauerbrandöfen) – angenommen, dass alle stillgelegten Anlagen im gleichen Jahr mit einer Feuerung derselben Anlagenkategorie ersetzt werden. Der Austausch der Geräte schlägt sich in einer Veränderung der Altersstruktur der Anlagen (Verjüngung) und somit in einer Verbesserung des Gesamt-Emissionsfaktors der Anlagenkategorie nieder.

2.3.4 Prognostizierte Anlagen- und Altersstruktur biomassegefeuerter Anlagen für das Szenario-Jahr 2030 im Aktuelle-Politik-Szenario (APS)

Prognosen zur Bestandsentwicklung erfolgten in den vorangehenden Kapiteln ohne Unterscheidung der Nutzung in *Haushalten* oder im Bereich *Gewerbe, Handel, Dienstleistung* (GHD). Daher ist eine Aufteilung der ermittelten Bestandsdaten auf die Nutzungsbereiche notwendig.

Die Verteilung erfolgte wie für das Referenzjahr 2010 auf Basis der prozentualen Anteile, die für das Jahr 2005 von *Struschka et al.* (2008) angenommen wurden. Bei Anlagenarten mit einer Einteilung in unterschiedliche Nennwärmeklassen erfolge die Aufteilung ebenfalls in Anlehnung an die Verteilung im Jahr 2005, jedoch mit Modifikationen. Diese erfolgten wie für das Bezugsjahr 2010 so, dass der Anlagenbestand der beiden Bereiche *Haushalte* und *Gewerbe, Handel, Dienstleistungen* in etwa die Aufteilung des Energieverbrauchs aufweist, wie er in den realen Energieverbrauchsdaten ausgewiesen wird (AGEB 2016). Dies erforderte – im Vergleich zur Anlagenstruktur von 2005 – eine deutliche Verschiebung zugunsten gewerblich genutzter Biomassefeuerungen.

Tabelle 34 gibt einen Überblick über den prognostizierten Bestand der im Jahr 2030 installierten Kleinfeuerungsanlagen für Festbrennstoffe in den Bereichen *Haushalte* (HH) und *Gewerbe, Handel, Dienstleistungen* (GHD) im Szenario „Aktuelle Politik".

Tabelle 34: Prognostizierter Bestand der Kleinfeuerungsanlagen für Festbrennstoffe in Haushalten sowie Gewerbe, Handel, Dienstleistungen im Jahr 2030 (Szenario APS)

Energieträger	Bezeichnung der Feuerstätte	Haushalte und GHD [1.000 Stück]	Haushalte [1.000 Stück]	GHD [1.000 Stück]
Festbrennstoffe (Kohlen- und Holzbrennstoffe)	Heizkessel - handbeschickt inkl. gewerbliche Holzkessel	626,4	596,2	30,2
	Heizkessel für Pellets	397,0	390,8	6,1
	Heizkessel mechanisch beschickt inkl. gewerbliche Holzkessel	105,8	-	105,8
	Dauerbrandöfen	174,1	172,0	2,1
	Kachelöfen (mit Heizeinsatz oder als Grundofen)	2.221,1	2.150,3	70,8
	Kaminöfen	6.753,5	6.661,7	91,9
	Pelletöfen	360,8	355,9	4,9
	Kamine (mit offenem oder geschlossenem Feuerraum)	2.970,5	2.943,5	27,0
	Badeöfen	2,9	2,7	0,2
	Herde (und Heizungsherde)	501,4	452,4	49,0
	Summe	14.113,5	13.725,5	388,0

Ökopol auf Basis von *Struschka et al.* (2008), *HKI* (2014); *DEPI/BAFA* (2014), *Matthes et al.* (2013)

Tabelle 35 gibt einen Überblick über die prognostizierte Gesamtzahl der mit festen Brennstoffen befeuerten Anlagen in den Bereichen *Haushalte* (HH) und *Gewerbe, Handel, Dienstleistungen* (GHD), differenziert nach Leistungsbereichen und Altersstruktur der Anlagentypen für das Szenario-Jahr 2030.

Tabelle 35: Prognostizierter Bestand an installierten Kleinfeuerungsanlagen für Festbrennstoffe und mittlere Leistungen in Haushalten und GHD im Jahr 2030 (Szenario APS), unterteilt nach Leistungsbereich und Altersstufe

Feuerstätten für feste Brennstoffe in Deutschland (2030) Gesamtbestand [1.000 Stück]	Leistungsbereich in kW (mittlere Leistung [1])	Altersstufe	Anzahl insgesamt	davon in Altersstufe	
				Anteil	Anzahl
14.113,5			[1.000 Stück]	[%]	[1.000 Stück]
Heizkessel - handbeschickt inkl. gewerbliche Holzkessel [2, 7]	4 - 25 (20 kW)	bis 2010	223,4	62	137,7
		2011-2014		5	11,7
		ab 2015		33	74,0
	25 - 50 (35 kW)	bis 2010	309,4	44	136,6
		2011-2014		11	33,9
		ab 2015		45	138,9
gesamt:	› 50 (91 kW)	bis 2010	93,5	49	45,7
626,4		2011-2014		10	9,4
		ab 2015		41	38,4
Heizkessel für Pellets [3]	4 - 25 (18 kW)	bis 2014	349,6	40	140,7
		ab 2015		60	209,0
	25 - 50 (32 kW)	bis 2014	30,4	40	12,2
gesamt:		ab 2015		60	18,2
397,0	› 50 (80 kW)	bis 2014	16,9	34	5,8
		ab 2015		66	11,2
Heizkessel - mechanisch beschickt inkl. gewerbliche Holzkessel [2]	4 - 25 (21 kW)	bis 2010	5,7	15	0,9
		2011-2014		21	1,2
		ab 2015		64	3,7
	25 - 50 (41 kW)	bis 2010	66,6	20	13,0
		2011-2014		25	16,6
		ab 2015		55	37,0
gesamt:	› 50 (158 kW)	bis 2010	33,4	43	14,3
105,8		2011-2014		14	4,7
		ab 2015		43	14,4

Feuerstätten für feste Brennstoffe in Deutschland (2030) Gesamtbestand [1.000 Stück] 14.113,5	Leistungsbereich in kW (mittlere Leistung [1])	Altersstufe	Anzahl insgesamt [1.000 Stück]	davon in Altersstufe	
				Anteil [%]	Anzahl [1.000 Stück]
Dauerbrandöfen [4]	< 15 kW (6,2 kW)	bis 1988/89	174,1	0	0,0
		ab 1990		100	174,1
Kachelöfen [2] (mit Heizeinsatz oder als Grundofen)	< 15 kW (7,6 kW)	bis 2010	2.221,1	79	1.764,1
		2011-2014		5	119,5
		ab 2015		15	337,4
Kaminöfen [5]	< 15 kW (7,4 kW)	bis 2010	6.753,5	26	1.770,0
		2011-2014		19	1.279,0
		ab 2015		55	3.704,5
Pelletöfen [2]	< 15 kW (12,9 kW)	bis 2014	360,8	41	146,6
		ab 2015		59	214,3
Kamine [2] (mit offenem oder geschlossenem Feuerraum)	< 15 kW (5,9 kW)	bis 2010	2.970,5	85	2.513,6
		2011-2014		4	119,5
		ab 2015		11	337,4
Badeöfen [6]	< 15 kW (7,0 kW)	bis 2014	2,9	100	2,9
		ab 2015		0	0,0
Herde [2] (und Heizungsherde)	< 15 kW (6,4 kW)	bis 2010	501,4	32	161,6
		2011-2015		18	89,0
		ab 2015		50	250,8

[1] Mittlere angenommene Nennwärmeleistung der installierten Anlagen.

[2] Berechnung Ökopol auf Basis der Bestandsdaten 2005 (Struschka et al. 2008); Bestandsdaten Heizkessel im Jahr 2010 gesamt (Jörg et al. 2013) plus Absatzzahlen 2006 - 2010 des *HKI* (2014) und Stilllegungsannahmen sowie Abgleich mit Abschätzungen der Energieverbrauchsmenge (Biomasse) im Jahr 2010 nach individuellen Energieträgern auf Basis *Mantau* (2012a)

[3] Berechnung Ökopol auf Basis der Bestandsdaten laut DEPI/BAFA und Abgleich mit Abschätzungen des Energieverbrauchs im Jahr 2010 nach individuellen Energieträgern (Pellets) auf Basis *Mantau* (2012a)

[4] Bestandsdaten *Struschka et al.* (2008) unverändert, da neue Dauerbrandöfen mit Kaminöfen zusammen in der Kategorie *Kaminöfen* mit erfasst wurden.

[5] Daten aus 2005 (Struschka et al. 2008) plus Absatzzahlen 2006 – 2010 des HKI (2014) für Kaminöfen und Dauerbrandöfen; keine Unterscheidung wie bei *Struschka et al.* (2008), da bei HKI eine gemeinsame Kategorie.

[6] Annahme: 95% Stilllegung seit 2005 durch Gebäudeabriss und Sanierungen; keine Neuanschaffungen gegenüber der Bestandsmenge im Jahr 2005 gemäß *Struschka et al.* (2008)

[7] BDH (2015a)

2.4 Anlagenstruktur im Energiewende-Szenario (EWS) 2015 bis 2030

Ausgangspunkt bei der Ermittlung der Anlagenstruktur für das Szenario „Energiewende“ ist wie beim Szenario „Aktuelle Politik“ die Anlagenstruktur des Bezugsjahres 2010 (siehe Kapitel 2.2).

In den folgenden Kapiteln wird beschrieben, unter welchen Annahmen die Ermittlung der Anlagenstruktur für die Jahre 2015, 2025 und 2030 im Szenario „Energiewende“ (EWS) erfolgte.

Die Anlagenstrukturen wurde in den Szenarien so gewählt, dass der Energieverbrauch der Kleinfeuerungsanlagen in Deutschland bei durchschnittlichen Wetterverhältnissen in etwa den prognostizierten Energieverbrauchswerten in der Studie „Klimaszenarien VI“ (Matthes et al. 2013) entspricht. Der Abgleich der Endenergieverbräuche ist in Kapitel 3 dargestellt.

Die Annahmen für Öl- und Gasfeuerungen entsprechen denjenigen im Szenario „Aktuelle Politik“ (s. Kapitel 2.3.1). Die Hochrechnung der Anlagenstruktur für biomassegefeuerte Anlagen basiert wie beim Szenario „Aktuelle Politik“ im Wesentlichen auf drei Säulen:

1) Fortschreibung der bekannten jährlichen Absatzdaten einzelner Anlagenarten, soweit sie durch BDH, HKI und BAFA etc. bekannt sind,
2) Annahme von Stilllegungen, individuell für die einzelnen Anlagenarten, und
3) Abgleich des Energieverbrauchs des resultierenden Anlagenbestandes mit den Energieverbräuchen, die für die Jahre 2015, 2025 und 2030 in der Studie „Klimaschutzszenarien VI“ (Matthes et al. 2013) für das Energiewende-Szenario (EWS) angegeben werden.

Entwicklung der Absatzzahlen

Wie beim *Aktuelle-Politik-Szenario* (APS) kann der bei *Matthes et al.* (2013) im Energiewendeszenario prognostizierte Biomasse-Endenergieverbrauch im Jahr 2030 nicht erreicht werden, wenn die Absatzzahlen für biomassegefeuerte Anlagen auf dem aktuellen Niveau verbleiben. Es wurden daher deutlich erhöhte Absatzzahlen angenommen.

Das Szenario *Energiewende* (EWS) basiert zunächst auf denselben Annahmen der Bestands- und Absatzzahlen, die beim Szenario APS getroffen wurden. Abschätzungen mussten auf der Grundlage unterschiedlicher Datenquellen für denselben Anlagentyp erfolgen (z.B. BDH und BAFA), wobei der BDH den Erhebungs- und Meldekreis im Jahr 2014 erweitert hat (s. Tabelle 29 und Tabelle 28 für *Einzelraumfeuerungen* sowie Tabelle 30, Tabelle 31, Tabelle 32 und Tabelle 33 für *Heizkessel*).

Es wird angenommen, dass die Erhöhung des Bestandes der Biomasse verbrennenden Kleinfeuerungsanlagen im Energiewendeszenario vor allem durch einen erheblich höheren Absatz von Biomasse in emissionsarm verbrennenden Kesseln (*Pelletkessel*) sowie in Kesseln für regional zugängliche Brennstoffe (*Scheitholz*) erfolgt, sowie in geringerem Maße auch durch Zuwachs in besonders emissionsarm verbrennenden Einzelraumfeuerungsanlagen (*Pelletöfen*).

Auf Details der Herleitung der Absatzdaten bis zum Jahr 2015 wurde verzichtet, da diese im Kapitel 2.3 ausführlich erläutert wurden. Im Folgenden ist die abgeschätzte Entwicklung der Absatzzahlen ab dem Jahr 2016 dargestellt. In fetter Schrift sind die Jahre markiert, für die der Anlagenbestand ermittelt wurde.

Es wurde angenommen, dass sich der Anlagenbestand im Bereich der Einzelraumfeuerungen im *Energiewendeszenario* (EWS) im Vergleich zum Szenario *Aktuelle Politik* (APS) ähnlich

entwickelt. Im Zeitraum 2011 bis 2030 erfolgt ein Absatz von etwa 6,85 Mio. Einzelraumfeuerungen, dem Stilllegungen von etwa 6,14 Mio. Einzelraumfeuerungen gegenüber stehen.

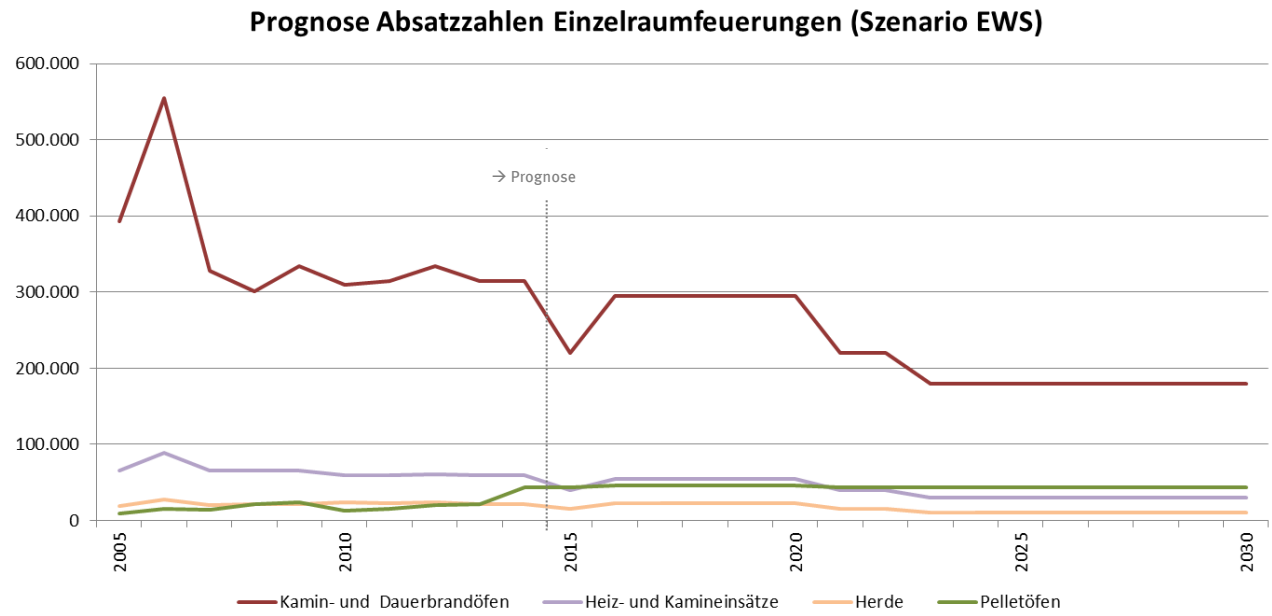
Somit erfolgt im Saldo lediglich ein Zuwachs von 37.000 Anlagen. Dies liegt daran, dass insbesondere Dauerbrandöfen und auch Kachelöfen beim Abriss und der Sanierung alter Gebäude ersatzlos entfallen. Allerdings wurde im Szenario EWS angenommen, dass gegenüber dem Szenario APS wesentlich mehr emissionsärmere Pelletöfen (+0,5 Mio.) und entsprechend weniger Kaminöfen verkauft wurden.

Tabelle 36: Absatzzahlen für verschiedene Arten von Biomasse-Einzelraumfeuerungen (2005 - 2030) im Szenario EWS

Jahr	Kamin- und Dauerbrand-öfen [1]	Heiz- und Kamineinsätze [1]	Herde [1]	Pelletöfen [1,2]		
2005	393.000	65.000	19.000	9.000	Bekannt: HKI (2014); Pelletöfen ab 2011 auf Basis DEPI (2014a)	
2006	555.000	89.000	28.000	15.000		
2007	328.000	66.000	20.000	14.000		
2008	301.000	66.000	21.000	21.000		
2009	334.000	65.000	22.000	24.000		
2010	309.000	60.000	24.000	13.000		Referenzjahr 2010
2011	315.000	60.000	23.000	15.000		
2012	334.000	61.000	24.000	20.000		
2013	315.000	59.000	21.000	22.000		
2014	315.000	59.000	21.000	44.000	Annahme: Ökopol auf Basis HKI (2014); Pelletöfen auf Basis DEPI (2014a); Endenergieverbräuche Szenario APS (Matthes et al. 2013)	
2015	220.000	40.000	15.000	44.000		Szenario-Jahr 2015
2016	294.905	54.968	22.155	45.656		
2017	294.905	54.968	22.155	45.656		
2018	294.905	54.968	22.155	45.656		
2019	294.905	54.968	22.155	45.656		
2020	294.905	54.968	22.155	45.656		
2021	220.000	40.000	15.000	44.000		
2022	220.000	40.000	15.000	44.000		
2023	180.000	30.000	10.000	44.000		
2024	180.000	30.000	10.000	44.000		
2025	180.000	30.000	10.000	44.000		Szenario-Jahr 2025
2026	180.000	30.000	10.000	44.000		
2027	180.000	30.000	10.000	44.000		
2028	180.000	30.000	10.000	44.000		
2029	180.000	30.000	10.000	44.000		
2030	180.000	30.000	10.000	44.000		Szenario-Jahr 2030

[1] HKI (2014), [2] DEPI (2014a)

Abbildung 14: Prognose der Absatzzahlen für Einzelraumfeuerungen (Szenario EWS)

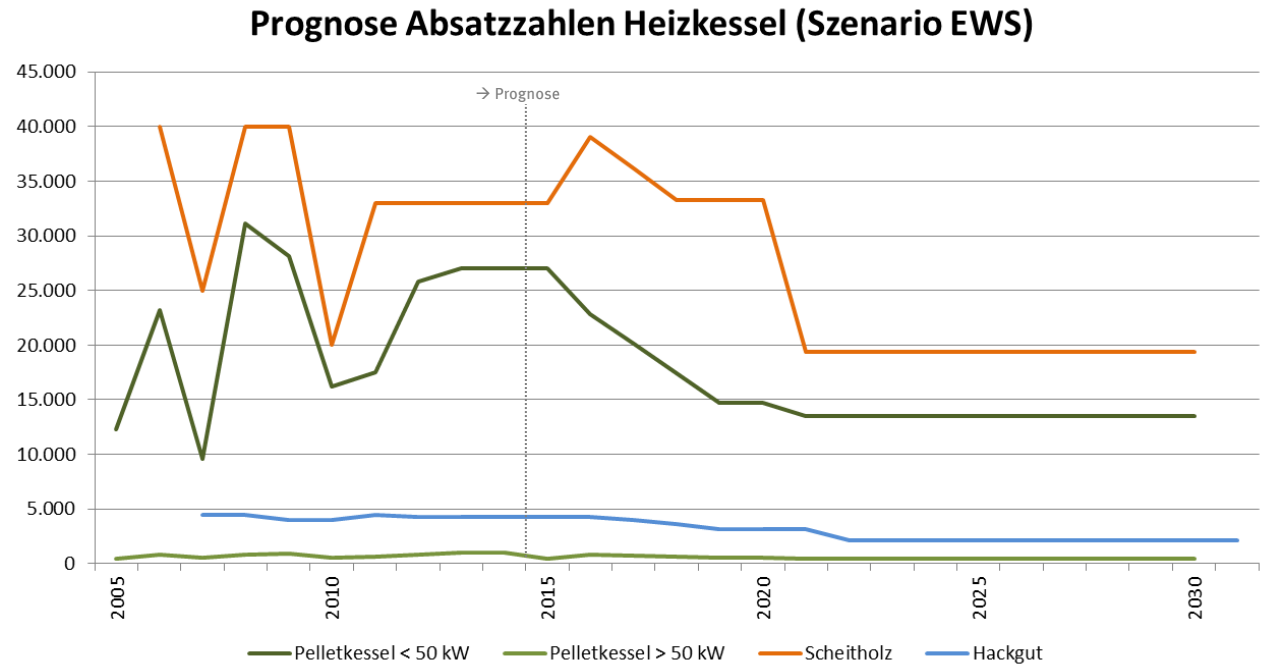


HKI (2014

2.4.1 Prognose EWS der Anlagenstruktur für Heizkessel

Auch bei Heizkesseln wird auf eine Herleitung der Daten verzichtet. Diese kann in Kapitel 2.3 nachvollzogen werden. Abbildung 15 zeigt Absatzzahlen und die Prognose für 2015-2030.

Abbildung 15: Prognose der Absatzzahlen für biomassegefeuerte Heizkessel (Szenario EWS)



DEPI (2014a), BDH (2011-2014), BAFA (2010, 2014c), eigene Annahmen

Tabelle 37 zeigt die Absatzprognose für Pelletkessel, Scheitholzkessel und Hackgutkessel.

Tabelle 37: Absatzprognose für verschiedene Arten von Biomassekesseln (2005-2030 EWS)

Jahr	Pelletkessel ‹ 50 kW [1]	Pelletkessel › 50 kW [1]	Scheitholz [2]	Hackgut [2]		
2005	12.248	442			Bekannte Daten für Pelletkessel DEPI (2014a). Scheitholzkessel und Hackschnitzelkessel Annahmen Ökopol auf Basis BAFA (2014c) und BDH (2011-2014)	
2006	23.213	873	40.000	4.500		
2007	9.582	586	25.000	4.500		
2008	31.138	818	40.000	4.000		
2009	28.153	907	40.000	4.000		
2010	16.194	583	20.000	4.500		Referenzjahr
2011	17.535	620	33.000	4.300		
2012	25.821	827	33.000	4.300		
2013	27.000	1.000	33.000	4.300		
2014	27.000	1.000	33.000	5.000	Annahme: Ökopol. Für Pelletkessel auf Basis DEPI (2014a), für Scheitholz- und Hackgutkessel auf Basis BAFA (2014c) und BDH (2011-2014)	
2015	27.000	1.000	33.000	3.500		Szenario-Jahr 2015
2016	22.801	863	39.092	3.986		
2017	20.101	763	36.176	3.583		
2018	17.401	663	33.260	3.180		
2019	14.701	563	33.260	3.180		
2020	14.701	563	33.260	3.180		
2021	13.500	500	19.416	2.150		
2022	13.500	500	19.416	2.150		
2023	13.500	500	19.416	2.150		
2024	13.500	500	19.416	2.150		
2025	13.500	500	19.416	2.150		Szenario-Jahr 2025
2026	13.500	500	19.416	2.150		
2027	13.500	500	19.416	2.150		
2028	13.500	500	19.416	2.150		
2029	13.500	500	19.416	2.150		
2030	13.500	500	19.146	2.150		Szenario-Jahr 2030

[1] *DEPI* (2014a); [2] Annahmen Ökopol auf Basis *BAFA* (2014c) und *BDH* (2011-2014)

Im *Energiewende-Szenario* (EWS) wird erheblich mehr Energie durch Biomasse erzeugt (Details siehe Kapitel 4.5). Es wurde angenommen, dass dieser Zuwachs vor allem durch eine vermehrte Verbreitung von Scheitholz- und Pellet-Heizkesseln zustande kommt. Bei Scheitholzkesseln wird eine Zunahme aufgrund vermehrtem Bezug aus regionalen Quellen angenommen. In den Jahren 2015 bis 2020 werden verstärkte Absatzzahlen angenommen, weil ältere Anlagen die Anforderungen der 1. BImSchV nicht erfüllen und ausgetauscht werden.

Die Zunahme der Pelletkessel wird angenommen, weil Verbraucher sich bewusst für eine emissionsärmere Feuerungstechnik entscheiden. Durch diese Annahmen findet der Zuwachs vor allem bei Scheitholz- und Pelletkesseln statt. Die Absatzzahlen von Hackschnitzelkesseln entwickeln sich aufgrund der höheren Emissionen dieser Feuerungen auf einem eher niedrigen Niveau.

2.4.2 Prognostizierte Anlagen- und Altersstruktur biomassegefeuerter Anlagen für das Szenario-Jahr 2030 im Szenario EWS

Die Aufteilung der Anlagenarten nach Haushalten und Gewerbe, Handel, Dienstleistungen sowie auf die einzelnen Anlagengrößen erfolgt im Szenario „Energiewende“ auf gleiche Weise, wie im Kapitel 2.3.4 für das Szenario „Aktuelle Politik“ beschrieben.

Tabelle 38 gibt einen Überblick über den prognostizierten Bestand der installierten Kleinfeuerungsanlagen für Festbrennstoffe in den Bereichen Haushalte und Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) im Szenario-Jahr 2030.

Tabelle 38: Prognostizierter Bestand an installierten Kleinfeuerungsanlagen für Festbrennstoffe in Haushalten und GHD im Jahr 2030 (Szenario EWS)

Energieträger	Bezeichnung der Feuerstätte	Deutschland [1.000 Stück]	Haushalte [1.000 Stück]	GHD [1.000 Stück]
Festbrennstoffe (Kohlen- und Holzbrennstoffe)	Heizkessel - handbeschickt inkl. gewerbliche Holzkessel	858,1	816,7	41,4
	Heizkessel für Pellets	460,3	453,2	7,1
	Heizkessel mechanisch beschickt inkl. gewerbliche Holzkessel	122,9	-	122,9
	Dauerbrandöfen	174,1	172,0	2,1
	Kachelöfen (mit Heizeinsatz oder als Grundofen)	2.388,5	2.312,4	76,1
	Kaminöfen	6.843,5	6.750,4	93,1
	Pelletöfen	924,8	912,3	12,6
	Kamine (mit offenem oder geschlossenem Feuerraum)	3.137,9	3.109,4	28,6
	Badeöfen	2,9	2,7	0,2
	Herde (und Heizungsherde)	465,6	420,1	45,5
	Summe	15.378,6	14.949,1	429,5

Ökopol auf Basis von *Struschka et al.* (2008), *HKI* (2014); *DEPI/BAFA* (2014)

Tabelle 39 gibt einen Überblick über die voraussichtliche Gesamtzahl der mit festen Brennstoffen befeuerten Anlagen aus HH und GHD, differenziert nach Leistungsbereich und Altersstruktur der Anlagentypen für das Szenario-Jahr 2030.

Tabelle 39: Prognostizierter Bestand an installierten Kleinfeuerungsanlagen für Festbrennstoffe und mittlere Leistungen in Haushalten und GHD im Jahr 2030 (Szenario EWS), unterteilt nach Leistungsbereich und Altersstufe

Feuerstätten für feste Brennstoffe in Deutschland (2030) Gesamtbestand [1.000 Stück]	Leistungsbereich in kW (mittlere Leistung [1])	Alters-stufe	Anzahl insgesamt	davon in Altersstufe	
				Anteil	Anzahl
15.378,6			[1.000 Stück]	[%]	[1.000 Stück]
Heizkessel - handbeschickt inkl. gewerbliche Holzkessel [2, 7]	4 - 25 (20 kW)	bis 2010	269,2	51	137,7
		2011-2014		10	25,6
		ab 2015		39	105,8
	25 - 50 (35 kW)	bis 2010	442,2	31	136,6
		2011-2014		17	74,2
		ab 2015		52	231,3
gesamt:	› 50 (91 kW)	bis 2010	146,7	31	45,7
858,1		2011-2014		17	24,5
		ab 2015		52	76,5
Heizkessel für Pellets [3]	4 - 25 (18 kW)	bis 2014	408,3	37	151,9
		ab 2015		63	256,4
	25 - 50 (32 kW)	bis 2014	35,5	37	13,2
gesamt:		ab 2015		63	22,3
460,3	› 50 (80 kW)	bis 2014	16,4	37	6,0
		ab 2015		63	10,4
Heizkessel - mech. beschickt inkl. gewerbliche Holzkessel [2]	4 - 25 (21 kW)	bis 2010	5,8	15	0,9
		2011-2014		19	1,1
		ab 2015		67	3,9
	25 - 50 (41 kW)	bis 2010	68,6	19	13,0
		2011-2014		22	15,1
		ab 2015		59	40,5
gesamt:	› 50 (158 kW)	bis 2010	48,5	30	14,3
122,9		2011-2014		18	8,8
		ab 2015		52	25,4

Feuerstätten für feste Brennstoffe in Deutschland (2030) Gesamtbestand [1.000 Stück]	Leistungsbereich in kW (mittlere Leistung [1])	Alters-stufe	Anzahl insgesamt	davon in Altersstufe	
				Anteil	Anzahl
15.378,6			[1.000 Stück]	[%]	[1.000 Stück]
Dauerbrandöfen [4]	< 15 kW (6,2 kW)	bis 1988/89	174,1	100	174,1
		ab 1990		0	0,0
Kachelöfen [2] (mit Heizeinsatz oder als Grundofen)	< 15 kW (7,6 kW)	bis 2010	2.388,5	74	1.764,1
		2011-2014		5	119,5
		ab 2015		21	504,8
Kaminöfen [5]	< 15 kW (7,4 kW)	bis 2010	6.843,5	26	1.770,0
		2011-2014		19	1.279,0
		ab 2015		55	3.794,5
Pelletöfen [2]	< 15 kW (12,9 kW)	bis 2014	924,8	18	168,6
		ab 2015		82	756,3
Kamine [2] (mit offenem oder geschlossenem Feuerraum)	< 15 kW (5,9 kW)	bis 2010	3.137,9	80	2.513,6
		2011-2014		4	119,5
		ab 2015		16	504,8
Badeöfen [6]	< 15 kW (7,0 kW)	bis 2014	2,9	100	2,9
		ab 2015		0	0,0
Herde [2] (und Heizungsherde)	< 15 kW (6,4 kW)	bis 2010	465,6	35	161,6
		2011-2015		19	89,0
		ab 2015		46	215,0

[1] Mittlere angenommene Nennwärmeleistung der installierten Anlagen

[2] Berechnung Ökopol auf Basis der Bestandsdaten 2005 (Struschka et al. 2008); Bestandsdaten Heizkessel im Jahr 2010 gesamt (Jörg et al. 2013) plus Absatzzahlen des HKI (2014) 2006 - 2010 sowie Abgleich mit Abschätzungen der Energieverbrauchsmenge (Biomasse) im Jahr 2010 nach individuellen Energieträgern auf Basis *Mantau* (2012a)

[3] Berechnung Ökopol auf Basis der Bestandsdaten laut DEPI/BAFA und Abgleich mit Abschätzungen der Energieverbrauchsmenge (Biomasse: Pellets) im Jahr 2010 nach individuellen Energieträgern auf Basis *Mantau* (2012a)

[4] Bestandsdaten nach Struschka et al. (2008) unverändert, da Dauerbrandöfen nach 2005 mit Kaminöfen zusammen in der Kategorie *Kaminöfen* mit erfasst werden

[5] Daten aus 2005 (Struschka et al. 2008) plus Absatzzahlen 2006-2010 (HKI 2014) für Kaminöfen und Dauerbrandöfen; keine Unterscheidung wie bei *Struschka et al.* (2008) da bei *HKI* (2014) eine Kategorie

[6] Annahme: 95% Minderung des Bestandes von 2005 (Struschka et al. 2008) durch Gebäudeabriss und Sanierung; keine Neuanschaffungen

[7] BDH (2015a)

2.5 Vergleich der Entwicklung der Anlagenstruktur für biomassegefeuerte Heizkessel in den Szenarien APS und EWS

Grundlage für die Prognose der Anlagenbestandsentwicklung in den Szenarien APS und EWS ist der bisherige Absatz der Anlagen. Zum anderen wurde zur Ermittlung des Anlagenbestandes der erwartete zukünftige Energieverbrauch im Bereich erneuerbarer Energien (insbesondere Biomasse) herangezogen. Bei dieser Prognose, insbesondere beim Szenario *Energiewende* (Matthes et al. 2013) bestehen aus heutiger Sicht Zweifel an der Realisierbarkeit der prognostizierten Energieverbräuche im Bereich der Kleinfeuerungsanlagen in den Bereichen *Haushalte* und *GHD*.

Die Erhöhung des Anlagenbestandes war für die Szenarien *Aktuelle Politik* und *Energiewende* darauf ausgerichtet, den bei *Matthes et al.* (2013) prognostizierten Energieverbrauch an Biomasse zu erreichen. Die angenommenen Zuwächse der Biomassefeuerungen sind erheblich. Sie sind durch aktuelle Entwicklungen (gesunkener Ölpreis, sinkende Absatzzahlen bei Holzfeuerungen) unrealistischer geworden. Darüber hinaus ist fraglich, ob für den prognostizierten Biomassebedarf ausreichend nationale Holzvorräte zur Verfügung stehen (siehe Kapitel 4.6.2).

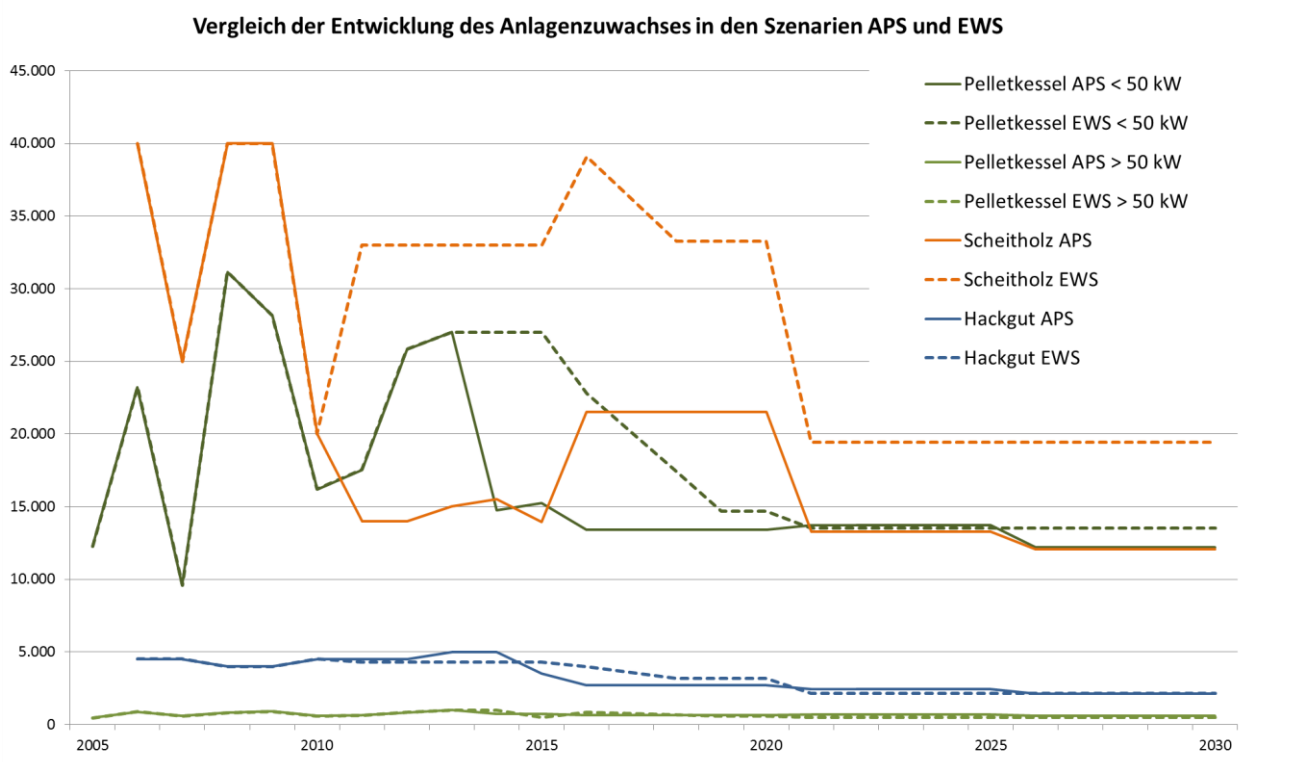
Allerdings ist die Ermittlung der Anlagenbestände als Werkzeug zu sehen, um eine möglichst realistische Anlagen- und Altersstruktur der Kleinfeuerungen abzubilden. Ziel ist es in erster Linie, einen realitätsnahen Emissionsfaktor für die betrachteten Jahre zu berechnen.

Auch wenn also die Prognosen über den Gesamtanlagenbestand z.B. aufgrund geringeren Wachstums des Biomassebrennstoffbereichs in Zukunft nicht mit der Realität übereinstimmen, reduziert dies nicht die Qualität der ermittelten Emissionsfaktoren.

Das Umweltbundesamt verwendet bei der Ermittlung der Realemissionen für zurückliegende Jahre die brennstoffbezogenen Emissionsfaktoren und die realen Brennstoffstatistiken, so dass es für die Berechnung der Realemissionen darauf ankommt, dass die brennstoffbezogenen Emissionsfaktoren das Emissionsverhalten der zugehörigen Anlagenarten realitätsgetreu darstellen.

Die Graphik in Abbildung 16 zeigt die unterschiedliche prognostizierte Anlagenbestandsentwicklung in den Szenarien *Aktuelle Politik* (APS) und *Energiewende* (EWS). Die gestrichelten Linien stellen jeweils die Entwicklung im Szenario EWS dar. Abgesehen von den Hackschnitzelkesseln nehmen die Absätze für alle biomassegefeuerten Kesselarten deutlich zu.

Abbildung 16: Vergleich des erwarteten Anlagenzuwachses in den Szenarien APS und EWS



3 Ermittlung von Emissionsfaktoren für das Referenzjahr und die Szenarien „Aktuelle Politik“ sowie „Energiewende“

Die gewonnenen Erkenntnisse zur Anlagenstruktur werden in diesem Kapitel verwendet, um Emissionsfaktoren für das Referenzjahr 2010 sowie für die Jahre 2015, 2025 und 2030 für biomassegefeuerte Anlagen zu verbessern.

Für die Berechnung der Prognosen der Emissionsfaktoren wurden aktuelle Informationen zu den Emissionsfaktoren erhoben, neue Technologien am Markt recherchiert sowie Gesetzgebungen bewertet, die eine Begrenzung von Emissionen erfordern. Bei Datenlücken wurde auf Emissionsfaktoren von *Struschka et al.* (2008) zurückgegriffen, wenn anzunehmen war, dass die für das Jahr 2005 getroffenen Annahmen weiter zutreffen.

Die nationalen Anforderungen der 1. BImSchV (2010) sowie der künftigen Anforderungen der EU-Verordnungen zur EU-Ökodesign-Richtlinie wurden berücksichtigt. Die EU-Verordnungen enthalten nur für flüchtige organische Verbindungen Anforderungen, die über die in Deutschland beschlossenen Emissionsminderungsmaßnahmen hinausgehen (EU 2014a, EU 2014b, EU 2014c).

Emissionen sind in erster Linie abhängig vom Brennstofftyp, darüber hinaus von dessen Konditionierung und von der automatischen oder manuellen Regelung der Feuerung. Emissionen sind stark lastabhängig, wobei die Emissionen von automatisch geregelten Anlagen deutlich unter den Emissionen von manuell betriebenen Anlagen liegen.

Für die Studie wurden zwei Prognosen erarbeitet. Die erste Prognose basiert auf den Energieverbrauchsprognosen von Matthes et al. (2013) und wird dort wie auch hier Aktuelle-Politik-Szenario (APS) genannt. In der zweiten Prognose werden die Emissionen in einem Energiewendeszenario (EWS-Szenario) berechnet, in dem der Energieverbrauch der Prognose durch Matthes et al. (2013) im gleichnamigen Szenario entspricht. Für dieses Szenario wird angenommen, dass der Mehrverbrauch an Biomasse insbesondere in effizienten und emissionsarmen Zentralheizungen (Heizkesseln) stattfindet.

In Kapitel 3.1 werden allgemeine Grundlagen zur Berechnung der Emissionsfaktoren dargestellt. In Kapitel 3.2 erfolgt die Ermittlung der Emissionsfaktoren für das Bezugsjahr 2010. Kapitel 3.3 und Kapitel 3.4 beschreiben die Ermittlung der Emissionsfaktoren in den Szenarien „Aktuelle Politik“ und „Energiewende“ für die Jahre 2015, 2025 und 2030.

3.1 Ermittlung der Emissionsfaktoren

Für die Brennstoffe Öl, Gas und Kohle wurden die Emissionsfaktoren von *Struschka et al.* (2008) – bezogen auf die jeweiligen Anlagenarten, Altersstruktur, Leistungsbereiche und Auslastungen –übernommen. Eine Veränderung (Verjüngung) der Altersstruktur erfolgte lediglich für Brennwertkessel und Anlagenarten, die heute aufgrund von Zentralheizungen mit Warmwasserbereitung seltener eingebaut werden: Kombiwasserheizer, Durchlaufwasserheizer, Vorratswasserheizer, Raumheizer. Es wird für den Zeitraum 2015-2030 davon ausgegangen, dass sich die Emissionsfaktoren für öl- und gasgefeuerte Anlagen nicht wesentlich von den Faktoren des Jahres 2010 unterscheiden (beispielsweise der Emissionsfaktor für Staub in Milligramm pro Kubikmeter über alle Altersstufen der im jeweiligen Jahr installierten Gasfeuerungen). Detaillierte Ausführungen zur Ermittlung dieser Emissionsfaktoren beinhaltet die Vorgängerstudie (Struschka et al. 2008, Kapitel 5). Die Brennstoff-Emissionsfaktoren ändern sich aufgrund veränderter anteiliger Energieverbräuche.

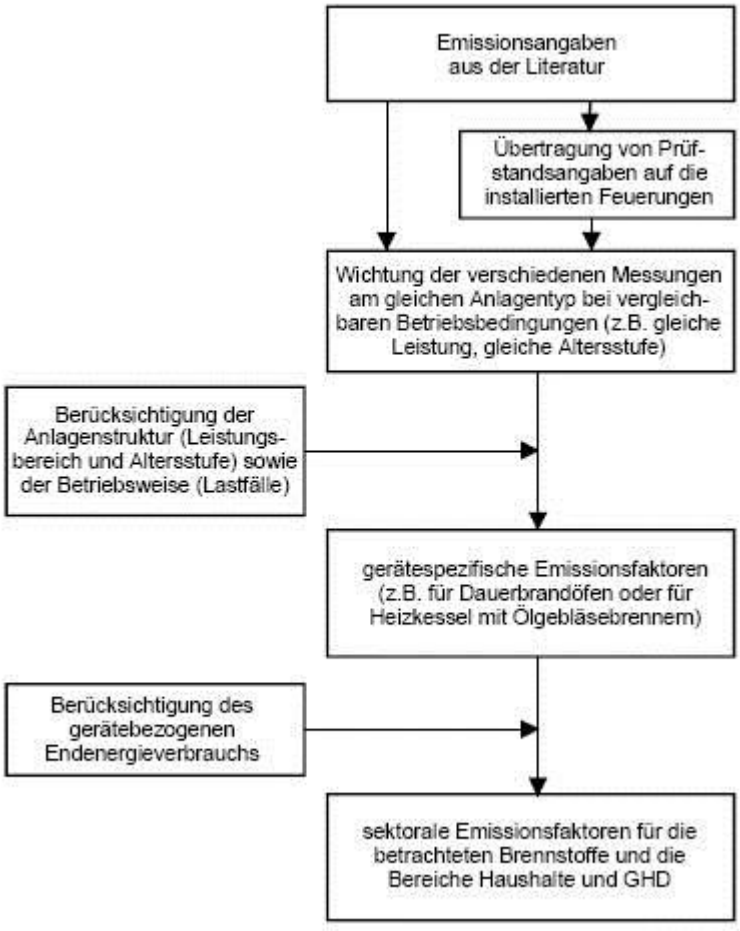
Im Folgenden wird die Methodik zur Ermittlung der Emissionsfaktoren für biomassegefeuerte Anlagen erläutert. Danach folgt die Darstellung der verwendeten Emissionsfaktoren, gefolgt von einer Erläuterung zu einzelnen besonders relevanten Emissionsparametern.

3.1.1 Methodik zur Ermittlung der Emissionsfaktoren

Eine Anpassung der von Struschka et al. (2008) für das Jahr 2005 berechneten Emissionsfaktoren und den Emissionsfaktoren für das hier betrachtete Referenzjahr 2010 erfolgte in allen Fällen, in denen aktualisierte Daten ergänzt werden konnten.

Für Holzbrennstoffe wurden für die meisten Emissionsparameter neue Emissionsfaktoren ermittelt. Bei Emissionsparametern, für die keine neuen Messdaten vorlagen bzw. sofern diese nicht repräsentativ waren, wurde auf die Emissionsfaktoren von Struschka et al. (2008) zurückgegriffen. Für die Berechnung der neuen Emissionsfaktoren wurde die Methode zur Emissionsfaktorberechnung von Struschka et al. (2008) beibehalten, die in Abbildung 17 schematisch dargestellt ist.

Abbildung 17: Vorgehen zur Ermittlung der Emissionsfaktoren



Struschka et al. 2008

Bei der Ermittlung der gerätebezogenen Emissionsfaktoren der Bereiche HH und GHD für die betrachteten Brennstoffe werden für die Feuerungsanlagen die Anlagenart, der Leistungsbereich und die Altersstruktur für jeden Leistungsbereich sowie für die beiden Lastfälle berücksichtigt.

Emissionsseitig werden Literaturangaben, gemessene Prüfstandsdaten sowie Realdaten verrechnet, die getrennt nach Anlagenart, Leistungsbereich und Alter der Anlage berechnet werden. Prüfstandsdaten werden anhand eines validierten *Verschlechterungsfaktors* erhöht, um den stets höher vermuteten Realdaten nahe zu kommen.

Emissionen

Für die Berechnung neuer Holzemissionsfaktoren wurden alle Originaldaten von Struschka et al. (2008), d.h. Prüfstandsdaten und Realdaten, verwendet und durch zusätzlich recherchierte Daten ergänzt. Der wesentliche Teil der zusätzlichen Daten stammt aus mehr als 350 Prüfberichten von biomassegefeuerten Heizkesseln für Pellets, Scheitholz und Hackschnitzel des BLT Wieselburg (2013).

Folgende Literatur wurde für die Berechnung der Emissionsfaktoren für biogene Festbrennstoffe in 2010 sowie für die Emissionsfaktoren der Prognosejahre gesichtet, ausgewertet und bei geeigneter Vergleichbarkeit der Brennstoffe und Schadstoff-Messverfahren berücksichtigt.

Tabelle 40: Datenbasis für die Aktualisierung der Emissionsfaktoren von Holzfeuerungen

Thematik	Literatur
allgemeine Emissionsfaktoren bei biomassegefeuerten Anlagen (Staub, CO, NO_x, VOC u.a.)	LUA (2002)
	Wörgetter und Moser (2005)
	Vock et al. (2006)
	Vetter und Hering (2006)
	Theloke et al. (2010)
	Gebhart-Graf et al. (2011)
	Struschka et al. (2012)
	BLT Wieselburg (2013)
	BAFA (2014b)
Staubemission (Biomasse)	Hartmann et al. (2006)
	UBA (2006)
	Klippel und Nussbaumer (2007)
	Hiendlmeier et al. (2007)
	Nussbaumer et al. (2008)
	Wagener (2013)
Emissionen handbeschickter Biomassefeuerungen	Ellner-Schuberth et al. (2010)
	Schmidl et al. (2011)
	Hartmann et al. (2003)
organische sowie anorganische Spurenstoffe bei Biomasse (PAK, PCDF, PCB, As, Cu, Pb)	Launhardt et al. (2000)
	Launhardt (2002)
	Thanner und Moche (2002)
	Baumbach und Brodeck (2009)
	Baumbach (2013)
	Geueke (2013)
nicht holzartige Brennstoffe	Wopienka (2008)
	Hering (2009)
	Hering (2010)

Thematik	Literatur
	Wolf (2013)
	Schröder et al. (2013)

Anlagenstruktur

Die Berechnung der Emissionsfaktoren für Holzbrennstoffe basiert auf der Differenzierung der Anlagenart, des Leistungsbereichs (je Anlagenalter) und dem Anteil des Lastfalls. Tabelle 41 gibt einen Überblick über die Abschätzung der Lastfälle, also des prozentualen Anteils, den ein Emissionsfaktor aus Teillastbetrieb am gesamten Emissionsfaktor ausmacht.

Tabelle 41: Festlegung der anteiligen Gewichtungen der Energieverbräuche zur Berechnung von Emissionen, getrennt nach Leistungsbereich und Geräteart

Anteiliger lastabhängiger Brennstoffeinsatz für Feuerstätten für feste Brennstoffe in Deutschland (2005)	Alters-stufe	Leistungs-bereich [kW]	Anteil am Endenergieverbrauch Lastfall	Anteil am Endenergieverbrauch [%]
Haushalte und Gewerbe, Handel, Dienstleistungen				
Heizkessel - handbeschickt für Holz- und Kohlenbrennstoffe, inkl. gewerbliche Holzkessel	alle	4 - 25 › 25 - 50 › 50	Teillast Nennlast	36 64
Heizkessel für Pellets	alle	4 - 25 › 25 - 50 › 50	Teillast Nennlast	36 64
Heizkessel für Hackschnitzel	alle	4 - 25 › 25 - 50 › 50	Teillast Nennlast	36 64
Dauerbrandöfen	alle	‹ 15	Teillast Nennlast	60 40
Kachelöfen (mit Heizeinsatz oder als Grundofen)	alle	‹ 15	Teillast Nennlast	60 40
Kaminöfen	alle	‹ 15	Teillast Nennlast	42 58
Pelletöfen	alle	‹ 15	Teillast Nennlast	42 58
Kamine (mit offenem oder geschlossenem Feuerraum)	alle	‹ 15	Teillast Nennlast	42 58
Badeöfen	alle	‹ 15	Teillast Nennlast	- 100
Herde	alle	‹ 15	Teillast Nennlast	30 70

gewerbliche Holzfeuerungen

Heizkessel - handbeschickt	alle	› 50	Teillast Nennlast	73 27
Einblasfeuerungen	alle	› 50	Teillast Nennlast	73 27
Unterschubfeuerungen	alle	› 50	Teillast Nennlast	73 27
Vorofenfeuerungen	alle	› 50	Teillast Nennlast	73 27

3.1.2 Emissionsfaktoren der Kleinfeuerungsanlagen in Deutschland 2010

Die folgenden Tabellen listen die ermittelten Emissionsfaktoren für Feuerungsanlagen im Bezugsjahr 2010 in den Bereichen *Haushalte* und *Gewerbe, Handel, Dienstleistungen* und *Militär* auf. Dabei ist zu beachten, dass für Schwermetalle nur wenige Daten vorliegen, so dass die Emissionsfaktoren dieser Parameter keine hohe Repräsentativität aufweisen.

Tabelle 42: Emissionsfaktoren für Feuerungsanlagen in den Bereichen Haushalte, GHD und Militär in Deutschland im Bezugsjahr 2010

Haushalte	CO2	CO	NOx als NO2	SO2	VOC als C	CH4	NMVOC als C	Partikel	PCDD/F	PAK	Benzol
	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[mg/TJ]	[g/TJ]	[kg/TJ]
Heizöl EL	73.318	12	42	60	1,5	0,040	1,5	0,85	0,0022	0,16	0,015
Brenngase	55.796	13	20	0,50	2,9	3,0	0,59	0,030	0,0020	-	0,00023
Steinkohlen	95.930	3.422	61	386	167	134	67	18	0,022	57	-
Steinkohlen-briketts	95.457	4.875	50	563	460	368	184	265	0,020	492	-
Steinkohlen-koks	106.167	5.448	40	459	19	10	12	17	0,041	97	-
Braunkoh-lenbriketts	97.010	2.350	87	93	194	56	158	79	0,025	214	0,52
Rheinische Braunkohle	97.010	2.280	85	70	157	60	112	75	0,026	359	-
Lausitzer Braunkohle	97.010	2.435	89	121	241	51	215	51	0,024	35	1,1
Böhmische Braunkohle	97.010	2.435	89	121	241	51	215	336	0,024	35	1,1
Holzbrenn-stoffe	102.108	2.260	70	7,2	196	101	147	90	0,056	387	7,9

GHD	CO2	CO	NOx als NO2	SO2	VOC als C	CH4	NMVOC als C	Partikel	PCDD/F	PAK	Benzol
	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[mg/TJ]	[g/TJ]	[kg/TJ]
Heizöl EL	73.318	12	43	60	2,3	0,040	2,3	1,0	0,0022	0,16	0,015
Brenngase	55.796	12	22	0,5	2,3	2,5	0,41	0,030	0,0019	-	0,00020
Steinkohlen	95.946	2.162	90	278	82	70	30	18	0,010	57	-
Steinkohlen-briketts	95.457	4.875	50	563	460	368	184	265	0,020	492	-
Steinkohlen-koks	106.167	5.448	40	459	19	10	12	17	0,041	86	-
Braunkoh-	97.010	2.348	87	92	193	56	157	80	0,025	218	0,50

lenbriketts											
Rheinische Braunkohle	97.010	2.280	85	70	157	60	112	75	0,026	359	-
Lausitzer Braunkohle	97.010	2.435	89	121	241	51	215	51	0,024	35	1,1
Böhmische Braunkohle	97.010	2.435	89	121	241	51	215	336	0,024	35	1,1
Holzbrenn-stoffe	101.682	1.602	95	8,2	84	43	75	59	0,30	195	6,0

Militär	CO2	CO	NOx als NO2	SO2	VOC als C	CH4	NMVOC als C	Partikel	PCDD/F	PAK	Benzol
	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[mg/TJ]	[g/TJ]	[kg/TJ]
Heizöl EL	73.344	14	46	77	2,8	0,017	2,8	1,8	0,0028	0,14	0,019
Brenngase	55.796	10	25	0,50	0,38	0,042	0,34	0,03	0,0017	-	0,000083
Steinkohlen	95.930	438	108	403	2,5	2,0	1,0	278	0,0045	-	-
Steinkohlen-briketts	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Steinkohlen-koks	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Braunkoh-lenbriketts	95.954	4.922	86	229	391	242	332	53	0,013	-	-
Rheinische Braunkohle	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lausitzer Braunkohle	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Böhmische Braunkohle	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Holzbrenn-stoffe	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Strich im Feld bedeutet, dass kein E-Faktor angegeben werden kann

Tabelle 43: Fortsetzung Tabelle 42: Emissionsfaktoren für Feuerungsanlagen in den Bereichen Haushalte, GHD und Militär in Deutschland im Bezugsjahr 2010

Haushalte	N2O	HCl	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	V	Zn
	[kg/TJ]	[g/TJ]	[g/TJ]	[g/TJ]	[g/TJ]	[g/TJ]	[g/TJ]	[g/TJ]	[g/TJ]	[g/TJ]	[g/TJ]
Heizöl EL	0,56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Brenngase	0,24	-	-	-	-	-	0,060	-	-	-	-
Steinkohlen	12	8,6	3,2	4,0	-	-	3,6	-	230	7,4	-
Steinkohlen-briketts	9,7	26	4,1	11	-	-	3,6	-	215	6,0	-
Steinkohlen-koks	0,94	24	3,9	1,4	-	-	3,6	-	124	6,2	-
Braunkohlen-briketts	5,1	3,8	4,5	0,38	8,7	0,63	2,3	6,9	7,2	1,6	5,0
Rheinische Braunkohle	4,1	3,4	7,6	0,41	15	0,90	2,3	8,9	4,1	2,8	2,3
Lausitzer Braunkohle	6,3	4,2	0,71	0,35	0,74	0,29	2,3	4,3	11		8,4
Böhmische Braunkohle	6,3	4,2	0,71	0,35	0,74	0,29	2,3	4,3	11		8,4
Holzbrenn-stoffe	1,6	0,28	0,16	2,2	13	8,2	0,56	1,7	16	0,031	229

GHD	N2O	HCl	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	V	Zn
	[kg/TJ]	[g/TJ]	[g/TJ]	[g/TJ]	[g/TJ]	[g/TJ]	[g/TJ]	[g/TJ]	[g/TJ]	[g/TJ]	[g/TJ]
Heizöl EL	0,51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Brenngase	0,26	-	-	-	-	-	0,060	-	-	-	-
Steinkohlen	8,5	8,6	3,2	4,0	-	-	3,6	-	-	-	-
Steinkohlen-briketts	9,7	26	4,1	11	-	-	3,6	-	215	6,0	-
Steinkohlen-koks	0,94	24	3,9	1,4	-	-	3,6	-	124	6,2	-
Braunkohlen-briketts	5,0	3,8	4,6	0,38	8,9	0,63	2,3	6,9	7,1	1,6	4,9
Rheinische Braunkohle	4,1	3,4	7,6	0,41	15	0,90	2,3	8,9	4,1	2,8	2,3
Lausitzer Braunkohle	6,3	4,2	0,71	0,35	0,74	0,29	2,3	4,3	11	-	8,4
Böhmische Braunkohle	6,3	4,2	0,71	0,35	0,74	0,29	2,3	4,3	11	-	8,4
Holzbrenn-stoffe	0,53	5,5	3,2	3,8	19	27	0,56	1,0	141,6	5,1	611

Militär	N2O	HCl	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	V	Zn
	[kg/TJ]	[g/TJ]	[g/TJ]	[g/TJ]	[g/TJ]	[g/TJ]	[g/TJ]	[g/TJ]	[g/TJ]	[g/TJ]	[g/TJ]
Heizöl EL	0,56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Brenngase	0,29	-	-	-	-	-	0,060	-	-	-	-
Steinkohlen	4,8	17	7,2	4,0	2,3	3,1	3,6	-	230	11	11
Steinkohlen-briketts	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Steinkohlen-koks	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Braunkohlen-briketts	0,37	-	-	-	-	-	2,3	-	-	2,5	-
Rheinische Braunkohle	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lausitzer Braunkohle	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Böhmische Braunkohle	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Holzbrenn-stoffe	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Strich im Feld bedeutet, dass kein E-Faktor angegeben werden kann

3.1.3 Emissionsfaktoren für die Partikelfraktionen PM_1, $PM_{2,5}$ und PM_{10}

Tabelle 44 stellt die mittleren Anteile der Partikelfraktionen PM_1, $PM_{2,5}$ und PM_{10} im Gesamtstaub dar. Die Anteile wurden entsprechend der Annahmen von *Struschka et al.* (2008) festgelegt.

Die Annahmen bei *Struschka et al.* (2008) basieren auf Messungen an typischen Anlagenarten mit unterschiedlichen Brennstoffen (siehe Tabelle 44). Sie erfolgten mit einem 8-stufigen Kaskadenimpaktor (VDI 1994) und einem 16-stufigen Kaskadenimpaktor (Struschka et al. 2003).

Tabelle 44: Mittlere Anteile der Partikelfraktionen PM_1, $PM_{2,5}$ und PM_{10} am Gesamtstaub

Bereich	Feuerung	Brennstoff	Anteil im Gesamtstaub [%]		
			PM_1	$PM_{2,5}$	PM_{10}
Haushalte und GHD	Dauerbrandöfen Kachelöfen Kamine Kaminöfen Badeöfen Herde	Braunkohlebriketts	78	85	95
		naturbelassenes Holz	92	96	99
		Steinkohlen	78	85	95
		Steinkohlenkoks und Steinkohlenbriketts	72	86	95
	Pelletöfen	Holzpellets	93	95	99
	Heizkessel	Braunkohlenbriketts	78	85	95
		Stückholz	71	79	92
		Holzhackschnitzel	84	87	94
		Holzpellets	80	84	97
		Steinkohlen	78	85	95
		Steinkohlenkoks und Steinkohlenbriketts	72	86	95
GHD (gew. Holzfeuerungen)	Heizkessel handbeschickt	naturbelassenes Holz	71	79	92
	Einblasfeuerungen Unterschubfeuerungen Vorofenfeuerungen		77	88	97
	Heizkessel handbeschickt	Holzwerkstoffe	71	79	92
	Einblasfeuerungen Unterschubfeuerungen Vorofenfeuerungen		64	70	88
Haushalte und GHD	Ölfeuerungen mit Verdampfungsbrennern Heizkessel mit Ölgebläsebrennern	Heizöl EL	85	100	100

Struschka et al. 2008 basierend auf Struschka et al. 2003

Tabelle 45: Emissionsfaktoren der Partikelfraktionen PM_1 für Feuerungsanlagen der Bereiche Haushalte, GHD und Militär in Deutschland im Jahr 2010

Partikelfraktion PM_1	Emissionsfaktoren 2010 [kg/TJ]			
	Haushalte	GHD	Militär	Gesamt
Heizöl EL	0,7	0,9	1,5	0,7
Steinkohlen	14	14	218	15
Steinkohlenkoks	12	12	12	12
Steinkohlenbriketts	190	190	190	190
Braunkohlenbriketts	63	63	42	63
Rheinische	59	59	59	59
Lausitzer	40	40	40	40
Böhmische	263	263	263	263
naturbelassenes Holz und Restholz	80	45	-	74

Leeres Feld bedeutet: keine Daten vorhanden,

Strich im Feld bedeutet: Brennstoff wird nicht eingesetzt

Tabelle 46: Emissionsfaktoren der Partikelfraktionen $PM_{2,5}$ für Feuerungsanlagen der Bereiche Haushalte, GHD und Militär in Deutschland im Jahr 2010

Partikelfraktion $PM_{2,5}$	Emissionsfaktoren 2010 [kg/TJ]			
	Haushalte	GHD	Militär	Gesamt
Heizöl EL	0,8	1,0	1,8	0,9
Steinkohlen	16	16	236	16
Steinkohlenkoks	14	14	14	14
Steinkohlenbriketts	227	227	227	227
Braunkohlenbriketts	68	68	45	68
Rheinische	63	63	63	63
Lausitzer	43	43	43	43
Böhmische	285	285	285	285
naturbelassenes Holz und Restholz	84	50	-	78

Leeres Feld bedeutet: keine Daten vorhanden

Strich im Feld bedeutet: Brennstoff wird nicht eingesetzt

Tabelle 47: Emissionsfaktoren der Partikelfraktionen PM10 für Feuerungsanlagen der Bereiche Haushalte, GHD und Militär in Deutschland im Jahr 2010

Partikelfraktion PM_{10}	Emissionsfaktoren 2010 [kg/TJ]			
	Haushalte	GHD	Militär	Gesamt
Heizöl EL	0,8	1,0	1,8	0,9
Steinkohlen	18	18	264	18
Steinkohlenkoks	16	16	16	16
Steinkohlenbriketts	253	253	253	253
Braunkohlenbriketts	76	76	50	76
Rheinische	71	71	71	71
Lausitzer	48	48	48	48
Böhmische	319	319	319	319
naturbelassenes Holz und Restholz	88	56	-	81

3.2 Emissionsfaktoren von biomassegefeuerten Anlagen im Referenzjahr 2010 im Detail

Verbrennungsanlagen auf Basis von Festbrennstoffen weisen hinsichtlich der Staub- und kohlenstoffbasierten Emissionen die höchsten Werte auf. Dies kann im Wesentlichen auf die Inhomogenität des Brennstoffes sowie die mineralischen Anteile zurückgeführt werden. Die in der nachfolgenden Tabelle 48 aufbereiteten Daten wurden den Prüfstanddaten der BLT Wieselburg (2013) entnommen. Sie zeigen hohe Unterschiede der Emissionswerte zwischen Teillast- und Volllastbetrieb der Anlagen.

Tabelle 48: Gemittelte Prüfstandwerte automatisch geregelter Anlagen (Baujahr bis 2010) für CO, VOC, NOx und Staub

Feuerungsart	Leistungs-Segment [kW]	Voll-/Teillast Häufigkeit	Mittelwerte [mg/MJ]			
			CO	VOC	NOx	Staub
Stückholzfeuerung mit Verbrennungsluftgebläse		VL (n=37)	145	7	92	14
		TL (n=22)	252	13	89*	7*
Pelletofen		VL (n=6)	115	5	101	20
		TL (n=6)	420	20	-	-
Pelletkessel	bis 25	VL (n=62)	38	0,8	80	10
		TL (n=55)	109	2,7	70*	11*
	>25-50	VL (n=36)	34	0,7	75	11
		TL (n=34)	113	2,8	64*	12*
	>50	VL (n=24)	12	0,5	72	11
		TL (n=24)	46	1,0	62*	21*
Hackgutkessel	bis 50	VL (n=30)	46	1,0	98	15
		TL (n=29)	167	2,7	82*	8*
	>50	VL (n=32)	36	0,6	93	19
		TL (n=31)	64	1,1	68*	10*

* Anzahl der NO_x- und Staubmessungen bei Teillast entspricht nicht der angezeigten Häufigkeit

Eine Gegenüberstellung von Prüfstandswerten für Staub und realen Emissionswerten von Schornsteinfegern ergab für typengleiche Anlagen – neben einzelnen Messwerten, die unter den Prüfstandsdaten lagen – häufig deutlich höhere Messwerte. Diese lagen größtenteils im Bereich des 2- bis 8-fachen und in einzelnen Fällen beim 20-fachen der Prüfstandswerte (Schröder et al. 2013).

Dies kann verschiedene Ursachen haben. Ein variierender Aschegehalt im Brennstoff kann bereits zu deutlichen Differenzen in der Staubbelastung führen. Der Abrieb des Brennstoffs kann dabei ebenso relevante Auswirkungen haben (Hartmann et al. 2006). Das Alter der Anlage und deren letzte Wartung sind maßgeblich für die Funktionsweise und die verbunden Emissionen. Die auf Prüfständen erzielten Werte können nicht die Einhaltung der gleichen Emissionswerte in der Praxis gewährleisten (BAFA 2014a; Schröder et al. 2013).

Diese Abweichungen vom Realbetrieb ergeben sich auch für andere Parameter. Aus diesen Gründen wurde zur Berechnung der Emissionsfaktoren aus Prüfstandsdaten ein „Verschlechterungsfaktor“ angesetzt, der Unterschiede zwischen Prüfstand und Realemission abschätzt.

Im Ergebnis wurden für das Bezugsjahr 2010 die in Tabelle 49 bis Tabelle 51 genannten Emissionsfaktoren ermittelt.

Tabelle 49: Emissionsfaktoren für biomassegefeuerte Feuerungsanlagen in den Bereichen HH und GHD (einschließlich Militär) in Deutschland im Bezugsjahr 2010 (Teil 1)

Feuerungsart	Größenklasse	CO2	CO	NOx als NO2	SO2	VOC als C	CH4	NMVOC als C	Partikel
	[kW]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]
Dauerbrandöfen	< 15	102.108	3.807	67	4,4	395	226	273	86
Kachelöfen	< 15	102.108	3.380	64	10	337	125	270	142
Kamine	< 15	102.108	3.278	71	7,0	287	136	51	144
Kaminöfen	< 15	102.108	2.426	44	9,0	203	136	179	84
Pelletöfen	< 15	102.108	360	127	-	22	3,1	5,4	34
Badeöfen	< 15	102.108	4.950	92	1,3	104	45	71	51
Herde	<15	102.108	3.222	78	1,3	120	77	69	76
Heizkessel handbeschickt	4 - 25	102.108	689	99	-	16	8	13	56
	> 25 - 50	102.108	796	109	5,1	11	19	34	32
	> 50	102.108	279	88	-	17	32	56	28
Heizkessel für Pellets	4 - 25	102.108	192	98	-	1,5	1,5	2,7	21
	> 25 - 50	102.108	156	86	-	1,5	1,4	2,5	21
	> 50	102.108	87	72	-	0,80	0,45	0,80	23
Heizkessel für Hackschnitzel	4 - 25	102.108	310	104	-	3,4	-	-	16
	> 25 - 50	102.108	231	96	4,4	1,2	-	-	22
	> 50	102.108	109	118	2,9	0,7	-	-	23
Heizkessel handbeschickt (gewerblich, inkl. Restholznutzung)	> 50 - 1.000	101.371	2.375	96	7,3	208	83	146	55
Einblasfeuerung	> 50 - 1.000	101.371	3.258	72	11,7	60	24	42	-
Unterschubfeuerung	> 50 - 1.000	101.371	1.372	119	11,7	40	16	28	107
Vorofenfeuerung	> 50 - 1.000	101.371	1.031	86	9,9	36	14	25	69

Tabelle 50: Emissionsfaktoren für biomassegefeuerte Feuerungsanlagen in den Bereichen HH und GHD (einschließlich Militär) in Deutschland im Bezugsjahr 2010 (Teil 2)

Feuerungsart	Größenklasse	PCDD/F	PAK	Benzol	N2O	HCl	As	Cd	Cr
	[kW]	[mg/TJ]	[g/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[g/TJ]	[g/TJ]	[g/TJ]	[g/TJ]
Dauerbrandöfen	< 15	0,15	990	-	2,7	0,36	0,033	1,9	24
Kachelöfen	< 15	0,0077	898	5,4	1,8	0,35	0,19	0,88	0,23
Kamine	< 15	0,037	551	-	1,9	0,60	0,033	1,9	24
Kaminöfen	< 15	0,11	44	-	1,9	-	0,033	1,9	24
Pelletöfen	< 15	-	-	2,3	-	0,021	-	-	-
Badeöfen	< 15	0,042	57	-	2,3	0,037	0,033	1,9	24
Herde	<15	0,14	159	-	2,3	0,063	0,033	1,9	24
Heizkessel handbeschickt	4 - 25	0,054	13	18	0,28	0,15	0,50	4,6	4,6
	> 25 - 50	0,010	13	7,3	0,28	-	0,50	4,6	4,6
	> 50	0,063	-	7,2	-	-	-	-	-
Heizkessel für Pellets	4 - 25	0,0010	-	-	-	-	-	-	-
	> 25 - 50	-	0,16	-	-	0,48	-	-	-
	> 50	-	-	-	-	0,48	-	-	-
Heizkessel für Hackschnitzel	4 - 25	0,054	13	18	0,28	-	-	-	-
	> 25 - 50	0,010	13	7,3	0,28	1,2	-	-	-
	> 50	0,063	-	7,2		11	-	-	-
Heizkessel handbeschickt (gewerblich, inkl. Restholznutzung)	> 50 - 1.000	0,74	-	-	-	9,4	-	-	-
Einblasfeuerung	> 50 - 1.000	0,16	-	-	-	-	-	-	-
Unterschubfeuerung	> 50 - 1.000	0,42	132	5,0	-	5,3	8,3	3,9	29
Vorofenfeuerung	> 50 - 1.000	0,29	-	0,27	0,10	12	-	-	49

Tabelle 51: Emissionsfaktoren für biomassegefeuerte Feuerungsanlagen in den Bereichen HH und GHD (einschließlich Militär) in Deutschland im Bezugsjahr 2010 (Teil 3)

Feuerungsart	Größenklasse	Cu	Hg	Ni	Pb	V	Zn
	[kW]	[g/TJ]	[g/TJ]	[g/TJ]	[g/TJ]	[g/TJ]	[g/TJ]
Dauerbrandöfen	< 15	3,9	0,56	1,8	20	-	76
Kachelöfen	< 15	3,0	0,56	1,1	2,2	0,031	41
Kamine	< 15	3,9	0,56	1,8	20	-	76
Kaminöfen	< 15	3,9	0,56	1,8	20	-	76
Pelletöfen	< 15	-	0,56	-	-	-	-
Badeöfen	< 15	3,9	0,56	1,8	20	-	76
Herde	<15	3,9	0,56	1,8	20	-	76
Heizkessel handbeschickt	4 - 25	31	0,56	-	27	-	872
	> 25 - 50	31	0,56	-	27	-	872
	> 50	-	0,56	-	-	-	-
Heizkessel für Pellets	4 - 25	-	0,56	-	-	-	-
	> 25 - 50	-	0,56	-	-	-	-
	> 50	-	0,56	-	-	-	-
Heizkessel für Hackschnitzel	4 - 25	-	0,56	-	-	-	-
	> 25 - 50	-	0,56	-	-	-	-
	> 50	-	0,56	-	-	-	-
Heizkessel handbeschickt (gewerblich, inkl. Restholznutzung)	> 50 - 1.000	-	0,56	-	-	-	-
Einblasfeuerung	> 50 - 1.000	-	0,56	-	-	-	-
Unterschubfeuerung	> 50 - 1.000	32	0,56	0,84	361	6,4	-
Vorofenfeuerung	> 50 - 1.000		0,56				586

3.3 Emissionsfaktoren von biomassegefeuerten Anlagen im Szenario APS für die Jahre 2015, 2025 und 2030

Im *Aktuelle-Politik-Szenario* (APS) erfolgt im Vergleich zum Jahr 2010 in den betrachteten Jahren 2015, 2025 und 2030 eine Änderung der Altersstruktur der Kleinfeuerungsanlagen. Wie in Kapitel 2.3 dargestellt kommen in den einzelnen Anlagenkategorien jährlich neue Anlagen mit verminderten Emissionswerten hinzu, während bestehende Anlagen stillgelegt werden, da sie ein hohes Alter erreicht haben, weil sie beim Abriss oder bei der Sanierung von Gebäuden entfallen oder weil sie die neuen Grenzwertanforderungen (1. BImSchV 2010) nicht erfüllen.

Die Verjüngung des Anlagenbestandes führt zu einem verminderten Emissionsfaktor in jeder Anlagenkategorie und in der Regel auch zu einem verminderten Gesamtemissionsfaktor bei den Holzbrennstoffen bei jedem Emissionsparameter. Tabelle 52 zeigt dies am Beispiel des Parameters „Staub“ für Stückholzkessel mit einer Nennleistung größer 25 bis 50 kW.

Für das Bezugsjahr 2010 konnten die Emissionen mit Messwerten errechnet werden (Prüfstand- oder Realdaten, siehe Kapitel 3.2). Für mehrere Anlagenarten lagen zum Zeitpunkt der Studie bereits Messwerte für neuere Anlagen mit dem Baujahr 2011 – 2014 vor. In diesem Fall wurde für die Szenarien auf aktuellste Messwerte zurückgegriffen. Wenn keine Emissionsfaktoren für Anlagen mit neuerem Baujahr vorlagen, wurden zur Berechnung der Emissionsfaktoren für 2015 bis 2030 vorhandene Emissionswerte aus der jeweils jüngsten Altersklasse übernommen.

Wenn für die Anlagenart ein Grenzwert durch die 1. BImSchV (2010) vorgegeben ist (Staub, CO), wurde der Emissionsfaktor der jüngeren Altersklasse mit dem Grenzwert verglichen. In den Fällen, in denen ein Emissionsfaktor über dem Grenzwert lag, wurden Abschätzungen zur Minderung des Emissionsfaktors vorgenommen, um für die neue Anlagen gesetzeskonforme Emissionen darzustellen. Dabei wurde darauf geachtet, dass die Emissionsfaktoren technische Verbesserungen widerspiegeln und geringer liegen, als die zuvor aus Messungen ermittelten Emissionsfaktoren. Beispiele dazu werden weiter unten genannt.

Tabelle 52: Einfluss der Verjüngung des Anlagenbestandes (2010 – 2030) im Szenario APS auf den Emissionsfaktor Staub am Beispiel Stückholzkessel (› 25 – 50 kW)

Altersklasse	Anteil der Altersklasse am Gesamtbestand und Emissionsfaktor							
	2010		2015		2025		2030	
	[%]	[kg/TJ]	[%]	[kg/TJ]	[%]	[kg/TJ]	[%]	[kg/TJ]
bis 1989	11	139	1,0	139	0,0	139	0	139
1990 – 2004	42	20	36	20	22	20	24	20
2005 – 2010	47	17	47	17	37	17	20	17
2011 –2014[1]	0	13	13	13	10	13	11	13
ab 2015[2]	0	11	3,0	11	31	11	45	11
Emissionsfaktor		32		19		15		14

[1] Für neue im Zeitraum 2011 bis 2014 errichtete Anlagen wird angenommen, dass der Staub-Emissionsfaktor etwa 20% unter dem Emissionsfaktor der Anlagen mit Baujahr 2005-2010 liegt, entsprechend 20 mg/Nm³ (0,2-facher Grenzwert von 0,1 g/Nm³ der 1. Stufe der 1. BImSchV, jedoch nicht höher als der Emissionsfaktor, der für den Zeitraum 2005-2010 ermittelt wurde).

[2] Für neue ab 2015 errichtete Anlagen wird angenommen, dass der Staub-Emissionsfaktor sich weiter verbessert, entsprechend 16 mg/Nm³ (0,8-facher Grenzwert von 0,02 g/Nm³ der 2. Stufe der 1. BImSchV, jedoch nicht höher als der Emissionsfaktor, der für den Zeitraum 2005-2010 ermittelt wurde).

Verbesserungen der Emissionsfaktoren durch gesetzliche Maßnahmen lassen sich in den auf Excel basierenden Tabellenkalkulationen für jeden Anlagentyp und jedes Szenario-Jahr anpassen, so dass sie den Minderungen entsprechen, die aufgrund von gesetzlichen Maßnahmen erwartet werden. Die Anpassungen erfolgen getrennt für die Szenarien APS und EWS.

Beispiel Stückholzkessel:

Emissionsparameter Staub: Der Staub-Emissionsfaktor für Stückholzkessel lag bereits in der Altersklasse 2005 – 2010 unter dem Grenzwert der 1. BImSchV für das Jahr 2015. Der durchschnittliche Emissionsfaktor für Stückholzkessel für Staub wird für das Szenario-Jahr 2015 daher mit dem Faktor 0,8 auf den Grenzwert der 1. BImSchV angenommen (Grenzwert 13,16 mg/MJ, angenommener Wert: Grenzwert x 0,8 = 10,53 mg/MJ, entsprechend 16,8 mg/Nm^3). Es wird davon ausgegangen, dass die Emissionen bis 2030 ohne weitere regulatorische Anreize auf diesem Niveau stagnieren. Daher wird für die Szenario-Jahre 2025 und 2030 ebenfalls der Faktor 0,8 auf den Grenzwert der 1. BImSchV angelegt (Grenzwert 13,16 mg/MJ, angenommener Wert: 10,53 mg/MJ).

Emissionsparameter CO: Die Analyse der vorliegenden Emissionsdaten zeigt für Stückholzkessel, dass der Grenzwert der 1. BImSchV im Mittel in etwa erreicht wird. Unter der Annahme, dass es zu einer Verbesserung der Anlagen derart kommt, dass alle realen Werte den Emissionsfaktor erreichen, wird der durchschnittliche Emissionsfaktor für CO für Stückholzkessel daher im Jahr 2015 mit dem Faktor 1,0 (bezogen auf den Grenzwert der 1. BImSchV) angenommen (Grenzwert: 263,16 mg/MJ, angenommener Wert: 263,16 mg/MJ). Es wird davon ausgegangen, dass die Emissionen ohne weitere regulatorische Anreize auf diesem Niveau stagnieren. Daher wird für die Szenario-Jahre 2025 und 2030 ebenfalls der Faktor 1,0 auf den 1. BImSchV-Grenzwert angewendet (Grenzwert: 263,16 mg/MJ, angenommener Wert: 263,16 mg/MJ).

Emissionsparameter VOC/NMVOC/CH4/PAK/Benzol: Für diese Parameter wird methodisch genauso vorgegangen wie für Staub und CO. Bezug genommen wird dabei jedoch mangels Regularien in der 1. BImSchV auf den für das Jahr 2010 ermittelten Emissionsfaktor. Für Stückholzkessel wird für alle Parameter und alle Szenario-Jahre der Faktor 0,7 auf den für das Jahr 2010 ermittelten Emissionsfaktor angewendet, weil davon ausgegangen wird, dass ab dem Jahr 2015 zur Grenzwerterfüllung geringfügig verbesserte Verbrennungsbedingungen erzielt werden, so dass die Emissionen organischer Schadstoffe sinken. Weiterhin wird entsprechend der Messungen von *Hartmann et al.* [2014] davon ausgegangen, dass unterhalb eines CO-Emissionswertes von 800 mg/m^3 nur noch sehr geringe VOC-Emissionen zu erwarten sind.

Tabelle 53: Emissionsfaktoren für biomassegefeuerte Feuerungsanlagen in den Bereichen HH und GHD (inkl. Militär) in Deutschland im Jahr 2015 (Szenario APS)

Feuerungsart	Größen-klasse	CO	Partikel	VOC als C	CH4	NMVOC als C	PAK	Benzol
		[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[g/TJ]	[kg/TJ]
Dauerbrandöfen	< 15	2872	86	395	226	273	990	-
Kachelöfen	< 15	2180	117	337	125	270	898	5,4
Kamine	< 15	3147	156	287	136	51	551	-
Kaminöfen	< 15	1953	65	203	136	179	44	-
Pelletöfen	< 15	248	29	10	1,5	2,5	-	1,1
Heizkessel handbeschickt (Stückholz)	4 - 25	703	66	15	7,1	12	12	17
	> 25 - 50	575	19	9,0	16	29	11	6,2
	> 50	153	66	15	29	51	-	6,4
Heizkessel automatisch beschickt (Hackschnitzel)	4 - 25	301	15	1,8	-	-	-	-
	> 25 - 50	163	17	0,66	-	-	44	-
	> 50	97	22	0,68	-	-	174	-
Heizkessel für Pellets	4 - 25	198	19	0,88	0,90	1,6	-	-
	> 25 - 50	148	19	0,91	0,88	1,5	0,10	-
	> 50	75	21	0,47	0,27	0,47	-	-
Badeöfen	< 15	4950	51	104	45	71	57	-
Herde	< 15	2082	54	120	77	69	159	-
Heizkessel handbeschickt (GHD)	> 50 - 1.000	1876	46	161	64	113	-	-
Einblasfeuerung (GHD)	> 50 - 1.000	2481	91	45	18	31	-	-
Unterschubf. (GHD)	> 50 - 1.000	1043	81	29	11,6	20	96	3,6
Vorofenfeuerung (GHD)	> 50 - 1.000	817	55	27	11	19	-	0,20

Tabelle 54: Emissionsfaktoren für biomassegefeuerte Feuerungsanlagen in den Bereichen HH und GHD (inkl. Militär) in Deutschland im Jahr 2025 (Szenario APS)

Feuerungsart	Größen-klasse	CO	Partikel	VOC als C	CH4	NMVOC als C	PAK	Benzol
	[kW]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[g/TJ]	[kg/TJ]
Dauerbrandöfen	< 15	2872	86	395	226	273	990	-
Kachelöfen	< 15	2004	107	337	125	270	898	5,4
Kamine	< 15	2922	145	287	136	51	551	-
Kaminöfen	< 15	1280	38	203	136	179	44	-
Pelletöfen	< 15	198	24	5,2	0,73	1,3	-	0,53
Heizkessel handbeschickt (Stückholz)	4 - 25	573	52	11	5,3	9,3	9,1	12,8
	> 25 - 50	477	15	6,3	12	20	7,8	4,3
	> 50	154	20	12	22	39	-	5,0
Heizkessel automatisch beschickt (Hackschnitzel)	4 - 25	269	13	0,92	-	-	-	-
	> 25 - 50	128	14	0,40	-	-	27	-
	> 50	78	19	0,57	-	-	148	-
Heizkessel für Pellets	4 - 25	201	16	0,53	0,54	1,0	-	-
	> 25 - 50	138	16	0,55	0,53	0,93	0,061	-
	> 50	66	16	0,26	0,15	0,26	-	-

Feuerungsart	Größen-klasse	CO	Partikel	VOC als C	CH4	NMVOC als C	PAK	Benzol
	[kW]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[g/TJ]	[kg/TJ]
Badeöfen	‹ 15	4950	51	104	45	71	57	-
Herde	‹15	1642	43	120	77	69	159	-
Heizkessel handbeschickt (GHD)	› 50 - 1.000	1158	30	91	36	64	-	-
Einblasfeuerung (GHD)	› 50 - 1.000	1572	62	27	11	19	-	-
Unterschubf. (GHD)	› 50 - 1.000	739	57	19	7,5	13	62	2,3
Vorofenfeuerung (GHD)	› 50 - 1.000	563	39	16	6,5	11		0,12

Tabelle 55: Emissionsfaktoren für biomassegefeuerte Feuerungsanlagen in den Bereichen HH und GHD (inkl. Militär) in Deutschland im Jahr 2030 (Szenario APS)

Feuerungsart	Größen-klasse	CO	Partikel	VOC als C	CH4	NMVOC als C	PAK	Benzol
	[kW]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[g/TJ]	[kg/TJ]
Dauerbrandöfen	‹ 15	2872	86	395	226	273	990	-
Kachelöfen	‹ 15	1894	102	337	125	270	898	5,4
Kamine	‹ 15	2778	138	287	136	51	551	-
Kaminöfen	‹ 15	1131	32	203	136	179	44	-
Pelletöfen	‹ 15	187	24	4,1	0,58	1,01	-	0,42
Heizkessel handbeschickt (Stückholz)	4 - 25	577	47	9,7	4,7	8,3	8,1	11
	› 25 - 50	385	14	4,7	8,6	15	5,8	3,2
	› 50	151	21	9,5	18	32	-	4,0
Heizkessel automatisch beschickt (Hackschnitzel)	4 - 25	260	12	0,52	-	-	-	-
	› 25 - 50	128	34	0,24	-	-	15	-
	› 50	81	20	0,48	-	-	124	-
Heizkessel für Pellets	4 - 25	203	14	0,26	0,27	0,47	-	-
	› 25 - 50	130	14	0,26	0,26	0,45	-	-
	› 50	63	14	0,12	0,07	0,12	-	-
Badeöfen	‹ 15	4950	51	104	45	71	57	-
Herde	‹15	1555	40	120	77	69	159	-
Heizkessel handbeschickt (GHD)	› 50 - 1.000	751	22	51	20	36	-	-
Einblasfeuerung (GHD)	› 50 - 1.000	965	44	15	6,1	11	-	-
Unterschubf. (GHD)	› 50 - 1.000	493	38	10,7	4,3	7,5	35	1,3
Vorofenfeuerung (GHD)	› 50 - 1.000	394	28	9	3,7	6,5	-	0,069

Die in Tabelle 53 bis Tabelle 55 dargestellten Emissionsfaktoren resultieren aus den Emissionen der verschiedenen Altersklassen der jeweiligen Anlagenart sowie des Anteils dieser Altersklasse in der Anlagenart.

Ein Emissionsfaktor für Holzbrennstoffe, der einen Durchschnitt über alle Anlagenarten abbildet, kann anhand des Anteils berechnet werden, den die jeweilige Anlagenart am gesamten Endenergieverbrauch biomassegefeuerter Anlagen aufweist. Die umfangreiche Übersichtstabelle dazu ist aus Gründen der besseren Lesbarkeit des Berichtes im Anhang dargestellt.

In Tabelle 56 ist der Anteil am Endenergieverbrauch der jeweiligen Anlagenart im Detail für das Jahr 2010 im Vergleich mit den Szenario-Jahren 2015 und 2030 jeweils für Anlagen in Haushalten sowie in Gewerbe, Handel und Dienstleistungen dargestellt.

Tabelle 56: Anteil der einzelnen Anlagen am Endenergieverbrauch biomassegefeuerter Anlagen im Jahr 2010 und im Szenario APS im Jahr 2015 und 2030 in Haushalten (HH) sowie Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD)

Feuerungsart	Größen-klasse [kW]	2010 Anteil am Endenergie-verbrauch [%]		2015 Anteil am Endenergie-verbrauch [%]		2030 Anteil am Endenergie-verbrauch [%]	
		HH	GHD	HH	GHD	HH	GHD
Dauerbrandöfen	< 15	4,8	0,3	1,3	0,1	0,9	0,1
Kachelöfen	< 15	25,2	3,3	15,7	2,3	13,5	2,2
Kamine	< 15	9,3	0,3	12,4	0,5	9,7	0,4
Kaminöfen	< 15	29,4	1,4	37,0	2,3	40,8	2,8
Pelletöfen	< 15	1,5	0,1	2,0	0,1	3,4	0,2
Heizkessel handbeschickt (Stückholz)	4 - 25	7,8	3,3	5,5	1,2	4,8	1,2
	> 25 - 50	10,3	14,7	10,9	2,5	10,7	2,6
	> 50	5,4	7,8	7,7	1,7	6,5	1,6
Heizkessel automatisch beschickt (Hackschnitzel)	4 - 25	-	0,3	-	0,4	-	0,7
	> 25 - 50	-	7,3	-	15,9	-	21,6
	> 50	-	2,1	-	27,3	-	19,8
Heizkessel für Pellets	4 - 25	3,7	0,3	5,3	0,4	6,8	0,5
	> 25 - 50	0,6	0,1	0,8	0,1	1,0	0,1
	> 50	0,7	0,1	0,9	0,1	1,4	0,1
Badeöfen	< 15	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Herde	< 15	1,1	0,5	0,4	0,2	0,5	0,3
Heizkessel – handb. (GHD)	> 50 - 1.000	-	22,8	-	16,0	-	16,1
Einblasfeuerung (GHD)	> 50 - 1.000	-	12,8	-	10,2	-	10,5
Unterschubfeuerung (GHD)	> 50 - 1.000	-	13,0	-	11,4	-	12,0
Vorofenfeuerung (GHD)	> 50 - 1.000	-	9,2	-	7,3	-	7,5

Die Gewichtung des Emissionsfaktors mit dem anteiligen Energieverbrauch der Anlagenarten aus Tabelle 56 führt zu den in Tabelle 57 und Tabelle 58 dargestellten durchschnittlichen Emissionsfaktoren für Holzbrennstoffe in den Szenario-Jahren.

Tabelle 57: Emissionsfaktoren für biomassegefeuerte Feuerungsanlagen in Haushalten (HH) in Deutschland in den Szenario-Jahren 2015, 2025 und 2030 (Szenario APS)

	CO	VOC als C	CH4	NMVOC als C	Partikel	Partikel PM_1	Partikel $PM_{2,5}$	Partikel PM_{10}	PAK	Benzol
	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[g/TJ]	[kg/TJ]
Holzbrennst. 2010	2.260	196	101	147	90	80	84	88	387	7,9
Holzbrennst. 2015	1.632	173	95	127	76	67	71	74	287	5,4
Holzbrennst. 2025	1.221	163	91	122	52	47	49	51	248	5,5
Holzbrennst. 2030	1.121	162	90	121	49	43	45	48	248	2,4

Tabelle 58: Emissionsfaktoren für biomassegefeuerte Feuerungsanlagen in Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) in den Szenario-Jahren 2015, 2025 und 2030 (Szenario APS)

	CO	VOC als C	CH4	NMVOC als C	Partikel	Partikel PM_1	Partikel $PM_{2,5}$	Partikel PM_{10}	PAK	Benzol
	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[g/TJ]	[kg/TJ]
Holzbrennst. 2010	1.602	84	43	75	59	45	50	56	195	6,0
Holzbrennst. 2015	932	51	40	67	46	36	40	45	143	3,9
Holzbrennst. 2025	647	36	28	47	34	26	29	32	106	2,8
Holzbrennst. 2030	467	47	22	36	31	24	27	30	89	2,1

3.4 Emissionsfaktoren von biomassegefeuerten Anlagen im Energiewende-Szenario für die Jahre 2015, 2025 und 2030

Im *Energiewende-Szenario* (EWS) wird im Vergleich zum Szenario „Aktuelle Politik“ eine größere Zunahme von biomassegefeuerten Heizkesseln erwartet (Matthes et al. 2013). Im Kapitel 2.4 ist die im Szenario EWS angenommene Entwicklung der Anlagenstruktur dargestellt. Kapitel 2.5 zeigt die prognostizierten Entwicklungen der Anlagenstrukturen in den Szenarien APS und EWS im Vergleich.

Im *Energiewende-Szenario* (EWS) gibt es die gleiche Anzahl der über die Jahre ersetzten Anlagen wie im *Aktuelle-Politik-Szenario* (APS), das heißt, es entfällt die gleiche Anzahl Altanlagen. Zusätzlich wird davon ausgegangen, dass ein hoher jährlicher Absatz von Biomassefeuerungen erfolgt. Dadurch verschiebt sich im *Energiewende-Szenario* die Struktur hin zu einem größeren Anteil an Geräten der jüngeren Altersklassen, die geringere Emissionen (niedrigere Emissionsfaktoren) aufweisen.

Tabelle 59 greift das Beispiel aus dem vorangegangenen Kapitel auf und stellt die veränderten Werte für das Szenario EWS dar.

Tabelle 59: Veränderung der Altersklassenstruktur bei Stückholzkesseln › 25 – 50 kW über die Jahre 2010, 2015, 2025 und 2030 am Beispiel des Emissionsfaktors „Staub“ im Szenario EWS

Altersklasse	Anteil der jeweiligen Altersklasse [%] je Jahr und Emissionsfaktor Staub							
	2010		2015		2025		2030	
	%	[kg/TJ]	%	[kg/TJ]	%	[kg/TJ]	%	[kg/TJ]
bis 1989	11 %	139	0,0 %	139	0,0 %	139	0,0 %	139
1990 – 2004	42 %	20	35,2 %	20	0,0 %	20	0,0 %	20
2005 – 2010	47 %	17	44,4 %	17	23,9 %	17	10,8 %	17
2011 –2014[1]	0,0 %	13	18,1 %	13	9,4 %	13	8,8 %	13
ab 2015[2]	0,0 %	11	2,3 %	11	67,7 %	11	80,4 %	11
Emissionsfaktor		32		17		12		11

[1] Die Emissionsfaktoren entsprechen 20% der Emissionswerte, die die 1. Stufe der 1. BImSchV fordert.
[2] Die Emissionsfaktoren entsprechen 80% der Emissionswerte, die die 2. Stufe der 1. BImSchV fordert.

Im Ergebnis führt diese Veränderung der Altersstruktur der Anlagen zu den in Tabelle 60 bis Tabelle 62 genannten Emissionsfaktoren.

Tabelle 60: Emissionsfaktoren für biomassegefeuerte Feuerungsanlagen in den Bereichen HH und GHD (inkl. Militär) in Deutschland im Jahr 2015 (Szenario EWS)

Feuerungsart	Größen-klasse	CO	Partikel	VOC als C	CH4	NMVOC als C	PAK	Benzol
	[kW]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]
Dauerbrandöfen	‹ 15	2.872	86	395	226	273	990	-
Kachelöfen	‹ 15	2.180	117	337	125	270	898	5,4
Kamine	‹ 15	3.147	156	287	136	51	551	-
Kaminöfen	‹ 15	2.027	65	203	136	179	44	-
Pelletöfen	‹ 15	225	27	8,1	1,1	2,0	-	0,83
Heizkessel handbeschickt (Stückholz)	4 - 25	676	62	14	6,6	12	11,4	16
	› 25 - 50	550	18	7,5	14	24	9,3	5,2
	› 50	155	77	13	24	42	-	5,4
Heizkessel automatisch beschickt (Hackschnitzel)	4 - 25	301	15	1,9	-	-	-	-
	› 25 - 50	164	17	0,68	-	-	44	-
	› 50	97	22	0,68	-	-	175	-
Heizkessel für Pellets	4 - 25	199	19	0,80	0,82	1,4	-	-
	› 25 - 50	147	18	0,83	0,80	1,4	0,092	-
	› 50	75	20	0,45	0,26	0,45	-	-
Badeöfen	‹ 15	4.950	51	104	45	71	57	-
Herde	‹ 15	2.082	54	120	77	69	159	-
Heizkessel handbeschickt (GHD)	› 50 - 1.000	1.511	39	126	50	88	-	-
Einblasfeuerung (GHD)	› 50 - 1.000	1.945	80	34	14	24	-	-
Unterschubf. (GHD)	› 50 - 1.000	826	64	22	8,7	15	72	2,7
Vorofenfeuerung (GHD)	› 50 - 1.000	667	45	21	8	15	-	0,15

Tabelle 61: Emissionsfaktoren für biomassegefeuerte Feuerungsanlagen in den Bereichen HH und GHD (inkl. Militär) in Deutschland im Jahr 2025 (Szenario EWS)

Feuerungsart	Größen-klasse	CO	Partikel	VOC als C	CH4	NMVOC als C	PAK	Benzol
	[kW]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]
Dauerbrandöfen	< 15	2.872	86	395	226	273	990	-
Kachelöfen	< 15	2.004	107	337	125	270	898	5,4
Kamine	< 15	2.922	145	287	136	51	551	-
Kaminöfen	< 15	1.334	37	203	136	179	44	-
Pelletöfen	< 15	170	22	2,3	0,32	0,6	-	0,24
Heizkessel handbeschickt (Stückholz)	4 - 25	532	46	9,3	4,5	8,0	7,8	11
	> 25 - 50	436	14	4,7	8,6	15	5,8	3,2
	> 50	155	17	8,6	16	28	-	3,6
Heizkessel automatisch beschickt (Hackschnitzel)	4 - 25	267	12	0,91	-	-	-	-
	> 25 - 50	128	32	0,39	-	-	26	-
	> 50	78	19	0,57	-	-	148	-
Heizkessel für Pellets	4 - 25	201	16	0,46	0,48	0,83	-	-
	> 25 - 50	136	15	0,48	0,46	0,81	0,05	-
	> 50	69	16	0,26	0,15	0,26	-	-
Badeöfen	< 15	4.950	51	104	45	71	57	-
Herde	< 15	1.696	44	120	77	69	159	-
Heizkessel handbeschickt (GHD)	> 50 - 1.000	832	24	59	24	42	-	-
Einblasfeuerung (GHD)	> 50 - 1.000	1.066	49	17	6,9	12	-	-
Unterschubf. (GHD)	> 50 - 1.000	525	41	11,7	4,7	8,2	39	1,5
Vorofenfeuerung (GHD)	> 50 - 1.000	422	29	10	4,2	7,3	-	0,08

Tabelle 62: Emissionsfaktoren für biomassegefeuerte Feuerungsanlagen in den Bereichen HH und GHD (inkl. Militär) in Deutschland im Jahr 2030 (Szenario EWS)

Feuerungsart	Größen-klasse	CO	Partikel	VOC als C	CH4	NMVOC als C	PAK	Benzol
	[kW]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]
Dauerbrandöfen	< 15	2.872	86	395	226	273	990	-
Kachelöfen	< 15	1.819	97	337	125	270	898	5,4
Kamine	< 15	2.674	132	287	136	51	551	-
Kaminöfen	< 15	1.183	32	203	136	179	44	-
Pelletöfen	< 15	163	21	1,6	0,22	0,39	-	0,17
Heizkessel handbeschickt (Stückholz)	4 - 25	527	41	8,0	3,9	6,9	6,8	9,5
	> 25 - 50	361	13	3,3	6,0	11	4,1	2,3
	> 50	193	17	6,2	12	21	-	2,6
Heizkessel automatisch beschickt (Hackschnitzel)	4 - 25	258	12	0,51	-	-	-	-
	> 25 - 50	229	31	0,23	-	-	15	-
	> 50	81	20	0,48	-	-	124	-
Heizkessel für Pellets	4 - 25	203	14	0,23	0,23	0,40	-	-
	> 25 - 50	129	13	0,23	0,22	0,38	0,0	-
	> 50	63	14	0,12	0,07	0,12	-	-

Badeöfen	‹ 15	4.950	51	104	45	71	57	-
Herde	‹ 15	1.598	41	120	77	69	159	-
Heizkessel handbeschickt (GHD)	› 50 - 1.000	530	18	30	12	21	-	-
Einblasfeuerung (GHD)	› 50 - 1.000	626	35	8,7	3,5	6,1	-	-
Unterschubf. (GHD)	› 50 - 1.000	350	27	5,9	2,4	4,1	19	0,73
Vorofenfeuerung (GHD)	› 50 - 1.000	300	21	5,3	2,1	3,7	-	0,04

Die in Tabelle 60 bis Tabelle 62 dargestellten Emissionsfaktoren resultieren aus den Emissionen der verschiedenen Altersklassen der jeweiligen Anlagenart sowie dem Energieanteil der Anlagen in der Altersklasse der jeweiligen Anlagenart.

Der Emissionsfaktor für Holzbrennstoffe, der einen Durchschnitt über alle Anlagenarten abbildet, kann darüber hinaus nur mit den Energieanteilen berechnet werden, die die jeweilige Anlagenart am gesamten Endenergieverbrauch der biomassegefeuerten Anlagen aufweist. Die umfangreiche Übersichtstabelle dazu ist zur besseren Lesbarkeit des Berichtes im Anhangband aufgeführt.

In Tabelle 63 ist der Anteil am Endenergieverbrauch der jeweiligen Anlagenart im Detail für das Jahr 2010 im Vergleich mit den Szenario-Jahren 2015 und 2030 jeweils für Anlagen in Haushalten sowie in Gewerbe, Handel und Dienstleistungen dargestellt.

Tabelle 63: Anteil der Anlagenarten am Endenergieverbrauch biomassegefeuerter Anlagen im Jahr 2010 sowie im Szenario EWS im Jahr 2015 und 2030 in HH sowie GHD

Art der Feuerungsanlage	Größenklasse [kW]	2010 Anteil am Endenergieverbrauch [%]		2015 Anteil am Endenergieverbrauch [%]		2030 Anteil am Endenergieverbrauch [%]	
		HH	GHD	HH	GHD	HH	GHD
Dauerbrandöfen	‹ 15	4,8	0,3	1,3	0,07	0,8	0,04
Kachelöfen	‹ 15	25,2	3,3	14,9	2,3	12,3	1,7
Kamine	‹ 15	9,3	0,3	11,8	0,49	8,7	0,32
Kaminöfen	‹ 15	29,4	1,4	35,2	2,3	35,1	2,0
Pelletöfen	‹ 15	1,5	0,1	2,5	0,16	7,5	0,43
Heizkessel handbeschickt (Stückholz)	4 - 25	7,8	3,3	5,6	1,3	4,9	1,0
	› 25 - 50	10,9	2,5	12,4	2,9	13,0	2,7
	› 50	5,4	7,8	8,7	2,0	8,4	1,7
Heizkessel automatisch beschickt (Hackschnitzel)	4 - 25	-	0,3	-	0,37	-	0,48
	› 25 - 50	-	7,3	-	15,2	-	16,1
	› 50	-	2,1	-	26,6	-	14,4
Heizkessel für Pellets	4 - 25	3,7	0,3	5,5	0,39	6,8	0,42
	› 25 - 50	0,6	0,1	0,8	0,06	1,0	0,06
	› 50	0,7	0,1	0,9	0,07	1,1	0,07
Badeöfen	‹ 15	0,1	0,0	0,0	0,001	0,002	0,001
Herde	‹15	1,1	0,5	0,3	0,17	0,4	0,17
Heizkessel handbeschickt (GHD)	› 50 - 1.000	-	22,8	-	20,0	-	19,8
Einblasfeuerung (GHD)	› 50 - 1.000	-	13,0	-	1,3	-	13,4
Unterschubfeuerung (GHD)	› 50 - 1.000	-	9,2	-	14,9	-	15,7
Vorofenfeuerung (GHD)	› 50 - 1.000	-	12,8	-	9,3	-	9,5
Gesamt	‹ 15 - 1.000	100		100		100	

Die Gewichtung des jeweils in Tabelle 60 bis Tabelle 62 dargestellten Emissionsfaktors mit dem jeweiligen Energieanteil der Feuerungsart aus Tabelle 63 führt zu den in Tabelle 64 und Tabelle 65 dargestellten durchschnittlichen Emissionsfaktoren für Holzbrennstoffe in den Szenario-Jahren.

Tabelle 64: Emissionsfaktoren für biomassegefeuerte Feuerungsanlagen in Haushalten (HH) in Deutschland in den Jahren 2015, 2025 und 2030 (Szenario EWS)

	CO	VOC als C	CH4	NMVOC als C	Partikel	Partikel PM_1	Partikel $PM_{2,5}$	Partikel PM_{10}	PAK	Benzol
	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[g/TJ]	[kg/TJ]
Holzbrennst. 2010	2.260	196	101	147	90	80	84	88	387	7,9
Holzbrennst. 2015	1.590	164	90	120	74	66	69	73	278	6,4
Holzbrennst. 2025	1.123	143	80	108	48	43	45	47	241	3,2
Holzbrennst. 2030	1.018	143	79	106	44	39	41	43	240	2,5

Tabelle 65: Emissionsfaktoren für biomassegefeuerte Feuerungsanlagen in Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) in den Jahren 2015, 2025 und 2030 (Szenario EWS)

	CO	VOC als C	CH4	NMVOC als C	Partikel	Partikel PM_1	Partikel $PM_{2,5}$	Partikel PM_{10}	PAK	Benzol
	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[kg/TJ]	[g/TJ]	[kg/TJ]
Holzbrennst. 2010	1.602	84	43	75	59	45	50	56	195	6,0
Holzbrennst. 2015	712	46	35	59	39	31	34	38	135	3,1
Holzbrennst. 2025	559	29	19	31	33	25	28	31	92	1,8
Holzbrennst. 2030	409	20	14	22	27	21	23	25	77	1,3

4 Endenergieeinsatz in Kleinfeuerungsanlagen im Bezugsjahr 2010 und für die Szenarien „Aktuelle Politik“ und „Energiewende“ in den Jahren 2015, 2025, 2030

Die Berechnungen der Emissionen des Jahres 2010 und der Szenarien (Kapitel 5, S. 146) basieren auf den ermittelten Emissionsfaktoren (Kapitel 3) und Daten zum Energieverbrauch der betrachteten Jahre. Dabei wurden Energieverbrauchsdaten jeweils für die Bereiche *Haushalte*, *Gewerbe/Handel/Dienstleistungen* (GHD) und *Militär* benötigt.

In diesem Kapitel werden die Endenergieverbräuche der emissionsrelevanten Energieträger für Kleinfeuerungen dargestellt. Dabei wird insbesondere auf den Biomasseverbrauch eingegangen, weil die Brennstoffe (v.a. Pellets, Scheitholz, Hackschnitzel) in verschiedenen Anlagen Verwendung finden. Diese weisen unterschiedliche Emissionsfaktoren auf, so dass die Abschätzung und Aufteilung der Holzbrennstoffe auf die Anlagen entsprechend Auswirkung auf die Emissionen hat.

Da die Aufteilung der Biomasse-Brennstoffe auf die Bereiche *Haushalte* und *Gewerbe, Handel, Dienstleistungen* Einfluss auf die Gesamtemissionen hat (siehe unterschiedliche Anlagenstruktur in Kapitel 2), erfolgt in Kapitel 4.1 (S. 127) zunächst eine Diskussion der Informationen zum Verbrauch von Holzbrennstoffen. Der Energieverbrauch des vom Umweltbundesamt festgelegten Referenzjahres 2010 wird in Kapitel 4.2 (S. 131) ermittelt. Kapitel 4.3 (S. 132) stellt für das Jahr 2010 dar, welche Brennstoffe in den Bereichen *Haushalte, GHD* und *Militär* verwendet wurden.

In Kapitel 4.4 (S. 139) wird der Energieverbrauch der Bereiche *Haushalte* und *GHD* auf Basis der in Kapitel 2 ermittelten Anlagenstruktur berechnet. Dazu wurden Annahmen zur mittleren Nennwärmeleistung und zu Vollbenutzungsstunden der unterschiedlichen Anlagenarten getroffen. Das Ergebnis wird mit den statistischen Daten zum Energieverbrauch des Jahres 2010 verglichen.

Für die Emissionsberechnung der Prognosejahre 2015, 2025 und 2030 wurden, in Absprache mit dem Umweltbundesamt, Brennstoffverbräuche verwendet, die durch *Matthes et al.* (2013) in der Studie "Politikszenarien Klimaschutz VI" im Auftrag des Umweltbundesamtes ermittelt wurden. In der Studie sind die Brennstoffdaten jeweils für die Szenarien „Aktuelle Politik“ und „Energiewende“ ausgewiesen und in beiden Szenarien auf die Bereiche *Haushalte* und *GHD* aufgeteilt.

Die Darstellung der Energieverbrauchsdaten im Szenario „Aktuelle Politik“ erfolgt in Kapitel 4.4 (S. 139); für Daten zum Energieverbrauch im Szenario „Energiewende“ siehe Kapitel 4.5 (S. 142).

Da in den Szenarien ein hoher Verbrauch an Holzbrennstoffen prognostiziert wurde, erfolgte in Kapitel 4.6 (S. 143) eine kurze Untersuchung der in Deutschland verfügbaren Holzreserven.

4.1 Endenergieverbrauch fester Biomasse im Jahr 2010

Die Differenzierung des Biomasseverbrauchs in den Bereichen *Haushalte* und *GHD* stellt eine besondere Herausforderung dar, weil keine statistischen Meldungen erfolgen und der Verbrauch nur über Erhebungen bei Verbrauchern abgeschätzt werden kann.

Stückholz wird aus staatlichen Forstbetrieben sowie aus privaten Wäldern entnommen, teilweise in eigenen Anlagen verbraucht und teilweise an andere Betreiber von Feuerungsanlagen weitergegeben (LWF 2014). Für den Stückholzverbrauch lagen Daten vor, die auf Befragungen und Abschätzungen basieren. Von mehreren Autoren wurde angenommen, dass der Realholzeinschlag für die Stückholznutzung über den amtlichen Erhebungen liegt (Funk 2014; LWF 2014).

Für **Holzbriketts** und **Holzpellets** lagen Absatzzahlen seitens der Produzenten vor, jedoch enthalten diese Daten keine Differenzierung für *Haushalte* und *GHD*. Dies liegt daran, dass die Vermarktung auch über Fach- und Baumärkte erfolgt, die keine Differenzierung der beiden Bereiche vornehmen, und die nationalen Absatzdaten weder Importe noch Exporte berücksichtigen.

4.1.1 Endenergieverbrauch fester Biomasse im Bereich Haushalte

Aufschlüsselungen der im Bereich *Haushalte* verbrauchten Biomasse auf verschiedene Holzarten finden sich in den Studien von *Mantau* (2012a) und *Döring et al.* (2016) (Tabelle 66, Tabelle 67) sowie bei *Frondel et al.* (2011; 2013) (Tabelle 68). Angaben in Festmetern wurden in Terajoule umgerechnet.

Tabelle 66: Holz-Endenergieverbrauch in Haushalten nach Holzfraktionen (2005 - 2010)

	2005	2007	2010	2014	2005	2007	2010	2014
Holzart	[Mio. FM]				Umrechnung [1] [TJ]			
Scheitholz Wald	14,2	16,8	21,9	19,7	119.844	141.787	182.024	166.349
Scheitholz Garten	1,7	2,2	1,9	2,1	14.347	18.567	15.792	17.637
Landschafts-pflegeholz	0,7	0,7	0,7	0,4	5.908	5.908	5.818	3.288
Altholz *	1,6	1,4	2,0	1,3	15.537	13.704	19.269	12.126
Schnittholz, Späne, Sägemehl *	0,7	1,9	0,9	0,8	6.516	17.627	8.205	7.065
Hackschnitzel	1,0	0,5	1,6	0,5	8.843	4.407	14.516	4.543
Briketts	0,7	0,8	1,4	0,5	6.106	6.869	12.128	4.410
Pellets	0,2	0,5	1,6	2,3	2.032	4.319	13.803	19.375
Anzündholz	-	-	-	0,03	-	-	-	244
Gesamt o. Rinde	20,9	24,8	32,0	27,6	179.133	213.187	271.554	235.038
Rinde	2,8	2,8	4,9	-	15.476	15.544	27.474	-
Gesamt	21,9	26,3	33,9	34,9	194.609	228.731	299.028	235.038

* Befragungsergebnis; nicht alle Arten der Fraktionen dürfen in Haushalten eingesetzt werden (1. BImSchV)

[1] Ökopol-Berechnung: Mengenanteile der Holzarten jeweils mit 43% Nadelholz und 57% Laubholz nach Mantau (2012a); Scheitholz mit Annahme von 25% Wassergehalt und entsprechenden Heizwerten von 2.546 kWh/FM für Buche/ Esche/Eiche und 2.076 kWh/FM für Kiefer (Rittershofer 2015); Hackschnitzel mit Dichte 2,5

SRM/FM (LWF 2015) und Heizwerten von 1.210 kWh/SRM für Laubholz sowie 800 kWh/SRM für Nadelholz (Carmen 2015). Pellets und Briketts mit 2,38 FM/t und Heizwert von 4,9 kWh/kg (LWF 2015).

2005-2010: *Mantau* (2012b), 2014: *Döring et al.* (2016)

Tabelle 67: Holz-Endenergieverbrauch in Haushalten nach Haupt-Holzfraktionen auf Basis von Mantau und Döring et al. im Zeitraum 2005 bis 2014

	2005	2007	2010	2014	2010	2014
Brennstoffart	[TJ]				Anteil	
Stückholz (naturbelassen)	155.575	181.805	231.107	187.274	77%	80%
Altholz *	15.537	13.704	19.269	12.126	6%	5%
Sägewerkprodukte *	6.516	17.627	8.205	7.065	3%	3%
Hackschnitzel	8.843	4.407	14.516	4.543	5%	2%
Briketts	6.106	6.869	12.128	4.410	4%	2%
Pellets	2.032	4.319	13.803	19.375	5%	8%
Summe	194.609	228.731	299.028	234.794	100%	100%

*Befragungsergebnis. Nicht alle Arten der Fraktion dürfen in Haushalten eingesetzt werden (1. BImSchV)

Ökopol auf Basis von *Mantau* (2012b), *Döring et al.* (2016).

Tabelle 68: Holz-Endenergieverbrauch in Haushalten nach Haupt-Holzfraktionen gemäß Frondel et al. im Zeitraum 2005 bis 2014

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2010
Brennstoffart	[TJ]						Anteil
Stückholz	207.700	209.300	221.100	246.100	192.100	220.000	86,5%
Hackschnitzel, Briketts	9.400	3.400	7.600	10.100	12.000	14.700	5,8%
Pellets	9.800	3.200	7.400	9.700	16.700	19.600	7,7%
Summe	226.900	215.900	236.100	265.900	220.800	254.300	100,0%

Frondel et al. (2011; 2013)

Die Ergebnisse zeigen deutliche Unterschiede. Allerdings stimmt der Verbrauchsanteil für Stückholz (inkl. Altholz und Sägewerkprodukten) im Jahr 2010 in den Studien mit 86% bzw. 86,5% überein. Die Angaben zum Verbrauchsanteil für Pellets im Jahr 2010 sind mit 5% bzw. 7,7% vergleichbar. Hackschnitzel und Briketts sind bei *Frondel et al.* (2011) in einer Kategorie erfasst und belaufen sich im Jahr 2010 auf 5,8%; bei *Mantau et al.* (2012b) haben Pellets einen Anteil von 5% und Hackschnitzel einen zusätzlichen Anteil von ebenfalls 5% .

Tabelle 69 zeigt Erhebungen zum Gesamtverbrauch der Holzbrennstoffe im Bereich *Haushalte* für die Jahre 2005 bis 2014. Darin sind die Daten von *Mantau* (2012b) und *Döring et al.* (2016) entsprechend der Umrechnungen in Tabelle 66 in Terajoule angegeben.

Für das Jahr 2010 stimmen die statistischen Daten der *Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien* (AGEE 2016) und der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB 2016) nicht mit einander überein. Die Daten der *AGEE* (2016) liegen in etwa in der Höhe der Ergebnisse von *Frondel et al.* (2013). Die Daten der *AGEB* (2016) liegen 12% über den Daten der *AGEE* (2016) und stimmen in etwa mit den Erhebungen von *Mantau* (2012b) überein.

Zur Berechnung der Emissionen aus Kleinfeuerungsanlagen für das Jahr 2010 (Kapitel 5, S. 146) wurden in Abstimmung mit dem Umweltbundesamt im Bereich *Haushalte* die Biomasse-Endenergieverbrauchsdaten der *AGEB* (2016) verwendet (286,0 PJ).

Tabelle 69: Holz-Endenergieverbrauch in Haushalten (2005 – 2014)

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Quelle	Energieverbrauch [PJ]									
AGEE (2016) [1]	188,6	200,8	195,1	204,3	223,2	254,5	227,2	240,6	251,0	204,8
AGEB (2016) [2]	184,5	192,5	184,5	204,3	223,2	286,0	243,0	231,0	251,0	210,1
Mantau (2012b) und Döring et al. (2016) [3]	194,6	-	228,7	-	-	299,0	-	-	-	234,8
Frondel et al. (2011; 2013)	-	215,9	236,1	265,9	220,8	254,3	-	-	-	-

[1] Abruf am 10.4.2016 (Stand Dezember 2015)

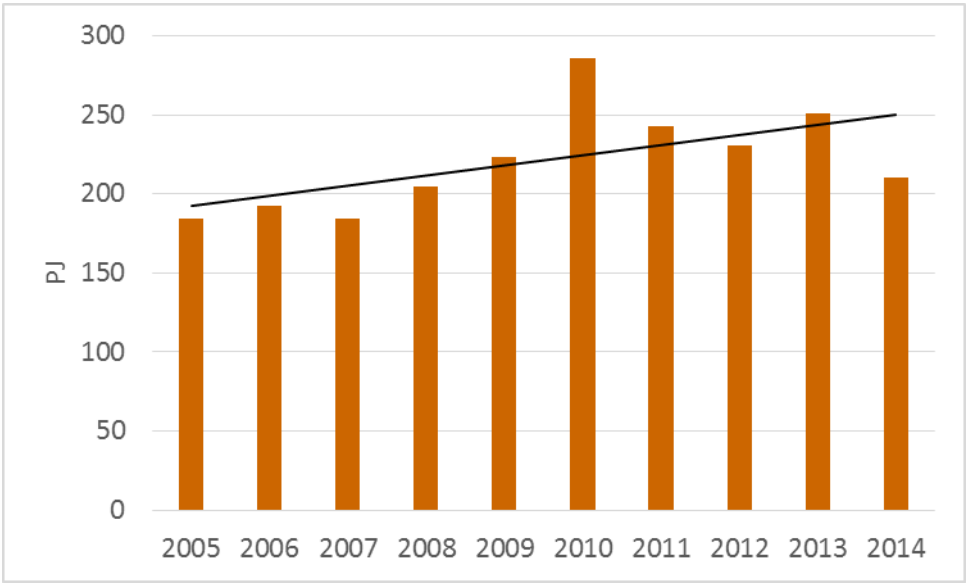
[2] Abruf am 10.4.2016: 2010 v. 8.10.12, 2011 v. 23.4.13, 2012 v. 12.5.14; 2013 v. 7.8.15; 2014 v. 6.4.16

[3] Daten in Festmetern angegeben, so dass Umrechnungen durch Ökopol erfolgten (s. Tabelle 66)

Über die Jahre 2005 bis 2014 ist, wie Abbildung 18 zeigt, beim Biomasse-Energieverbrauch im Bereich *Haushalte* ein deutlicher Trend zur verstärkten Nutzung von Holzbrennstoffen erkennbar.

Der Jahrgang 2010 liegt in der von der AGEB (2016) erfassten Bilanzserie deutlich über den anderen Jahrgängen, da es sich um einen außergewöhnlich kalten Winter handelte. Dies wird bei der Validierung der Anlagenstruktur in Kapitel 4.3 (S. 132) durch entsprechend höhere Vollbenutzungsstunden sowie erhöhte mittlere Nennwärmeleistungen der Anlagen berücksichtigt.

Abbildung 18: Endenergieverbrauch von Holzbrennstoffen in Haushalten (2005 – 2014)



AGEB (2016)

4.1.2 Endenergieverbrauch fester Biomasse im Bereich Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD)

Die Aufteilung der eingesetzten festen Biomassebrennstoffe auf die Bereiche *Haushalte* und *Gewerbe/Handel/Dienstleistungen* (GHD) ist mit hohen Unsicherheiten verbunden. Für den Endenergieverbrauch im Bereich GHD liegen spezifische Untersuchungen vor, die die Schwierigkeiten der Abgrenzung der Anlagen und der Erhebung der Verbräuche verdeutlichen (Viehmann et al. 2011, Schlomann et al. 2011 und 2013).

Im Bereich der biogenen Festbrennstoffe ist die Erfassung von nicht offiziell gehandelten Holzmengen notwendig (Nutzung eigener Holzbestände, Holzverkäufe durch Waldbesitzer). Die genannten Untersuchungen versuchten, diese Mengen zu erfassen; sie gingen davon aus, dass diese Mengen bei offiziellen Statistiken nicht ausreichend mit berücksichtigt waren.

Zitat aus *Schlomann et al.* (2013): *Die Verbrauchsangaben beinhalten sowohl gehandelte als auch nicht gehandelte (Holz)-Energie. Daher ergeben sich Unterschiede zu den Angaben der Energiebilanzen, die weitestgehend nur gehandelte Energieträger einbeziehen.*

Die Daten in Tabelle 70 zeigen die Erhebungen unterschiedlicher Autoren und die großen Unterschiede in den Jahren 2005 bis 2012.

Der für das Jahr 2005 von *Struschka et al.* (2008) ermittelte Endenergieverbrauch im Bereich GHD (19.162 TJ) beruhte auf einer Abschätzung des Verbrauchs der ermittelten Feuerungsanlagen im Bereich *Gewerbe/Handel/Dienstleistungen*. Von *Viehmann et al.* (2011) wurde für das Jahr 2008 eine deutlich geringere Mengen von 12.919 TJ ermittelt. *Schlomann et al.* (2013) ermittelten für die Jahre 2006 bis 2011 wesentlich höhere Verbrauchsmengen um 60.000 TJ.

Tabelle 70: Endenergieverbrauch von Holz im Bereich Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (2005–2014)

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Quelle	[TJ]									
Struschka et al. (2008)	19.162	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Viehmann et al. (2011)	-	-	-	12.919	-	-	-	-	-	-
AGEB, zitiert nach Schlomann et al. (2013) [1]	-	5.760	6.120	6.480	8.280	11.160	-	-	-	-
Schlomann et al. (2013) [2]	-	58.320	61.200	62.280	60.120	59.760	57.600	-	-	-
AGEB (2016) [3]	-	-	-	-	-	-	-	5.272	57.874	84.004

[1] Schlomann et al. (2013): Tab. 5-1 (S. 89) „...2010 mit Abgleich AGEB“

[2] Tab. 3-7 bis 3-12 (S. 37-40): „Hochgerechneter Verbrauch an Energieträgern im Sektor GHD“

[3] Daten 2012 vom 12.5.2014; Daten 2013: Stand vom 7.8.2015; Daten 2014: Stand vom 6.4.2016

An der Zeitreihe ist zu erkennen, dass die *Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen* (AGEB) für das Jahr 2010 noch keine Biomasseverbräuche ausweist. Die AGEB-Bilanzen nennen erstmalig im Jahr 2012 für den Bereich GHD einen Biomasse-Brennstoffverbrauch, der bei nur 5.272 TJ liegt. Für das Jahr 2013 werden für den Bereich GHD 57.874 TJ angegeben (AGEB 2016).

Der von der AGEB (2016) für das Jahr 2013 ausgewiesene Wert liegt auf einem ähnlichen Niveau, wie *Schlomann et al.* (2013) bereits für frühere Jahre im Bereich GHD ermittelten.

Zur Berechnung der Emissionen aus Kleinfeuerungsanlagen für das Jahr 2010 (Kapitel 5, S. 146) wurden in Abstimmung mit dem Umweltbundesamt im Bereich *GHD* die Biomasse-Endenergieverbrauchsdaten von *Schlomann et al.* (2013) verwendet (59.760 TJ).

4.1.3 Endenergieverbrauch fester Biomasse im Bereich Militär

Der Endenergieverbrauch an fester Biomasse im Bereich *Militär* (Liegenschaften der Bundeswehr) wurde vom Umweltbundesamt für die Jahre 2008 bis 2012 übermittelt. Die Daten basieren auf Mitteilungen des Bundesministeriums für Verteidigung an das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (UBA 2014).

Die Erfassung des Brennstoffes „Feste Biomasse“ erfolgt erst seit dem Jahr 2008, differenziert für *Hackschnitzel* und *Holzpellets*, angegeben in der Einheit *Tonnen*.

Tabelle 71: Endenergieverbrauch von Holz im Bereich Militär (2008 – 2012)

	2008	2009	2010	2011	2012
Brennstoffart	t				
Hackschnitzel	110	0	798	3.144	7.148
Pellets	10	17	62	598	1.414
Summe	120	17	860	3.742	8.562

UBA (2014)

Hackschnitzel wurden mit einem Heizwert von 3,5 MWh/t in Terajoule umgerechnet, Pellets mit 4,9 MWh/t (LWF 2015). Somit ergab sich für das Jahr 2010 ein Biomasseverbrauch von 1,1 TJ Pellets und 11,5 TJ Hackschnitzel, somit in Summe 12,6 TJ fester Biomasse-Brennstoffe.

Zur Berechnung der Emissionen aus Kleinfeuerungsanlagen für das Jahr 2010 (Kapitel 5, S. 146) wurden im Bereich *Militär* die Biomasse-Endenergieverbrauchsdaten des Verteidigungsministeriums (UBA 2014) verwendet (860 t entsprechend 12,6 TJ).

4.2 Endenergieverbrauch aller Brennstoffe in den Bereichen Haushalte, GHD und Militär im Jahr 2010

In den folgenden Tabellen werden differenzierte Endenergieverbräuche aller im Jahr 2010 in Kleinfeuerungsanlagen verwendeten Brennstoffe angegeben. Die Daten wurden in Kapitel 5 (S. 146) für die Ermittlung der Emissionen aus Kleinfeuerungsanlagen verwendet.

Für fossile Brennstoffe wurden Daten der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen herangezogen, die für Heizöl, Gas und Kohle Energieverbrauchdaten differenziert nach den Bereichen *Haushalten* und *Gewerbe, Handel, Dienstleistung* ausweisen (AGEB 2016). Eine Differenzierung der Energieverbrauchsdaten für *Braunkohle* erfolgt anhand der *Statistik der Kohlenwirtschaft*, die den Absatz nach Verbrauchergruppen differenziert und auch Importmengen ausweist (StdK 2015).

Für den Endenergieverbrauch an Holzbrennstoffen in *Haushalten* wurden Daten der *AGEB* (2016) verwendet (s. 4.1.1), für den Bereich *Gewerbe, Handel, Dienstleistungen* (GHD) wurde auf die Angaben von *Schlomann et al.* (2013) zurückgegriffen. Der Endenergieverbrauch für den Bereich *Militär* wurde durch das UBA bereitgestellt. Die Differenzierung der Holzbrennstoffe im Bereich *Haushalte* basiert auf *Mantau* (2012b). Für den Bereich *GHD* liegen keine differenzierten Daten vor.

Tabelle 72: Endenergieverbrauch in Deutschland im Jahr 2010 in den Bereichen Haushalte, GHD und Militär

Endenergieverbrauch in Deutschland im Jahr 2010	HH und GHD [TJ]	HH [TJ]	GHD + Militär [TJ]	GHD [TJ]	Militär [TJ]
Heizöl EL [1, 2]	771.357	559.335	212.022	209.592	2.430
Brenngase [1, 2]	1.492.993	1.042.991	450.002	436.552	13.450
davon Erdgas H und L	*1.441.964*	*1.016.567*	*425.397*	*411.947*	*13.450*
davon Flüssiggas	*51.029*	*26.424*	*24.605*	*24.605*	
Steinkohle gesamt [1, 2]	41.390	31.000	10.390	10.343	47
davon Steinkohlenkoks [1]	*1.089*	*860*	*229*	*229*	*0*
davon Steinkohlenbriketts [1]	*10.802*	*10.802*	*0*	*0*	*0*
davon sonstige Steink. [1]	*29.499*	*19.338*	*10.161*	*10.114*	*47*
Braunkohlenbriketts [2, 3]	24.927	22.758	2.169	2.120	49
davon Rheinisch. Revier [3]	*2.186*	*12.560*	*1.197*	*1.197*	*0*
davon Lausitzer Revier [2, 3]	*16.359*	*8.959*	*854*	*805*	*49*
davon Böhmisch. Revier [3]	*1.357*	*1.239*	*118*	*118*	*0*
Holzbrennstoffe [2, 4]	345.760	286.000	59.816	59.760	56
Summe	2.676.427	1.942.084	734.399	718.367	16.032

[1] AGEB (2016) [2] Militär: UBA (2014); [3] StdK (2015); [4] Haushalte: AGEB (2016), GHD: Schlomann (2013)

4.3 Gerätebezogener Endenergieverbrauch (HH, GHD, Militär) im Jahr 2010

Die folgenden Tabellen zeigen Endenergieverbräuche der Bereiche *Haushalte* (HH) und *Gewerbe, Handel und Dienstleistungen* (GHD), strukturiert nach Gerätegruppen und Leistungsbereichen.

Die Berechnung des Endenergieverbrauchs der verschiedenen Gerätebauarten erfolgt getrennt für die betrachteten Brennstoffe. Der Verbrauch ergibt sich aus dem Bestand an Feuerstätten je Bauart, der mittleren Leistung der installierten Anlagenarten und deren Vollbenutzungsstunden.

Die Benutzungsstunden in Kombination mit der Nennwärme entsprechen nicht dem tatsächlichen jährlichen Energieverbrauch der Feuerungsanlagen, da die Anlagen nicht stets mit Nennwärmeleistung betrieben werden. Um den gerätebezogenen Endenergieverbrauch zu

ermitteln, wurden Teillast- und Vollbenutzungsstunden gemäß ihrer anteiligen Wärmeleistung als *Vollbenutzungsstunden* ausgewiesen.

Die Berechnung des Emissionsaufkommens für Holzbrennstoffe erfolgte analog der Methodik von *Struschka et al.* (2008): Die variierende Wärmeleistung fließt durch die Berücksichtigung eines Anteils der Emissionen, die unter Teillast erfolgen, in die Berechnung des Emissionsfaktors ein (siehe Erläuterung im Kapitel 3.1.1 sowie in Tabelle 41 auf Seite 105). Die Ermittlung des Endenergieverbrauches erfolgte in gleicher Weise: Der Energieverbrauch der Teillast wurde anteilig in den Gesamtenergieverbrauch einbezogen. Für den in Kapitel 2 ermittelten Anlagenbestand wurde zu jedem Brennstoff der im Jahr 2010 resultierende Energieverbrauch ermittelt. Dazu wird der Endenergieverbrauch jeder brennstoffspezifischen Anlagenart in den folgenden Tabellen aufsummiert.

Der aus der Anlagenstruktur resultierende Endenergieverbrauch wurde anschließend für jeden Brennstoff mit dem Endenergieverbrauch abgeglichen, der in Kapitel 4.2 für das Bezugsjahr 2010 angegeben ist. Die Unterschiede sind in der letzten Zeile der Tabellen angegeben. Sie zeigen nur geringe prozentuale Abweichungen. Dadurch zeigt sich eine gute Übereinstimmung der ermittelten Anlagenstruktur – in Verbindung mit den abgeschätzten mittleren Nennlasten und Vollbenutzungsstunden – mit dem in Kapitel 4.2 genannten Energieverbrauch des Jahres 2010.

4.3.1 Endenergieverbrauch Haushalte

Tabelle 73 zeigt, dass im Jahr 2010 im Bereich *Haushalte* die *Heizkessel mit Ölgebläsebrennern* den größten Anteil am Endenergieverbrauch hatten. Dabei dominierten die Anlagen >25 - 50 kW.

Tabelle 73: Gerätebezogene Endenergieverbräuche der in Haushalten installierten Ölfeuerungen in Deutschland im Jahr 2010

Ölfeuerungen in Haushalten in Deutschland (2010)	Leistungsbereich [kW]	Anlagenbestand [1] [1.000 Stück]	jährliche Vollbenutzungsstunden [2] [h]	mittlere Nennwärmeleistung [1] [kW]	gerätebezogener Endenergieverbrauch [TJ]	[%]
Ölfeuerungen und Ölkessel mit Verdampfungsbrennern	4 - 25	47,5	442	10	734,9	0,1
	> 25 - 50	2,3	442	32	115,5	0,0
	› 50	0,4	442	118	80,4	0,0
Heizkessel mit Gebläsebrenner	4 - 25	2.187,7	1.010	20	161.009,8	28,8
	› 25 - 50	1.812,1	1.025	32	216.507,9	38,7
	› 50	374,4	1.040	118	165.731,5	29,6
Ölbrennwertgeräte	≥ 4	201,4	1.050	20	15.543,6	2,8
Summe	≥ 4	4.625,7			559.723,6	100,0
Abweichung zum Haushalte-Endenergieverbrauch (vgl. Tabelle 72):					388,6	0,1

[1] Angaben zum Anlagenbestand und zur mittleren Nennwärmeleistung aus Tabelle 15

[2] Werte auf Basis *Struschka et al.* (2008), dort Angaben in Anlehnung an ein Forschungsvorhaben zu Feinstaubemissionen (Struschka et al. 2003), Anpassung von Ökopol bei *Heizkesseln mit Gebläsebrenner*

Der Endenergieverbrauch, der sich aus dem Anlagenbestand, jährlichen Vollbenutzungsstunden und der mittleren Nennwärmeleistung ergibt, stimmt mit dem tatsächlichen Verbrauch gut überein (Abweichung siehe letzte Zeile in Tabelle 73: 0,1%).

Den größten Anteil bei den Gasfeuerungen in Haushalten haben im Jahr 2010 *Heizkessel mit Gasbrennern ohne Gebläse* und hier die Geräte des Leistungsbereichs 4 - 25 kW (Tabelle 74).

Tabelle 74: Gerätebezogene Endenergieverbräuche der in Haushalten installierten Gasfeuerungen in Deutschland im Jahr 2010

Gasfeuerungen in Haushalten in Deutschland (2010)	Leistungsbereich [kW]	Anlagenbestand [1] [1.000 Stück]	jährliche Vollbenutzungsstunden [2] [h]	mittlere Nennwärmeleistung [1] [kW]	gerätebezogener Endenergieverbrauch [TJ]	[%]
Gasbrenner mit Gebläse (Heizkessel)	4 - 25	103,6	1.000	21	7.796,7	0,7
	› 25 - 50	91,3	950	37	11.402,4	1,1
	› 50	140,5	950	200	96.124,6	9,2
Gasbrenner ohne Gebläse (Heizkessel)	4 - 25	4.415,2	1.000	19	301.424,5	28,9
	› 25 - 50	650,8	950	35	78.400,9	7,5
	› 50	208,2	950	85	60.568,0	5,8
Raumluft-unabhängige Heizkessel	4 - 25	1.111,5	1.000	21	83.678,6	8,0
	› 25 - 50	32,5	950	37	4.064,7	0,4
	› 50	10,1	950	200	6.909,6	0,7
Kombi-wasserheizer	≥ 4	2.184,5	980	19	147.546,1	14,1
Durchlauf-wasserheizer	≥ 4	864,9	300	19	17.616,2	1,7
Vorrats-wasserheizer	≥ 4	257,7	300	13	3.665,1	0,4
Raumheizer	≥ 4	470,5	407	8	5.185,0	0,5
Brennwertgeräte	≥ 4	2.608,5	970	24	218.613,9	21,0
Summe	≥ 4	13.150,0			1.042.996	100,0
Abweichung zum Haushalte-Endenergieverbrauch (vgl. Tabelle 72):					*5*	*0,0*

[1] Anlagenbestand und zur Nennwärmeleistung aus Tabelle 18. Anpassung bei Gasbrennern mit Gebläse (› 50 kW) und Brennwertgeräten. Raumluftunabhängige Heizkessel wie Gasbrenner mit Gebläse.

[2] Werte auf Basis *Struschka et al.* (2008), dort Angaben in Anlehnung an *Struschka et al.* (2003).

Der Endenergieverbrauch gasförmiger Brennstoffe, der sich aus dem Anlagenbestand, den jährlichen Vollbenutzungsstunden und der mittleren Nennwärmeleistung ergibt, stimmt mit dem tatsächlichen Verbrauch gut überein (letzte Zeile in Tabelle 74).

Bei den mit **festen Brennstoffen** gefeuerten Anlagen (Tabelle 75) hatten im Jahr 2010 die *Kaminöfen* den größten Anteil am Endenergieverbrauch der in Haushalten installierten Feuerstätten, gefolgt von *Kachelöfen*. Damit hat sich im Vergleich zum Jahr 2005 das Verhältnis dieser beiden Kategorien umgekehrt. Die Umkehrung liegt daran, dass die Absatzzahlen für *Dauerbrandöfen* und für *Kaminöfen* (HKI 2014) in derselben Kategorie erfasst werden und somit eine differenzierte Aufteilung der Absatzdaten auf die Bestände bei *Kaminöfen* und

Dauerbrandöfen nicht möglich ist. Anders als bis zum Jahr 2005 (vgl. Struschka et al. 2008) wurde der Absatz der Kategorie *Kamin- und Dauerbrandöfen* nicht aufgeteilt sondern hier ausschließlich den *Kaminöfen* zugeschlagen.

Bei den Heizkesseln ist der Bestand der vergleichsweise emissionsarmen *Heizkessel für Pellets* gegenüber dem Jahr 2005 (Struschka et al. 2008) ebenfalls gewachsen, ebenso wie der Anteil am gesamten Energieverbrauch der Kleinfeuerungsanlagen (von 1,2% in 2005 auf 5,0% in 2010).

Unter den Einzelfeuerungen haben vergleichsweise emissionsarme *Pelletöfen* einen deutlichen Zuwachs beim Endenergieverbrauch (von 1.234 TJ im Jahr 2005 auf 5.091 TJ im Jahr 2010) sowie deren Anteil am Gesamtenergieverbrauch (von 0,5% in 2005 auf 1,5% in 2010).

Der Endenergieverbrauch für *handbeschickte Heizkessel* hat von 2005 bis 2010 ebenfalls zugenommen. Der anteilige Energieverbrauch ist von 22,9% im Jahr 2005 auf 23,5% im Jahr 2010 leicht gestiegen.

Tabelle 75: Gerätebezogene Endenergieverbräuche der in Haushalten installierten Feuerungen für feste Brennstoffe in Deutschland im Jahr 2010

Feuerstätten für feste Brennstoffe in Haushalten in Deutschland (2010)	Leistungs-bereich [kW]	Anlagen-bestand [1] [1.000 Stück]	jährliche Voll-benutzungs-stunden [2] [h]	mittlere Nennwärme-leistung [1] [kW]	gerätebezogener Endenergie-verbrauch [TJ]	[%]
Heizkessel - handbeschickt für Holz- und Kohlenbrennstoffe	4 - 25	252,3	1.326	22	26.592	7,8
	› 25 - 50	205,6	1.206	39	34.841	10,3
	› 50	42,2	1.209	100	18.411	5,4
Heizkessel für Pellets	4 - 25	137,5	1.274	20	12.643	3,7
	› 25 - 50	13,1	1.196	35	2.003	0,6
	› 50	6,3	1.196	88	2.387	0,7
Dauerbrandöfen	‹ 15	829,4	800	6,9	16.411	4,8
Kachelöfen (mit Heizeinsatz oder als Grundofen)	‹ 15	3.183,7	900	8,3	85.802	25,2
Kaminöfen	‹ 15	4.790,7	715	8,1	99.941	29,4
Pelletöfen	‹ 15	123,1	811	14,2	5.091	1,5
Kamine (mit offenem oder geschlossenem Feuerraum)	‹ 15	3.213,7	420	6,5	31.766	9,3
Badeöfen	‹ 15	47,1	133	8	173	0,1
Herde (und Heizungs-herde)	‹ 15	825,5	185	7	3.842	1,1
Summe	≥ 4	13.670,2			339.902	100,0
Abweichung zum Haushalte-Endenergieverbrauch (vgl. Tabelle 72):					*144*	*0,0*

[1] Angaben zum Anlagenbestand und zur mittleren Nennwärmeleistung aus Tabelle 24

[2] basierend auf *Struschka et al.* (2008)

Der Endenergieverbrauch, der sich aus dem Anlagenbestand, den jährlichen Vollbenutzungsstunden und der mittleren Nennwärmeleistung ergibt, stimmt mit dem tatsächlichen Verbrauch gut überein.

4.3.2 Endenergieverbrauch Gewerbe, Handel und Dienstleistungen

Die folgenden Tabellen stellen den jeweiligen gerätebezogenen Endenergieverbrauch im Bereich *Gewerbe, Handel und Dienstleistungen* (GHD) dar.

Wie auch im Bereich *Haushalte* haben *Heizkessel mit Gebläsebrenner* bei den Ölfeuerungen den größten Anteil am Endenergieverbrauch und innerhalb der Kategorie dominieren ebenfalls die Geräte des Leistungsbereichs >25 – 50 kW.

Tabelle 76: Gerätebezogene Endenergieverbräuche der installierten Ölfeuerungen im Bereich GHD in Deutschland im Jahr 2010

Ölfeuerungen im Bereich GHD in Deutschland (2010)	Leistungsbereich [kW]	Anlagenbestand [1] [1.000 Stück]	jährliche Vollbenutzungsstunden [2] [h]	mittlere Nennwärmeleistung [1] [kW]	gerätebezogener Endenergieverbrauch [TJ]	[%]
Ölfeuerungen und Ölkessel mit Verdampfungsbrennern	4 - 25	2,3	442	10	35,43	0,02
	› 25 - 50	0,1	442	32	5,57	0,00
	› 50	0,0	442	118	3,88	0,00
Heizkessel mit Gebläsebrenner	4 - 25	602,7	1.170	20	51.387,1	24,5
	› 25 - 50	499,2	1.460	32	84.965,1	40,5
	› 50	103,1	1.580	118	69.369,2	33,1
Ölbrennwertgeräte	≥ 4	50,3	1.050	20	3.885,9	1,9
Summe	≥ 4	1.257,9			209.652,2	100,0
Abweichung zum GHD-Endenergieverbrauch (vgl. Tabelle 72):					*60,2*	*0,0*

[1] Angaben zum Anlagenbestand und zur mittleren Nennwärmeleistung aus Tabelle 16

[2] Werte auf Basis *Struschka et al.* (2008) (dort Angaben in Anlehnung an ein Forschungsvorhaben zu Feinstaubemissionen (Struschka et al. 2003) und Anpassung durch Ökopol bei Heizkesseln mit Gebläsebrenner

Der Endenergieverbrauch, der sich aus dem Anlagenbestand, jährlichen Vollbenutzungsstunden und der mittleren Nennwärmeleistung ergibt, stimmt mit dem tatsächlichen Verbrauch gut überein.

Wie im Bereich *Haushalte* haben im Bereich *GHD* die Heizkessel mit Gasbrennern ohne Gebläse den größten Anteil am gesamten Endenergieverbrauch. Anders als bei den Haushalten erreichen die Heizkessel, die einen Gasbrenner mit Gebläse haben, einen sehr hohen Anteil. Grund dafür ist der (anders als bei den Haushalten) hohe Endenergieanteil im Leistungsbe-

reich >50 kW bei Gasbrennern mit Gebläse, der mit über 30% aller gasbefeuerten Geräte den größten Endenergieverbrauch ausmacht.

Tabelle 77: Gerätebezogene Endenergieverbräuche der installierten Gasfeuerungen im Bereich GHD in Deutschland im Jahr 2010

Gasfeuerungen im Bereich GHD in Deutschland (2010)	Leistungs-bereich [kW]	Anlagen-bestand [1] [1.000 Stück]	jährliche Voll-benutzungs-stunden [2] [h]	mittlere Nennwärme-leistung [1] [kW]	gerätebezogener Endenergiever-brauch [TJ]	[%]
Gasbrenner mit Gebläse (Heizkessel)	4 - 25	118,1	980	21	8.710,9	2,0
	› 25 - 50	104,1	980	37	13.410,0	3,1
	› 50	160,2	1.000	234	134.966,7	30,9
Gasbrenner ohne Gebläse (Heizkessel)	4 - 25	1.496,6	1.140	19	116.478,6	26,7
	› 25 - 50	220,6	1.200	35	33.571,9	7,7
	› 50	70,6	1.241	85	26.816,4	6,1
Raumluft-unabhängige Heiz-kessel	4 - 25	273,4	980	21	20.166,9	4,6
	› 25 - 50	8,0	980	37	1.031,2	0,2
	› 50	2,5	1.000	234	2.092,7	0,5
Kombi-wasserheizer	≥ 4	0,7	800	19	38,1	0,0
Durchlauf-wasserheizer	≥ 4	6,5	300	19	131,8	0,0
Vorrats-wasserheizer	≥ 4	6,5	300	13	92,4	0,0
Raumheizer	≥ 4	1,3	400	8	14,1	0,0
Brennwertgeräte	≥ 4	641,5	970	35	78.851,0	18,1
Summe	≥ 4	3.110,4			436.373	100,0
Abweichung zum GHD-Endenergieverbrauch (vgl. Tabelle 72):					*-179*	*0,0*

[1] Angaben zum Anlagenbestand und zur mittleren Nennwärmeleistung aus Tabelle 19. Anpassung durch Ökopol bei Gasbrennern mit Gebläse (› 50 kW) und Brennwertgeräten. Raumluftunabhängige Heizkessel wie Gasbrenner mit Gebläse

[2] basierend auf Struschka et al. (2008)

Der Endenergieverbrauch, der sich aus dem Anlagenbestand, den jährlichen Vollbenutzungsstunden sowie der mittleren Nennwärmeleistung ergibt, weicht vom erfassten Endenergieverbrauch für GHD in Tabelle 72 nicht ab.

Bei den Feuerungsanlagen für feste Brennstoffe im Bereich GHD ist ersichtlich, dass die gewerbliche Holzfeuerung mit Resthölzern (im Vergleich zu anderen Stückholz-, Hackschnitzel- und Pelletkesseln) den weitaus größten Teil am Endenergieverbrauch ausmacht (Tabelle 78).

Dabei zeigt sich, dass Heizkessel für Hackschnitzel (> 25 – 50 kW) anteilig den größten Zuwachs zu verzeichnen haben (von 5,5% im Jahr 2005 auf 13,3% im Jahr 2010). Insgesamt hat sich der Endenergieverbrauch von Festbrennstoffen im Bereich *GHD* im Vergleich zur Erhebung im Jahr 2005 (Struschka et al. 2008) mehr als verdreifacht (von knapp 20.000 TJ auf rund 70.000 TJ). Dabei beinhaltet der Verbrauch im Bereich fester Biomasse (60.000 TJ bzw.

16,7 TWh) sowohl gehandelte als auch nicht gehandelte Holzbrennstoffe (Schlomann et al. 2013). Daraus ergeben sich Unterschiede zu Angaben der Energiebilanzen, die nach *Schlomann et al.* (2013) weitestgehend nur gehandelte Energieträger einbeziehen.

Tabelle 78: Gerätebezogene Endenergieverbräuche der installierten Feuerungen für feste Brennstoffe im Bereich GHD in Deutschland im Jahr 2010

Feuerstätten für feste Brennstoffe im Bereich GHD in Deutschland (2010)	Leistungs-bereich [kW]	Anlagen-bestand [1] [1.000 Stück]	jährliche Voll-be-nutzungs-stunden [2] [h]	mittlere Nennwärme-leistung [1] [kW]	gerätebezogener Endenergie-verbrauch [TJ]	[%]
Heizkessel handbeschickt für Holz- und Kohlen-brennstoffe	4 - 25	19,7	1.346	24	2.304	3,3
	› 25 - 50	57,2	1.183	43	10.369	14,7
	› 50	11,5	1.209	109	5.500	7,8
Heizkessel für Pellets	4 - 25	1,8	1.625	22	225	0,3
	› 25 - 50	0,4	1.950	39	95	0,1
	› 50	0,1	2.145	96	73	0,1
Heizkessel für Hackschnitzel	4 - 25	1,7	1.313	26	204	0,3
	› 25 - 50	25,2	1.170	49	5.167	7,3
	› 50	1,8	1.209	190	1.504	2,1
Dauerbrandöfen	‹ 15	10,0	762	7,5	205	0,3
Kachelöfen (mit Heizeinsatz oder als Grund-ofen)	‹ 15	104,8	688	9,1	2.354	3,3
Kaminöfen	‹ 15	66,1	473	8,8	994	1,4
Pelletöfen	‹ 15	1,7	816	15,5	75	0,1
Kamine (mit offenem oder geschlossenem Feuerraum)	‹ 15	29,5	300	7,1	228	0,3
Badeöfen	‹ 15	3,3	132	8	13	0,0
Herde (und Heizungsherde)	‹ 15	89,5	156	8	384	0,5
Zwischensumme	*≥ 4*	424,2			29.693	42,2
gewerbliche Holzfeuerungen (Resthölzer [3])						
Heizkessel - handbeschickt	≥ 50	20,2	2.363	93	16.036	22,8
Unterschub-feuerungen	≥ 50	5,6	2.535	179	9.133	13,0
Vorofen-feuerungen	≥ 50	5,5	2.535	130	6.481	9,2
Einblasfeuerungen	≥ 50	4,0	2.535	247	8.985	12,8

Feuerstätten für feste Brennstoffe im Bereich GHD in Deutschland (2010)	Leistungs-bereich [kW]	Anlagen-bestand [1] [1.000 Stück]	jährliche Voll-be-nutzungs-stunden [2] [h]	mittlere Nennwärme-leistung [1] [kW]	gerätebezogener Endenergie-verbrauch [TJ]	[%]
Zwischensumme	*≥ 50*	35,2			40.635	57,8
Summe	≥ 4	459,4			70.328	100,0
Abweichung zum GHD-Endenergieverbrauch (vgl. Tabelle 72):					-9.166	-13,0

[1] Angaben zum Anlagenbestand und zur mittleren Nennwärmeleistung aus Tabelle 25

[2] basierend auf *Struschka et al.* (2008)

[3] Resthölzer setzen sich aus naturbelassenem Holz und Holzwerkstoffen zusammen

Der Endenergieverbrauch, der sich aus Anlagenbestand, jährlichen Vollbenutzungsstunden und mittlerer Nennwärmeleistung ergibt, stimmt mit dem tatsächlichen Verbrauch annähernd überein.

4.4 Prognose des Endenergieverbrauchs für die Jahre 2015, 2025 und 2030 im Aktuelle-Politik-Szenario (APS)

Zunächst zeigen die ersten der nachfolgenden drei Tabellen einen Überblick über die Entwicklung des Endenergieverbrauches in den Prognosejahren 2015, 2020, 2025 und 2030.

Das „Aktuelle Politik"-Szenario (Matthes et al. 2013) prognostiziert, dass Feuerungen mit konventionellen Brennstoffen zunehmend durch Feuerungen mit hohen Anforderungen an den Wirkungsgrad und durch regenerative Energiesysteme verdrängt werden. Weiterhin gewährleisten Sanierungsverpflichtungen einen Rückgang im Energieverbrauch zur Wärmeerzeugung, so dass insbesondere eine Abnahme des Verbrauchs der Energieträger Heizöl und Erdgas prognostiziert wird sowie eine Zunahme des Verbrauchs an Biomasse.

Der prognostizierte Endenergieverbrauch nimmt im Verlauf der 15-jährigen Betrachtung um ca. 15% ab (Tabelle 79). Tabelle 80 und Tabelle 81 zeigen die prognostizierte Verringerung des Endenergieverbrauches in den Bereichen *Haushalte* und *Gewerbe, Handel, Dienstleistungen*.

Der Endenergieverbrauch im Bereich *Militär* (Tabelle 82) nimmt um 18% ab. Der prognostizierte Endenergieverbrauch basiert auf Informationen, die dem BMUB vom Bundesministerium für Verteidigung zur Verfügung gestellt wurden (Kapitel 4.1.3), sowie auf Abschätzungen der Projektnehmer zum zukünftigen Verbrauch, der Informationen über geplante bzw. bereits erfolgte Schließungen von Bundeswehrstandorten berücksichtigt (UBA 2014, BMVg 2011a, 2013).

In den Tabellen wurden Erdgas und Flüssiggas in eine Zeile zusammengefasst. Im Bereich *GHD* wurden die aus Tabelle 81 hervorgehenden Verbrauchsdaten im Bereich *Militär* abgezogen.

In der letzten Zeile jeder Tabelle wird jeweils angegeben, wie genau der Endenergieverbrauch, der sich aus der Anlagenstruktur ergibt (vgl. Kapitel 4.3), mit dem prognostizierten Energieverbrauch in dem betrachteten Jahr übereinstimmt.

Tabelle 79: Prognose des Endenergieverbrauchs emissionsrelevanter Energieträger für die Bereiche Haushalte, GHD und Militär von 2015 bis 2030 (Szenario APS)

Endenergieverbrauch (Prognose APS)	Endenergieverbrauch [TJ] in den Jahren 2015 bis 2030 Haushalte, GHD und Militär in Deutschland			
	2015	2020	2025	2030
Heizöl EL	772.000	683.000	591.000	500.000
Brenngase	1.307.000	1.225.000	1.185.000	1.124.000
Steinkohlen	32.000	29.000	27.000	24.000
Steinkohlenkoks	1.000	1.000	0	0
Steinkohlenbriketts	0	0	0	0
Braunkohlenbriketts	18.000	16.000	13.000	11.000
Biomasse	277.000	311.000	345.000	378.000
Summe	2.407.000	2.265.000	2.161.000	2.037.000

Matthes et al. 2013

Tabelle 80: Prognose des Endenergieverbrauchs emissionsrelevanter Energieträger für den Bereich Haushalte von 2015 bis 2030 (Szenario APS)

Endenergieverbrauch (Prognose APS)	Endenergieverbrauch [TJ] in den Jahren 2015 bis 2030 Haushalte			
	2015	2020	2025	2030
Heizöl EL	556.000	491.000	425.000	359.000
Brenngase	913.000	869.000	825.000	781.000
Steinkohlen	20.000	18.000	17.000	15.000
Steinkohlenkoks	1.000	1.000	0	0
Steinkohlenbriketts	0	0	0	0
Braunkohle	15.000	13.000	11.000	9.000
Biomasse	247.000	277.000	308.000	338.000
Summe	1.752.000	1.669.000	1.586.000	1.502.000

Matthes et al. 2013

Tabelle 81: Prognose des Endenergieverbrauchs emissionsrelevanter Energieträger für den Bereich Gewerbe, Handel, Dienstleistungen von 2015 bis 2030 (Szenario APS)

Endenergieverbrauch (Prognose APS)	Endenergieverbrauch [TJ] in den Jahren 2015 bis 2030 GHD			
	2015	2020	2025	2030
Heizöl EL	214.000	190.000	165.000	140.000
Brenngase	383.000	347.000	351.000	335.000
Steinkohlen	12.000	11.000	10.000	9.000
Steinkohlenkoks	0	0	0	0
Steinkohlenbriketts	0	0	0	0
Braunkohlenbriketts	3.000	3.000	2.000	2.000
Biomasse	30.000	34.000	37.000	39.000
Summe	642.000	585.000	565.000	525.000

Matthes et al. 2013

Endenergieverbrauchsdaten bzw. Prognosen liegen für den Bereich des Militärs – aufgrund der geringen Relevanz – weder in den AGEB-Daten noch im „Aktuelle Politik "Szenario vor. Tabelle 82 zeigt Berechnungen, die auf Informationen des Bundesministeriums für Verteidigung beruhen.

Insgesamt sollen etwa 10% der Bundeswehrstandorte geschlossen und etwa 27% um mindestens 50% der Besetzung reduziert werden, wobei die Dienstpostenanzahl um 30% reduziert werden soll (BMVg 2011a). Die Standortschließungen finden dabei hauptsächlich in den Jahren 2014 – 2019 statt (BMVg 2013). Demzufolge wurde von einem signifikanten Rückgang hinsichtlich des Wärmebedarfs in den Prognosejahren 2015 und 2020 ausgegangen.

Darüber hinaus wurde angenommen, dass im Zuge des Austauschs alter Anlagen der Endenergieverbrauch, wie in Tabelle 82 dargestellt, weiter sinkt.

Tabelle 82: Prognose des Endenergieverbrauchs emissionsrelevanter Energieträger für den Bereich Militär von 2015 bis 2030 (Szenario APS)

Endenergieverbrauch (Prognose APS)	Endenergieverbrauch Militär [TJ]			
	2015	2020	2025	2030
Heizöl EL	2.000	2.000	1.000	1.000
Brenngase	11.000	9.000	9.000	8.000
Steinkohlen	0	0	0	0
Steinkohlenkoks	0	0	0	0
Steinkohlenbriketts	0	0	0	0
Braunkohlenbriketts	0	0	0	0
Holzbrennstoffe	0	0	0	1.000
Summe	13.000	11.000	10.000	10.000

Ökopol auf Basis von Angaben des Bundesministeriums für Verteidigung (UBA 2014) und Informationen über geplante Standortschließungen (BMVg 2011a, 2013)

4.5 Prognose des Endenergieverbrauchs für die Jahre 2015, 2025 und 2030 im Energiewende-Szenario (EWS)

Im *Energiewendeszenario* (EWS) nach *Matthes et al.* (2013) sinkt der Endenergieverbrauch bis zum Jahr 2030 im Vergleich zum Referenzjahr 2010 um etwa 40% (im *Aktuelle-Politik-Szenario* dagegen um etwa 15%). Die Einsparungen werden vor allem durch einen Rückgang beim Verbrauch an fossilen Energieträgern erreicht. Der Bedarf an erneuerbaren Energieträgern steigt dagegen sowohl anteilig als auch absolut. Der Endenergieverbrauch an Biomasse steigt von 276.000 TJ im Jahr 2015 auf 456.000 TJ im Jahr 2030 um 65% an.

Tabelle 83: Prognose des Endenergieverbrauchs emissionsrelevanter Energieträger für die Bereiche Haushalte, GHD und Militär von 2015 bis 2030 (Szenario EWS)

Endenergieverbrauch (Prognose EWS)	Endenergieverbrauch [TJ] in den Jahren 2015 bis 2030 Haushalte, GHD und Militär in Deutschland			
	2015	2020	2025	2030
Heizöl EL	716.000	532.000	310.000	93.000
Brenngase	1.257.000	1.089.000	910.000	767.000
Steinkohlen	31.000	26.000	21.000	16.000
Steinkohlenkoks	1.000	1.000	0	0
Steinkohlenbriketts	0	0	0	0
Braunkohlenbriketts	14.000	11.000	7.000	3.000
Holzbrennstoffe	276.000	334.000	394.000	456.000
Summe	2.295.000	1.993.000	1.642.000	1.335.000

Matthes et al. 2013

Tabelle 84: Prognose des Endenergieverbrauchs emissionsrelevanter Energieträger für den Bereich Haushalte von 2015 bis 2030 (Szenario EWS)

Endenergieverbrauch (Prognose EWS)	Endenergieverbrauch Haushalte [TJ]			
	2015	2020	2025	2030
Heizöl EL	516.000	382.000	220.000	61.000
Brenngase	879.000	758.000	628.000	525.000
Steinkohlen	19.000	16.000	13.000	9.000
Steinkohlenkoks	1.000	1.000	0	0
Steinkohlenbriketts	0	0	0	0
Braunkohle	14.000	11.000	7.000	3.000
Biomasse	260.000	308.000	358.000	409.000
Summe	1.689.000	1.476.000	1.226.000	1.007.000

Matthes et al. 2013

Tabelle 85: Prognose des Endenergieverbrauchs emissionsrelevanter Energieträger für den Bereich Gewerbe, Handel, Dienstleistungen von 2015 bis 2030 (Szenario EWS)

Endenergieverbrauch (Prognose EWS)	Endenergieverbrauch GHD [TJ]			
	2015	2020	2025	2030
Heizöl EL	198.000	148.000	89.000	31.000
Brenngase	367.000	322.000	273.000	234.000
Steinkohlen	12.000	10.000	8.000	7.000
Steinkohlenkoks	0	0	0	0
Steinkohlenbriketts	0	0	0	0
Braunkohlenbriketts	0	0	0	0
Biomasse	16.000	26.000	36.000	46.000
Summe	593.000	506.000	406.000	318.000

Matthes et al. 2013

Wie beim Szenario APS kann für den Bereich Militär auch im Szenario EWS nur auf die bereits erläuterten Daten zurückgegriffen werden. Im Bereich Militär werden für das Szenario EWS keine Veränderungen gegenüber dem Szenario APS angenommen.

Tabelle 86: Prognose des Endenergieverbrauchs emissionsrelevanter Energieträger für den Bereich Militär von 2015 bis 2030 (Szenario EWS)

Endenergieverbrauch (Prognose EWS)	Endenergieverbrauch Militär [TJ]			
	2015	2020	2025	2030
Heizöl EL	2.000	2.000	1.000	1.000
Brenngase	11.000	9.000	9.000	8.000
Steinkohlen	0	0	0	0
Steinkohlenkoks	0	0	0	0
Steinkohlenbriketts	0	0	0	0
Braunkohlenbriketts	0	0	0	0
Holzbrennstoffe	0	0	0	1.000
Summe	13.000	11.000	10.000	10.000

Ökopol auf Basis von Angaben des Bundesministeriums für Verteidigung (UBA 2014) und Informationen über geplante Standortschließungen (BMVg 2011a, 2013)

4.6 Holzverfügbarkeit und Verbrauch

Im Zusammenhang mit der Prognose des Energieverbrauchs auf Basis von Holznutzung wurde zu Beginn des Projektes untersucht, ob die Verfügbarkeit des Rohstoffes Holz bei zunehmender energetischer Nutzung in Zukunft gewährleistet ist, ohne die Prinzipien der nachhaltigen Forstwirtschaft zu gefährden.

4.6.1 Holzverbrauch

Der Holzverbrauch wird hier in der Einheit *Festmeter* (FM) angegeben. Diese Einheit bezieht sich zwar auf Rundholz als Brennstoff, entspricht aber – im Gegensatz zum *Raummeter* – einem Kubikmeter fester Holzfläche (ohne Zwischenräume der Schichtung).

Der Holzverbrauch stieg in den Jahren 2005 bis 2010 um 18% von etwa 115 Mio. auf 135,4 Mio. FM Holz an. Während der stoffliche Holzverbrauch konjunkturbedingt im Zeitraum 2005 bis 2010 von 70,1 Mio. auf 67,1 Mio. FM leicht zurückging, stieg der energetische Verbrauch von 2005 bis 2010 um 53% von 44,7 auf 68,4 Mio. FM an (Mantau 2012b).

Es ist davon auszugehen, dass durch die Konjunkturerholung der stoffliche Verbrauch bis 2015 wieder das Niveau von 70 Mio. FM aus dem Jahr 2005 erreichen wird (Mantau 2012b). Darüber hinaus ist anzunehmen, dass in Folge der Förderung von CO_2-Minderungsmaßnahmen im Baubereich der Rohstoffeinsatz für dieses Gewerbe in Zukunft steigen wird (LHM 2014). Die Dimension kann nicht beziffert werden, da sich die Förderung noch in der Anlaufphase befindet.

Nach *Mantau* (2012b) wird eine Steigerung des energetischen Verbrauchs von Holz bis 2015 auf etwa 80 Mio. FM prognostiziert. Im *Aktuelle-Politik-Szenario* der Studie *Politikszenarien Klimaschutz VI* wird ein energetischer Mehrbedarf prognostiziert, der zunächst ca. 2,7% im Jahr 2008 beträgt und anschließend degressiv auf jährlich ca. 2,0% in 2030 abflacht (Matthes et al. 2013).

4.6.2 Holzverfügbarkeit

Eine Bilanzierung des Holzaufkommens kann derzeit auf Basis des Zuwachses, Einschlages und des natürlichen Bestandsausscheidens erfolgen, da Kurzumtriebsplantagen weniger als 1% des Holzaufkommens ausmachen (Mantau 2012b).

Die 2. Bundeswaldinventur fand im Zeitraum 2001-2002 statt; sie weist für Deutschland 11,1 Mio. Hektar Wald aus. Das potenzielle Rohholzaufkommens bezieht sich auf rund 10,4 Mio. ha Wald. Es gibt Flächen mit Nutzungsverboten und Flächen, in denen keine Waldnutzung erwartet wird, weil Geländehindernisse (Wasser, Gebirge) bestehen oder die Flächen als Waldwege, Holzlagerplätze und Wildwiesen verwendet werden. (BMELV 2004)

Für den Zeitraum 2003 bis 2042 wird für die nutzbare Waldfläche ein durchschnittliches jährliches Rohholzaufkommen von 78,2 Mio. m³ Erntefestmaß (ohne Rinde) prognostiziert, entsprechend 7,5 m³/ha. Als geschätzte Aufteilung der Ernte nennt die 2. Bundeswaldinventur etwa 60,9 Mio. m³ *Stammholz* (78 %), 7,4 Mio. m³ *Industrieholz* (9 %) und 9,9 Mio. m³ nicht verwertbares *Derbholz* (13 %). Der nutzbare Anteil beträgt somit 87% (*Industrie-* und *Stammholz* sind bei geringem Stammdurchmesser austauschbar). (BMELV 2004)

Tabelle 87: Prognose des potenziellen Rohholzaufkommens nach 5-Jahresperioden gemäß 2. Bundeswaldinventur

Prognose-periode	2003-2007	2008-2012	2013-2017	2018-2022	2018-2022	2023-2027	2028-2032	2033-2037	2038-2042
	Rohholzaufkommen [1000 m³/a] (FM ohne Rinde)								
Alle Baumarten	70.862	78.447	75.835	78.705	78.944	80.708	81.070	81.070	81.021

BMELV (2004)

Zur jüngsten Entwicklung des Waldvorrats gibt die 3. Bundeswaldinventur Auskunft (Aufnahmejahre 2011/2012), die im Oktober 2014 veröffentlicht wurde.[1]

[1] Bundeswaldinventur (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft): http://www.bundeswaldinventur.de

Vorher wurden für den Zeitraum von 2002 bis 2008 bereits Daten auf Basis einer Unterstichprobe der Bundeswaldinventur erhoben. Dieser Erhebung nach ist der Gesamtwaldvorrat zwischen 2002 und 2008 um 8 m³/ha (2%) gestiegen. Nach Auskunft der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) wurde in den vergangenen Jahren bundesweit ein Zuwachs der Waldfläche und damit des Holzaufkommens konstatiert (LWF 2014).

Damit verringerte sich jedoch der Zuwachs des Waldvorrates im Zeitraum 2002-2008 gegenüber der 2. Bundeswaldinventur (Zeitraum 1987-2002) aufgrund der verstärkten Holznutzung um 1,6 m³/ha, d.h. um 12% (Polley et al. 2009). Im Durchschnitt sind jährlich 106,7 Mio. m³ Holz (Vorratsfestmaß mit Rinde) aus dem lebenden Bestand ausgeschieden. Dies ergab eine verwertbare Nutzungsmenge von 70,5 Mio. m³ (Erntefestmaß ohne Rinde). Das ist – aufgrund der verstärkten Holznutzung – etwa 25% mehr als im Zeitraum zwischen der ersten und zweiten Bundeswaldinventur (1987 bis 2002), wobei sich die Vergleichsdaten nur auf die alten Bundesländer beziehen (Polley et al. 2009).

Wie in Kapitel 4.6.1 aufgezeigt wurde, lag der Holzverbrauch mit 115 Mio. m³ im Jahr 2005 und 134 Mio. m³ im Jahr 2010 deutlich über der in der 2. Bundeswaldinventur angestellten Prognose bezüglich des Rohholzaufkommens. Eine bereits geschilderte Ursache ist der deutlich gestiegene Holzverbrauch in Haushalten. Darüber hinaus stieg der Holzverbrauch in großen Biomassefeuerungen (> 1 MW) in den Jahren 2002 – 2010 um fast das Dreifache und in der Industrie um fast 20% an (Mantau 2012b).

Aus dem Rohholz-Außenhandelssaldo von Deutschland geht hervor, dass der Saldo seit 2009 negativ ausfällt. Im Jahr 2013 lag der Negativsaldo bei etwa 3,1 Mio. m³ (Destatis 2013; Seintsch 2011). Bezogen auf das in der 2. Bundeswaldinventur prognostizierte Rohholzaufkommen für die Periode 2013-2017 (75,835 Mio. m³) beläuft sich das Außenhandelsdefizit auf 4,1%. Bezogen auf 87% nutzbaren Anteil des Rohholzaufkommens (65,976 Mio. m³) beträgt das Defizit 4,7%.

Von der Waldstrategie 2020 (BMELV 2011) wurde eine steigende Nachfrage prognostiziert. Diese ergibt sich auch aus Szenarien zum Energiebedarf (Matthes et al. 2013). Bei diesem Trend wird für 2020 ein deutlicher Fehlbedarf im Holzaufkommen erwartet (Kant 2013).

Inwiefern Nutzungskonflikte beim Rohstoff Holz zwischen der energetischen und stofflichen Verwendung in der Zukunft in Deutschland zu erwarten sind, kann nicht vorhergesagt werden. Es kann jedoch festgestellt werden, dass der Holzbedarf in Deutschland nicht mehr durch heimische Wälder abgedeckt werden kann, wenn die Prinzipien der nachhaltigen Forstwirtschaft und die Stabilität der Ökosysteme gewahrt bleiben sollen.

5 Berechnung des Emissionsaufkommens für das Referenzjahr 2010 und der Emissionsprognosen für die Jahre 2015, 2025 und 2030

Die Berechnung des Emissionsaufkommens für das Referenzjahr 2010 basiert einerseits auf den für das Jahr 2010 ermittelten Endenergieverbräuchen in Deutschland in den Bereichen *Haushalte* (HH) sowie *Gewerbe, Handel, Dienstleistungen* (GHD) und *Militär* (Tabelle 72) sowie auf den ermittelten gerätebezogenen Emissionsfaktoren der Kleinfeuerungsanlagen (Tabelle 42).

Das Emissionsaufkommen wurde für jeden Schadstoff nach Brennstoffen separat ausgewiesen. Es ergibt sich aus der Addition des gerätebezogenen Emissionsaufkommens jedes Brennstoffs.

5.1 Berechnung des Emissionsaufkommens im Jahr 2010

Tabelle 88, Tabelle 89 und Tabelle 90 zeigen die Ergebnisse zum Emissionsaufkommen im Jahr 2010. Tabelle 91 nennt das Partikelaufkommen der Fraktionen PM_1, $PM_{2,5}$ und PM_{10} im Jahr 2010.

Tabelle 88: Emissionsaufkommen in Kleinfeuerungsanlagen im Referenzjahr 2010 in den Bereichen Haushalte, Gewerbe/Handel/Dienstleistungen (GHD) und Militär (Teil 1)

Energieträger	Bereiche	CO_2 [t]	CO [t]	NO_x [t]	SO_2 [t]	Partikel [t]	PCDD/F [g]	PAK [kg]
Heizöl EL	Haushalte	41.009.509	6.624	23.450	33.400	475	1,3	90
	GHD	15.366.936	2.495	8.923	12.516	215	0,47	34
	Militär	178.226	33	113	186	4,4	0,0069	0,35
Brenngase	Haushalte	58.194.726	13.798	21.338	521	31	2,1	-
	GHD	24.357.855	5.235	9.597	218	13	0,83	-
	Militär	750.456	141	343	6,7	0,40	0,022	-
Steinkohlen	Haushalte	1.855.094	66.174	1.181	7.455	357	0,43	1.096
	GHD	970.399	21.863	909	2.814	187	0,10	573
	Militär	4.509	21	5,1	19	13	0,00021	-
Steinkohlenkoks	Haushalte	91.304	4.685	34	394	14	0,036	83
	GHD	24.312	1.248	9,2	105	3,8	0,0095	20
	Militär	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Steinkohlen-briketts	Haushalte	1.031.127	52.664	544	6.087	2.867	0,22	5.315
	GHD	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Militär	-	-	-	-	-	-	-
Braunkohlen-briketts	Haushalte	2.207.754	53.470	1.973	2.111	1.809	0,57	4.864
	GHD	205.661	4.977	184	195	170	0,053	462
	Militär	4.702	241	4,2	11	2,6	0,00064	-
Holzbrennstoffe	Haushalte	29.202.888	646.479	19.984	2.309	25.648	16	110.631
	GHD	6.076.511	95.731	5.657	489	3.497	18	11.653
	Militär	-	-	-	-	-	-	-
Summe	Haushalte	133.592.402	843.894	68.504	52.277	31.201	21	122.079
	GHD	47.001.674	131.549	25.279	16.337	4.086	19	12.742
	Militär	937.893	436	465	223	20	0,030	0,35
Summe	alle	181.531.969	975.879	94.248	68.837	35.307	40	134.821

"0"-Wert bedeutet: Brennstoff wird nicht eingesetzt

"-" bedeutet: Es konnte kein Emissionsfaktor ermittelt werden

Tabelle 89: (Fortsetzung Tabelle 88): Emissionsaufkommen in Kleinfeuerungsanlagen im Referenzjahr 2010 in den Bereichen Haushalte, Gewerbe/Handel/Dienstleistungen (GHD) sowie Militär

Energieträger	Bereiche	VOC [t]	CH_4 [t]	NMVOC [t]	Benzol [t]	N_2O [t]	HCl [kg]	As [kg]	Cd [kg]
Heizöl EL	Haushalte	851	22	835	8,1	311	-	-	-
	GHD	488	8,3	482	3,0	109	-	-	-
	Militär	6,7	0,041	6,7	0,047	1,4	-	-	-
Brenngase	Haushalte	2.986	3.128	619	0,24	248	-	-	-
	GHD	1.019	1.108	179	0,086	112	-	-	-
	Militär	5,0	0,56	4,6	0,0011	3,9	-	-	-
Steinkohlen	Haushalte	3.238	2.590	1.295	-	224	166	63	77
	GHD	834	703	306	-	86	87	33	40
	Militär	0,12	0,094	0,047	-	0,23	0,78	0,34	0,19
Steinkohlenkoks	Haushalte	17	8,8	10	-	0,81	21	3,3	1,2
	GHD	4,4	2,3	2,6	-	0,22	5,5	0,89	0,32
	Militär	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Steinkohlenbriketts	Haushalte	4.970	3.976	1.988	-	104	279	44	119
	GHD	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Militär	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Braunkohlenbriketts	Haushalte	4.424	1.273	3.595	12	115	86	103	8,7
	GHD	410	119	332	1,1	11	8,0	9,7	0,82
	Militär	19	12	16	-	0,018	-	-	-
Holzbrennstoffe	Haushalte	56.007	28.775	42.122	2.270	452	81	45	620
	GHD	5.030	2.567	4.462	360	31	328	190	228
	Militär	-	-	-	-	-	-	-	-
Summe	Haushalte	72.493	39.773	50.464	2.290	1.455	633	258	826
	GHD	7.785	4.508	5.764	364	349	429	234	269
	Militär	31	13	27	0,048	5,5	0,78	0,34	0,19
Summe	alle	80.309	44.294	56.255	2.654	1.810	1.063	492	1.095

"0"-Wert bedeutet: Brennstoff wird nicht eingesetzt

"-" bedeutet: Es konnte kein Emissionsfaktor ermittelt werden

Tabelle 90: (Fortsetzung Tabelle 89): Emissionsaufkommen in Kleinfeuerungsanlagen im Referenzjahr 2010 in den Bereichen Haushalte, Gewerbe/Handel/Dienstleistungen (GHD) sowie Militär

Energieträger	Bereiche	Cr [kg]	Cu [kg]	Hg [kg]	Ni [kg]	Pb [kg]	V [kg]	Zn [kg]
Heizöl EL	Haushalte	-	-	-	-	-	-	-
	GHD	-	-	-	-	-	-	-
	Militär	-	-	-	-	-	-	-
Brenngase	Haushalte	-	-	63	-	-	-	-
	GHD	-	-	26	-	-	-	-
	Militär	-	-	0,81	-	-	-	-
Steinkohlen	Haushalte	-	-	69	-	4.448	143	-
	GHD	-	-	36	-	2.327	75	-
	Militär	0,11	0,15	0,17	-	11	0,50	0,49
Steinkohlenkoks	Haushalte	-	-	3,1	-	107	5,3	-
	GHD	-	-	0,82	-	49	1,4	-
	Militär	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Steinkohlen-briketts	Haushalte	-	-	39	-	2.322	65	-
	GHD	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Militär	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Braunkohlen-briketts	Haushalte	198	14	53	156	164	35	114
	GHD	19	1,3	4,9	15	15	3,4	10
	Militär	-	-	0,11	-	-	0,12	-
Holzbrennstoffe	Haushalte	3.723	2.351	159	480	4.707	8,7	65.578
	GHD	1.255	1.609	33	61	8.460	305	38.632
	Militär	-	-	-	-	-	-	-
Summe	Haushalte	3.921	2.365	386	636	11.748	257	65.692
	GHD	1.274	1.610	101	76	10.851	385	38.642
	Militär	0,11	0,15	1,1	0,0	11	0,62	0,49
Summe	alle	5.195	3.975	488	712	22.610	643	104.334

"0"-Wert bedeutet: Brennstoff wird nicht eingesetzt

"-" bedeutet: Es konnte kein Emissionsfaktor ermittelt werden

Tabelle 91: Emissionsaufkommen der Partikelfraktionen PM1, PM2,5 und PM10 aus Feuerungsanlagen der Bereiche HH, GHD und Militär in Deutschland im Jahr 2010

Partikelfraktion PM_1	Emissionsaufkommen [t] für Deutschland im Jahr 2010			
	Haushalte	GHD	Militär	Gesamt
Heizöl EL	403	183	3,7	589,7
Steinkohlen	280	147	10	437
Steinkohlenkoks	10	2,7	-	12,7
Steinkohlenbriketts	2.054	0	-	2.054
Braunkohlenbriketts	1.436	134	2,0	1.572
Rheinische	*745*	*71*	-	*816*
Lausitzer	*361*	*32*	*2,0*	*395*
Böhmische	*330*	*31*	-	*361*
naturbelassenes Holz und Restholz	22.931	2.690	-	25.621
Summe	27.114	3.156,7	15,7	30.286

Partikelfraktion $PM_{2,5}$	Emissionsaufkommen [t] für Deutschland im Jahr 2010			
	Haushalte	GHD	Militär	Gesamt
Heizöl EL	474	215	4,4	693,4
Steinkohlen	303	159	11	473
Steinkohlenkoks	12	3,2	-	15,2
Steinkohlenbriketts	2.456	0	-	2.456
Braunkohlenbriketts	1.553	145	2,2	1.700,2
Rheinische	*783*	*76*	-	*859*
Lausitzer	*380*	*35*	*2,2*	*417,2*
Böhmische	*390*	*34*	-	*424*
naturbelassenes Holz und Restholz	24.060	2.972	-	27.032
Summe	28.858	3.494,2	17,6	32.370

Partikelfraktion PM_{10}	Emissionsaufkommen [t] für Deutschland im Jahr 2010			
	Haushalte	GHD	Militär	Gesamt
Heizöl EL	474	215	4,4	693,4
Steinkohlen	340	178	12	530
Steinkohlenkoks	14	3,6	-	17,6
Steinkohlenbriketts	2.730	0	-	2.730
Braunkohlenbriketts	1.741	162	2,5	1.905,5
Rheinische	*901*	*85*	-	*986*
Lausitzer	*438*	*39*	*2,5*	*479,5*
Böhmische	*402*	*38*	-	*440*
naturbelassenes Holz	25.151	3.323	-	28.474

und Restholz				
Summe	30.450	3.881,6	18,9	34.351

5.2 Prognose der Emissionsentwicklung auf Basis der Szenarien „Aktuelle Politik“ und „Energiewende“ für die Jahre 2015, 2025 und 2030

In diesem Kapitel wird die Emissionsentwicklung auf Basis der Szenarien *Aktuelle Politik* (APS) und *Energiewende* (EWS) gemeinsam dargestellt, um die Ergebnisse miteinander zu vergleichen.

Tabelle 92 und Abbildung 19 sowie Tabelle 93 und Abbildung 20 geben einen Überblick über das Gesamtemissionsaufkommen relevanter Parameter im Zeitraum 2005-2030 für die Szenarien *Aktuelle Politik* und *Energiewende*. Neben dem Bezugsjahr 2010 werden zum Vergleich auch die Emissionen des Jahres 2005 dargestellt (Struschka et al. 2008), da im Jahr 2010 durch einen besonders kalten Winter außergewöhnlich hohe Energieverbrauchsmengen auftraten, die zu erhöhten Emissionen führten.

In beiden Tabellen sind die Emissionsaufkommen für *Haushalte*, *Gewerbe, Handel, Dienstleistungen* und *Militär* summiert. Sie resultieren aus den Endenergieverbräuchen der betrachteten Jahre und den Emissionsfaktoren, wie sie in vorangehenden Kapiteln hergeleitet und dargestellt wurden.

Hinsichtlich der Emissionen von Schwefeldioxid ist zu beachten, dass der Emissionsfaktor bei einer verstärkten Verwendung von schwefelarmem Heizöl in Zukunft entsprechend anzupassen ist.

Tabelle 92: Emissionsaufkommen in den Jahren 2005, 2010, 2015, 2025, 2030 im Szenario „Aktuelle Politik“ (APS) für CO, NO_x, SO_2, NMVOC, PM10 und PCDD/F in den Bereichen Haushalte (HH), Gewerbe/Handel/Dienstleistungen (GHD) und Militär

Summe HH, GHD, Militär	Emissionsaufkommen (APS)					Veränderung [%]				
	2005	2010	2015	2025	2030	2005	2010	2015	2025	2030
CO [t]	825.868	975.879	599.166	532.726	514.128	85	100	61	55	53
NOx [t]	95.068	94.248	83.911	77.867	74.658	101	100	89	83	79
SO2 [t]	69.942	68.837	62.234	49.339	42.899	102	100	90	72	62
NMVOC [t]	40.278	56.255	39.849	44.604	46.867	72	100	71	79	83
PM10 [t]	25.294	34.351	22.331	19.031	18.965	74	100	65	55	55
PCDD/F [g]	119	40	28	33	34	300	100	70	82	87

Tabelle 93: Emissionsaufkommen in den Jahren 2005, 2010, 2015, 2025, 2030 im Szenario „Energiewende“ (EWS) für CO, NO_x, SO_2, NMVOC, PM10 und PCDD/F in den Bereichen Haushalte (HH), Gewerbe/Handel/Dienstleistungen (GHD) und Militär

Summe HH, GHD, Militär	Emissionsaufkommen (EWS)					Veränderung [%]				
	2005	2010	2015	2025	2030	2005	2010	2015	2025	2030

CO [t]	825.868	975.879	578.851	515.659	498.939	85	100	59	53	51
NOx [t]	95.068	94.248	79.681	62.746	54.450	101	100	85	67	58
SO2 [t]	69.942	68.837	58.101	30.164	15.437	102	100	84	44	22
NMVOC [t]	40.278	56.255	37.973	42.944	46.411	72	100	68	76	83
PM10 [t]	25.294	34.351	21.784	19.264	19.227	74	100	63	56	56
PCDD/F [g]	119	40	24	34	38	300	100	61	85	97

Abbildung 19: Emissionsentwicklung 2005-2030 des Endenergieverbrauchs im Szenario APS

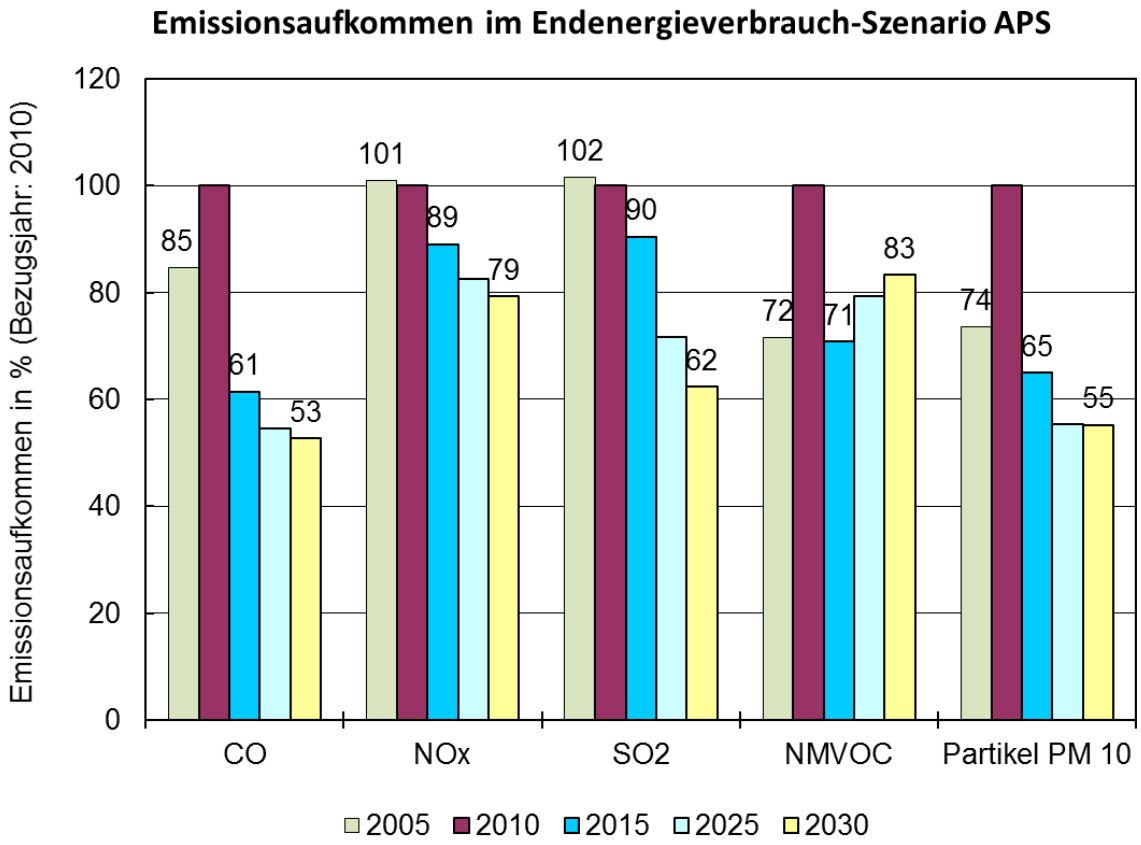


Abbildung 20: Emissionsentwicklung 2005-2030 des Endenergieverbrauchs im Szenario EWS

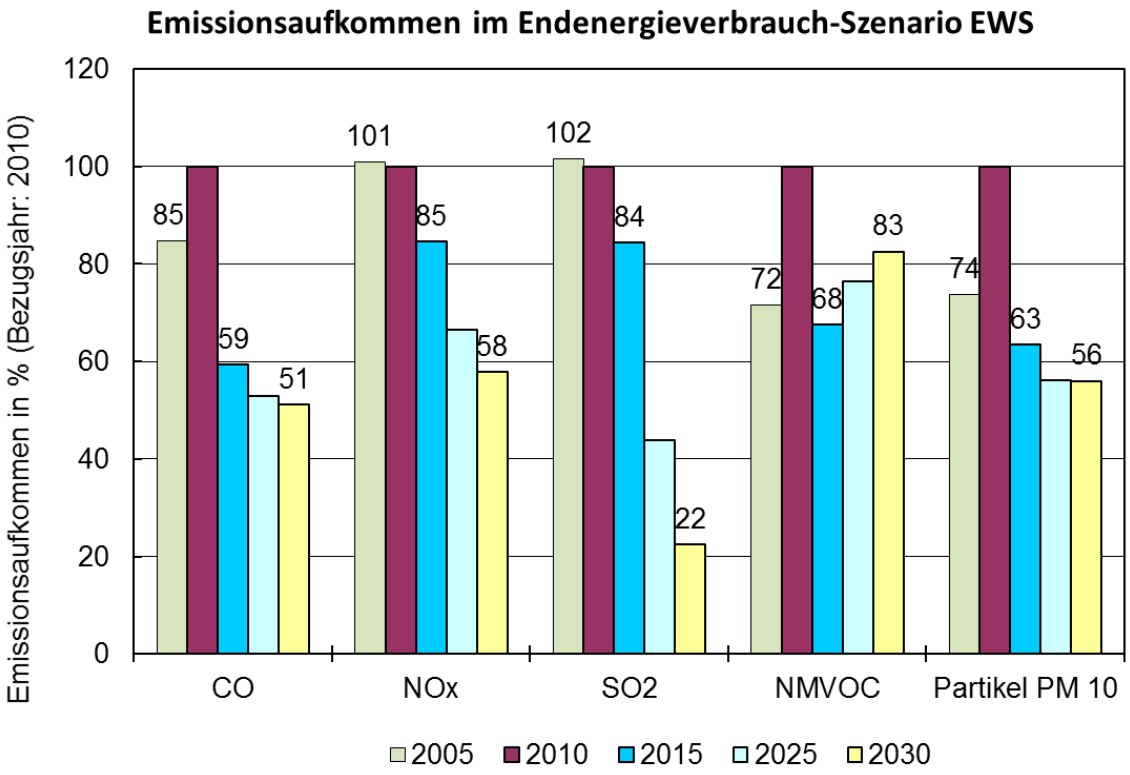


Tabelle 94 gibt einen Überblick über das Emissionsaufkommen aller betrachteten Luftschadstoffe auf Basis der Endenergieverbräuche der Szenarien *Aktuelle Politik* (APS) und *Energiewende* (EWS) für die Jahre 2010, 2015, 2025 und 2030.

Eine detailliertere Aufschlüsselung der Emissionen nach Brennstoffarten befindet sich im Anhang.

Tabelle 94: Emissionsaufkommen im Jahr 2010 und in den Szenarien APS und EWS der Jahre 2015, 2025 und 2030

	Szenario APS				Szenario EWS			
	2010	2015	2025	2030	2010	2015	2025	2030
CO2 [t], ohne Holz								
Haushalte	104.389.513	95.186.657	79.889.911	72.209.997	104.389.513	90.163.920	53.096.081	34.919.718
GHD	40.925.163	38.502.374	32.835.402	30.013.761	40.925.163	36.145.515	22.525.208	16.000.755
Militär	937.893	760.444	575.508	519.712	937.893	760.444	575.508	519.712
Summe	146.252.568	134.449.475	113.300.820	102.743.470	146.252.568	127.069.878	76.196.797	51.440.185
CO2 [t], gesamt								
Haushalte	133.592.401	120.407.333	111.339.175	106.722.501	133.592.401	116.712.000	89.650.745	76.681.890
GHD	47.001.674	41.552.831	36.597.632	33.979.356	47.001.674	37.772.425	26.185.757	20.678.123
Militär	937.893	760.444	575.508	519.712	937.893	760.444	575.508	519.712
Summe	181.531.968	162.720.608	148.512.315	141.221.569	181.531.968	155.244.869	116.412.010	97.879.725
CO [t]								
Haushalte	843.894	530.955	476.186	465.997	843.894	534.615	473.799	461.698
GHD	131.549	68.069	56.433	48.033	131.549	44.094	41.753	37.144
Militär	436	142	108	97	436	142	108	97
Summe	975.879	599.166	532.726	514.128	975.879	578.851	515.659	498.939
NOx (als NO2, [t])								
Haushalte	68.504	61.809	58.209	56.342	68.504	60.197	48.487	42.686
GHD	25.279	21.709	19.316	17.999	25.279	19.091	13.918	11.448
Militär	465	393	342	317	465	393	342	317
Summe	94.248	83.911	77.867	74.658	94.248	79.681	62.746	54.450
SO2 [t]								
Haushalte	52.277	45.211	35.851	31.174	52.277	42.433	22.002	10.955
GHD	16.337	16.831	13.298	11.535	16.337	15.477	7.972	4.292
Militär	223	191	190	190	223	191	190	190
Summe	68.837	62.234	49.339	42.899	68.837	58.101	30.164	15.437
VOC ([t] C)								
Haushalte	72.493	52.393	58.084	61.864	72.493	51.870	57.025	62.144
GHD	7.785	4.496	3.757	4.054	7.785	3.044	2.531	2.116
Militär	31	11	10	10	31	11	10	10
Summe	80.309	56.900	61.851	65.928	80.309	54.924	59.566	64.270
CH4 [t]								
Haushalte	39.773	29.671	33.418	35.413	39.773	29.380	32.614	35.296
GHD	4.508	3.170	2.756	2.446	4.508	2.334	1.923	1.705
Militär	13	0,50	0,42	0,37	13	0,50	0,42	0,37
Summe	44.294	32.841	36.174	37.859	44.294	31.715	34.537	37.002

	Szenario APS				Szenario EWS			
	2010	2015	2025	2030	2010	2015	2025	2030
NMVOC ([t] C)								
Haushalte	50.464	36.351	41.716	44.428	50.464	36.049	41.260	45.006
GHD	5.764	3.487	2.879	2.430	5.764	1.914	1.674	1.395
Militär	27	10	10	9,5	27	10	10	9,5
Summe	56.255	39.849	44.604	46.867	56.255	37.973	42.944	46.411
Partikel [t]								
Haushalte	31.201	20.834	17.728	17.726	31.201	21.311	18.305	18.305
GHD	4.086	2.088	1.766	1.705	4.086	1.064	1.427	1.388
Militär	20	4,7	4,6	4,6	20	4,7	4,6	4,6
Summe	35.307	22.927	19.499	19.436	35.307	22.379	19.737	19.697
Partikel PM1 [t]								
Haushalte	27.114	18.249	15.657	15.670	27.114	18.581	16.180	16.210
GHD	3.156,7	1.640	1.387	1.329	3.157	837	1.106	1.073
Militär	15,7	3,7	3,7	3,7	16	3,7	3,7	3,7
Summe	30.286	19.892	17.047	17.002	30.286	19.422	17.290	17.287
Partikel PM2,5 [t]								
Haushalte	28.858	19.275	16.496	16.501	28.858	19.642	17.023	17.033
GHD	3.494	1.814	1.533	1.464	3.494	929	1.226	1.182
Militär	18	4,4	4,4	4,4	18	4,4	4,4	4,4
Summe	32.370	21.093	18.034	17.970	32.370	20.575	18.253	18.220
Partikel PM10 [t]								
Haushalte	30.450	20.328	17.336	17.336	30.450	20.765	17.899	17.902
GHD	3.882	1.999	1.690	1.625	3.882	1.015	1.361	1.321
Militär	19	4,4	4,4	4,4	19	4,4	4,4	4,4
Summe	34.351	22.331	19.031	18.965	34.351	21.784	19.264	19.227
PCDD/F [g] I-TEQ)								
Haushalte	21	18	20	22	21	18	22	24
GHD	19	10	12	13	19	6,0	11	14
Militär	0,030	0,025	0,022	0,020	0,030	0,025	0,022	0,020
Summe	40	28	33	34	40	24	34	38
PAK [kg]								
Haushalte	122.079	75.364	79.903	86.696	122.079	76.486	88.393	99.403
GHD	12.742	5.672	4.947	4.456	12.742	2.873	3.794	3.954
Militär	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Summe	134.821	81.037	84.850	91.153	134.821	79.360	92.188	103.357

	Szenario APS				Szenario EWS			
	2010	2015	2025	2030	2010	2015	2025	2030
Benzol [t]								
Haushalte	2.290	1.356	1.716	817	2.290	1.685	1.107	1.025
GHD	364	121	105	84	364	52	66	59
Militär	0,048	0,047	0,047	0,047	0,048	0,047	0,047	0,047
Summe	2.654	1.477	1.821	901	2.654	1.737	1.173	1.083
N2O [t]								
Haushalte	1.455	1.225	1.172	1.139	1.455	1.198	1.023	925
GHD	349	343	291	266	349	308	204	160
Militär	5,5	4,6	4,0	3,7	5,5	4,6	4,0	3,7
Summe	1.810	1.573	1.467	1.409	1.810	1.511	1.231	1.088
HCl [t]								
Haushalte	633	323	275	259	633	314	240	205
GHD	429	279	297	299	429	191	267	313
Militär	0,78	0,0	0,0	0,0	0,78	0,0	0,0	0,0
Summe	1.063	602	572	558	1.063	505	507	518
As [kg]								
Haushalte	258	175	153	142	258	169	130	107
GHD	234	148	159	162	234	90	140	169
Militär	0,34	0,0	0,0	0,0	0,34	0,0	0,0	0,0
Summe	492	323	312	304	492	259	270	276
Cd [kg]								
Haushalte	826	622	739	796	826	646	830	923
GHD	269	164	182	186	269	109	169	204
Militär	0,19	0,0	0,0	0,0	0,19	0,0	0,0	0,0
Summe	1.095	786	921	981	1.095	755	1.000	1.127
Cr [kg]								
Haushalte	3.921	3.345	4.105	4.478	3.921	3.506	4.721	5.350
GHD	1.274	593	716	754	1.274	302	679	868
Militär	0,11	0,0	0,0	0,0	0,11	0,0	0,0	0,0
Summe	5.195	3.938	4.820	5.231	5.195	3.808	5.400	6.218
Cu [kg]								
Haushalte	2.365	2.040	2.539	2.784	2.365	2.146	2.947	3.364
GHD	1.610	809	997	1.051	1.610	431	969	1.238
Militär	0,15	0,0	0,0	0,0	0,15	0,0	0,0	0,0
Summe	3.975	2.849	3.536	3.835	3.975	2.577	3.916	4.602

	Szenario APS				Szenario EWS			
	2010	2015	2025	2030	2010	2015	2025	2030
Hg [kg]								
Haushalte	386	302	307	310	386	301	300	298
GHD	101	90	82	79	101	74	65	65
Militär	1,1	0,66	0,54	0,48	1,1	0,66	0,54	0,48
Summe	488	392	390	389	488	376	365	364
Ni [kg]								
Haushalte	636	518	593	630	636	533	649	708
GHD	76	51	52	54	76	16	37	47
Militär	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Summe	712	569	644	683	712	549	686	754
Pb [kg]								
Haushalte	11.748	8.897	9.058	9.077	11.748	8.874	8.932	8.823
GHD	10.851	4.247	5.238	5.521	10.851	2.265	5.096	6.512
Militär	11	0,0	0,0	0,0	11	0,0	0,0	0,0
Summe	22.610	13.144	14.296	14.598	22.610	11.139	14.028	15.334
V [kg]								
Haushalte	257	185	152	135	257	176	118	84
GHD	385	153	189	199	385	82	184	235
Militär	0,62	0,0	0,0	0,0	0,62	0,0	0,0	0,0
Summe	643	338	341	334	643	258	302	318
Zn [kg]								
Haushalte	65.692	56.711	70.677	77.546	65.692	59.686	82.122	93.796
GHD	38.643	18.320	22.594	23.816	38.642	9.771	21.984	28.090
Militär	0,49	0,0	0,0	0,0	0,49	0,0	0,0	0,0
Summe	104.334	75.030	93.272	101.362	104.334	69.457	104.106	121.886

6 Literaturverzeichnis

AGEB (2016): Daten und Fakten: Bilanzen 1990-2014. AG Energiebilanzen e.V., Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), Berlin / Deutscher Braunkohlen-Industrie-Verein e.V. (DEBRIV), Köln. Zuletzt aktualisiert am 6.4.2016. Online verfügbar unter http://www.ag-energiebilanzen.de/7-0-Bilanzen-1990-2014.html, zuletzt geprüft am 10.4.2016.

AGEE Stat (2015): Zeitreihen zur Entwicklung der Erneuerbaren Energien in Deutschland unter Verwendung von Daten der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat), Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Berlin, Geschäftsstelle beim Umweltbundesamt, Dessau. Stand: Dezember 2015. Online verfügbar unter: http://www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Service/Erneuerbare_Energien_in_Zahlen/Arbeitsgruppe/arbeitsgruppe_ee.html, zuletzt geprüft am 10.4.2016.

Bachmaier, Hans; Hartmann, Hans (2014): Abgaskatalysatoren für Holzöfen auf dem Prüfstand. 5. Fachgespräch Partikelabscheider in häuslichen Feuerungen. TFZ.

BAFA (2010): Evaluierung des Marktanreizprogramms für erneuerbare Energien: Ergebnisse der Förderung für das Jahr 2010 Auszug aus dem Gutachten „Evaluierung von Einzelmaßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt (Marktanreizprogramm) für den Zeitraum 2009 bis 2011“. Im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Projektkoordination durch Fichtner, Stuttgart. 2010. Online verfügbar unter https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/evaluation_map_2010.pdf?__blob=publicationFile&v=1, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

BAFA (2014a): Telefongespräch zum Thema Prüfstandberichte Biomassekessel, Frau Ott, BAFA, 10.07.2014.

BAFA (2014b): TÜV-Prüfstandberichte Biomassekessel 2005-2013. Datensatz.

BAFA (2014c): Evaluierung von Einzelmaßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt (Marktanreizprogramm). Evaluierung des Förderjahres 2013. Zwischenbericht, im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. Projektkoordination durch Fichtner, Stuttgart., Juli 2014. Online verfügbar unter https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/Berichte/evaluierung-marktanreizprogramm.pdf?__blob=publicationFile&v=4, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

BAFU (2015): Faktenblatt Emissionsfaktoren Feuerungen. Hg. Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) und Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abteilung Luftreinhaltung und Chemikalien., Bern. Online verfügbar unter http://www.bafu.admin.ch/luft/13793/14817/15031/index.html?lang=de&download=NHzLpZeg7t,lnp6I0NTU042l2Z6ln1acy4Zn4Z2qZpnO2Yuq2Z6g[PJ]CHeIR,f2ym162epYbg2c_JjKbNoKSn6A--, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

BAFA (2016): Heizen mit erneuerbaren Energien, Internetinformation, BAFA, 2016. Online verfügbar unter http://www.bafa.de/bafa/de/energie/erneuerbare_energien/biomasse/index.html, zuletzt geprüft am 15.3.2016.

Baumbach, Günter; Brodeck, Johannes (2009): ALS Jahresbericht 2009. Einfluss von Holzfeuerungen auf die Luftqualität in Wohngebieten. 22. ALS-Kolloquium und 7. IVD-Holzfeuerungskolloquium. Hg. v. ALS. Stuttgart. Online verfügbar unter http://ivda10.ifk.uni-stuttgart.de/als/index-Dateien/ALS-Bericht_09.pdf, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

Baumbach, Günter (2013): Emissionen und Immissionen von Holzfeuerungen und Maßnahmen zu deren Minderung. LAI-Fachgespräch Holzfeuerungen in Ballungsräumen im LANUV NRW. IFK. Online verfügbar unter http://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuv/luft/pdf/lai_fachgespraech/1_Baumbach_Emissionen_und_Immissionen_von_Holzfeuerungen.pdf, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

BDH (2012): Entwicklung des Wärmemarktes, Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e. V., Shell-Energiedialog, Stuttgart, 2.5.2012. Online verfügbar unter http://www.shell.de/content/dam/shell-new/local/country/deu/downloads/pdf/sed-luecke-stuttgart020512.pdf, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

BDH (2014): Telefongespräch mit Lothar Breidenbach, Geschäftsführer Technik, zum Thema Absatzzahlen für Biomassekessel und zum Stand der Technik, 10.06.2014.

BDH (2011-2014): Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V. Jährliche Berichte der Entwicklung des Wärmemarktes in Deutschland. BDH.

BDH (2015a): Daten zur Marktentwicklung Wärmeerzeuger 2004-2014 (PDF-Grafik), Gesamtbestand zentrale Wärmeerzeuger 2014 (PDF-Grafik), Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie e.V., Email an Ökopol, Köln, 26.8.2015.

BDH (2015b): Prognose Entwicklung des Wärmemarktes 2015 (PDF-Datei), Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie e.V., Email an Ökopol, Frankfurt, 11.11.2015.

Bindig, René; Butt, Saad; Hartmann, Ingo; Matthes, Mirjam; Thiel, Christian (2014): Kompetenzfeld katalytische Emissionsminderung. Katalysatoren für den Einsatz im Brennraum und zur Abgasbehandlung. 5. Fachgespräch Partikelabscheider in häuslichen Feuerungen. DBFZ, Leipzig, 2014.

BLT Wieselburg (2013): Prüfberichte Feuerungen (Hackgutfeuerungen, Pelletsfeuerungen, Stückholzfeuerungen, Kombifeuerungen) 1998-2013. Online verfügbar unter http://www.josephinum.at/blt/pruefung/pruefberichte/feuerungen.html, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

BMELV (2014): Die zweite Bundeswaldinventur. BWI2 Das Wichtigste in Kürze. BMELV.

BMELV (2011): Waldstrategie 2020. Nachhaltige Waldbewirtschaftung - eine gesellschaftliche Chance und Herausforderung. Online verfügbar unter http://www.nachhaltigkeit.info/media/1318332904phptoQoLD.pdf, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

BMUB (2007): Kleinfeuerungsanlagen - Gesundheitliche Wirkung von Feinstaub aus der Holzverbrennung, Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bonn, 30.3.2007. Online verfügbar unter http://www.bmub.bund.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/bimschv1_hg_gesundheit.pdf, zuletzt geprüft am 18.3.2016.

BMVg (2011a): Die Stationierung der Bundeswehr in Deutschland. Online verfügbar unter http://www.bundeswehr.de/portal/a/bwde/!ut/p/c4/HYtBDoAgDATf4gfo3Zu_UG9FV9JAqilFvi8xc5pMhnYaKL-S2OVWLrTSdsgce4j9RKhuEM_GuBxB0RKqc_GmabT_EdgwevlyfYHQCw4!/, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

BMVg (2011b): Zusammenstellung der Messergebnisse gemäß § 16 der Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen (1. BImSchV). Bericht an das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Bundesministerium für Verteidigung, Bonn, 18.07.2011.

BMVg (2013): Schließungszeitpunkte von Liegenschaften der Bundeswehr. Online verfügbar unter http://www.bundeswehr.de/portal/a/bwde/!ut/p/c4/NYvLCsIwEEX_KNOAD3RnKYjgSvBRN5K2Qx1MJmWcmo0fb7LwXjibcy_cIZfdh0anFNl5uEHb07ZLpksDGvfSGb3Ht0lIioIPfWJAhms55kEfGbVQkZUyR3EaxUxR1Bczi2RjaIC2sk1t19U_9rtZnfeXo10umkN9gimE3Q887juJ/, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

BWP (2014): Absatzzahlen 2013: Wärmepumpen-Markt trotz hohen Strompreisen. Sanna Börgel. Online verfügbar unter http://www.waermewechsel.de/waermepumpe/information/aktuelles/absatzzahlen-2013-waermepumpen-markt-trotzt-hohen-strompreisen.html, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

EZB (2016): Key ECB interest rates, Europäische Zentralbank, Frankfurt, 16.3.2016. Online verfügbar unter https://www.ecb.europa.eu/stats/monetary/rates/html/index.en.html, zuletzt geprüft am 18.3.2016.

CARMEN (2015): Hackschnitzel-Energiegehalt. Online verfügbar unter http://www.carmen-ev.de/biogene-festbrennstoffe/brennstoffe/hackschnitzel/579-heizwert-wassergehalt-und-gewicht, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

CARMEN (2016): Holzpellet-Preis-Index, Graphiken. Preisentwicklung bei Holzpellets, Heizöl und Erdgas 2005 bis 2014. Online verfügbar unter http://www.carmen-ev.de/infothek/preisindizes/holzpellets/graphiken/120-der-pellet-preis-index-graghiken, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

Creutznacher, Harald; Mainx, Christian; Schlindwein, Udo (2013): Emissionen Polycyclischer Aromatischer Kohlenwasserstoffe aus Holzfeuerungen, Labor für Luft- und Sondermessungen, Landesanstalt für Umwelt, Messungen, Naturschutz Baden-Württemberg, Vortrag beim LAI-Fachgespräch *Holzverbrennung und Einfluss auf die Luftqualität*, Essen, 1.10.2013. Online verfügbar unter

http://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuv/luft/pdf/lai_fachgespraech/12_Creutznacher_PAK_Emissionen.pdf, zuletzt geprüft am 18.3.2016.

DEPI (2014a): Datensatz zum Absatz von Pelletfeuerungen, E-Mail, DEPI, 12.06.2014.

DEPI (2014b): Telefongespräch und E-Mail zum Thema Pelletheizungen, Ralf Schmersahl, Fachreferent, DEPI, 16.06.2014.

DEPV (2014): Markt für Holzpellets in Deutschland wächst stetig, Pressemeldung, Deutscher Energieholz- und Pelletverband e.V., Berlin, 29.1.2014. Online verfügbar unter http://www.depi.de/media/filebase/files/Presse/Pressemitteilungen%20DEPV/PM_DEPV_aktuelle%20Marktzahlen%202013%202014.pdf, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

Destatis (2013): Polen 2012 Deutschlands größter Lieferant von Rohholz. Nr. 153/13. Kohorst, Peter. Online verfügbar unter https://www.destatis.de/DE/PresseService/Presse/Pressemitteilungen/2013/05/PD13_153_51pdf.pdf;jsessionid=248A35C996948E786FD65A4E138CF41F.cae2?__blob=publicationFile, zuletzt geprüft am 11.07.2014.

Döring, P; Glasenapp, S.; Mantau, U. (2016): Energieholzverwendung in privaten Haushalten 2014 - Marktvolumen und verwendetes Holz, Zentrum Holzwirtschaft - Arbeitsbereich: Ökonomie der Holz- und Forstwirtschaft, Informationssysteme für Rohstoffe (INFRO), Universität Hamburg, Hamburg. Online verfügbar unter http://depv.de/media/filebase/files/intern/Downloads/Studien/Energieholzverw_Privathaushalte_2014_Mantau_Feb2016.PDF, zuletzt geprüft am 10.4.2016.

EC (2013): Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the reduction of national emissions of certain atmospheric pollutants and amending Directive 2003/35/EC, COM/2013/0920 final, 18.12.2013. Online verfügbar unter http://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:5fbb1091-77a9-11e3-b889-01aa75ed71a1.0021.04/DOC_1&format=PDF und http://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:5fbb1091-77a9-11e3-b889-01aa75ed71a1.0021.04/DOC_2&format=PDF, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

Ellner-Schuberth, Frank; Hartmann, Hans; Turowski, Peter; Roßmann, Paul (2010): Partikelemissionen aus Kleinfeuerungen für Holz und Ansätze für Minderungsmaßnahmen. Berichte aus dem TFZ 22. TFZ. Straubing. Online verfügbar unter http://www.tfz.bayern.de/mam/cms08/festbrennstoffe/dateien/22_bericht.pdf, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

EnergieAgentur.NRW (2014): Telefongespräch zum Thema Biomasse und Kleinfeuerungen, mit Benjamin Peters, Energie-Agentur, 25.06.2014.

EnEV (2013): Zweite Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung, BMWi. EnEV 2013. Bundesanzeiger. Online verfügbar unter: https://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Gesetz/zweite-verordnung-zur_20aenderung-der-energieeinsparverordnung,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

EU (2001): Richtlinie 2001/81/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2001 über nationale Emissionshöchstmengen für bestimmte Luftschadstoffe, EU-Amtsblatt, 27.11.2001. Online verfügbar unter http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32001L0081&from=EN, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

EU (2008): Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa, EU-Amtsblatt, 11.6.2008. Online verfügbar unter http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:152:0001:0044:de:PDF, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

EU (2014a): Verordnung (EU) 2015/1185 der Kommission vom 24. April 2015 zur Durchführung der Richtlinie 2009/125/EG des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von Festbrennstoff-Einzelraumheizungen, EU-Amtsblatt, 21.7.2015. Online verfügbar unter http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015R1185&from=EN, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

EU (2014b): Verordnung (EU) 2015/1188 der Kommission vom 28. April 2015 zur Durchführung der Richtlinie 2009/125/EG des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von Einzelraumheizgeräten, EU-Amtsblatt, 21.7.2015. Online verfügbar unter http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015R1188&from=EN, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

EU (2014c): Verordnung (EU) 2015/1189 der Kommission vom 28. April 2015 zur Durchführung der Richtlinie 2009/125/EG des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte

Gestaltung von Feststoffbrennkesseln, EU-Amtsblatt, 21.7.2015. Online verfügbar unter http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015R1189&from=EN, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

Frondel, Manuel; Andor, Mark; Ritter, Nolan; Tauchmann, Harald; Vance, Colin; Matuschek, Peter; Müller, Ute (2013): Erhebung des Energieverbrauchs der privaten Haushalte für die Jahre 2009-2010. Teilbericht für das Projekt Erhebung des Energieverbrauchs der privaten Haushalte für die Jahre 2006-2010. Hg. v. BMWi. RWI; forsa.

Frondel, Manuel; Grösche, Peter; Ritter, Nolan; Tauchmann, Harald; Vance, Colin; Matuschek, Peter; Müller, Ute (2011): Erhebung des Energieverbrauchs der privaten Haushalte für die Jahre 2006-2008. Teilbericht. Hg. v. BMWi. RWI; forsa. Online verfügbar unter http://www.bmwi.de/DE/Mediathek/publikationen,did=452032.html, zuletzt geprüft am 11.07.2014.

Funk, Michael (2014): Zu wenig Holz oder zu viel Kapazität? Von Potenzialen und anderen Irrtümern. AGR-Kongress. Online verfügbar unter http://michael-funk.com/, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

Gebhart-Graf, Claus; Graf, Thomas; Gromes, Bernhard; Leiber, Thomas; Schemel, Günter; Vogel, Manfred; Wirth, Reiner (2011): Luftschadstoff-Emissionskataster Baden-Württemberg 2008. LUBW. Online verfügbar unter http://www4.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/11163/, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

Geueke, Karl-Josef (2013): Brennstoffmissbrauch in Hausbrandfeuerstätten. Holzbrennstoffe. LAI-Fachgespräch Holzfeuerungen in Ballungsräumen. LANUV NRW. Online verfügbar unter http://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuv/luft/pdf/lai_fachgespraech/14_Geueke_Brennstoffmissbrauc_in_Hausbrandfeuerst%C3%A4tten.pdf, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

Hartmann, Hans; Reisinger, Klaus; Turowski, Peter; Roßmann, Paul (2013): Handbuch Bioenergie-Kleinanlagen. Leitfaden. TFZ; FNR. Gülzow-Prüzen. Online verfügbar unter http://mediathek.fnr.de/media/downloadable/files/samples/h/a/handbuchkleinanlagen2013-web_1.pdf, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

Hartmann, Hans; Reisinger, Klaus; Nothaft, Christian; Turowski, Peter; (2010): Kleine Biomassefeuerungen – Marktbetrachtungen, Betriebsdaten, Kosten und Wirtschaftlichkeit. Berichte aus dem TFZ 21. TFZ. Straubing. Online verfügbar unter http://www.tfz.bayern.de/mam/cms08/festbrennstoffe/dateien/21_bericht.pdf, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

Hartmann, Hans; Roßmann, Paul; Turowski, Peter; Link, Heiner; Marks, Alexander (2006): Staubemissionen aus Holzfeuerungen. Einflussfaktoren und Bestimmungsmethoden. Berichte aus dem TFZ 10. TFZ. Straubing. Online verfügbar unter http://www.tfz.bayern.de/mam/cms08/festbrennstoffe/dateien/10_bericht.pdf, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

Hartmann, Hans; Schmid Volker; Link, Heiner (2003): Untersuchungen zum Feinstaubausstoß von Holzzentralheizungsanlagen kleiner Leistung. Partikelgrößenverteilung, Gesamtstaub und weitere Kenngrößen. Berichte aus dem TFZ 4. Hg. v. TFZ. Straubing. Online verfügbar unter http://www.tfz.bayern.de/mam/cms08/festbrennstoffe/dateien/04_bericht.pdf, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

Hartmann, Hans; Lenz, Volker (2014) Emissionsminderung durch integrierte und kombinierte Maßnahmen in Biomasse-Kleinfeuerungen, FKZ: 03KB051 Endbericht, DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gGmbH, Leipzig, 2014. Online verfügbar unter https://www.tib.eu/de/suchen/id/TIBKAT%3A853480265/Emissionsminderung-durch-integrierte-und-kombinierte/?tx_tibsearch_search[searchspace]=tn

Hering, T. (2009): Kleinfeuerungsanlagen im Feldtest – Projektergebnisse und Ausblick. 6. Mitteldeutscher Bioenergietag. TLL. Online verfügbar unter http://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/download/Hering_24042009_komprimiert.pdf, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

Hering, Thomas (2010): Verbrennung von Grünlandaufwüchsen. Präsentation. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL).

Hiendlmeier, Sabine; Leuchtweis, Christian; Hahn, Jürgen (2007): Feinstaub aus Holzfeuerungen im Fokus des Gesetzgebers. Was von der Novelle der Kleinfeuerungsverordnung zu erwarten ist. In: Holz Energierohstoff mit Zukunft (61), S. 14–

16. Online verfügbar unter http://www.lwf.bayern.de/mam/cms04/boden-klima/dateien/lwfaktuell_61-07feinstaub_aus_holzfeuerungen_im_fokus_des_gesetzgebers.pdf, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

HKI (2014): Datensatz zu Absatzzahlen von Einzelraumfeuerungen. E-Mail vom 3.7.2014.

HKI (2015): Mitteilung einer Schätzung des ZIV zum Gesamt-Anlagenbestand von Einzelraumfeuerungen im Jahr 2015. D. Kalkowsky (HKI). E-Mail vom 27. April 2015,

IWU (2014): Gradtagszahlen_Deutschland.xls. Online verfügbar unter http://www.iwu.de/downloads/fachinfos/energiebilanzen/, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

Jörg, Adolf; Schabla, Uwe; Lücke, Andreas; Breidenbach, Lothar; Bräuninger, Michael; Leschus, Leon et al. (2013): Klimaschutz im Wohnungssektor - Wie heizen wir morgen? Fakten, Trends und Perspektiven für Heiztechniken bis 2030. Shell BDH Hauswärme-Studie. BDH; Shell; HWWI; iTG. Hamburg, Köln. Online verfügbar unter http://s08.static-shell.com/content/dam/shell-new/local/country/deu/downloads/pdf/comms-shell-bdh-heating-study-2013.pdf, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

Kant, Rainer (2013): Positionspapier. Schutz und nachhaltige Bewirtschaftung von Wäldern – Unternehmen in der Verantwortung. Online verfügbar unter http://www.baumev.de/global/download/BAUM-Positionspapier_Wald.pdf, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

Klippel, Norbert; Nussbaumer, Thomas (2007): Einfluss der Betriebsweise auf die Partikelemissionen von Holzöfen. Projektzusatz 1+2 zum Projekt Wirkung von Verbrennungspartikeln. Schlussbericht. Hg. v. BFE-AT und BAfU-AT. Verenum. Zürich. Online verfügbar unter http://www.verenum.ch/Publikationen/SBOfenmessun.pdf, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

Lasselsberger, Leopold (2001): Verbrennungstechnik. Grundlagen der Verbrennungstechnik und technische Umsetzung. BLT. Online verfügbar unter http://www.brennholz-helmstedt.de/cms/upload/pdf/verbrennungstechnik.pdf, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

Launhardt, Thomas; Pontius, P.; Strehler, A.; Hurm, R.; Meiering, A.G. (1995): Emissionsverhalten von Feuerungsanlagen für feste Brennstoff, Umwelt & Entwicklung, Materialien 109, Hrsg.: Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, München, 1995.

Launhardt, Thomas (2002): Umweltrelevante Einflüsse bei der thermischen Nutzung fester Biomasse in Kleinanlagen. Schadstoffemissionen, Aschequalität und Wirkungsgrad. Dissertation, München. Department für biogene Rohstoffe und Technologie der Landnutzung. Online verfügbar unter http://www.tec.wzw.tum.de/downloads/diss/2002_launhardt.pdf, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

Launhardt, Thomas; Hartmann, Hans; Link, Heiner; Schmid Volker (2000): Verbrennungsversuche mit naturbelassenen biogenen Festbrennstoffen in einer Kleinfeuerungsanlage. Emissionen und Aschequalität. Abschlussbericht. Hrsg.: Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz. München. Online verfügbar unter https://www.lfu.bayern.de/energie/biogene_festbrennstoffe/doc/festbrennstoffe_verbrennungsversuche.pdf, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

Lenz, Volker (2010): Feinstaubminderung im Betrieb von Scheitholzkaminöfen unter Berücksichtigung der toxikologischen Relevanz, Dissertation, DBFZ Report Nr. 3, Hrsg.: Deutsches Biomasseforschungszentrum, Leipzig, 2010.
Online verfügbar unter https://www.dbfz.de/fileadmin/user_upload/DBFZ_Reports/DBFZ_Report_3.pdf, zuletzt geprüft am 18.3.2016.

Lenz, Volker (2014): Aktuelle Entwicklungen der Rahmenbedingungen für Staubabscheider an Kleinfeuerungsanlagen in Deutschland. 5. Fachgespräch Partikelabscheider in häuslichen Feuerungen. DBFZ, Leipzig.

LHM (2014): Bauzentrum München: Netzwerk Holzbau München. Förderung des Holzbaus im städtischen Geschoss-Wohnungsbau. Landeshauptstadt München. Online verfügbar unter http://www.muenchen.de/rathaus/Stadtverwaltung/Referat-fuer-Gesundheit-und-Umwelt/Klimaschutz_und_Energie/Energieeffizientes_Bauen/Netzwerke_und_Schwerpunkte/Netzwerk_Holzbau.html, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

LUA (2002): Emissionen aus Kleinfeuerungsanlagen 2000 im Land Brandenburg. Fachbeiträge des Landesumweltamtes, Titelreihe - Heft-Nr. 71. Hg. LUA. Potsdam. Online verfügbar unter www.lugv.brandenburg.de/cms/media.php/lbm1.a.3310.de/lua_bd71.pdf, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

LWF (2014): Telefongespräch zum Thema privater Holzverbrauch und Waldbilanz, Stefan Friedrich, Abteilung Forsttechnik, Betriebswirtschaft und Holz, Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF), Freising, 6.6.2014.

LWF (2015): Energiegehalte von Biomasse-Brennstoffen. Online verfügbar unter: http://www.lwf.bayern.de/forsttechnik-holz/biomassenutzung/032000/index.php, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

Mantau, Udo (2012a): Energieholzverwendung in Haushalten 2010 - Marktvolumen und verwendete Holzsortimente. Informationszentrum Rohstoffe (INFRO), Universität Hamburg. Hamburg. Online verfügbar unter http://literatur.vti.bund.de/digbib_extern/dn051304.pdf, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

Mantau, Udo (2012b): Holzrohstoffbilanz Deutschland. Entwicklungen und Szenarien des Holzaufkommens und der Holzverwendung von 1987 bis 2015. Informationszentrum Rohstoffe (INFRO), Universität Hamburg. Hamburg. Online verfügbar unter http://literatur.vti.bund.de/digbib_extern/dn051281.pdf, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

Matthes, Felix C.; Busche, Julia; Döring, Ulrike; Emele, Lukas; Gores, Sabine; Harthan, Ralph O. et al. (2013): Politikszenarien für den Klimaschutz VI. Treibhausgas-Emissionsszenarien bis zum Jahr 2030. Öko-Institut; Institut für angewandte Ökologie; Forschungszentrum Jülich; Institut für Energie- und Klimaforschung; Systemforschung und Technologische Entwicklung (IEK-STE); Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW Berlin); Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (FhG-ISI). Texte 04/2013. Hg. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/4412.pdf, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

Nussbaumer, Thomas; Doberer, Anna; Klippel, Norbert; Bühler, Ruedi; Vock, Willi (2008): Influence of ignition and operation type on particle emissions from residential wood combustion. 16th European Biomass Conference and Exhibition. Verenum. Valencia. Online verfügbar unter http://www.verenum.ch/Publikationen/Biomass-Conf9.5.pdf, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

Peters, Benjamin (2013): Energiegewinnung aus Holz - effizient und umweltschonend. LAI-Fachgespräch Holzfeuerungen in Ballungsräumen. EnergieAgenturNRW.

Polley, Heino; Henning, Petra; Schwitzgebel, Frank (2009): Holzvorrat, Holzzuwachs, Holznutzung in Deutschland. Ergebnisse einer Kohlenstoffinventur auf Bundeswaldinventur-Basis. In: AFZ Der Wald (20), S. 1076–1078. Online verfügbar unter http://www.ti.bund.de/fileadmin/dam_uploads/vTI/Presse/PDFs/PM_pdf_2009/091009_InvStudie-5.pdf, zuletzt geprüft am 11.07.2014.

Rittershofer (2015) Umrechnungsgrößen für Festmeter in Terajoule für Scheitholzarten. Forstsachverständigenbüro, Wiesbaden. Online verfügbar unter: http://www.rittershofer.com/Wald/Holz/holz.html, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

Schlomann, Barbara; Dütschke, Elisabeth; Gigli, Michaela; Steinbach, Jan; Kleeberger, Heinrich; Geiger, Bernd et al. (2011): Energieverbrauch des Bereichs Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) in Deutschland für die Jahre 2007 bis 2010. Bericht Projektnummer 53/09. ISI; IfE; GfK Retail and Technology; BASE-ING; IREES. Online verfügbar unter http://www.isi.fraunhofer.de/isi-wAssets/docs/x/de/publikationen/GHD-Erhebung_Bericht_Energieverbrauch_2006-2010.pdf, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

Schlomann, Barbara; Kleeberger, Heinrich; Pich, An[TJ]e; Gruber, Edelgard; Gerspacher, Andreas; Holländer, Edith (2013): Energieverbrauch des Bereichs Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) in Deutschland für die Jahre 2011 bis 2013. Zwischenbericht Forschungsvorhabens 53/09. Hg. v. BMWi. Fraunhofer ISI; TUM; GfK Retail and Technology; IREES. Online verfügbar unter http://www.isi.fraunhofer.de/isi-wAssets/docs/x/de/publikationen/Energieverbrauch_GHD_2006-2011.pdf, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

Schmatloch, V. (2014): Staubabscheider aus Sicht des HKI. 5. Fachgespräch Partikelabscheider in häuslichen Feurungen. HKI.

Schmidl, Christoph; Luisser, Markus; Padouvas, Emmanuel; Lasselsberger, Leopold; Rzaca, Magdalena; Ramirez-Santa Cruz, Carlos et al. (2011): Particulate and gaseous emissions from manually and automatically fired small scale combustion systems. In: Atmospheric Environment 45 (39), S. 7443–7454. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2011.05.006.

Schröder, Torsten; von Sonntag, Justus; Lenz, Volker; Woltersdorf, Niels; Kather, Alfons (2013): Kleine Feuerungsanlagen für feste Brennstoffe - Ermittlung des Standes der Technik. FKZ 3712 43 314 Teilvorhaben 6. DBFZ. Hg. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.

Seintsch, Björn (2011): Holzbilanzen 200 9 und 2010 für die Bundesrepublik Deutschland. Arbeitsbericht. vTI. Online verfügbar unter http://literatur.vti.bund.de/digbib_extern/bitv/dn049040.pdf,
zuletzt geprüft am 1.12.2015.

StdK (2015): Statistik der Kohlenwirtschaft e.V., Köln. Online verfügbar unter http://www.kohlenstatistik.de/, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

Struschka et al., M.; Zuberbühler, U.; Dreiseidler, A.; Dreizler, D.; Baumbach, G. (2003): Ermittlung und Evaluierung der Feinstaubemissionen aus Kleinfeuerungsanlagen im Bereich der Haushalte und Kleinverbraucher sowie Ableitung von geeigneten Maßnahmen zur Emissionsminderung. Abschlussbericht, FKZ 299 44 140. IVD Stuttgart. UBA-Text 41-03. Hg.: Umweltbundesamt, Berlin. Kurzfassung online verfügbar unter
https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/ermittlung-evaluierung-feinstaubemissionen-aus, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

Struschka et al., Michael; Kilgus, Daniel; Springmann, Maike; Baumbach, Günter (2008): Effiziente Bereitstellung aktueller Emissionsdaten für die Luftreinhaltung. Abschlussbericht, FKZ 205 42 322. Universität Stuttgart; IVD. UBA-Text 44/08. Hg.: Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/effiziente-bereitstellung-aktueller-emissionsdaten, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

Struschka et al., Michael; Möck, Philipp; Brodeck, Johannes (2012): Ermittlung aktueller Emissionsfaktoren für das Bezugsjahr 2008. IFK Stuttgart. Im Auftrag des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) Institut für Technologiefolgenabschätzung und Systemanalyse, Eggenstein-Leopoldshafen.

TFZ (2014): Telefongespräch zum Thema Staubabscheider und Stand der Technik bei Biomassefeuerungen, Paul Roßmann, Feuerungstechnische Versuche, TFZ, 24.06.2014.

Thanner, Gerhard; Moche, Wolfgang (2002): Emission von Dioxinen, PCBs und PAKs aus Kleinfeuerungen. Band 153. Umweltbundesamt, Wien. Online verfügbar unter http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/M153.pdf, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

Theloke, J.; Kugler, U.; Kampffmeyer, T.; Uzbasisch, M.; Kuhn, A.; Dämmgen, U. (2010): Beschreibung der Minderungsmaßnahmen in PAREST – Maßnahmenblätter. Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung. FKZ 206 43 200/01. IER Stuttgart/vTI. Texte 48/2013. Hg. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/texte_48_2013_appelhans_e010_komplett_0_0.pdf, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

Thiel, Christian; Hartmann, Ingo (2014): Emissionsminderung durch integrierte und kombinierte Maßnahmen in Biomasse-Kleinfeuerungen. 5. Fachgespräch Partikelabscheider in häuslichen Feurungen. FKZ 03KB051. DBFZ Leipzig.

UBA (2006): Die Nebenwirkungen der Behaglichkeit: Feinstaub aus Kamin und Holzofen. Hintergrundpapier. Hg. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3556.pdf, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

UBA (2014): Energieeinsatz zur Wärmeerzeugung in der Bundeswehr 2000-2012, Excel-Datei, Email an Ökopol, Umweltbundesamt, Dessau, 27.06.2014.

VDI (1994): VDI-Richtlinie: VDI 2066 Blatt 5 - Messen von Partikeln - Staubmessung in strömenden Gasen; Fraktionierende Staubmessung nach dem Impaktionsverfahren - Kaskadenimpaktor, Version 1994 im Jahr 2015 bestätigt. Online verfügbar unter http://www.beuth.de/de/technische-regel/vdi-2066-blatt-5/1052489, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

VDI (2014): VDI-Richtlinie: DIN SPEC 33999 Emissionsminderung - Kleine und mittlere Feuerungsanlagen (gemäß 1. BImSchV) - Prüfverfahren zur Ermittlung der Wirksamkeit von nachgeschalteten Staubminderungseinrichtungen. Online verfügbar unter http://www.beuth.de/de/technische-regel/din-spec-33999/224003791, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

Vetter, Armin; Hering, Thomas (2006): Energetische Verwertung von Getreide und Halmgutpellets. Getreideverbrennung. Projektbericht FKZ: 22008401. Hg. v. TLL. Jena. Online verfügbar unter http://www.tll.de/ainfo/pdf/pell0506.pdf, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

Viehmann, Cornellia; Westerkamp, Tanja; Schwenker, Andre; Schenker Marian; Thrän, Daniela; Lenz, Volker; Ebert, Marcel (2011): Ermittlung des Verbrauchs biogener Festbrennstoffe im Bereich Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD-Bereich). DBFZ Report Nr. 10. Endbericht. DBFZ; IE. Online verfügbar unter https://www.dbfz.de/fileadmin/user_upload/DBFZ_Reports/DBFZ_Report_10.pdf, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

Vock, Willi; Nussbaumer, Thomas; Gaegauf, Christian; Jeni, Andres; Bühler (2006): Emissionsbilanzen für Feinstäube und Stickoxide: Stand 2005, Auswirkung der LRV 06 und weiteren Massnahmen. Luftschadstoffe aus Holzfeuerungen im Kanton Zürich, AWEL. Schlussbericht. Online verfügbar unter http://www.awel.zh.ch/internet/baudirektion/awel/de/betriebe_anlagen_baustellen/veroeffentlichungen.html, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

Wagener, Sandra (2013): Der Beitrag der Holzverbrennung zur Feinstaubkonzentration in Berlin und Brandenburg. DUH Fachgespräch. BfR. Online verfügbar unter http://www.immissionsschutzdigital.de/ce/der-beitrag-der-holzverbrennung-zur-feinstaubkonzentration-in-berlin-und-brandenburg/detail.html, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

Wolf, Stephan (2013): Ergebnisse eines mehrjährigen Emissions-Untersuchungsprogramms an einem Biomassekesselversuchsstand bei der Verbrennung von Energiepflanzen. LAI-Fachgespräch Holzfeuerungen im Ballungsraum. LAU MLU. http://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuv/luft/pdf/lai_fachgespraech/13_Wolf_Verbrennung_Energiepflanzen_Biomasse kesselversuchsstand.pdf, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

Wopienka, E. (2008): Strohpellets für Kleinfeuerungsanlagen. Berichte aus Energie- und Umweltforschung. 45/2009. Hg. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. Wien. Online verfügbar unter http://www.energiesystemederzukunft.at/results.html/id4354, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

Wörgetter, Manfred; Moser, Wilhelm (2005): Emissionsbilanz von Holzfeuerungen kleiner Leistung in Niederösterreich. Austrian Bioenergy Centre. Online verfügbar unter http://www.agrarplus.at/downloads.html?file=tl_files/agrarplus-inhalte/downloads/fachtagung_energiewege_2007_emmersdorf/woergetter_emissionsbilanz_holzfeuerungen.pdf, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

ZIV (2011a): Altersstruktur der Feuerungsanlagen - BRD 2010, Excel-Tabelle, Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks - Zentralinnungsverband (ZIV), E-Mail an Ökopol, Sankt Augustin, 22.7.2014.

ZIV (2011b): Struktur und Erneuerungsbedarf von Heizungsanlagen in Deutschland. In: Erhebungen des Schornsteinfegerhandwerks für 2010, Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks - Zentralinnungsverband (ZIV), Mai 2011, Online verfügbar unter http://www.schornsteinfeger.de/bilder_ziv/files/erhebungen2010.pdf, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

ZIV (2014): Telefongespräch mit Ökopol zu ZIV-Erhebungen, Jörg Seelbach, Technischer Berater, ZIV, 17.06.2014.

ZIV (2015): Feuerstätten - Erhebungsbogen für das Jahr 2014 – ausgenommen Einzelraumfeuerungen (Exceltabelle), Übersicht über die Anzahl der der Einzelraumfeuerungsanlagen in Deutschland 2014 (PDF-Dokument); Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks - Zentralinnungsverband (ZIV), E-Mail an Umweltbundesamt, Sankt Augustin, 8.5.2015