

UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES  
BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT,  
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT

Forschungsbericht 205 42 322  
UBA-FB 001217

**Kurzfassung / Summary (Deutsch / English)**  
**UBA-Texte 44/2008**

**Effiziente Bereitstellung  
aktueller Emissionsdaten für  
die Luftreinhaltung**

**Efficient provision of updated  
emission data for air quality control**

**Dr.-Ing. Michael Struschka**

**Dipl.-Ing. Daniel Kilgus**

**Dipl.-Ing. Maike Springmann**

**Prof. Dr.-Ing. Günter Baumbach**

Universität Stuttgart

Institut für Verfahrenstechnik und Dampfkesselwesen (IVD)

unter Mitwirkung der Landesinnungsverbände des  
Schornsteinfegerhandwerks von Baden-Württemberg, Bayern,  
Sachsen und Nordrhein-Westfalen sowie der Kaminkehrer-Innung  
Niederbayern

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

**Kurzfassung zum FuE-Vorhaben UFOPLAN 205 42 322****Effiziente Bereitstellung aktueller Emissionsdaten für die Luftreinhaltung****1 Zusammenfassung**

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurde das aktuelle Emissionsaufkommen von Feuerungsanlagen im Bereich Haushalte sowie Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (Kleinverbraucher) sowie Militär für die Abgasbestandteile Gesamtstaub sowie PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, VOC, CH<sub>4</sub>, NMVOC, HCl, N<sub>2</sub>O, Benzol, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH), polychlorierte Dioxine und Furane (PCDD/PCDF) sowie Schwermetalle (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, V, Zn) für Deutschland berechnet. Hierzu wurden für die betrachteten Abgasbestandteile Emissionsfaktoren mit einem hohen Differenzierungsgrad ermittelt. Die Strukturierung der Emissionsfaktoren richtete sich nach den in Deutschland am Endenergieverbrauch relevant beteiligten Brennstoffen Heizöl EL, gasförmigen Brennstoffen (Erdgase, Flüssiggas), Braunkohlenbriketts (Importe sowie aus dem Lausitzer und Rheinischen Revier), Steinkohlenbrennstoffe (Steinkohlen, Steinkohlenkoks, Steinkohlenbriketts) und Holzbrennstoffe (naturbelassenes Holz in Form von Stückholz, Hackschnitzel und Pellets sowie Resthölzer aus der gewerblichen Holznutzung), der Gerätebauart, der Altersstufe, dem Leistungsbereich und der typischen Betriebsweise der Feuerungsanlagen. Alle Angaben innerhalb dieser Arbeit beziehen sich, soweit nicht anders vermerkt, auf das Bezugsjahr 2005.

Grundlage für die Berechnung der aktuellen Daten waren die Vorgängervorhaben „Ermittlung der mittleren Emissionsfaktoren zur Darstellung der Emissionsentwicklung aus Feuerungsanlagen im Bereich Haushalte und Kleinverbraucher“ (FKZ 295 46 264, Bezugsjahr 1995), „Ermittlung und Evaluierung der Feinstaubemissionen aus Kleinfeuerungsanlagen im Bereich der Haushalte und Kleinverbraucher sowie Ableitung von geeigneten Maßnahmen zur Emissionsminderung“ (FKZ 299 44 140, Bezugsjahr 2000) und „Ermittlung und Minderung der Emissionen krebserzeugender und weiterer besonders gesundheitsgefährdender Stoffe bei Kleinfeuerungsanlagen für feste Brennstoffe“ (FKZ 203 44 358, Bezugsjahr 2003). Aufbauend auf diesen Arbeiten wurden folgende Aktualisierungen vorgenommen:

- Anlagenbestand und Anlagenstruktur
- Endenergieverbrauch
- Emissionsverhalten der betrachteten Feuerungsanlagen und
- Emissionsdaten.

Beim Anlagenbestand wurden neuere Anlagentechniken zur Holzenergienutzung (Hackschnitzelfeuerungen, Pelletsfeuerungen), die bisher aufgrund ihrer geringen Verbreitung nicht explizit aufgeführt waren, separat aufgeführt. Somit liegt jetzt für den Bereich Holzfeuerungen eine weitaus detailliertere Datenstruktur vor, zukünftige

Weiterentwicklungen der Anlagenbestände können vergleichsweise leicht eingepflegt werden. Separat mit ausgewiesen werden jetzt auch Ölfeuerungsgeräte.

Zur Berechnung von gerätebezogenen Emissionsfaktoren werden neben dem Anlagenbestand auch Angaben zur Leistungs- und Altersstruktur für die verschiedenen Gerätebauarten benötigt sowie die mittleren installierte Nennwärmeleistungen benötigt. Dazu wurde in Zusammenarbeit mit den Landesinnungsverbänden des Schornsteinfegerhandwerks in Baden-Württemberg, Bayern, Nordrhein-Westfalen und Sachsen eine umfassende Datenerhebung in ausgewählten Kehrbezirken durchgeführt. Die Datenerhebung zu den installierten Feuerstätten erfolgte vor Ort durch die Bezirksschornsteinfegermeister im Rahmen der Feuerstättenschau unter Verwendung eines vorgefertigten Fragebogens. Insgesamt wurden rund 3.180 Fragebögen ausgewertet. Ergänzt wurden die eigenen Erhebungen durch die Statistiken des Zentralinnungsverbandes des Schornsteinfegerhandwerks über die Ergebnisse der wiederkehrenden Messungen an Öl- und Gasfeuerungen. Mit diesen Angaben konnte die Alters- und Leistungsstruktur der installierten Feuerstätten differenziert aktualisiert werden.

Unsicherheiten in der Anlagenstruktur bestehen allerdings im Bereich der gewerblichen Holzfeuerungen. Die hier zur Verfügung stehenden Daten beziehen sich im wesentlichen auf Erhebungen aus dem Jahr 1992 in Baden-Württemberg, die seither fortgeschrieben werden. Eine detaillierte neue Erhebung für diesen Bereich konnte im Rahmen des aktuellen Projektes leider nicht vorgenommen werden. Die Anzahl an gewerblichen Holzfeuerungen, die im Rahmen der durchgeföhrten Schornsteinfegererhebung ermittelt wurden, waren für eine Hochrechnung zu gering.

Der Endenergieverbrauch wurde entsprechend den verfügbaren Zahlen aktualisiert. Neben Angaben der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen wurden eigene Schätzung zum Holzeinsatz bei gewerblichen Feuerungen und zum Einsatz von Steinkohlen im Bereich Gewerbe, Handel und Dienstleistungen vorgenommen. Außerdem wurde der Endenergieeinsatz für militärische Einrichtungen anhand eigener Berechnung brennstoffabhängig ermittelt.

Die bereits vorhandenen Daten zur Beschreibung des Emissionsverhaltens der betrachteten Feuerungsanlagen aus den Vorgängervorhaben wurden zusammengeführt und durch weitere aktuellere Angaben ergänzt. Dies bezieht sich vor allem auf Prüfstandsmessungen von Holzfeuerungen (Stückholz-, Hackschnitzel- und Pelletskessel, sowie Einzelraumfeuerstätten). Außerdem wurden weitere bisher veröffentlichte Ergebnisse von Emissionsuntersuchungen für die anderen Feuerungsanlagen in den Datenbestand eingepflegt.

Die Berechnung der gerätebezogenen Emissionsfaktoren erfolgt unter Berücksichtigung der Betriebsweise und der Altersstruktur der Feuerungen. Hierbei wurden auch Anpassungen und Vereinheitlichungen vorgenommen. So wird bei der Betriebsweise bei allen Anlagen einheitlich zwischen Teil- und Nennlast unterschieden. Die bisher teilweise vorhandene Schwachlast wurde aufgrund der Übersichtlichkeit und der Datenlage dem Teillastbereich zugeordnet. Die Altersstruktur (bisherige Altersstufen: bis 1988 bzw. bis 1990 und ab 1989 bzw. 1991) wurde aktualisiert und weiter differenziert in die Altersstufen bis 1988/89, 1990-2004 und ab 2005.

Mit Hilfe zweier Emissionsszenarien wurde die Emissionsentwicklung bis in das Jahr 2020 im Bereich der Haushalte, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen sowie des Militärs abgeschätzt. In einem ersten Emissionsszenario wurde eine Fortschreibung des ermittelten Endenergieverbrauchs für das Jahr 2005 an die zu erwartende Entwicklung durchgeführt. Verwendet wurden hierzu die Energieprognosen des Umweltbundesamtes. Alle anderen Randbedingungen, wie die mittleren Emissionsfaktoren und die Anlagenstruktur blieben dagegen unverändert. In einem zweiten Emissionsszenario wurde auch eine Anpassung der Anlagenstruktur im Prognosezeitraum angenommen. Die Berücksichtigung einer sich ändernden Anlagenstruktur erfolgte in den mittleren Emissionsfaktoren an Hand einer pauschalierten Form von Abschlägen auf die Emissionsfaktoren des Jahres 2005. Dabei wurde von einer kontinuierlichen Änderung des Anlagenbestandes durch Austausch von Altgeräten oder bei Neuinstalltionen mit einer verbesserten (schadstoffärmeren) Verbrennungstechnik ausgegangen. Ein verstärkter Austausch veralteter Heizgeräte, der sich bei einer entsprechenden Gestaltung der Altanlagenregelung in der novellierten Fassung der 1. BImSchV ergeben könnte, konnte nur in der Tendenz berücksichtigt, da die Novellierungsdiskussion noch nicht abgeschlossen ist.

## 2 Anlagenbestand

In **Tabelle 1** ist der ermittelte Bestand an installierten Feuerstätten in den Bereichen Haushalte und Gewerbe, Handel, Dienstleistungen im Geltungsbereich der 1. BImSchV für das Jahr 2005 dargestellt.

Basis für die Ermittlung der Anlagenstruktur waren Erhebungen des Schornsteinfegerhandwerks aus dem Jahr 2005, Angaben des Instituts für wirtschaftliche Ölheizung e.V., der Rheinbraun Brennstoff GmbH, des Industrieverbands Haus-, Heiz und Küchentechnik e.V., des Deutschen Energie-Pellet-Verbands e.V., statistische Angaben zur Anzahl an geförderten Hackschnitzelfeuerungen und eigene Abschätzungen.

In den Zahlen der Tabelle 1 sind Feuerungsanlagen der militärischen Dienststellen und bei Kleinverbrauchern, die in den Geltungsbereich der genehmigungsbedürftigen Anlagen nach 4. BImSchV fallen, nicht enthalten. Für diese Anlagen konnten keine Bestandszahlen oder Angaben zur Anlagenstruktur ermittelt werden.

Für den Gesamtbestand an Feuerungsanlagen wurde die Alters- und Leistungsstruktur anhand von Erhebungen des Schornsteinfegerhandwerks, eigenen Erhebungen in Zusammenarbeit mit dem Schornsteinfegerhandwerk, Angaben des Deutschen Energie-Pellet-Verbands e.V. und älteren eigenen Untersuchungen festgelegt.

**Tabelle 1:** Bestand an installierten Feuerstätten im Geltungsbereich der 1. BImSchV in den Bereichen Haushalte (HH) und Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) in Deutschland im Jahr 2005

Bestand an installierten Feuerstätten nach 1. BImSchV in Deutschland (2005)		HH und GHD [1.000 Stück]	HH [1.000 Stück]	GHD [1.000 Stück]
Heizöl EL	Ölöfen mit Verdampfungsbrennern	1.189,3	1.162,4	26,9
	Heizkessel mit Ölgebläsebrenner	6.357,0	5.668,9	688,1
	Ölbrennwertgeräte	75,7	68,2	7,6
	<b>Summe</b>	<b>7.622,1</b>	<b>6.899,5</b>	<b>722,6</b>
Brenngase (Erdgas H und L sowie Flüssiggas)	Gasbrenner mit Gebläse (Heizkessel)	784,9	463,3	321,7
	Gasbrenner ohne Gebläse (Heizkessel)	6.910,3	6.618,7	291,6
	Kombiwasserheizer	2.958,3	2.865,3	93,0
	Durchlaufwasserheizer	1.174,0	1.092,3	81,7
	Vorratswasserheizer	640,1	602,2	37,9
	Raumheizer <sup>1</sup>	969,2	960,3	8,9
	Brennwertgeräte	1.070,3	1.043,9	26,4
	<b>Summe</b>	<b>14.507,2</b>	<b>13.646,0</b>	<b>861,2</b>
Festbrennstoffe (Kohlen- und Holzbrennstoffe)	Heizkessel - handbeschickt inkl. gewerbliche Holzkessel	542,5	516,3	26,2
	Heizkessel für Pellets	39,0	38,4	0,6
	Heizkessel mechanisch beschickt inkl. gewerbliche Holzkessel	15,1	-	15,1
	Dauerbrandöfen	1.740,0	1.719,4	20,6
	Kachelöfen (mit Heizeinsatz oder als Grundofen)	3.890,0	3.766,0	124,0
	Kaminöfen	3.500,0	3.452,4	47,6
	Pelletöfen	40,0	39,5	0,5
	Kamine (mit offenem oder geschlossenem Feuerraum)	3.140,0	3.111,4	28,6
	Badeöfen	120,0	112,1	7,9
	Herde (und Heizungsherde)	1.350,0	1.218,0	132,0
<b>Summe</b>		<b>14.376,6</b>	<b>13.973,5</b>	<b>403,1</b>
<b>Gesamtbestand der Feuerstätten</b>		<b>36.505,9</b>	<b>34.519,0</b>	<b>1.986,8</b>

<sup>1</sup> Raumheizer beinhalten auch die Gas-Heizeinsätze und Gas-Kamine, die einen Anteil von wenigen Prozent ausmachen und damit nur eine geringe Bedeutung haben

### 3 Endenergieverbrauch

Der Endenergieverbrauch wurde anhand von Angaben der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen mit Stand zum 21. September 2006, Verbrauchszahlen der militärischen Liegenschaften und eigenen Abschätzung ermittelt.

In **Tabelle 2** ist der Endenergieverbrauch an Heizöl EL, Brenngasen sowie Stein-, Braun- und Holzbrennstoffen für Deutschland im Jahr 2005 zusammengestellt.

**Tabelle 2:** Endenergieverbrauch der Haushalte (HH) und des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) sowie Militär in Deutschland im Jahr 2005

Endenergieverbrauch in Deutschland im Jahr 2005	HH und GHD [TJ]	HH [TJ]	GHD + Militär [TJ]	GHD [TJ]	Militär [TJ]
Heizöl EL	911.000	659.000	252.000	248.854	3.146
Brenngase	1.568.000	1.058.000	510.000	499.238	10.762
davon Erdgas H und L	1.527.000	1.026.000	501.000	490.238	10.762
davon Flüssiggas	41.000	32.000	9.000	9.000	
Steinkohlen	19.746	19.000	746	576	169
Steinkohlenkoks	6.000	6.000			
Steinkohlenbriketts	3.000	3.000			
Braunkohlenbriketts	16.892	16.841	51		51
davon Rheinisches Revier	8.219	8.219			
davon Lausitzer Revier	8.623	8.623			
Holzbrennstoffe	219.808	200.646	19.162	19.162	
davon Pellets	4.435	4.304	131		131
davon naturbelassenes Holz	202.297	196.342	5.955	5.955	
davon Resthölzer	13.076		13.076	13.076	
<b>Summe</b>	<b>2.744.446</b>	<b>1.962.487</b>	<b>781.958</b>	<b>767.830</b>	<b>14.129</b>

Holzbrennstoffe: In Form von Pellets, naturbelassenem Holz (eingesetzt in Haushalten, u.a. im Bereich Landwirtschaft und Gartenbau sowie im kommunalen Bereich in kleinen Nahwärmenetzen ) und Resthölzern (eingesetzt in gewerblichen Holzfeuerungen), die sich aus Resten von Holzwerkstoffen und naturbelassenem Holz zusammensetzen.

Datenquellen: Angaben für Deutschland zu Heizöl EL, Brenngase und Steinkohle von AGEB (2006), angepasst für Steinkohlen im Sektor GHD. Angaben zu Braunkohle von StatKo (2006), zu Brennholz im Bereich der Haushalte von AGEB (2006) sowie Mantau und Sörgel (2006), ergänzt um eigene Schätzungen zum Brennholzverbrauch im Sektor GHD.

Die Aufteilung des Endenergieverbrauchs auf die verschiedenen Gerätebauarten erfolgte, getrennt für die betrachteten Brennstoffe, durch Gegenrechnung aus dem Bestand an Feuerstätten einer Bauart, der Anzahl an Vollbenutzungsstunden und der mittleren Nennwärmeflussistung der installierten Feuerungen. Am Ende der durchführten Berechnungen steht ein gerätebezogener Endenergieverbrauch mit hohem Detaillierungsgrad.

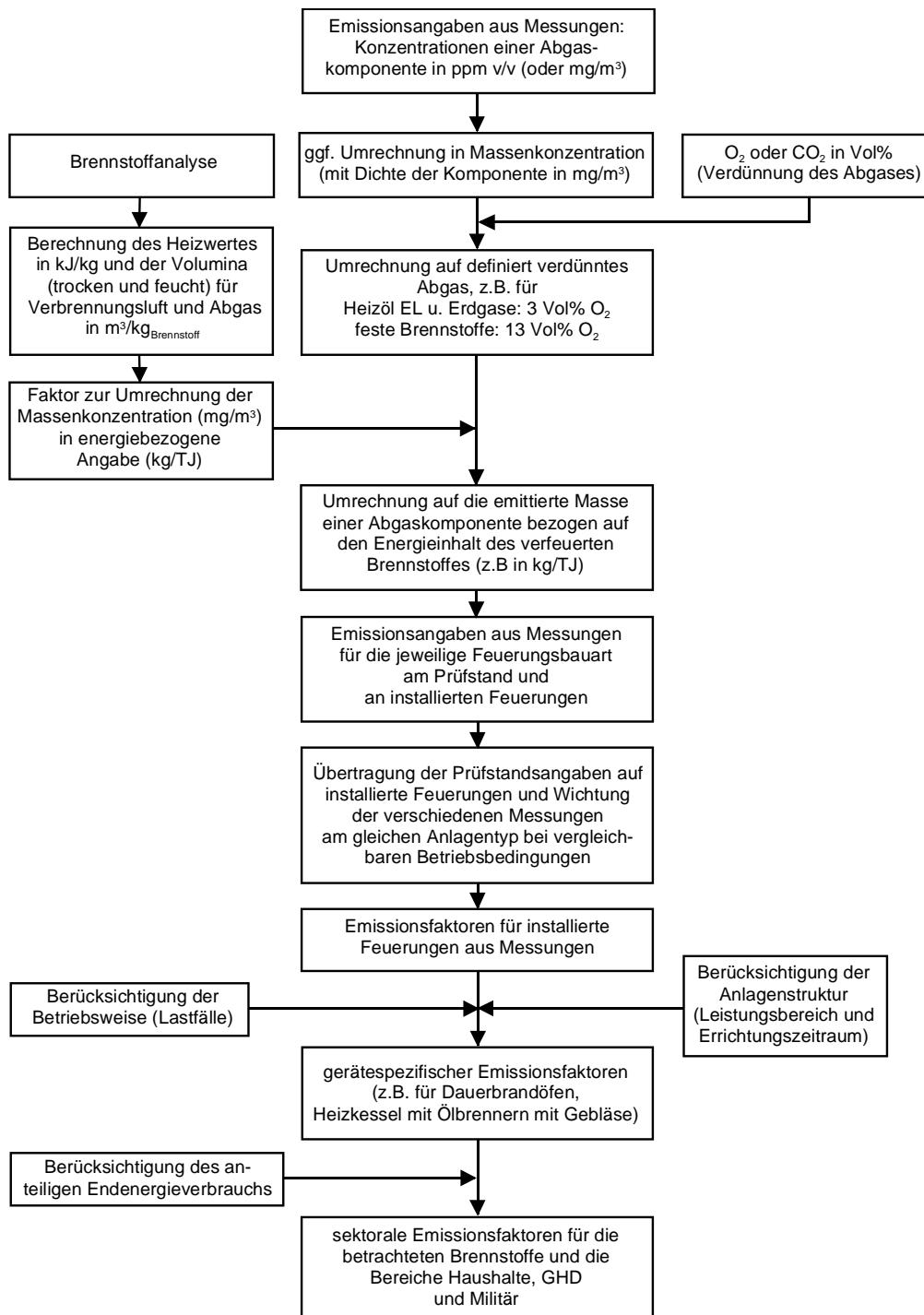
## 4 Berechnung der Emissionsfaktoren

Bei den aus der Literatur übernommenen Emissionsangaben wurde zwischen Messungen am Prüfstand und an installierten Feuerungen unterschieden. Da Prüfstandsuntersuchungen unter definierten Randbedingungen durchgeführt werden, sind die hierbei erhaltenen Emissionswerte nicht ohne weiteres mit Emissionswerten aus Untersuchungen an installierten Feuerungsanlagen vergleichbar. Um für die Berechnung der Emissionsfaktoren eine gemeinsame Basis zu schaffen, wurden die Emissionsangaben aus Prüfstandsmessungen mit Hilfe eines Übertragungsfaktors auf die Verhältnisse von installierten Feuerungen transformiert. Die Höhe des Übertragungsfaktors wurde individuell für die jeweilige Abgaskomponente in Abhängigkeit vom Brennstoff und der Feuerung festgelegt.

Erstmalig wurden bei der Berechnung der Emissionsfaktoren auch die Start/Stopp-Emissionen bei Gasfeuerungen näherungsweise berücksichtigt. Eine exakte Berechnung der Emissionsfaktoren unter Berücksichtigung der instationären Betriebszustände kann aufgrund der schmalen Datenbasis nicht vorgenommen werden.

Das Emissionsverhalten der Feuerungen (im realen Betrieb) wird außer vom eingesetzten Brennstoff und der Bauart der Feuerungsanlage auch von deren Betriebsweise beeinflusst. Die Betriebsweise der Feuerung wird in dieser Arbeit durch die Wärmeleistung charakterisiert. Unterschieden werden die Wärmeleistungsbereiche Teillast und Nennlast.

Da von vielen Feuerungsanlagen auch Emissionswerte für die unterschiedlichen Lastfälle vorliegen, müssen diese auf eine geeignete Art und Weise zu einem Emissionsfaktor zusammengefasst werden. Dies geschieht über eine Wichtung der Emissionswerte mit Hilfe der jährlich eingesetzten Brennstoffmenge in einem Lastfall. Der berechnete Emissionsfaktor unter Berücksichtigung der Betriebsweise ergibt sich unter Verwendung des anteiligen lastabhängigen Brennstoffeinsatzes aus der Summe der gewichteten Emissionsfaktoren für jeden Lastfall. Der Rechenvorgang zur Ermittlung der Emissionsfaktoren ist in **Bild 1** dargestellt.



**Bild 1:** Rechengang zur Ermittlung der Emissionsfaktoren

## 5 Sektorale Emissionsfaktoren

In den folgenden **Tabellen 3** sind die sektoralen Emissionsfaktoren für Feuerungsanlagen in den Bereichen Haushalte und GHD (einschließlich Militär) strukturiert nach luftverunreinigenden Komponenten und Brennstoffen dargestellt.

**Tabelle 3:** Sektorale Emissionsfaktoren für Feuerungsanlagen in den Bereichen Haushalte und Gewerbe, Handel, Dienstleistungen sowie Militär in Deutschland im Bezugsjahr 2005

**Sektorale Emissionsfaktoren für Feuerungsanlagen in Deutschland im Bezugsjahr 2005**

<b>Haushalte</b>	CO <sub>2</sub> kg/TJ	CO kg/TJ	NO <sub>x</sub> kg/TJ	SO <sub>2</sub> kg/TJ	VOC kg/TJ	CH <sub>4</sub> kg/TJ	NMVOC kg/TJ	Partikel kg/TJ	PCDD/F kg/TJ	PAH kg/TJ	Benzol kg/TJ
Heizöl EL	73.344	15	42	59	1,7	0,046	1,7	0,87	0,0022	0,0012	0,014
Brenngase	55.796	15	22	0,50	2,4	2,3	0,67	0,030	0,0021		0,00025
Steinkohlen	95.930	3.386	63	375	161	129	65	18	0,021	0,057	
Steinkohlenkoks	106.167	6.768	41	450	25	13	15	16	0,046	0,100	
Steinkohlenbriketts	95.457	4.875	50	563	460	368	184	265	0,020	0,492	
Braunkohlenbriketts	97.010	2.359	87	96	200	55	165	92	0,025	0,090	1,1
<i>Rheinische BKB</i>	97.010	2.280	85	70	157	60	112	75	0,026	0,36	
<i>Lausitzer BKB</i>	97.010	2.435	89	121	241	51	215	51	0,024	0,035	1,1
<i>Böhmisches BKB (Importe)</i>								336			
Holzbrennstoffe	102.108	2.932	73	7,6	230	100	155	105	0,045	0,60	7,9
<b>GHD</b>	CO <sub>2</sub> kg/TJ	CO kg/TJ	NO <sub>x</sub> kg/TJ	SO <sub>2</sub> kg/TJ	VOC kg/TJ	CH <sub>4</sub> kg/TJ	NMVOC kg/TJ	Partikel kg/TJ	PCDD/F kg/TJ	PAH kg/TJ	Benzol kg/TJ
Heizöl EL	73.344	12	44	60	2,6	0,026	2,6	1,3	0,0027	0,00021	0,018
Brenngase	55.796	11	27	0,50	0,52	0,16	0,36	0,030	0,0016		0,00015
Steinkohlen	95.930	2.709	76	332	124	100	48	18	0,016	0,057	
Steinkohlenkoks	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Steinkohlenbriketts	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Braunkohlenbriketts	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Holzbrennstoffe	101.605	2.228	88	8,4	141	56	99	74	0,36	0,43	4,6
<i>Resthölzer</i>	101.371	2.202	93	9,3	125	50	88	68	0,50	0,17	3,3
<i>übrige Holzbrennstoffe</i>	102.108	2.285	79	6,5	175	70	122	84	0,03	0,51	5,5
<b>Militär</b>	CO <sub>2</sub> kg/TJ	CO kg/TJ	NO <sub>x</sub> kg/TJ	SO <sub>2</sub> kg/TJ	VOC kg/TJ	CH <sub>4</sub> kg/TJ	NMVOC kg/TJ	Partikel kg/TJ	PCDD/F kg/TJ	PAH kg/TJ	Benzol kg/TJ
Heizöl EL	73.344	14	46	77	2,8	0,017	2,8	1,8	0,0028	0,00014	0,019
Brenngase	55.796	10	25	0,50	0,38	0,042	0,34	0,030	0,0017		0,00008
Steinkohlen	95.930	438	108	403	2,5	2,0	1,0	278	0,0045		
Steinkohlenkoks	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Steinkohlenbriketts	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Braunkohlenbriketts	95.954	4.922	86	229	391	242	332	53	0,013		
Holzbrennstoffe	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

leeres Feld aufgrund fehlender Angaben von gerätebezogenen Emissionsfaktoren bzw. vom anteiligen Endenergieverbrauch konnten keine Emissionsfaktoren ermittelt werden  
 - Brennstoff wird nicht eingesetzt  
 BKB Braunkohlenbriketts  
 NO<sub>x</sub> als NO<sub>2</sub> angegeben  
 VOC als C angegeben  
 NMVOC als C angegeben

**Tabelle 3: Sektorale Emissionsfaktoren - Fortsetzung****Sektorale Emissionsfaktoren für Feuerungsanlagen in Deutschland im Bezugsjahr 2005**

<b>Haushalte</b>	N <sub>2</sub> O kg/TJ	HCl kg/TJ	As kg/TJ	Cd kg/TJ	Cr kg/TJ	Cu kg/TJ	Hg kg/TJ	Ni kg/TJ	Pb kg/TJ	V kg/TJ	Zn kg/TJ
Heizöl EL	0,55										
Brenngase	0,25						0,06				
Steinkohlen	11	9	3,2	4,0			3,6		230	7	
Steinkohlenkoks	0,82	23	4,4	1,4			3,6		120	6,0	
Steinkohlenbriketts	9,7	26	4,1	11			3,6		215	6,0	
Braunkohlenbriketts	5,2	3,7	3,2	0,37	5,3	0,48	2,3	5,8	8,8	2,8	6,4
<i>Rheinische BKB</i>	4,1	3,4	7,6	0,41	15	0,90	2,3	8,9	4,1	2,8	2,3
<i>Lausitzer BKB</i>	6,3	4,2	0,71	0,35	0,74	0,29	2,3	4,3	11		8,4
<i>Böhmisches BKB (Importe)</i>											
Holzbrennstoffe	1,5	0,38	0,19	2,1	11	9,3	0,56	1,5	15	0,031	233
<b>GHD</b>	N <sub>2</sub> O kg/TJ	HCl kg/TJ	As kg/TJ	Cd kg/TJ	Cr kg/TJ	Cu kg/TJ	Hg kg/TJ	Ni kg/TJ	Pb kg/TJ	V kg/TJ	Zn kg/TJ
Heizöl EL	0,56										
Brenngase	0,33						0,06				
Steinkohlen	10	9	3,2	4,0			3,6		230	7	
Steinkohlenkoks	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Steinkohlenbriketts	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Braunkohlenbriketts	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Holzbrennstoffe	1,1	5,95	2,79	2,6	25	24,0	0,56	1,1	126	3,486	389
<i>Resthölzer</i>	0,1	9,01	8,29	3,9	38	32,0	0,56	0,8	361	6,412	586
<i>übrige Holzbrennstoffe</i>	1,5	0,64	0,24	2,1	17	21,0	0,56	1,3	18	0,833	329
<b>Militär</b>	N <sub>2</sub> O kg/TJ	HCl kg/TJ	As kg/TJ	Cd kg/TJ	Cr kg/TJ	Cu kg/TJ	Hg kg/TJ	Ni kg/TJ	Pb kg/TJ	V kg/TJ	Zn kg/TJ
Heizöl EL	0,56										
Brenngase	0,29						0,06				
Steinkohlen	4,8	17	7,2	4,0	2,3	3,1	3,6		230	11	11
Steinkohlenkoks	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Steinkohlenbriketts	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Braunkohlenbriketts	0,37						2,3			2,5	
Holzbrennstoffe	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

leeres Feld aufgrund fehlender Angaben von gerätebezogenen Emissionsfaktoren bzw. vom anteiligen Endenergieverbrauch konnten keine Emissionsfaktoren ermittelt werden

- Brennstoff wird nicht eingesetzt

BKB Braunkohlenbriketts

## 6 Emissionsaufkommen

Die Berechnungsgrundlage für die Ermittlung des Emissionsaufkommens bilden die gerätebezogenen Endenergieverbräuche und Emissionsfaktoren. Das berechnete Emissionsaufkommen der Bereiche Haushalte und Gewerbe, Handel, Dienstleistungen sowie Militär in Deutschland für das Jahr 2005 ist in **Tabelle 4** strukturiert nach luftverunreinigenden Komponenten sowie in **Tabelle 5** strukturiert nach den Partikelfraktionen PM<sub>1</sub>, PM<sub>2,5</sub> und PM<sub>10</sub> aufgeführt.

**Tabelle 4a:** Emissionsaufkommen für Feuerungsanlagen in den Bereichen Haushalte und Gewerbe, Handel, Dienstleistungen sowie Militär in Deutschland im Bezugsjahr 2005 (Basis: gerätebezogene Emissionsfaktoren und Endenergieverbrauch)

Energieträger	Bereiche	Emissionsaufkommen in Deutschland im Jahr 2005											
		CO <sub>2</sub> [t]	CO [t]	NO <sub>x</sub> [t]	SO <sub>2</sub> [t]	VOC [t]	CH <sub>4</sub> [t]	NMVOC [t]	Partikel [t]	PCDD/F [g]	PAH [t]	Benzol [t]	
Heizöl EL	Haushalte	48.333.696	9.503	27.309	39.021	1.116	30	1.093	574	1,4	0,81	9,1	
	GHD	18.251.915	3.003	10.836	14.816	654	6,5	649	324	0,66	0,051	4,5	
	Militär	230.773	43	146	241	8,7	0,053	8,7	5,6	0,0089	0,00045	0,060	
Brenngase	Haushalte	59.032.168	15.475	23.367	529	2.566	2.459	708	32	2,2		0,26	
	GHD	27.855.479	5.562	13.593	250	260	77	180	15	0,79		0,075	
	Militär	600.481	113	274	5,4	4,0	0,45	3,7	0,32	0,018		0,00090	
Steinkohlen	Haushalte	1.822.670	64.328	1.198	7.119	3.066	2.453	1.226	351	0,40	0,86		
	GHD	55.284	1.561	44	191	71	58	28	11	0,0094	0,016		
	Militär	16.245	74	18	68	0,42	0,34	0,17	47	0,00076			
Steinkohlenkoks	Haushalte	637.002	40.608	249	2.702	149	79	89	99	0,27	0,60		
	GHD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Militär	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Steinkohlenbriketts	Haushalte	286.371	14.626	151	1.690	1.380	1.104	552	796	0,061	1,5		
	GHD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Militär	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Braunkohlenbriketts	Haushalte	1.633.769	39.736	1.465	1.617	3.364	932	2.771	1.553	0,42	0,39	4,1	
	GHD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Militär	4.886	251	4,4	12	20	12	17	2,7	0,00066			
Holzbrennstoffe	Haushalte	1.521	588.290	14.721	1.521	46.062	20.001	31.061	21.010	9	111	960	
	GHD	160	42.694	1.693	160	2.701	1.081	1.890	1.216	7	3	37	
	Militär	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Summe	Haushalte	111.747.197	772.567	68.459	54.199	57.703	27.058	37.501	24.415	14	116	974	
	GHD	46.162.839	52.821	26.166	15.417	3.687	1.223	2.748	1.566	8,2	3,0	42	
	Militär	852.385	480	443	326	33	13	29	56	0,028	0,00045	0,061	
Summe	alle	158.762.420	825.868	95.068	69.942	61.423	28.295	40.278	26.037	22	119	1.015	

leeres Feld aufgrund fehlender Angaben von gerätebezogenen Emissionsfaktoren bzw. vom anteiligen Endenergieverbrauch konnten keine Emissionsfaktoren ermittelt werden

- Brennstoff wird nicht eingesetzt

**Tabelle 4b:** Emissionsaufkommen für Feuerungsanlagen in den Bereichen Haushalte und Gewerbe, Handel, Dienstleistungen sowie Militär in Deutschland im Bezugsjahr 2005 (Fortsetzung)

Energieträger	Bereiche	Emissionsaufkommen in Deutschland im Jahr 2005											
		N <sub>2</sub> O [t]	HCl [kg]	As [kg]	Cd [kg]	Cr [kg]	Cu [kg]	Hg [kg]	Ni [kg]	Pb [kg]	V [kg]	Zn [kg]	
Heizöl EL	Haushalte	357											
	GHD	139											
	Militär	1,8											
Brenngase	Haushalte	266						63					
	GHD	163						30					
	Militär	3,1						0,65					
Steinkohlen	Haushalte	218	163	62	76			68		4.370	140		
	GHD	5,6	5,0	1,9	2,3			2,1		133	4,3		
	Militär	0,82	2,8	1,2	0,68	0,39	0,52	0,61		39	1,8	1,8	
Steinkohlenkoks	Haushalte	4,9	139	26	8,1			21		722	36		
	GHD	-	-	-	-			-		-	-		
	Militär	-	-	-	-			-		-	-		
Steinkohlenbriketts	Haushalte	29	77	12	33			11		645	18		
	GHD	-	-	-	-			-		-	-		
	Militär	-	-	-	-			-		-	-		
Braunkohlenbriketts	Haushalte	88	27	34	3,8	52	4,8	39	57	89	23	62	
	GHD	-	-	-	-			-		-	-		
	Militär	0,02						0,12			0,13		
Holzbrennstoffe	Haushalte	284	75	36	388	2.001	1.727	112	215	2.762	2	43.027	
	GHD	6,2	96,9	17	17	222	175	11	6	794	15	2.580	
	Militär	-	-	-	-			-		-	-		
Summe	Haushalte	1.247	481	170	509	2.053	1.732	314	272	8.588	219	43.088	
	GHD	314	102	19	19	222	175	43	5,8	927	19	2.580	
	Militär	5,7	2,8	1,2	0,68	0,39	0,52	1,37		39	1,9	1,8	
Summe	alle	1.567	586	190	529	2.275	1.908	358	278	9.554	240	45.670	

leeres Feld aufgrund fehlender Angaben von gerätebezogenen Emissionsfaktoren bzw. vom anteiligen Endenergieverbrauch konnten keine Emissionsfaktoren ermittelt werden

- Brennstoff wird nicht eingesetzt

**Tabelle 5:** Emissionsaufkommen der Partikelfraktionen  $PM_x$  für Feuerungsanlagen in den Bereichen Haushalte und Gewerbe, Handel, Dienstleistungen sowie Militär in Deutschland im Bezugsjahr 2005 (Basis: gerätebezogene Emissionsfaktoren und Endenergieverbrauch)

<b>Partikelfraktion <math>PM_1</math></b>	<b>Emissisonsaufkommen in t für Deutschland im Jahr 2005</b>			
	<b>Haushalte</b>	<b>GHD</b>	<b>Militär</b>	<b>Gesamt</b>
Heizöl EL	488	276	5	768
Steinkohlen	275	8	37	321
Steinkohlenkoks	71	-	-	71
Steinkohlenbriketts	570	-	-	570
Braunkohlenbriketts	1.218	-	2	1.220
<i>Rheinische</i>	429	-		429
<i>Lausitzer</i>	307	-		307
<i>Böhmischa</i>	483	-		483
naturbelassenes Holz und Restholz	18.525	952	-	19.478

<b>Partikelfraktion <math>PM_{2,5}</math></b>	<b>Emissisonsaufkommen in t für Deutschland im Jahr 2005</b>			
	<b>Haushalte</b>	<b>GHD</b>	<b>Militär</b>	<b>Gesamt</b>
Heizöl EL	574	324	6	904
Steinkohlen	298	9	40	347
Steinkohlenkoks	85	-	-	85
Steinkohlenbriketts	682	-	-	682
Braunkohlenbriketts	1.317	-	2	1.320
<i>Rheinische</i>	464	-		464
<i>Lausitzer</i>	331	-		331
<i>Böhmischa</i>	522	-		522
naturbelassenes Holz und Restholz	19.501	1.035	-	20.536

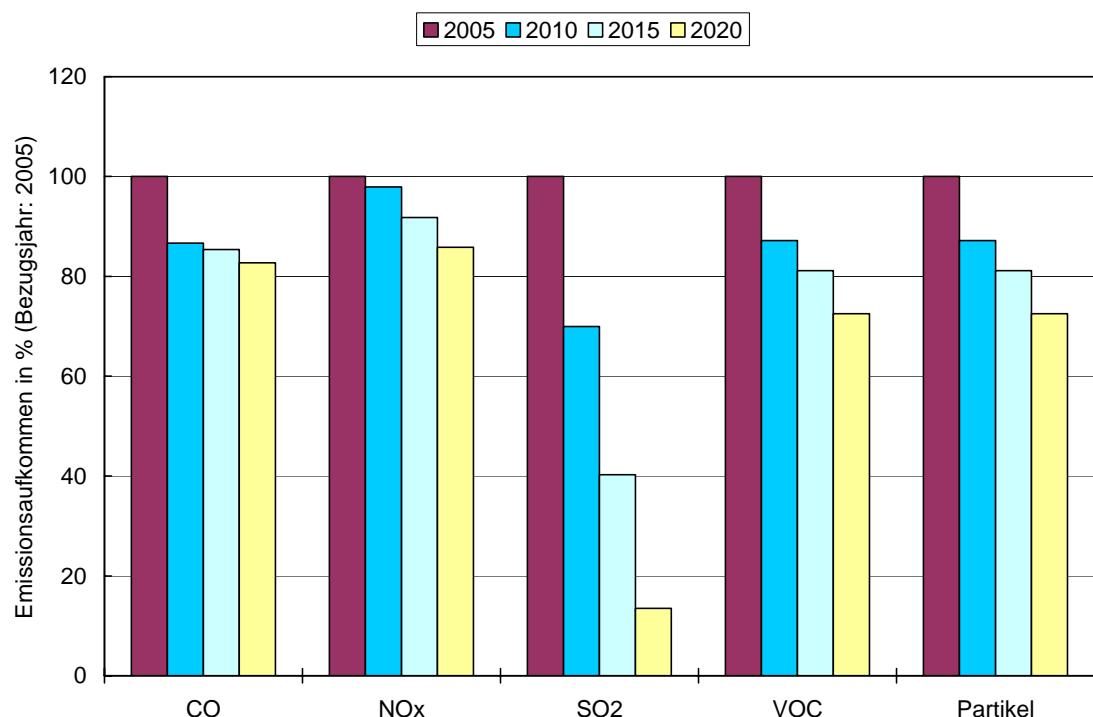
<b>Partikelfraktion <math>PM_{10}</math></b>	<b>Emissisonsaufkommen in t für Deutschland im Jahr 2005</b>			
	<b>Haushalte</b>	<b>GHD</b>	<b>Militär</b>	<b>Gesamt</b>
Heizöl EL	574	324	6	904
Steinkohlen	334	10	45	389
Steinkohlenkoks	94	-	-	94
Steinkohlenbriketts	758	-	-	758
Braunkohlenbriketts	1.476	-	3	1.479
<i>Rheinische</i>	520	-		520
<i>Lausitzer</i>	372	-		372
<i>Böhmischa</i>	585	-		585
naturbelassenes Holz und Restholz	20.518	1.152	-	21.670

leeres Feld    keine Daten vorhanden  
 -            Brennstoff wird nicht eingesetzt

## 7 Zukünftige Emissionsentwicklung

Zur Abschätzung der zukünftigen Emissionsentwicklung wurden zwei Szenarien bis zum Jahr 2020 betrachtet. Ausgangspunkt der Szenarien ist das ermittelte Emissionsaufkommen im Jahr 2005. Der betrachtete Zeitraum für die Prognose erstreckt sich somit über 15 Jahre.

In einer ersten Prognose (Szenario 1) wurde die Emissionsentwicklung bei veränderten Endenergieverbräuchen der Haushalte und des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen sowie Militär abgeschätzt. In einem zweiten Emissionsszenario (Szenario 2) wurden zusätzlich zur Änderung des Endenergieverbrauchs auch die sektoralen Emissionsfaktoren bis zum Jahr 2020 fortgeschrieben. Dies geschieht an Hand einer pauschalierten Abschätzung der Emissionsfaktoren im Betrachtungszeitraum. Einige Ergebnisse des Emissionsszenario 2 sind in **Bild 2** wiedergegeben.



**Bild 2:** Entwicklung des Emissionsaufkommens ausgewählter Abgaskomponenten in Deutschland im Prognosezeitraum 2005 bis 2020 zusammengefasst für die Bereiche Haushalte, GHD und Militär (Emissionsszenario 2: Fortschreibung des Endenergieverbrauchs und der sektoralen Emissionsfaktoren - Bezugsjahr 2005 = 100%)

Die Ergebnisse des Emissionsszenarios 2 zeigen, dass für die meisten Abgaskomponenten in den nächsten 15 Jahren mit einem mehr oder weniger deutlichen Rückgang des Emissionsaufkommens zu rechnen ist. Insbesondere bei den SO<sub>2</sub>-Emissionen wird sich der angenommene Übergang auf schwefelarmes Heizöl EL sehr positiv auswirken.

**Abridged Report within the R&D Project UFOPLAN No. 205 42 322****Efficient provision of updated emission data for air quality control**

## 1 Summary

The aim of the research project is the evaluation of the present emission load in Germany from small firing systems used in households, in the small consumers' sector and the military. The emissions regarded were the flue gas components total dust, particulate matter (PM10, PM2,5, PM1), SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, VOC, CH<sub>4</sub>, NMVOC, HCl, N<sub>2</sub>O, benzene, polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH), polychlorinated dioxins and furanes (PCDD/PCDF) as well as heavy metals (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, V, Zn). The emission factors established with respect to these flue gas components have a high degree of differentiation. The emission factors were compiled taking into account three major aspects of these firing systems, i.e. the fuel, the appliance type and the typical mode of operation of the appliance. The fuels that form the relevant part of the final energy consumption in Germany are distillate oil (*Heizöl EL*), gaseous fuels (natural gas, liquified petroleum gas), brown coal briquettes (imported fuel as well as fuel from the Lusatian and the Rhenish mines), high rank coals and products (coke and briquettes) as well as wood fuels (natural wood in form of log wood, wood chips and pellets as well as residual wood from the wood-processing industry). The appliances were classified according to construction type, year of construction and output range. All data within the scope of this work are relevant for the year 2005, if not indicated otherwise.

Basis for the calculation of the present data were the precursor research projects „Determination of Mean Emission Factors as Representative Figures for Emission Development of Firing Systems in the Household and Small Consumer Sector“ (UFOPLAN No. FKZ 295 46 264, reference year 1995), „Ascertainment and Assessment of Particulate Matter Emissions from Combustion Appliances in the Household and Small Consumer Sectors and Outlook on Emission Reduction“ (UFOPLAN No. FKZ 299 44 140, reference year 2000) and „Determining and reducing the emissions of carcinogenic and other substances, particularly hazardous to health, for small-scale combustion units for solid fuels“ (UFOPLAN No. FKZ 203 44 358, reference year 2003). In this project, the following updates were carried out:

- number and structure of the installed small firing systems,
- final energy consumption,
- emission behaviour of the considered small firing systems and
- emission data.

Modern appliance-types for the thermal utilisation of wood (such as firing systems for wood chips and pellets), which have not been explicitly stated in precursor projects due to their marginal diffusion on the market, are now considered separately. In the

field of wood firing systems, a much more detailed data structure is now available and the further development of this sector can be easily updated. Oil condensing boilers are considered separately as well.

Besides the number as well as the nominal output and age structure of the installed small firing systems, the average appliance specific energy consumption is needed for the calculation of appliance-specific emission factors. For this purpose, an extensive survey was carried out in selected chimney sweeper districts of Baden-Württemberg, Bavaria, North Rhine-Westphalia and Saxony in cooperation with the *Landesinnungsverbänden des Schornsteinfegerhandwerks* (State Chimney Sweep Guild Associations). The data collection regarding the installed firing appliances was done on the spot within the framework of the firing appliances inspection by the district master chimney sweeps who used a prepared questionnaire. In total, 3,180 questionnaires were evaluated. A supplement of the data collections made within the project were statistics of the *Zentralinnungsverbandes des Schornsteinfegerhandwerks* (Central Chimney Sweep Guild Association), about the results of regular measurements taken on oil- and gas-fired appliances. After the data had been extensively assessed, a very differentiated representation of the age and output structure of the installed firing appliances could be brought out.

Uncertainties with regard to the appliance structure still exist in the field of commercial wood firing systems since the available data is mainly based on surveys in Baden-Württemberg from 1992 which was further updated. A detailed new survey for this sector could not be carried out within the scope of this research project. The number of commercial wood firing system recorded by the above mentioned Chimney Sweeper survey fell too short for an extrapolation.

The final energy consumption was updated according to available figures. Besides information from the *Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen* (AGEB – the Working Group on Energy Balances), own estimations were carried out for the utilization of wood in commercial wood firing systems and for the utilization of high rank coals in the small consumers' sector. Furthermore, the final energy consumption in the military sector was determined by own fuel-specific calculations.

The already available data from the precursor research projects for the description of the emission behaviour of the considered appliances were compiled and completed by further actual information. This particularly refers to test rig measurements of wood firing systems (log wood, wood chips and pellets boilers as well as single room fireplaces). Moreover, further published results of emission analyses for other firing systems were incorporated in the database.

The calculation of the appliance-specific emission factors referring to the different appliance types and output ranges were established taking into account the mode of operation and the age structure of the firing appliances. Former calculations were adapted and harmonized. With regard to the mode of operation, all appliances were differentiated between part and full load. The formerly used low load is now assigned to part load due to clearness and data availability. With regard to the age structure, the new structure was updated and further differentiated in the age until 1988/89, 1990-2004 and since 2005 (previous age groups were until 1988 and 1990, respectively, as well as since 1989 and 1991, respectively).

Two emission scenarios were employed to estimate the development in the three sectors considered in this report for a period up until 2020. In a first scenario, the expected development was extrapolated from the emission-relevant final energy consumption established for 2005, employing the energy prognoses by the Federal Environmental Agency (*Umweltbundesamt*). All the other boundary conditions, such as the average emission factors and the structure of appliances in remained unchanged. In a second emission scenario, the structure of appliances was adapted over the predicted period. The change of this structure was taken into account by reducing the emission factor at a fixed percentage for each pollutant starting from the 2005 emission factor. The scenario started from the assumption of a continuous change of the appliance stock by exchange of old appliances and/or by new installations with an improved combustion technology. An enhanced exchange of old appliances due to the planned amendment of the ordinance on small and medium size combustion installations (1<sup>st</sup> BImSchV) was taken into account but only as a tendency since the revision of the regulation is still under discussion.

## 2 Stock of Firing Appliances

The calculations brought about the figures in **table 1** for Germany, presenting the stock of firing appliances in households and in the small consumers' sector under the provisions of the 1<sup>st</sup> BImSchV valid for the year 2005.

The basis for determining the stock of firing appliances under the provisions of the 1<sup>st</sup> BImSchV were data collections from German Chimney Sweepers Association, *Institut für wirtschaftliche Ölheizung e.V.*, *Rheinbraun Brennstoff GmbH*, *Industrieverband Haus-, Heiz und Küchentechnik e.V.*, *Deutscher Energie-Pellet-Verband e.V.*, statistical information for the number of promoted wood chips appliances and own estimations.

Military offices within the small consumers' sector, falling under the provisions of the 4<sup>th</sup> BImSchV for licensable facilities, are excluded from the figures of table 1. For these appliances no stock figures could be determined.

For the total stock of firing systems, the age and power structure were determined by surveys from the German Chimney Sweepers Association, own surveys in cooperation with the German Chimney Sweepers Association, information from the German Energy Pellet Association and own precursor investigations.

**Table 1:** Stock of firing appliances in Germany under the provision of the 1<sup>st</sup> BlmSchV installed in households and in small consumers' sector, valid for the year 2005

Stock of firing Appliances in Germany (houeshold and small consumers' sectors - 2005)		[1.000 units]	[1.000 units]	[1.000 units]
distillate oil	furnaces with vaporizing	1.189,3	1.162,4	26,9
	atomizing oil burners	6.357,0	5.668,9	688,1
	oil-fired condensing boilers	75,7	68,2	7,6
	<b>sum</b>	<b>7.622,1</b>	<b>6.899,5</b>	<b>722,6</b>
gaseous fuels (natural gas H and L, liquefied petroleum gas)	fan assited gas burners (boilers)	784,9	463,3	321,7
	natural draught burners (boilers)	6.910,3	6.618,7	291,6
	combi-waterheaters	2.958,3	2.865,3	93,0
	instantaneous water heaters	1.174,0	1.092,3	81,7
	water heaters	640,1	602,2	37,9
	independent convection heaters <sup>1</sup>	969,2	960,3	8,9
	condensing boilers	1.070,3	1.043,9	26,4
	<b>sum</b>	<b>14.507,2</b>	<b>13.646,0</b>	<b>861,2</b>
solid fuels (coal and wood)	wood log boilers (household and small consumer sectors)	542,5	516,3	26,2
	pellet boilers	39,0	38,4	0,6
	boilers (household and small consumer sectors)	15,1	-	15,1
	slow combustion stoves	1.740,0	1.719,4	20,6
	masonry heaters and tiled-stove inserts	3.890,0	3.766,0	124,0
	openfire stoves	3.500,0	3.452,4	47,6
	pellet stoves	40,0	39,5	0,5
	fireplaces (open or closed inserts)	3.140,0	3.111,4	28,6
	bathroom boilers	120,0	112,1	7,9
	cookers (and heating ranges)	1.350,0	1.218,0	132,0
<b>sum</b>		<b>14.376,6</b>	<b>13.973,5</b>	<b>403,1</b>
<b>sum of appliances</b>		<b>36.505,9</b>	<b>34.519,0</b>	<b>1.986,8</b>

<sup>1</sup> space heaters also comprise gas-fired heating inserts and gas chimneys making up for but a small percentage and therefore only of minor importance

### 3 Final energy consumption

The final energy consumption was determined by information from the *Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen* as at 21<sup>st</sup> September 2006, consumption figures from the military real estates and own estimations.

**Table 2** lists the established final energy consumption for firing appliances in the household and small consumers' sectors, referring to Germany for 2005 as year of reference.

**Table 2:** Final energy consumption for firing appliances in Germany in the household, small consumers' and military sectors, in 2005

Final energy consumption in Germany (2005)	HH and SC [TJ]	HH [TJ]	SC + Military [TJ]	SC [TJ]	Military [TJ]
Fuel oil	911.000	659.000	252.000	248.854	3.146
Gaseous fuels	1.568.000	1.058.000	510.000	499.238	10.762
<i>natural gas H and L</i>	1.527.000	1.026.000	501.000	490.238	10.762
<i>liquefied petroleum gas</i>	41.000	32.000	9.000	9.000	
High rank coals	19.746	19.000	746	576	169
Coke from high rank coals	6.000	6.000			
Briquetts	3.000	3.000			
Brown coal briquettes	16.892	16.841	51		51
<i>Rhenish mines</i>	8.219	8.219			
<i>Lusatian mines</i>	8.623	8.623			
Wood fuels	219.808	200.646	19.162	19.162	
<i>Pellets</i>	4.435	4.304	131		131
<i>Natural wood</i>	202.297	196.342	5.955	5.955	
<i>Wood waste</i>	13.076		13.076	13.076	
<b>Sum</b>	<b>2.744.446</b>	<b>1.962.487</b>	<b>781.958</b>	<b>767.830</b>	<b>14.129</b>

HH                    household sector  
 SC                    small consumers' sector

The distribution of the final energy consumption into the different appliance types, separately for each fuel under consideration, was carried out taking into account the stock of each appliance type, the number of yearly operating hours, and the average nominal heat output of the installed firing appliances. The final result of all the calculations presents an appliance-specific final energy consumption with a high degree of specification.

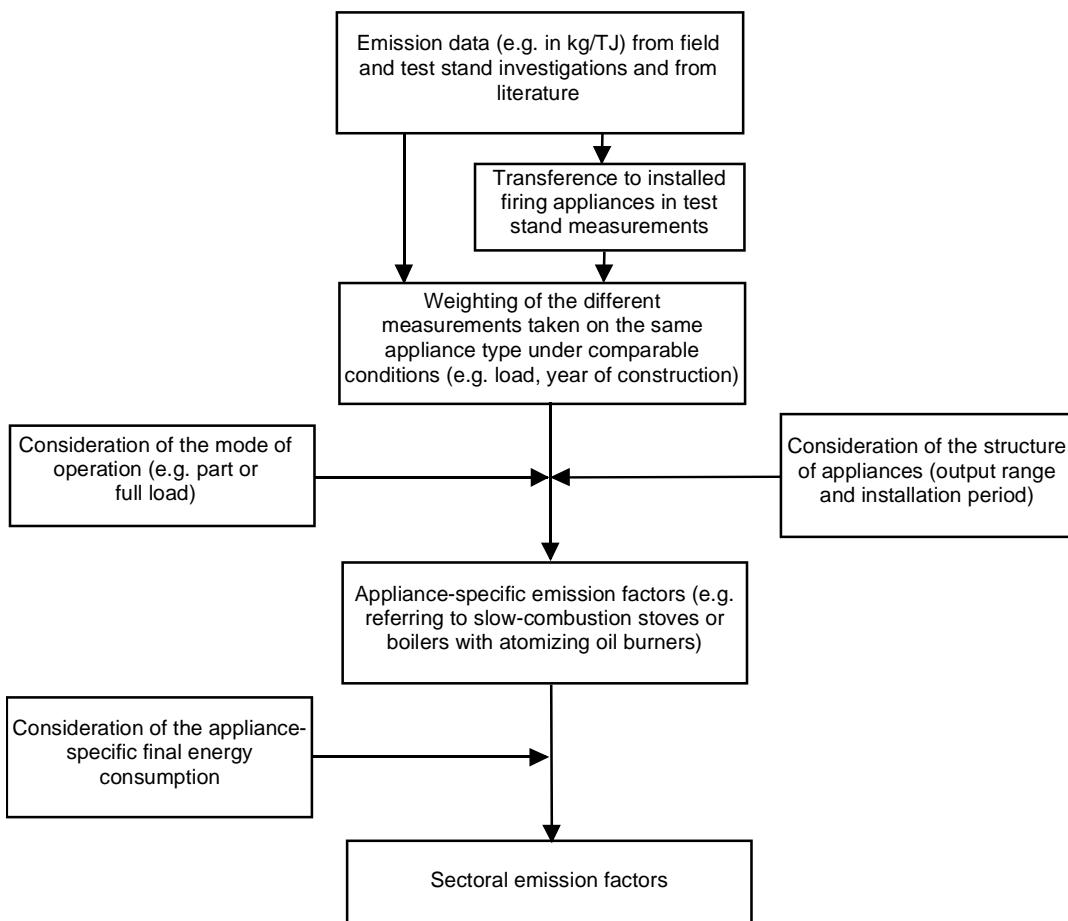
## 4 Calculation of the emission factors

Particular importance in evaluating the literature was attached on the emission values to be comprehensible. Since test rig investigations are carried out under defined conditions, the obtained emission data cannot be compared without further ado with emission data from installed firing appliances. In order to create a common basis for the calculation of the emission factors, the emission data from test rig investigations was assigned to the conditions of installed firing appliances by a transfer factor. The transfer factor was individually determined for each flue gas component subject to the fuel and the firing appliance.

For the first time with regard to the calculation of emission factors, start/stop-emissions from gas firing appliances were approximately taken into account. An exact calculation of the emission factors, taking unsteady operation modes into account, could not be carried out due to the slender data basis.

Besides the applied fuel and the construction type, the emission behaviour of firing appliances (in real operation) is also influenced by the operational mode, which is characterized by the thermal output. The range of the thermal output is differentiated by part and full load.

For many firing appliances, there are emission data for different operational modes which have to be combined to one emission factor in an appropriate way. This was done by a weighting of the emission data depending on the annual amount of fuel used for one operational mode. The emission factor hence results from sum of the weighted emission factors for each operational mode using the proportionate fuel provided. The calculation scheme for the determination of the emission factors is shown in **figure 1**.



**Figure 1:** Calculation scheme for the determination of emission factors

## 5 Sectoral emission factors

In table 3 the sectoral emission factors of firing appliances in households and the small consumers' sector (including military) are shown structured according to air polluting components and fuels.

**Table 3:** Sectoral emission factors for firing appliances in households and the small consumers' sector as well as military for Germany (reference year 2005)

## Sectoral emission factors for firing appliances in Germany, in 2005

<b>Households</b>	CO <sub>2</sub> kg/TJ	CO kg/TJ	NO <sub>x</sub> kg/TJ	SO <sub>2</sub> kg/TJ	VOC kg/TJ	CH <sub>4</sub> kg/TJ	NMVOC kg/TJ	Partikel kg/TJ	PCDD/F kg/TJ	PAH kg/TJ	Benzol kg/TJ
Fuel oil	73.344	15	42	59	1,7	0,046	1,7	0,87	0,0022	0,0012	0,014
Gaseous fuels	55.796	15	22	0,50	2,4	2,3	0,67	0,030	0,0021		0,00025
High rank coals	95.930	3.386	63	375	161	129	65	18	0,021	0,057	
Coke from high rank coals	106.167	6.768	41	450	25	13	15	16	0,046	0,100	
Briquetts	95.457	4.875	50	563	460	368	184	265	0,020	0,492	
Brown coal briquettes	97.010	2.359	87	96	200	55	165	92	0,025	0,090	1,1
Wood fuels	102.108	2.932	73	7,6	230	100	155	105	0,045	0,60	7,9
<b>Small consumers' sector</b>	CO <sub>2</sub> kg/TJ	CO kg/TJ	NO <sub>x</sub> kg/TJ	SO <sub>2</sub> kg/TJ	VOC kg/TJ	CH <sub>4</sub> kg/TJ	NMVOC kg/TJ	Partikel kg/TJ	PCDD/F kg/TJ	PAH kg/TJ	Benzol kg/TJ
Fuel oil	73.344	12	44	60	2,6	0,026	2,6	1,3	0,0027	0,00021	0,018
Gaseous fuels	55.796	11	27	0,50	0,52	0,16	0,36	0,030	0,0016		0,00015
High rank coals	95.930	2.709	76	332	124	100	48	18	0,016	0,057	
Coke from high rank coals	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Briquetts	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Brown coal briquettes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Wood fuels	101.605	2.228	88	8,4	141	56	99	74	0,36	0,43	4,6
<b>Military</b>	CO <sub>2</sub> kg/TJ	CO kg/TJ	NO <sub>x</sub> kg/TJ	SO <sub>2</sub> kg/TJ	VOC kg/TJ	CH <sub>4</sub> kg/TJ	NMVOC kg/TJ	Partikel kg/TJ	PCDD/F kg/TJ	PAH kg/TJ	Benzol kg/TJ
Fuel oil	73.344	14	46	77	2,8	0,017	2,8	1,8	0,0028	0,00014	0,019
Gaseous fuels	55.796	10	25	0,50	0,38	0,042	0,34	0,030	0,0017		0,00008
High rank coals	95.930	438	108	403	2,5	2,0	1,0	278	0,0045		
Coke from high rank coals	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Briquetts	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Brown coal briquettes	95.954	4.922	86	229	391	242	332	53	0,013		
Wood fuels	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

empty field	emission factor could not be determined due to missing data on appliance-specific emission factors or the proportionate final energy consumption
-	fuel is not utilized
NO <sub>x</sub>	calculated as NO <sub>2</sub>
VOC	calculated as C
NMVOC	calculated as C
PCDD/F	given as toxicity equivalent according to the NATO/CCMS (1988) calculation method
PAH	sum of the 8 cancerogenic PAHs anthracene, benzo-a-pyrene, benzo(a)anthracene, indeno(1,2,3-cd)pyrene, chrysene (+ triphenylene), dibenz(a,h)anthracene, benzo(b+j+k)fluoranthene and benzo(ghi)perylene

**Table 3:** Sectoral emission factors – continued

## Sectoral emission factors for firing appliances in Germany, in 2005

## 6 Emission load

The calculation basis for the determination of the emission load consists of the appliance-specific final energy consumptions and the emission factors. The calculated emission load for households and the small consumers' sector (including military) for Germany in 2005 is shown in **table 4** structured according to air polluting components as well as in **table 5** structured according to the particulate matter fractions PM<sub>1</sub>, PM<sub>2,5</sub> and PM<sub>10</sub>.

**Table 4a:** Emission load for firing appliances in households and the small consumers' sector as well as military for Germany in 2005  
(Basis: appliance-specific emission factors and final energy consumption)

Fuel	Sector	Emission load in Germany (2005)										
		CO <sub>2</sub> [t]	CO [t]	NO <sub>x</sub> [t]	SO <sub>2</sub> [t]	VOC [t]	CH <sub>4</sub> [t]	NMVOC [t]	Partikel [t]	PCDD/F [g]	PAH [t]	Benzol [t]
Fuel oil	Households	48.333.696	9.503	27.309	39.021	1.116	30	1.093	574	1,4	0,81	9,1
	SC	18.251.915	3.003	10.836	14.816	654	6,5	649	324	0,66	0,051	4,5
	Military	230.773	43	146	241	8,7	0,053	8,7	5,6	0,0089	0,00045	0,060
Gaseous fuels	Households	59.032.168	15.475	23.367	529	2.566	2.459	708	32	2,2		0,26
	SC	27.855.479	5.562	13.593	250	260	77	180	15	0,79		0,075
	Military	600.481	113	274	5,4	4,0	0,45	3,7	0,32	0,018		0,00090
High rank coals	Households	1.822.670	64.328	1.198	7.119	3.066	2.453	1.226	351	0,40	0,86	
	SC	55.284	1.561	44	191	71	58	28	11	0,0094	0,016	
	Military	16.245	74	18	68	0,42	0,34	0,17	47	0,00076		
Coke from high rank coals	Households	637.002	40.608	249	2.702	149	79	89	99	0,27	0,60	
	SC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Military	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Briquetts from high rank coals	Households	286.371	14.626	151	1.690	1.380	1.104	552	796	0,061	1,5	
	SC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Military	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Brown coal briquettes	Households	1.633.769	39.736	1.465	1.617	3.364	932	2.771	1.553	0,42	0,39	4,1
	SC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Military	4.886	251	4,4	12	20	12	17	2,7	0,00066		
Wood fuels	Households	1.521	588.290	14.721	1.521	46.062	20.001	31.061	21.010	9	111	960
	SC	160	42.694	1.693	160	2.701	1.081	1.890	1.216	7	3	37
	Military	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sum	Households	111.747.197	772.567	68.459	54.199	57.703	27.058	37.501	24.415	14	116	974
	SC	46.162.839	52.821	26.166	15.417	3.687	1.223	2.748	1.566	8,2	3,0	42
	Military	852.385	480	443	326	33	13	29	56	0,028	0,00045	0,061
<b>Sum Households + SC + Military</b>		<b>158.762.420</b>	<b>825.868</b>	<b>95.068</b>	<b>69.942</b>	<b>61.423</b>	<b>28.295</b>	<b>40.278</b>	<b>26.037</b>	<b>22</b>	<b>119</b>	<b>1.015</b>

empty field emission factor could not be determined due to missing data on appliance-specific emission factors  
or the proportionate final energy consumption

- fuel is not utilized  
SC small consumers' sector

**Table 4b:** Emission load for firing appliances in households and the small consumers' sector as well as military for Germany in 2005 (continued)

Fuel	Sector	Emission load in Germany (2005)											
		N <sub>2</sub> O [t]	HCl [kg]	As [kg]	Cd [kg]	Cr [kg]	Cu [kg]	Hg [kg]	Ni [kg]	Pb [kg]	V [kg]	Zn [kg]	
Fuel oil	Households	357											
	SC	139											
	Military	1,8											
Gaseous fuels	Households	266						63					
	SC	163						30					
	Military	3,1						0,65					
High rank coals	Households	218	163	62	76			68		4.370	140		
	SC	5,6	5,0	1,9	2,3			2,1		133	4,3		
	Military	0,82	2,8	1,2	0,68	0,39	0,52	0,61		39	1,8	1,8	
Coke from high rank coals	Households	4,9	139	26	8,1			21		722	36		
	SC	-	-	-	-			-		-	-	-	
	Military	-	-	-	-			-		-	-	-	
Briquetts from high rank coals	Households	29	77	12	33			11		645	18		
	SC	-	-	-	-			-		-	-	-	
	Military	-	-	-	-			-		-	-	-	
Brown coal briquettes	Households	88	27	34	3,8	52	4,8	39	57	89	23	62	
	SC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Military	0,02	-	-	-	-	-	0,12	-	-	-	0,13	
Wood fuels	Households	284	75	36	388	2.001	1.727	112	215	2.762	2	43.027	
	SC	6,2	96,9	17	17	222	175	11	6	794	15	2.580	
	Military	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Sum	Households	1.247	481	170	509	2.053	1.732	314	272	8.588	219	43.088	
	SC	314	102	19	19	222	175	43	5,8	927	19	2.580	
	Military	5,7	2,8	1,2	0,68	0,39	0,52	1,37	-	39	1,9	1,8	
<b>Sum Households + SC + Military</b>		<b>1.567</b>	<b>586</b>	<b>190</b>	<b>529</b>	<b>2.275</b>	<b>1.908</b>	<b>358</b>	<b>278</b>	<b>9.554</b>	<b>240</b>	<b>45.670</b>	

empty field emission factor could not be determined due to missing data on appliance-specific emission factors  
or the proportionate final energy consumption

- fuel is not utilized  
SC small consumers' sector

**Table 5:** Emission load of the particulate matter fractions  $PM_x$  for firing appliances in households and the small consumers' sector as well as military for Germany in 2005 (Basis: appliance-specific emission factors and final energy consumption)

Particulate matter $PM_1$	Emission load in t (Germany, in 2005)			
	Households	Small consumers	Military	Sum
Fuel oil	488	276	5	768
High rank coals	275	8	37	321
Coke from high rank coals	71	-	-	71
Briquetts from high rank coals	570	-	-	570
Brown coal briquettes	1.218	-	2	1.220
Wood fuels	18.525	952	-	19.478

Particulate matter $PM_{2,5}$	Emission load in t (Germany, in 2005)			
	Households	Small consumers	Military	Sum
Fuel oil	574	324	6	904
High rank coals	298	9	40	347
Coke from high rank coals	85	-	-	85
Briquetts from high rank coals	682	-	-	682
Brown coal briquettes	1.317	-	2	1.320
Wood fuels	19.501	1.035	-	20.536

Particulate matter $PM_{10}$	Emission load in t (Germany, in 2005)			
	Households	Small consumers	Military	Sum
Fuel oil	574	324	6	904
High rank coals	334	10	45	389
Coke from high rank coals	94	-	-	94
Briquetts from high rank coals	758	-	-	758
Brown coal briquettes	1.476	-	3	1.479
Wood fuels	20.518	1.152	-	21.670

empty field

-

emission factor could not be determined due to missing data

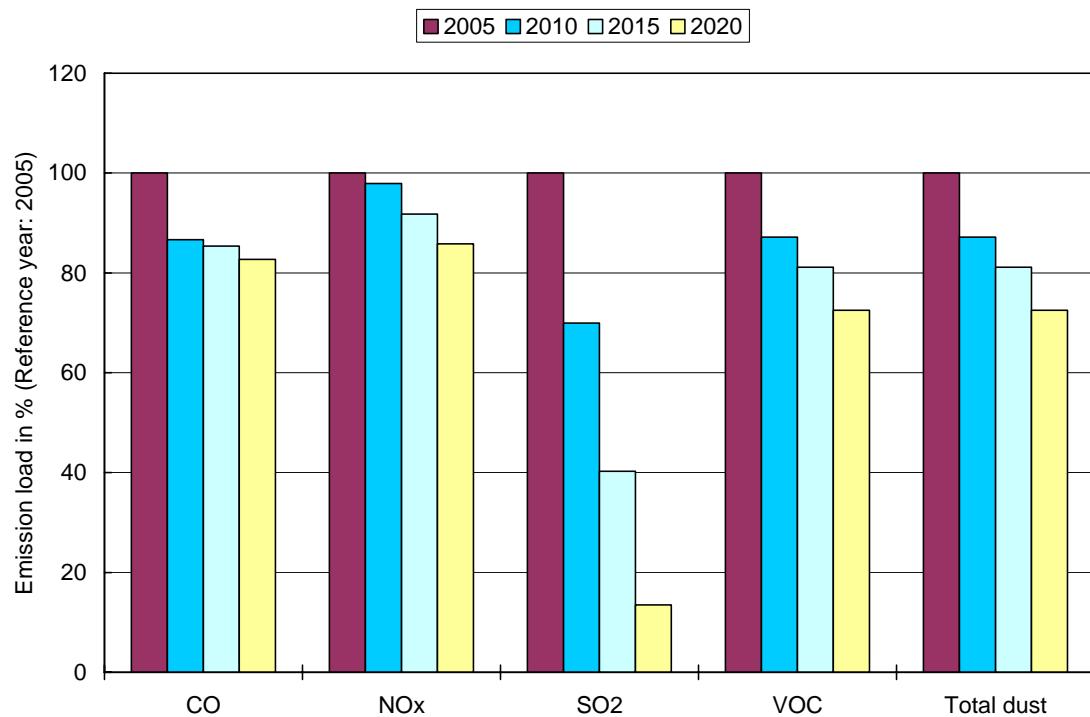
fuel is not utilized

## 7 Future emission development

For the assumption of the future emission development, two scenarios until 2020 were considered. Basis for the scenarios is the determined emission load for 2005. The considered period for the projection hence stretches across 15 years.

In a first projection (scenario 1), the emission development was assumed by changing final energy consumptions of households and the small consumers' sector as well as military. In a second emission scenario (scenario 2), the sectoral emission factors

were additionally updated until 2020 by an over-simplified assumption of the emission factors for the considered period. Some of the results of the emission scenario 2 are shown in **figure 2**.



**Figure 2:** Development of the emission load for selected flue gas components in Germany for the projection period 2005 to 2020 summarized for households and the small consumers' sector as well as military (Emission scenario 2: update of the final energy consumption and the sectoral emission factors – reference year 2005 = 100 %)

The results of the emission scenario 2 show a more or less significant decrease of the emission load for most of the flue gas components. Especially the emissions of SO<sub>2</sub> will significantly decrease assuming a transition to low-sulfur heating oil.