

TEXTE

18/2010

Keramische Industrie

Aufbereitung von Daten der Emissionserklärungen
gemäß 11. BImSchV aus dem Jahre 2004 für die
Verwendung bei der UNFCCC- und UNECE-Bericht-
erstattung

UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES
BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT,
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT

Förderkennzeichen 3707 42 103/ 01
UBA-FB 001332/7

**Aufbereitung von Daten der Emissions-
erklärungen gemäß 11. BImSchV aus dem
Jahre 2004 für die Verwendung bei der
UNFCCC- und UNECE-Berichterstattung**

Teilbericht Keramische Industrie

von

**Rico Stein
Ludger Gronewäller
Müller-BBM GmbH**

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

UMWELTBUNDESAMT

Diese Publikation ist ausschließlich als Download unter http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/mysql_medien.php?anfrage=Kennnummer&Suchwort=3923 verfügbar. Hier finden Sie auch die anderen Teilberichte dieses Forschungsvorhabens.

Die in der Studie geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen des Herausgebers übereinstimmen.

ISSN 1862-4804

Herausgeber: Umweltbundesamt
Postfach 14 06
06813 Dessau-Roßlau
Tel.: 0340/2103-0
Telefax: 0340/2103 2285
Email: info@umweltbundesamt.de
Internet: <http://www.umweltbundesamt.de>

Redaktion: Fachgebiet III 2.2 Ressourcenschonung, Stoffkreisläufe, Mineral- und Metallindustrie
Sebastian Plickert

Dessau-Roßlau, März 2010

Berichts-Kennblatt

| | | | |
|--|--|--|---|
| 1. Berichtsnummer UBA-FB 0 0 1 3 3 2 / 7 | 2. | 3. | |
| 4. Titel des Berichts Aufbereitung von Daten der Emissionserklärungen gemäß 11. BImSchV aus dem Jahre 2004 für die Verwendung bei der UNFCCC- und UNECE-Berichterstattung – Keramische Industrie | | | |
| 5. Autor(en), Name(n), Vorname(n) Rico Stein Ludger Gronewäller | 8. Abschlussdatum 23.06.2009 | 9. Veröffentlichungsdatum März 2010 | |
| 6. Durchführende Institution (Name, Anschrift) Müller-BBM GmbH Robert-Koch-Straße 11 82152 Planegg | 10. UFOPLAN-Nr. 3707 42 103/ 01 | 11. Seitenzahl 76 Seiten | |
| | 7. Fördernde Institution (Name, Anschrift) Umweltbundesamt Postfach 14 06 06813 Dessau-Rosslau | 12. Literaturangaben 4 | 13. Tabellen und Diagramme 34 |
| | | 14. Abbildungen 54 | |
| | 15. Zusätzliche Angaben Dieser Bericht entstand im Rahmen des F&E-Vorhabens „Aufbereitung von Daten der Emissionserklärungen gemäß 11. BImSchV aus dem Jahre 2004 für die Verwendung bei der UNFCCC- und UNECE-Berichterstattung“ (UFOPLAN FKZ 3707 42 103/ 01) und behandelt die Emissionen aus Anlagen der keramischen Industrie. Die Ergebnisse zu anderen im selben Vorhaben untersuchten Quellgruppen / Industriebranchen werden in getrennten Berichten dargestellt. | | |
| 16. Zusammenfassung Für Anlagen der keramischen Industrie wurden Emissionsfaktoren (EF) für die Emissionsparameter Methan (CH₄), Kohlenmonoxid (CO), Fluorwasserstoff (HF), Dioxine und Furane (PCDD / PCDF), Distickstoffoxid (N₂O), Cadmium in Verbindung (Cd), Blei in Verbindung (Pb), elementares Quecksilber (Hg) und Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH) bestimmt. Die Ermittlung der Emissionsfaktoren je Emissionskomponente erfolgt dabei für neun Subsektoren wie folgt <ul style="list-style-type: none"> - 1 Wand- und Bodenfliesen - 2 Ziegelsteine und Dachziegel - 3 Tafelgeschirr und Dekorgesirr - 4 Feuerfest-Produkte - 5 Sanitärkeramik - 6 Technische Keramik - 7 Steinzeugrohre - 8 keramisch gebundene Schleifmittel - 9 Blähtonerzeugnisse sowie darüber hinaus aggregiert über alle Subsektoren. Aktivitätsrate ist die Produktionsmenge an keramischen Erzeugnissen (in Tonnen Brenngut pro Jahr oder in m³ pro Besatz). Zur Bestimmung der Emissionsfaktoren wurden sowohl die Emissionserklärungen 2004 als auch Messergebnisse der Müller-BBM GmbH ausgewertet. | | | |
| 17. Schlagwörter Emissionserklärungen, 11. BImSchV, Emissionen, Emissionsfaktoren, Keramische Industrie, Methan (CH₄), Kohlenmonoxid (CO), Fluorwasserstoff (HF), Dioxine und Furane (PCDD / PCDF), Distickstoffoxid (N₂O), Cadmium in Verbindung (Cd), Blei in Verbindung (Pb), elementares Quecksilber (Hg), PAH, PAK, Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe | | | |
| 18. Preis | 19. | 20. | |

Report Cover Sheet

| | | |
|---|-----|--|
| 1. Report No. UBA-FB 0 0 1 3 3 2 / 7 | 2. | 3. |
| 4. Report Title Evaluation of data from emissions declarations according to 11. BImSchV (11th ordinance to the German Federal Immission Control Act – BImSchG) of 2004 for use with UNFCCC and UNECE reports – Ceramic Industry | | |
| 5. Author(s), Family Name(s), First Name(s) Rico Stein Ludger Gronewaeiler | | 8. Report Date 2009-06-23 |
| 6. Performing Organisation (Name, Address) Müller-BBM GmbH Robert-Koch-Straße 11 82152 Planegg Germany | | 9. Publication Date March 2010 |
| 7. Funding Agency (Name, Address) Umweltbundesamt (Federal Environment Agency) Postfach 14 06 06813 Dessau-Rosslau Germany | | 10. UFOPLAN-Ref. No. 3707 42 103/ 01 |
| | | 11. No. of Pages 76 Pages |
| | | 12. No. of Reference 4 |
| | | 13. No. of Tables, Diagrams 34 |
| | | 14. No. of Figures 54 |
| 15. Supplementary Notes This report is a product of the R&D project “Evaluation of data from emissions declarations according to 11. BImSchV (11th ordinance to the German Federal Immission Control Act – BImSchG) of 2004 for use with UNFCCC and UNECE reports” (UFOPLAN FKZ 3707 42 103/ 01) and covers emissions from the ceramic industry. Results on other source categories / industrial emissions covered in this R&D project are presented in separate reports. | | |
| 16. Abstract For plants of the ceramic industry emission factors (EF) were determined for the emission parameters methane (CH₄), carbon monoxide (CO), hydrogen fluoride (HF), dioxides and furanes (PCDD / PCDF), nitrous oxide (N₂O), cadmium compound (Cd), lead compound (Pb), elementary mercury (Hg) and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH). The determination of the emission factors per emission component for the nine subsectors is carried out as follows: <ul style="list-style-type: none"> - 1 Wall and floor tiles - 2 Bricks and tiles - 3 Dinnerware and patterned china - 4 Ovenproof products - 5 Sanitary ware - 6 Technical ceramics - 7 Stoneware pipes - 8 Vitrified bonded grinding tools - 9 Expanded clay products and beyond that aggregated for all sub-sectors. The activity rate is accounted for the output of ceramic products (incinerator charge in tons per year or in m³ per charge). In order to determine the emission factors the emissions declarations 2004 as well as results from measurements carried out by Müller-BBM were analysed. | | |
| 17. Keywords Emissions declarations, 11. BImSchV, emissions, 11th ordinance, Federal Immission Control Act, emission factors, ceramic industry, methane (CH₄), carbon monoxide (CO), hydrogen fluoride (HF), dioxides and furanes (PCDD / PCDF), nitrous oxide (N₂O), cadmium compound (Cd), lead compound (Pb), elementary mercury (Hg), PAH, PAK, polycyclic aromatic hydrocarbons | | |
| 18. Price | 19. | 20. |

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Aufgabenstellung | 2 |
| 2 | Anlagen zum Brennen keramischer Erzeugnisse | 3 |
| 2.1 | VDI-Richtlinie 2585 | 3 |
| 2.2 | Aktivitätsrate | 3 |
| 2.3 | Subsektorale Strukturierung | 3 |
| 3 | Auswertung der Emissionserklärungen 2004 | 5 |
| 3.1 | Anzahl Anlagen in den Emissionserklärungen | 5 |
| 3.2 | Mittlere Produktionsleistung | 8 |
| 3.3 | Anzahl Stoffe in den Emissionserklärungen | 17 |
| 3.4 | Auswertesystematik | 18 |
| 3.5 | Kohlenmonoxid | 20 |
| 3.6 | Fluorwasserstoff | 23 |
| 3.7 | Methan | 25 |
| 3.8 | Distickstoffoxid | 27 |
| 3.9 | Polychlorierte Dibenzodioxine / -furane (PCDD / PCDF) als ITEq | 29 |
| 3.10 | Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe | 30 |
| 3.11 | Blei und seine Verbindungen | 30 |
| 3.12 | Cadmium und seine Verbindungen | 31 |
| 3.13 | Quecksilber | 32 |
| 3.14 | Brennstoffbedingte Emissionen | 33 |
| 4 | Plausibilität und Unsicherheitsbetrachtung | 35 |
| 4.1 | Bewertung der Qualität der Angaben in den Emissionserklärungen | 35 |
| 4.2 | Plausibilitätsbewertung der Emissionsfaktoren in den Subsektoren | 40 |
| 4.3 | Bewertung Emissionsfaktoren aus Emissionsmessungen | 41 |
| 4.4 | Bewertung der Gültigkeit der Emissionsfaktoren für die Zeitreihe 1990 bis 2010 | 42 |
| 5 | Zusammenfassung | 43 |
| 6 | Quellenverzeichnis | 45 |

Anhang:

- A Grafische Darstellung der statistischen Verteilung von Emissionsfaktoren
- B Unsicherheit der ermittelten Emissionsfaktoren

1 Aufgabenstellung

Für einige Industrieprozesse (CRF¹-Sektor 2) sowie für die CRF-Kategorie 1.B.2 (diffuse Emissionen aus Öl und Erdgas) sollen Emissionen in das nationale Emissionsinventar aufgenommen werden, um den Anforderungen aus den internationalen Berichtspflichten zu genügen.

Im vorliegenden Projekt sollen Aktivitätsraten (AR) und Emissionsfaktoren (EF) für verschiedene Schadstoffe ermittelt werden.² Hierfür sollen die gemäß 11. BImSchV [1] für das Berichtsjahr 2004 erstatteten Emissionserklärungen zur Auswertung herangezogen werden. Der Untersuchungsumfang ist in Tabelle 1 zusammengefasst. Außerdem ist in Tabelle 1 die den Emissionserklärungen zugrunde liegende Einteilung des Anhangs der 4. BImSchV [2] den CRF-Kategorien gegenübergestellt.

Tabelle 1. Untersuchungsumfang im Gesamtprojekt und Gegenüberstellung der CRF-Kategorien und der Einteilung nach Anhang der 4. BImSchV.

| CRF-Kategorie | Parameter | Schadstoffe | Anhang der 4. BImSchV |
|--|-----------|--|--|
| 2.A.5 Verwendung von Bitumen zur Dachdeckung | EF | CO, SO ₂ , PAH | Herstellungsprozess in Dachbahnenfabriken; Anlagen nach Nr. 5.4 |
| 2.A.6 Straßenasphaltierung | EF | CO, PAH | Herstellungsprozess in Asphaltmischanlagen; Anlagen nach Nr. 2.15, ggf. 10.4 |
| 2.A.7 Keramik | EF | CO, Pb, Hg, Cd, Dioxine, PAH, HF N₂O, CH₄ | Anlagen nach Nr. 2.10 |
| 2.D.1 Zellstoff- und Papierherstellung | EF | CO, SO ₂ | Anlagen nach Nr. 6.1, 6.2 |
| nicht als Kategorie im CRF enthalten | EF, AR | alle relevanten Stoffe | Anlagen zur Tierkörperbeseitigung; Anlagen nach Nr. 7.12, ggf. 7.8, 7.9 |
| 1.B.2 Öl- und Erdgas ¹⁾ | EF | NM VOC ²⁾ , CH ₄ | Lageranlagen; Anlagen nach Nr. 9.1, 9.2 |

¹⁾ siehe auch: FKZ 360 16 012: Inventarverbesserung 2008 – IPCC (1996) 1.B.2 – Diffuse Emissionen aus Erdöl und Erdgas.

²⁾ NMVOC: non methane volatile organic compounds; die Ausschreibungsunterlagen beinhalteten die Stoffe CO und NO_x. In Absprache mit dem UBA wurden diese ersetzt durch NMVOC und Methan (CH₄)

Der vorliegende Bericht enthält Auswertungen und Angaben über die Emissionen aus dem Betrieb von Anlagen zum Brennen keramischer Erzeugnisse. Der Anlagentyp ist dem Bereich 2.A.7 Keramik zugeordnet.

¹ CRF: Common Reporting Format; Systematik zur Kategorisierung von Emissionen und Quellgruppen gemäß IPCC-Guidelines 1996 (IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change) [3]

² Emission (E) = EF × AR

2 Anlagen zum Brennen keramischer Erzeugnisse

Für die keramische Industrie³ sind Emissionsfaktoren (EF) für die Emissionsparameter Methan, (CH₄), Kohlenmonoxid (CO), Fluorwasserstoff (HF), Dioxine und Furane (PCDD / PCDF), Distickstoffoxid (N₂O), Cadmium in Verbindung (Cd), Blei in Verbindung (Pb), elementares Quecksilber (Hg) und Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH) zu bestimmen. Zugeordnete Unterkategorie im CRF ist hierbei:

2.A.7: Andere Mineralische Produkte

2.1 VDI-Richtlinie 2585

Für die keramische Industrie liegt eine VDI-Richtlinie [4] vor:

VDI-Richtlinie 2585: Emissionsminderung Keramische Industrie, Februar 2006

2.2 Aktivitätsrate

Aktivitätsrate ist die Produktionsmenge an keramischen Erzeugnissen (in Tonnen Brenngut pro Jahr oder in m³ pro Besatz – bei einigen diskontinuierlichen Prozessen). Angaben über Fehlchargen existieren in der Literatur nicht in ausreichender Genauigkeit und statistischer Sicherheit. Nach eigenen Erfahrungen sind die Mengen dieser Fehlchargen im Vergleich zur produzierten Menge sehr gering.

2.3 Subsektorale Strukturierung

Eine Besonderheit bei der Auswertung der Emissionserklärungen der Anlagen zum Brennen keramischer Erzeugnisse ist die Zielstellung der Untergliederung der Anlagen in neun Subsektoren, wobei die Subsektoren eine Gliederung der Anlagen nach Erzeugnissen darstellt. Die Ermittlung der Emissionsfaktoren je Emissionskomponente soll nicht für den gesamten Bereich, sondern für jeden Subsektor erfolgen. Folgende Subsektoren wurden in Vorgesprächen vorgeschlagen und in der Auswertung verwendet:

- 1 Wand- und Bodenfliesen
- 2 Ziegelsteine und Dachziegel
- 3 Tafelgeschirr und Dekorgesirr
- 4 Feuerfest-Produkte
- 5 Sanitärkeramik
- 6 Technische Keramik
- 7 Steinzeugrohre
- 8 keramisch gebundene Schleifmittel
- 9 Blähtonerzeugnisse

³ Nummer 2.10 des Anhangs zur 4. BImSchV : Anlagen zum Brennen keramischer Erzeugnisse

Eine weitere Einteilung wie z.B. Erzeugnisse mit oder ohne Glasur kann aufgrund der Datenlage nicht durchgeführt werden.

Insgesamt konnten von insgesamt 620 Datensätzen (Anlagen) 386 eindeutig einem Subsektor zugeordnet werden. Somit wurde eine Einstufungsrate von 62 % erreicht.

Die 386 von insgesamt 620 den Subsektoren zuzuordnenden Datensätze enthalten weitere Unterdatensätze (mehrere Anlagen je Standort und Betreiber). So ist es möglich, dass in den einzelnen Subsektoren deutlich mehr Datensätze verwendet werden konnten als insgesamt Betreiber in die einzelnen Subsektoren gegliedert wurden.

3 Auswertung der Emissionserklärungen 2004

3.1 Anzahl Anlagen in den Emissionserklärungen

3.1.1 Gesamtanzahl

Für die Quellgruppen CRF 2.A.7 Keramik ergibt sich eine klare Zuordnung zur 4. BImSchV; hier wurden folgende Anlagen nach 4. BImSchV abgefragt:

Tabelle 2: Abfrage nach 4. BImSchV für Anlagen zum Brennen keramischer Erzeugnisse

| Nr. gemäß 4. BImSchV | CODE Nr. 4. BImSchV | Lang-Bezeichnung |
|----------------------|---------------------|---|
| 2.10 Sp. 1 | 0210.1 | Anlagen zum Brennen keramischer Erzeugnisse, soweit der Rauminhalt der Brennanlage 4 Kubikmeter oder mehr und die Besatzdichte 300 Kilogramm oder mehr je Kubikmeter Rauminhalt der Brennanlage beträgt |
| 2.10 Sp. 2 | 0210.2 | Anlagen zum Brennen keramischer Erzeugnisse, soweit der Rauminhalt der Brennanlage vier Kubikmeter oder mehr oder die Besatzdichte mehr als 100 Kilogramm und weniger als 300 Kilogramm je Kubikmeter Rauminhalt der Brennanlage beträgt, ausgenommen elektrisch betriebene Brennöfen, die diskontinuierlich und ohne Abluftführung betrieben werden. |

Verwendet werden hier die Zuordnungen gemäß dem zum Zeitpunkt der Abgabe der Emissionserklärungen 2004 gültigen Stand der 4. BImSchV aus dem Jahre 2004⁴. Zwischenzeitlich wurde die 4. BImSchV novelliert (Neufassung vom 23.10.2007 (BGBl. I. S. 2470), für Spalte 1 wurde eine Leistungsgrenze von 76 t/d eingeführt.

Die Abfrage der Emissionserklärungen für die 16 Bundesländer ergab insgesamt 620 Anlagen oder Anlagenteile (AN). Die Verteilung auf die Nummern der 4. BImSchV sowie die einzelnen Bundesländer stellt sich wie folgt dar:

⁴ 4. BImSchV in der Fassung vom 14. März 1997 (BGBl. I S. 504), zuletzt geändert am 6. Januar 2004 (BGBl. I S. 2, 19)

Tabelle 3: Anzahl der Anlagen zum Brennen keramischer Erzeugnisse (als Anlage oder Anlagenteil AN)

| Bundesland | 0210.1 | 0210.2 |
|------------|--------|--------|
| BB | 10 | 5 |
| BE | | 3 |
| BW | 9 | 11 |
| BY | 84 | 120 |
| HB | | 3 |
| HE | 43 | 18 |
| MV | 2 | 2 |
| NI | 36 | 6 |
| NW | 44 | 23 |
| RP | 18 | 59 |
| SH | 4 | 1 |
| SL | 1 | 18 |
| SN | 24 | 38 |
| ST | 4 | 13 |
| TH | 5 | 16 |
| Gesamt | 284 | 336 |

(Datenbank Emissionserklärungen Stand 23.01.2009: DB_EE2004_23012009.mdb,
Abfragedatenbank Stand 18.12.2009: EE-Emissionserklärungen_2009.12.18.mdb;
Abfrage: 2a_Anlagen_Anzahl_relevante_Anlagen_Auswahl)

Als Nebenanlagen ergeben sich insgesamt 124 Anlagenteile (AN):

Tabelle 4: Anzahl der Anlagen zum Brennen keramischer Erzeugnisse (als Anlagenteil AN)

| Bundesland | 0210.1 | 0210.2 |
|------------|--------|--------|
| BB | 1 | |
| BY | 11 | 32 |
| HE | 26 | 10 |
| NW | 3 | 2 |
| RP | | 2 |
| SL | | 4 |
| SN | 8 | 24 |
| Gesamt | 50 | 74 |

(Datenbank Emissionserklärungen Stand 23.01.2009: DB_EE2004_23012009.mdb,
Abfragedatenbank Stand 18.12.2009: EE-Emissionserklärungen_2009.12.18.mdb;
Abfrage: 2c_Anlagen_Anzahl_relevante_Anlagen_nur_AN)

Auffällig ist, dass mit Abstand die meisten Anlagen zur Herstellung keramischer Produkte in Bayern liegen.

Grundsätzlich sind Nebeneinrichtungen (=Anlagenteile) identisch wie Anlagen zu betrachten. Entsprechend der Systematik der Emissionserklärungen erfolgt eine Auswertung auf Basis von Anlagenteilen.

Dabei werden ausschließlich Keramikanlagen und Keramik-Anlagenteile berücksichtigt, also Anlagen/Anlagenteile nach Nr. 0210 Spalte 1 und 02.10 Spalte 2 der 4. BImSchV. Eventuell an den Standorten vorhandene sonstige Nebenanlagen wie z.B. Feuerungsanlagen werden hierdurch systematisch nicht berücksichtigt.

3.1.2 Anzahl valider Anlagen

Relevante Aktivitätsrate für die Bildung der Emissionsfaktoren ist die Produktionsmenge an keramischen Erzeugnissen (in Tonnen Brenngut pro Jahr).

Zur Bestimmung valider Anlagen, d.h. mit einer auswertbaren Angabe einer Produktionsmenge in t/h) wurde als Basis nicht nur auf die Produktionsleistung (Tabelle: „Anlagen“), sondern auch auf die Angaben von gehandhabten Stoffen (Tabelle: „GHS“) zurückgegriffen. Dadurch erhöht sich die auswertbare Anzahl an Emissionserklärungen beträchtlich⁵:

- 358 Emissionserklärungen mit Angabe einer Produktionsleistung in t/a (Tabelle „Anlagen“)⁶
- 329 Emissionserklärungen mit Angabe eines Produkts in der Tabelle GHS⁷

Insgesamt ergeben sich 434 auswertbare Anlagen⁸. Davon können 317 einem Subsektor zugeordnet werden.

Bei der Auswahl der verwendeten Datensätze werden u. a. Anlagen mit einer Leistungsangabe in der Einheit „m²/h“ oder „Stück“⁹ ausgeschlossen (sofern keine Produktmenge in der Tabelle „GHS“ angegeben ist). Grundsätzlich könnte über einen geeigneten Umrechnungsfaktor in eine verwendbare Masseinheit umgerechnet werden, der aber nicht auf Basis der Emissionserklärungen verfügbar ist.

⁵ Vergleich 1_Keramik_Produktionsleistung_2009.12.18.xls

⁶ Abfragedatenbank Stand 18.12.2009: EE-Emissionserklärungen_2009.12.18.mdb; Abfrage: 15b_Keramik_GHS

⁷ Abfragedatenbank Stand 18.12.2009: EE-Emissionserklärungen_2009.12.18.mdb; Abfrage: 4c_Anlagen_GHS_Produkt_pro_Anlage

⁸ Abfragedatenbank Stand 18.12.2009: EE-Emissionserklärungen_2009.12.18.mdb; Datenbanktabelle: Tabelle_Keramik_Anlagenzuordnung

⁹ „m²/h“ ist für bestimmte Subsektoren der Keramikindustrie (Fliesen, Dachziegel) eine gebräuchliche Einheit (siehe Statistisches Jahrbuch). Gleiches gilt für die „Stück“-Angaben der Hersteller von Sanitärkeramik.

3.2 Mittlere Produktionsleistung

3.2.1 Emissionserklärungen 2004

Wesentliche Kenngröße einer Anlage zum Brennen keramischer Erzeugnisse ist die Produktionsleistung, in t/h. Hierzu wurden Angaben aus den Emissionserklärungen wie kg/d oder t/d anhand der Produktionszeiten auf die Jahresproduktion umgerechnet. Angaben über die Besatzdichte konnten aufgrund mangelnder weiterer Angaben zur Umrechnung (Anzahl Chargen, Chargendauer etc.) nicht berücksichtigt werden. Die mittlere Produktionsleistung lässt sich somit aus den Emissionserklärungsdaten bestimmen. Neben diesen Daten (aus der Tabelle „Anlagen“) wurden die gehandhabten Stoffe mit der Verwendungsart „Produkt“ (Kennung 3) für jede Anlage subsummiert und zur Plausibilisierung mit den ermittelten Leistungsdaten verglichen¹⁰. Insgesamt ergibt sich eine gute Übereinstimmung. Zur Festlegung der anlagenbezogenen Aktivitätsrate wurde primär die Produktsomme (aus Tabelle „GHS“) verwendet. Sofern keine Produktdaten vorlagen, wurden die Produktionsleistungsdaten aus Tabelle „Anlagen“ verwendet.

Die Verteilung der Produktionsleistungen in Tonnen keramischer Erzeugnisse pro Stunde ist nachfolgend für die einzelnen Subsektoren dargestellt:

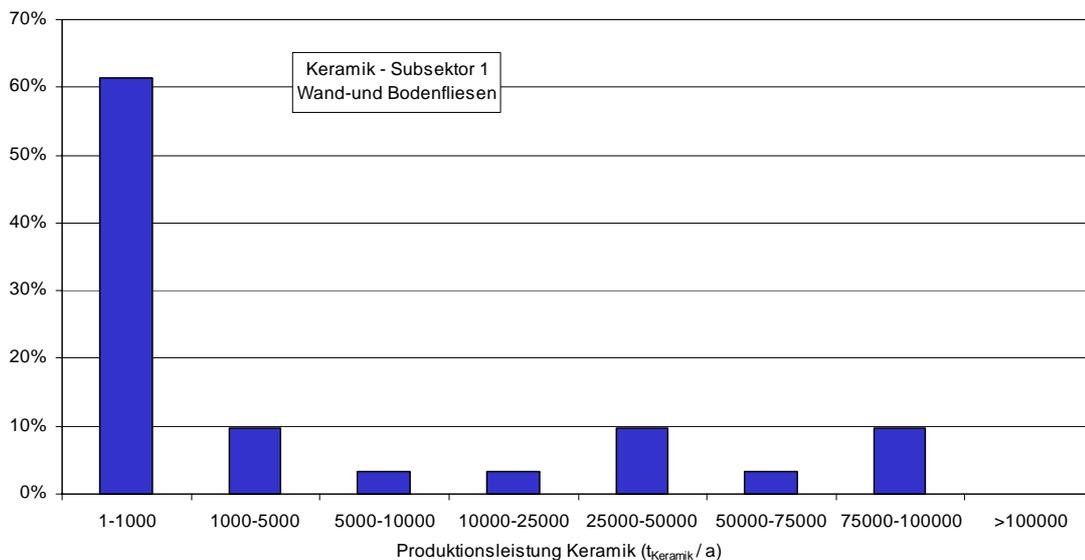


Abbildung 1. Produktionsleistung Subsektor Wand- und Bodenfliesen, 31 Anlagen

¹⁰ Tabelle 1_Keramik_Produktionsleistung_2009.12.18.xls

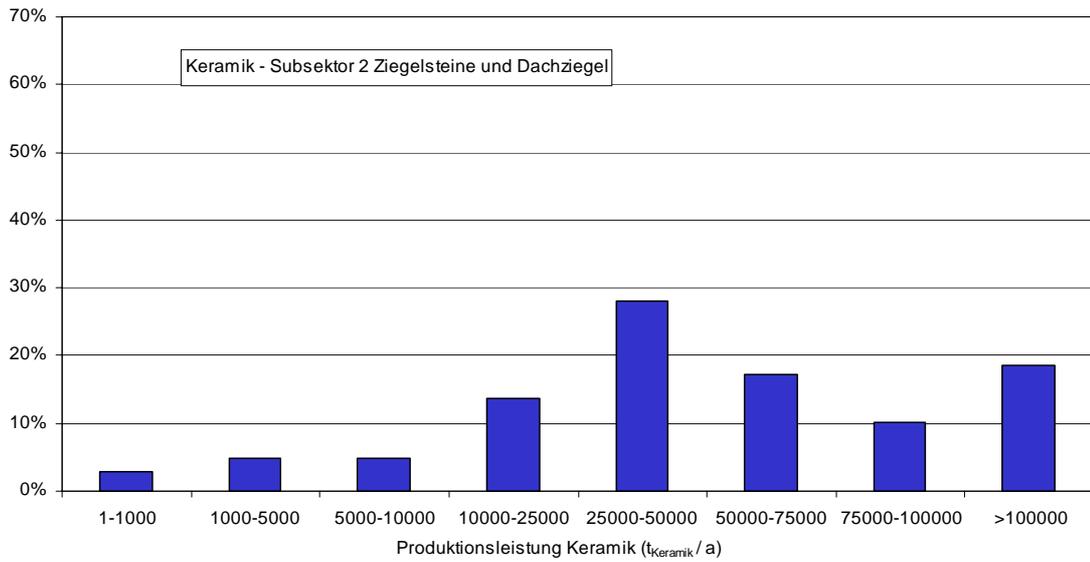


Abbildung 2. Produktionsleistung Subsektor Ziegelsteine und Dachziegel, 168 Anlagen

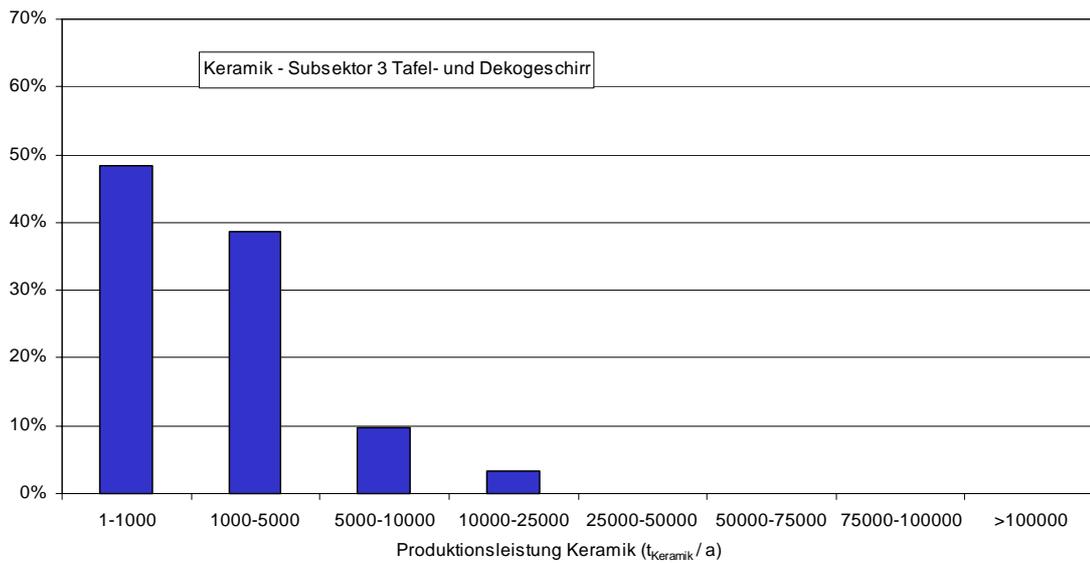


Abbildung 3. Produktionsleistung Subsektor Tafel- und Dekogeschrir, 31 Anlagen

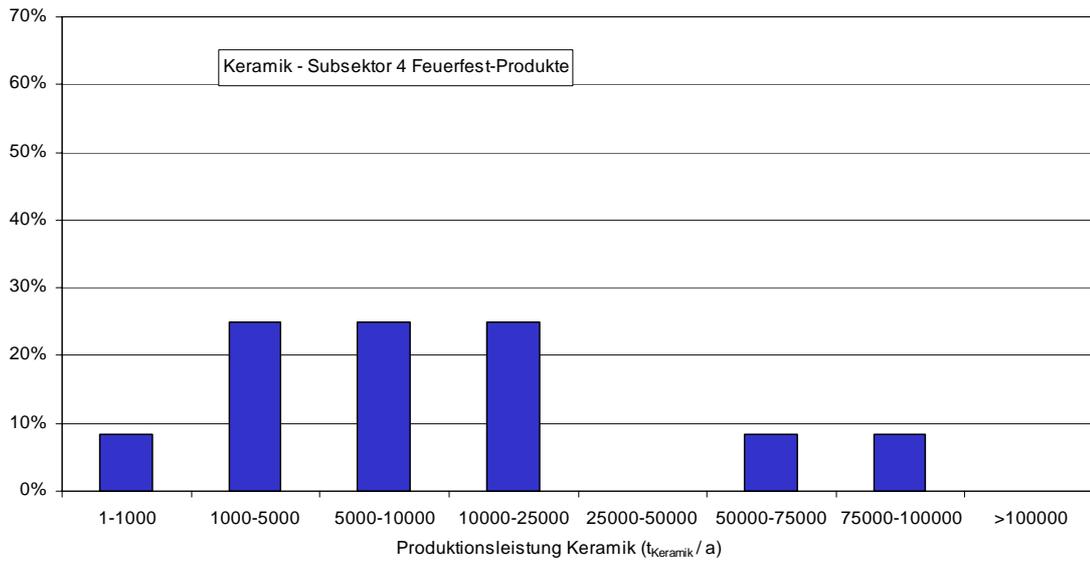


Abbildung 4. Produktionsleistung Subsektor Feuerfest-Produkte, 12 Anlagen

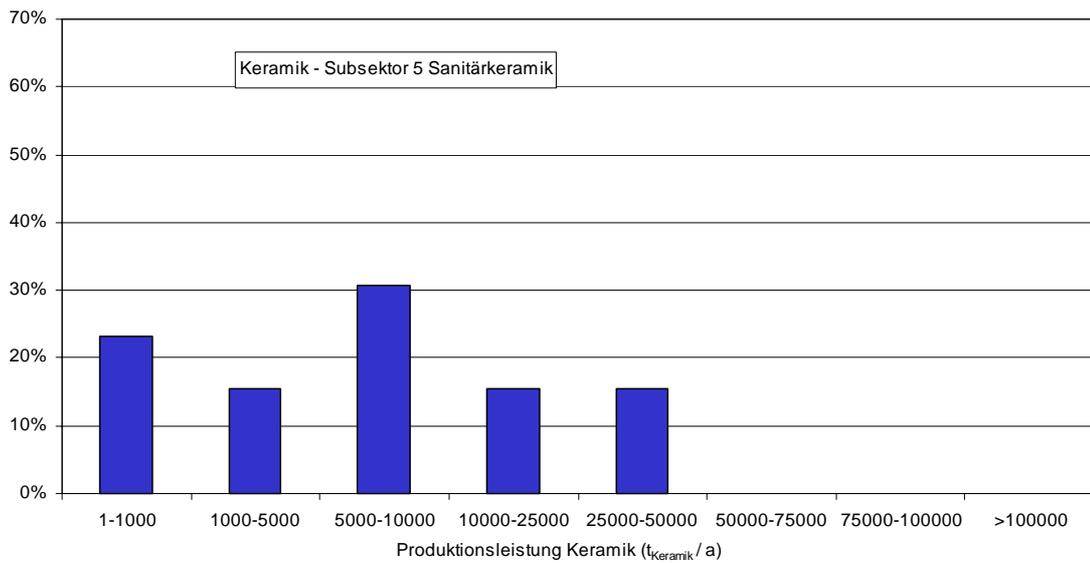


Abbildung 5. Produktionsleistung Subsektor Sanitärkeramik, 13 Anlagen

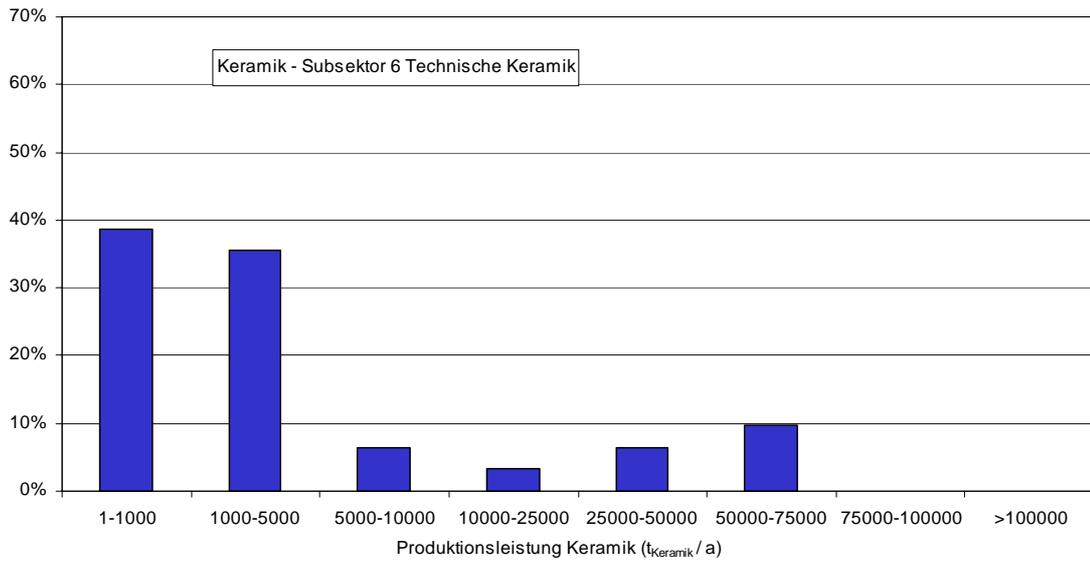


Abbildung 6. Produktionsleistung Subsektor Technische Keramik, 31 Anlagen

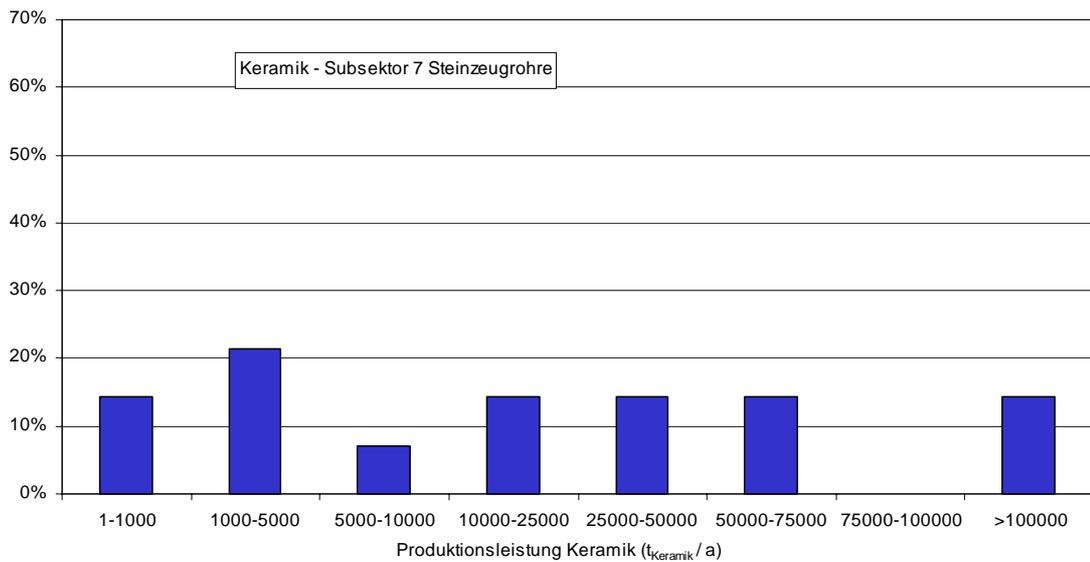


Abbildung 7. Produktionsleistung Subsektor Steinzeugrohre, 14 Anlagen

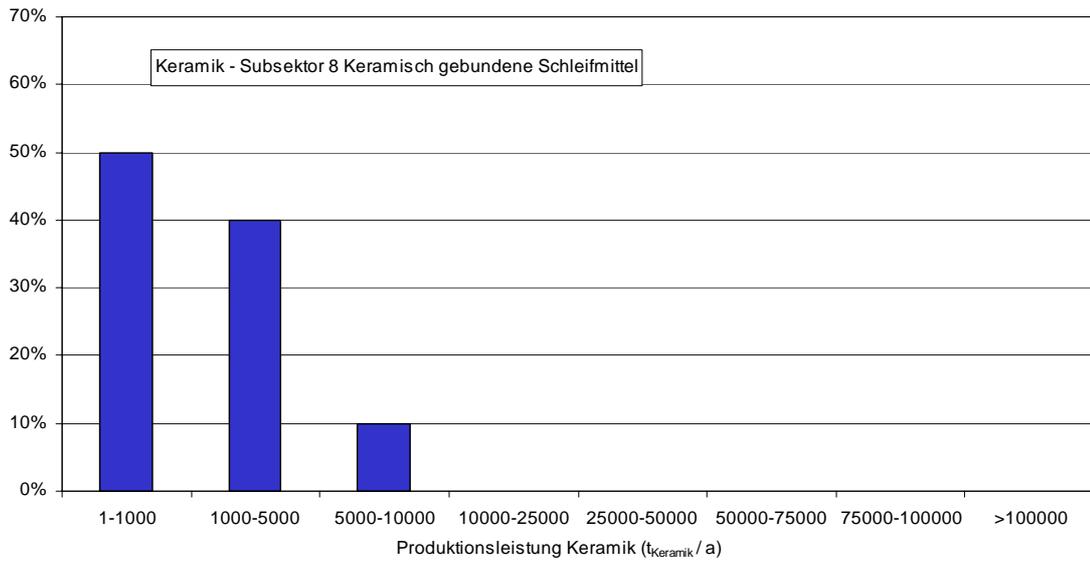


Abbildung 8. Produktionsleistung Subsektor Keramisch gebundene Schleifmittel, 10 Anlagen

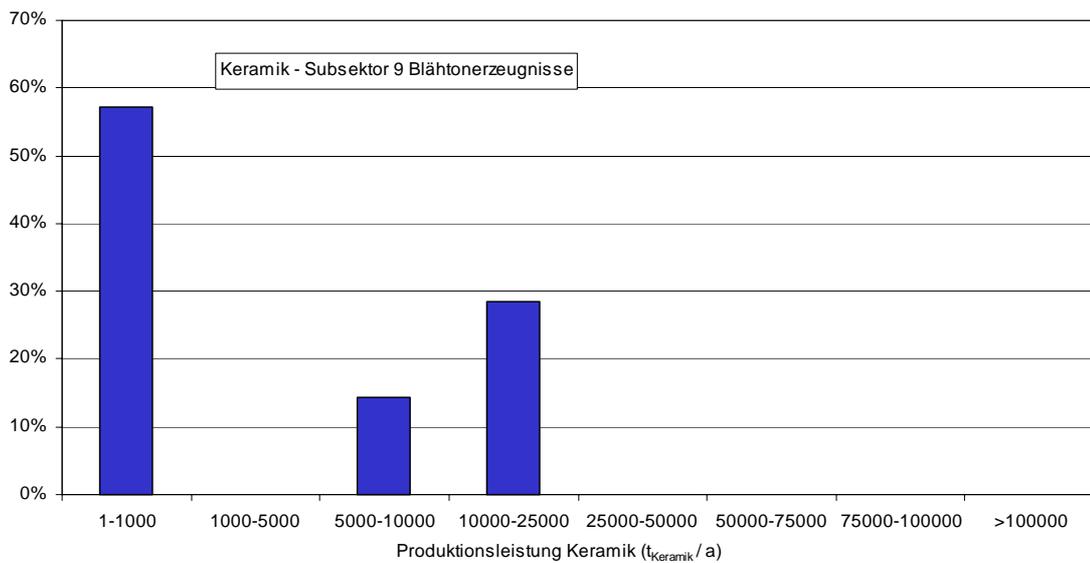


Abbildung 9. Produktionsleistung Subsektor Blähtonerzeugnisse, 7 Anlagen

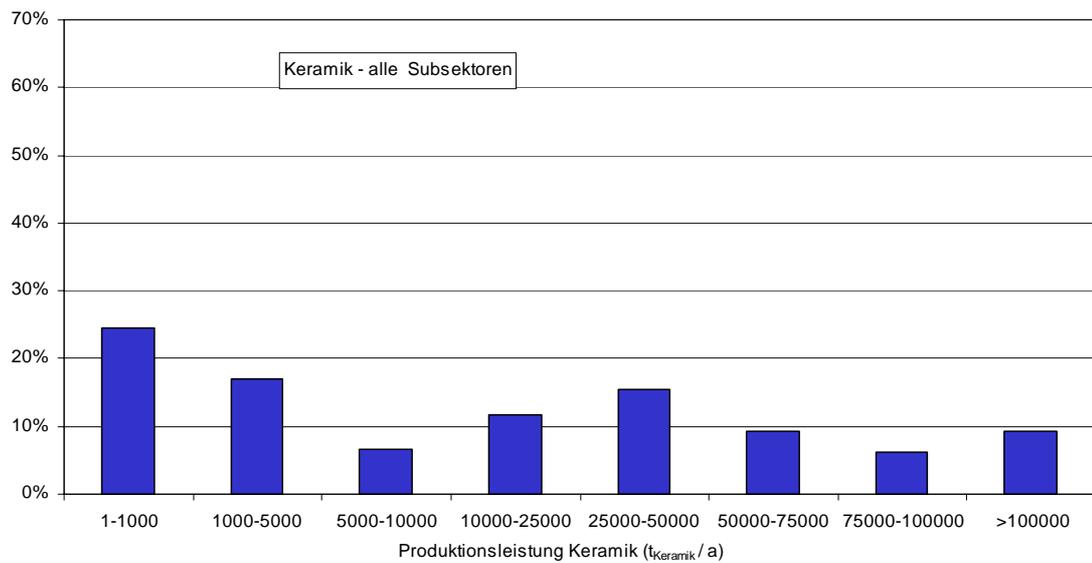


Abbildung 10. Produktionsleistung Keramik gesamt, 434 Anlagen

Zur Auswertung standen im Bereich Keramik insgesamt 434 valide Datensätze zur Verfügung (von insgesamt 620). Hierbei wurden auch Nebeneinrichtungen (Anlagenteile) berücksichtigt. Insgesamt können 317 Datensätze einem Subsektor zugeordnet werden.

Tabelle 5: Ermittlung der mittleren Produktionsleistung von Anlagen zum Brennen von keramischen Erzeugnissen aus den Emissionserklärungen

| Subsektor | Ident | Anzahl Datensätze (valide) | Mittelwert Produktionsleistung [t/a] | Median Produktionsleistung [t/a] |
|-----------------------------------|-------|----------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|
| Wand- und Bodenfliesen | 1 | 31 | 15.066 | 140 |
| Ziegelsteine und Dachziegel | 2 | 168 | 63.665 | 43.900 |
| Tafel- und Dekorgeschirr | 3 | 31 | 2.342 | 1.392 |
| Feuerfest-Produkte | 4 | 12 | 19.398 | 5.128 |
| Sanitärkeramik | 5 | 13 | 10.600 | 6.589 |
| Technische Keramik | 6 | 31 | 9.499 | 1.560 |
| Steinzeugrohre | 7 | 14 | 33.703 | 13.825 |
| Keramisch gebundene Schleifmittel | 8 | 10 | 1.820 | 1.210 |
| Blähtonerzeugnisse | 9 | 7 | 5.869 | 691 |
| <i>Keramik gesamt</i> | | <i>434</i> | <i>34.553</i> | <i>12.170</i> |

(Datenbank Emissionserklärungen: DB_EE2004_23012009_MBBM.mdb,
Abfragedatenbank: EE-Emissionserklärungen_2009.12.18.mdb; Abfrage: 15a_Keramik
Auswertung: 1_Keramik_Produktionsleistung_2009.12.18.xls)

Ausschlusskriterien für Datensätze

Bei der Auswertung werden einzelne Datensätze nach Einzelprüfung ausgeschlossen. Folgende Kriterien liegen dem Ausschluss zugrunde:

- Offensichtlich unrichtige Eintragungen im Feld „Leistung_Maßzahl“, insbesondere Eintragungen mit Maßzahl „0“.
- Relevant und gesucht ist die Leistungseinheit t/h, d.h. die Produktionsleistung der Anlage. Unplausible Eintragungen im Feld „Leistung_Einheit“, hier:
 - „0“
 - (k.A.)
 - geheim
 - kW
 - MW
 - m³/h
 - m²/h
 werden daher ausgeschlossen.

- Relevant und gesucht ist die Produktionsleistung. Ausgeschlossen werden daher ebenfalls andere Bezugsgrößen im Feld „Leistung_Bezug“ wie folgt:
 - geheim
 - max. Brennleistung
 - Besatzdichte
 - Codierungen durch Zahlen
 - Rauminhalt
 - „0“

Diskussion der Ergebnisse

Für die Auswertungen wurden alle auswertbaren Daten herangezogen. Die Auswertung erstreckt sich auf die Daten einer jeweiligen Quellnummer, zugehörig zu einer Anlage. Eine doppelte Erfassung der Quellen durch Mehrfachnennung in den Emissionserklärungen ist somit ausgeschlossen.

Anhand der Auswertungen der Produktionsdaten ist zu erkennen, dass eine Einteilung in die geforderten Subsektoren möglich ist. Während die höchsten Produktionsleistungen in dem Subsektor Ziegelsteine und Dachziegel (Mittelwert 63,7 kt/a) sind, beträgt die Produktionsmenge bei Tafel- und Dekorgeschirr im Mittel nur 2,3 kt/a.

Generell ist festzuhalten, dass anhand der Produktionsmengen eine Einteilung in die „alte“ Klassierung Fein- bzw. Grobkeramik möglich ist. Eine derartige Einteilung ist zwar für die Produktionsmengen sinnvoll, für eine Kategorisierung anhand der Emissionsdaten aber nicht geeignet.

Auffallend ist, dass der Median in drei Subsektoren deutlich von den Mittelwerten abweicht. Hier sind die Subsektoren Wand- und Bodenfliesen, Technische Keramik und Blähtonerzeugnisse zu nennen. Ursache hierfür können die in diesen Kategorien speziellen Erzeugnisse sein. Während einige Massenwarehersteller sehr hohe Produktionsleistungen haben, ist die Produktionsleistung kleiner Spezialkeramikhersteller deutlich geringer. Eine Ursache in der Datenbereitstellung durch Falscheingabe bei den Emissionserklärungen kann aufgrund der Datenlage nicht nachvollzogen werden.

Generell kann erkannt werden, dass in Deutschland die Produktionsleistung je Anlage im Subsektor Ziegelsteinen und Dachziegel (Mittelwert: 63,7 kt/a), gefolgt von Steinzeugrohren (33,7 kt/a) und Feuerfestprodukten (19,4 kt/a), am höchsten ist. Nur im Subsektor Ziegelsteine und Dachziegel liegt im Mittel die Produktionsmenge pro Anlage über dem keramikspezifischen Mittelwert von 34,5 kt/a.

3.2.2 Messungen Müller-BBM

Die durch die Müller-BBM GmbH vorgenommenen Messungen an Anlagen zum Brennen keramischer Erzeugnisse wurden im Rahmen dieser Studie ebenfalls ausgewertet. Insgesamt konnten 27 valide Datensätze ermittelt werden. Die Messungen erfolgten an unterschiedlichen Anlagentypen.

Tabelle 6: Ermittlung der mittleren Produktionsleistung von Anlagen zum Brennen von Keramischen Erzeugnissen aus den Emissionsmessungen

| Subsektor | Ident | Anzahl Datensätze (gesamt) | Anzahl Datensätze (valide) | Mittelwert Produktionsleistung [t/a] | Median Produktionsleistung [t/a] |
|-----------------------------------|-------|----------------------------|----------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|
| Wand- und Bodenfliesen | 1 | 2 | 2 | 350 | 350 |
| Ziegelsteine und Dachziegel | 2 | 6 | 6 | 48.970 | 40.000 |
| Tafel- und Dekorgeschirr | 3 | 9 | 9 | 1.183 | 750 |
| Feuerfest-Produkte | 4 | - | - | - | - |
| Sanitärkeramik | 5 | - | - | - | - |
| Technische Keramik | 6 | 7 | 7 | 3.506 | 132 |
| Steinzeugrohre | 7 | 1 | 1 | 152.000 | 152.000 |
| Keramisch gebundene Schleifmittel | 8 | - | - | - | - |
| Blähtonzeugnisse | 9 | 2 | 2 | 82.000 | 82.000 |
| <i>Keramik gesamt</i> | | <i>27</i> | <i>27</i> | <i>23.914</i> | <i>750</i> |

Diskussion der Ergebnisse

Die Ergebnisse der Produktionsdaten der einzelnen Subsektoren aus den Messungen durch Müller-BBM zeigen teilweise deutliche Abweichungen von den Werten aus den Emissionserklärungen. Grund dafür ist zum einen, dass deutlich weniger Datensätze zur Verfügung stehen, andererseits die Inhomogenität der Produktionsleistungen innerhalb der einzelnen Subsektoren.

Bis auf wenige Ausnahmen sind die Produktionsdaten aus den Messungen deutlich geringer als die Daten der Emissionserklärungen. Grund hierfür ist die realistische Betriebsweise während der Messungen, während in den Emissionserklärungen teilweise die technische Maximallast angegeben wird. Erfahrung zeigen, dass in den Emissionserklärungen die anlagenspezifischen Daten, also Maximaldurchsatz oder Maximalbesatz herangezogen werden. In der täglichen Betriebsweise können diese Werte allerdings nur äußerst selten erreicht werden. Grund dafür ist, dass die Anlagendaten unter optimalen Bedingungen ermittelt wurden, die im Betrieb nicht erreicht werden können. Die Produktionsdaten der Anlagen liegen in Übereinstimmung hiermit niedriger als die maximale Anlagenleistung.

3.3 Anzahl Stoffe in den Emissionserklärungen

Relevante Stoffe sind für die vorliegende Auswertung:

- Methan
- Kohlenmonoxid
- Fluorwasserstoff
- PCDD/ PCDF
- Distickstoffoxid
- Cadmium in Verbindungen
- Blei in Verbindungen
- Quecksilber, elementar
- Polycyclische Aromaten (PAH)

Für diese Stoffe ergeben sich folgende Treffer:

Tabelle 7: Anzahl der Emissionsmeldungen (Stoffgruppen) aus Anlagen/Nebenanlagen nach Nr. 2.10

| Stoff | Anzahl | 0210.1 | 0210.2 |
|------------------------------|--------|--------|--------|
| Methan | 382 | 224 | 158 |
| Kohlenmonoxid | 787 | 424 | 363 |
| Fluorwasserstoff | 514 | 255 | 259 |
| PCDD/ PCDF | 67 | 58 | 9 |
| Distickstoffoxid | 466 | 291 | 175 |
| Cadmium in Verbindungen | 81 | 60 | 21 |
| Blei in Verbindungen | 102 | 64 | 38 |
| Quecksilber, elementar | 50 | 42 | 8 |
| Polycyclische Aromaten (PAH) | 0 | 0 | 0 |

(Datenbank Emissionserklärungen Stand 23.01.2009: DB_EE2004_23012009.mdb, Abfragedatenbank Stand 18.12.2009: EE-Emissionserklärungen_2009.12.18.mdb; Abfrage: 3c_Anzahl_relevante_Stoffgruppen_für_relevante_Anlagen)

Die Anzahl der Emissionsmeldungen kann dabei über der Gesamtanzahl liegen, da mehrere Emissionsmeldungen (Emissionsverursachende Betriebsvorgänge) pro Anlage möglich sind.

Emissionen können grundsätzlich als Messung (M), Berechnung (C) oder Schätzung (E) angegeben werden. Alle drei Ermittlungsverfahren (Messungen, Berechnungen, Schätzungen) sind laut 11. BImSchV gleichberechtigt.

Eine Auswertung der Stoffangaben auf Ebene der emissionsverursachenden Betriebsvorgänge (EBV) liefert folgende Aufteilung:

Tabelle 8: Stoffangaben Keramik für EBV mit Berechnungen (C), Schätzungen (E) und Messungen (M)

| Stoff | Gesamtsumme | C | E | M |
|-------------------------|-------------|-----|-----|-----|
| Methan | 373 | 369 | 2 | 2 |
| Kohlenmonoxid | 769 | 460 | 151 | 158 |
| Fluorwasserstoff | 500 | 19 | 23 | 458 |
| PCDD / PCDF | 67 | 61 | 2 | 4 |
| Distickstoffoxid | 457 | 454 | 1 | 2 |
| Blei in Verbindungen | 100 | 61 | 3 | 36 |
| Cadmium in Verbindungen | 81 | 61 | 2 | 18 |
| Quecksilber, elementar | 50 | 50 | | |

(Datenbank Emissionserklärungen: DB_EE2004_23012009_MBBM.mdb, Abfragedatenbank Stand 18.12.2009: EE-Emissionserklärungen_2009.12.18.mdb; Abfrage: 15d_Keramik_4d_Emissionen_für_EBV_Kreuztabelle)

Lediglich für Fluorwasserstoff HF liegen in der Mehrzahl Messergebnisse vor, für die anderen betrachteten Emissionskomponenten dagegen mehr Berechnungen oder Schätzungen. Eine bewertende Aussage, ob Messergebnisse eine bessere Qualität von Daten liefern als Berechnungen oder Schätzungen, kann unabhängig von der o. a. formalen Gleichberechtigung nicht getroffen werden.

3.4 Auswertesystematik

Gewählt wurde eine Auswertungssystematik, bei der die Emissionsfaktoren für die Anlagen gebildet werden, die eine Komponente (z.B. Hg) in den Emissionserklärungen 2004 gemeldet haben. Bezugsbasis ist somit eine Teilmenge in Bezug auf die Aktivitätsrate (Systematik 1). Grundsätzlich ist auch eine Auswertung in Bezug auf alle Anlagen eines Subsektors möglich (Systematik 2).

Beide Auswertesystematiken haben systematische Unterschiede:

Systematik 1:

- Auswertung nur für die Anlagen, die die jeweilige Emissionskomponente melden. Als „Antwort“ ergibt sich also ein Emissionsfaktor zur Frage: Wie hoch ist die Emission von Anlagen, die (z.B.) Hg in den Emissionserklärungen angegeben haben?

Systematik 2:

- Hier verbleibt unklar, ob die Emission z.B. von Hg bei den nicht erklärenden Anlagen lediglich nicht angegeben wurde oder ob systematisch kein Hg emittiert wird.

Müller-BBM erscheint für die Auswertung der Keramikbranche die Systematik 1 plausibler, weil bei Anwendung der Systematik 2 nicht nachzuvollziehen ist, warum z.B. Hg bei vielen Anlagen eines vergleichbaren Subsektors gar nicht emittiert werden sollte, da es sich um eine Materialkomponente handelt. Viel plausibler ist, dass die Emissionskomponente (hier Hg) lediglich nicht gemessen bzw. nicht in die Emissionserklärungen eingestellt wurde. Daher würde die Anwendung der Auswertesystematik 2 zu einer Unterbewertung der jeweiligen Emissionen führen.

Bei der Auswertung wurden auch Nebeneinrichtungen (Anlagenteile) berücksichtigt, dagegen werden Datensätze mit nicht eindeutiger Datenlage ausgeschlossen.

Anhand der Verwendung von ausschließlich validen Daten für die Emissionskomponente und die Produktionsmenge reduziert sich die jeweilig verwendete Anzahl teilweise deutlich. Eine Auswertung für einzelne Subsektoren ist dennoch möglich. Dabei werden die vorliegenden Datensätze auf Anlagenebene aggregiert, d.h. evtl. Mehrfachnennungen der Emissionskomponente werden für jede Anlage summiert.

Im Folgenden werden für jede Emissionskomponente und (soweit möglich) jeden Subsektor drei statistische Werte aufgeführt:

- Mittelwert Emissionsfaktor Σ (EM/AR) [kg/t]
- Median Emissionsfaktor Σ (EM/AR) [kg/t]
- Mittelwert Σ EM / Σ AR [kg/t]

Bei den ersten beiden wird für jede Anlage ein Emissionsfaktor gebildet und nachfolgend der Mittelwert bzw. der Median berechnet.

Beim dritten statistischen Wert werden die Emissionen aller (validen) Anlagen addiert, ebenso wie die Aktivitätsraten. Aus der so berechneten Summen-Emission und der Summen-Aktivitätsrate (Produktionsmenge) wird der Emissionsfaktor berechnet. Hierdurch wird die unterschiedliche Produktionskapazität der Anlagen mit berücksichtigt (Anlagen hoher Emission und hoher Produktionsmenge dominieren den sich ergebenden Emissionsfaktor); so dass diese Größe (Mittelwert Σ EM / Σ AR [kg/t]) als Emissionsfaktor verwendet wird.

Die beiden anderen statistischen Größen werden mit berechnet und im Anhang grafisch ausgewertet, um die statistische Schwankung bewerten zu können.

3.5 Kohlenmonoxid

Kohlenmonoxid (CO) aus Anlagen zum Brennen keramischer Erzeugnisse stammt vorwiegend aus dem Brennvorgang, da hierfür überwiegend Erdgas als Energieträger verwendet wird. Dieser Parameter ist rein verfahrensspezifisch. Eine Produktspezifika kann als irrelevant ausgeschlossen werden. Dies zeigt auch, dass einige Öfen elektrisch beheizt sind und die Emissionen an CO somit sehr gering sind.

3.5.1 Emissionserklärungen 2004

In den Emissionserklärungen 2004 sind für Anlagen zum Brennen keramischer Erzeugnisse insgesamt 297 valide Datensätze für Kohlenmonoxid (CO) beinhaltet, die den einzelnen Subsektoren zugeordnet werden konnten.

Tabelle 9: Ermittlung der mittleren Emissionsfaktoren von Anlagen zum Brennen von Keramischen Erzeugnissen aus den Emissionserklärungen (EM = Jahresemission in kg/a, AR = Aktivitätsrate in t/a)

| Subsektor | Ident | Anzahl Datensätze (valide) | Mittelwert Emissionsfaktor Σ (EM/AR) [kg/t] | Median Emissionsfaktor Σ (EM/AR) [kg/t] | Mittelwert Σ EM / Σ AR [kg/t] |
|---|-------|----------------------------------|---|---|---|
| Wand- und Bodenfliesen | 1 | 16 | 0,441 | 0,200 | 0,373 |
| Ziegelsteine und Dachziegel | 2 | 139 | 0,915 | 0,071 | 0,128 |
| Tafel- und Dekorgeschirr | 3 | 24 | 0,590 | 0,127 | 0,783 |
| Feuerfest-Produkte | 4 | 10 | 0,847 | 0,180 | 1,267 |
| Sanitärkeramik | 5 | 7 | 0,459 | 0,170 | 0,345 |
| Technische Keramik | 6 | 23 | 8,531 | 0,401 | 0,526 |
| Steinzeugrohre | 7 | 10 | 0,037 | 0,018 | 0,012 |
| Keramisch gebundene Schleifmittel | 8 | 8 | 0,929 | 0,167 | 1,087 |
| Blähtonzeugnisse | 9 | 5 | 0,203 | 0,021 | 0,017 |
| <i>Keramik gesamt</i> | | <i>297</i> | <i>1,608</i> | <i>0,095</i> | <i>0,184</i> |

(Datenbank Emissionserklärungen DB_EE2004_23012009_MBBM.mdb,
Abfragedatenbank: EE-Emissionserklärungen_2009.12.18.mdb;
Abfrage: 15d_Keramik_5_Emissionen_für_Anlage; Auswertung:
2_Keramik_CO_Anlage_Emissionsfaktor_2009.12.18.xls)

Diskussion der Ergebnisse

Entgegen den Auswertungen der Produktionsleistungen sind die Emissionsfaktoren eines Großteils der Kategorien annähernd nach Gauß verteilt. Die Ursache hierfür könnte in der ähnlichen Produktionsweise je Subsektor liegen.

Auffällig sind die großen Unterschiede der nach den oben beschriebenen drei Methodiken berechneten Emissionsfaktoren, die teilweise um deutlich mehr als einen Faktor 10 streuen.

Anhand der Auswertung der Emissionsfaktoren für CO ist zu erkennen, dass die Werte der einzelnen Subsektoren deutlich verschieden sind. Während z.B. für den Subsektor Technische Keramik mit 8,531 kg CO/t der höchste Emissionsfaktor im Mittelwert Σ (EM/AR) ermittelt werden konnte, liegt dieser bei Blähtonerzeugnissen und Steinzeugrohre deutlich niedriger. Dagegen ist der Emissionsfaktor für die Technische Keramik nach der Mittelwertbildung Σ EM / Σ AR mit 0,526 kg CO/t deutlich niedriger und liegt in der gleichen Größenordnung wie z.B. für Tafel- und Dekorgeschirr mit 0,783 kg CO/t. Auch zwischen den anderen Kategorien gibt es teilweise deutliche Unterschiede in der Größenordnung der Emissionsfaktoren.

Aufgrund der großen Unterschiede der berechneten Emissionsfaktoren erscheint eine verfahrenstechnische Interpretation und damit eine Plausibilitätsprüfung nicht möglich.

Der ermittelte mittlere Emissionsfaktor für den Sektor Technische Keramik darf nicht überbewertet werden. Grund dafür ist ein extrem hoher Einzelwert (mit erklärter hoher CO-Emission bei gleichzeitig niedriger erklärter Produktionsmenge). Hier ist von einem Eingabefehler auszugehen. Nach eingehender Prüfung der Datenlage kann dieser Wert allerdings nicht als unplausibel ausgeschlossen werden (Einheitenfaktor 1000 ist nicht zu erkennen, Konzentration auf möglichem Niveau...). Der reale mittlere Emissionsfaktor könnte für diesen Subsektor durchaus niedriger liegen, kann jedoch anhand der Datenlage nicht sicher nachgewiesen werden.

3.5.2 Messungen Müller-BBM

Die durch die Müller-BBM GmbH vorgenommenen Messungen an Anlagen zum Brennen keramischer Erzeugnisse wurden im Rahmen dieser Studie ebenfalls ausgewertet. Insgesamt konnten 21 valide Datensätze für den die Komponente CO ermittelt werden. Die Messungen erfolgten an unterschiedlichen Anlagentypen.

Tabelle 10: Ermittlung der mittleren Emissionsfaktoren von Anlagen zum Brennen von keramischen Erzeugnissen aus den Messungen

| Subsektor | Ident | Anzahl Datensätze (gesamt) | Anzahl Datensätze (valide) | Mittelwert Emissionsfaktor [kg/t] | Median Emissionsfaktor [kg/t] |
|--------------------------------|-------|-------------------------------|----------------------------------|---|-------------------------------------|
| Wand- und Bodenfliesen | 1 | 2 | 2 | 0,80 | 0,80 |
| Ziegelsteine und Dachziegel | 2 | 2 | 2 | 0,39 | 0,39 |
| Tafel- und Dekorgeschirr | 3 | - | - | - | - |
| Feuerfest-Produkte | 4 | - | - | - | - |
| Sanitärkeramik | 5 | - | - | - | - |
| Technische Keramik | 6 | 5 | 5 | 2,24 | 1,90 |
| Steinzeugrohre | 7 | 1 | 1 | 0,02 | 0,02 |

| Subsektor | Ident | Anzahl Datensätze (gesamt) | Anzahl Datensätze (valide) | Mittelwert Emissionsfaktor [kg/t] | Median Emissionsfaktor [kg/t] |
|--------------------------------------|-------|----------------------------------|----------------------------------|---|-------------------------------------|
| Keramisch gebundene Schleifmittel | 8 | - | - | - | - |
| Blähtonerzeugnisse | 9 | 2 | 2 | 0,08 | 0,08 |
| <i>Keramik gesamt</i> | | 21 | 21 | 1,15 | 0,57 |

Diskussion der Ergebnisse

Aus den Ergebnissen ist zu erkennen, dass die im Rahmen der Messungen ermittelten Emissionsfaktoren in allen Subsektoren zum Teil deutlich über den Faktoren, ermittelt aus den Emissionserklärungen liegen.

Erwartungsgemäß sollte der aus den Emissionsmessungen ermittelte Emissionsfaktor deutlich niedriger sein, da hierbei der reale Betrieb der Anlage ermittelt wird. Bei den Schätzungen und Berechnungen werden zum Teil worst-case-Szenarien berechnet, bei denen in den meisten Fällen der Emissionsgrenzwert zugrunde liegt. Teilweise werden die Grenzwerte im Anlagenbetrieb deutlich unterschritten.

Eine Grenzwertüberschreitung für die Komponente CO in keramischen Betrieben mit Gasfeuerung ist allerdings aus unserer Erfahrung heraus nicht selten. Die Bildung von CO ist stark von der Brennraumgeometrie und somit von der Besatzdichte abhängig. An vielen Anlagen zum Brennen keramischer Erzeugnisse kann der Grenzwert für CO nicht eingehalten werden. Dies kann ein Grund für die teilweise deutlich höheren Emissionsfaktoren aus den reinen Messergebnissen sein.

Bei den Schätzungen und Berechnungen der Emissionsdaten werden häufig stöchiometrische Verhältnisse, basierend auf dem Brennstoffeinsatz, herangezogen. Hierbei wird allerdings eine komplette Verbrennung des Brennstoffes sowie ein ideales Gas angenommen. Hierbei kann es zu einer deutlichen Unterschätzung der tatsächlichen Emissionen kommen.

Da die Emissionsmessungen zu einer Überschätzung der Emissionsdaten und die Berechnungen / Schätzungen zu einer Unterbewertung führen, gibt der Mittelwert $\Sigma EM / \Sigma AR$ aus Tabelle 9 die belastbarsten Daten wieder.

Auffallend ist, dass sowohl bei den Emissionserklärungen als auch bei den Emissionsmessungen der Emissionsfaktor für den Subsektor Technische Keramik deutlich über dem Emissionsfaktor für die gesamte Keramik (Keramik gesamt) liegt. Hier ist die Ursache in den verwendeten Verfahren zur Erzeugung der Produkte zu suchen.

3.6 Fluorwasserstoff

Fluorwasserstoff (HF) aus Anlagen zum Brennen keramischer Erzeugnisse stammt vorwiegend aus dem Material. HF wird beim Brennvorgang aufgrund der Temperaturerhöhung aus dem Rohmaterial freigesetzt. Dieser Parameter ist rein produktspezifisch. Eine Verfahrensspezifik kann als irrelevant ausgeschlossen werden. Eine Unterscheidung der Fluorquelle in Rohmaterial und Glasur kann aufgrund des vorliegenden Datenmaterials nicht vorgenommen werden.

3.6.1 Emissionserklärungen 2004

In den Emissionserklärungen 2004 sind für Anlagen zum Brennen keramischer Erzeugnisse insgesamt 307 valide Datensätze für Fluorwasserstoff beinhaltet.

Tabelle 11: Ermittlung der mittleren Emissionsfaktoren HF von Anlagen zum Brennen von keramischen Erzeugnissen aus den Emissionserklärungen (EM = Jahresemission in kg/a, AR = Aktivitätsrate in t/a)

| Subsektor | Ident | Anzahl Datensätze (valide) | Mittelwert Emissionsfaktor Σ (EM/AR) [kg/t] | Median Emissionsfaktor Σ (EM/AR) [kg/t] | Mittelwert Σ EM / Σ AR [kg/t] |
|-----------------------------------|-------|----------------------------|--|--|---|
| Wand- und Bodenfliesen | 1 | 16 | 0,053 | 0,026 | 0,010 |
| Ziegelsteine und Dachziegel | 2 | 140 | 0,237 | 0,005 | 0,005 |
| Tafel- und Dekorgeschirr | 3 | 23 | 0,098 | 0,042 | 0,041 |
| Feuerfest-Produkte | 4 | 9 | 0,015 | 0,004 | 0,004 |
| Sanitärkeramik | 5 | 7 | 0,259 | 0,016 | 0,009 |
| Technische Keramik | 6 | 17 | 0,071 | 0,017 | 0,026 |
| Steinzeugrohre | 7 | 11 | 0,069 | 0,009 | 0,009 |
| Keramisch gebundene Schleifmittel | 8 | 6 | 0,132 | 0,051 | 0,068 |
| Blähtonerzeugnisse | 9 | 4 | 0,366 | 0,113 | 0,026 |
| <i>Keramik gesamt</i> | | <i>307</i> | <i>0,175</i> | <i>0,008</i> | <i>0,007</i> |

(Datenbank Emissionserklärungen DB_EE2004_23012009_MBBM.mdb,
Abfragedatenbank: EE-Emissionserklärungen_2009.12.18.mdb;
Abfrage: 15d_Keramik_5_Emissionen_für_Anlage;
Auswertung: 3_Keramik_HF_Anlage_Emissionsfaktor_2009.12.18.xls)

Diskussion der Ergebnisse

Bei dem Parameter HF ist eine eindeutige Zuordnung der Emissionsfaktoren zu den einzelnen Subsektoren nicht möglich. Die Faktoren unterliegen einer deutlich geringeren Schwankungsbreite als die Emissionsfaktoren der Komponente CO, trotzdem ergeben sich teils Streuungen um deutlich mehr als einen Faktor 10.

Aufgrund der großen Unterschiede der berechneten Emissionsfaktoren erscheint eine verfahrenstechnische Interpretation und damit eine Plausibilitätsprüfung nicht möglich.

3.6.2 Messungen Müller-BBM

Die durch die Müller-BBM GmbH vorgenommenen Messungen an Anlagen zum Brennen keramischer Erzeugnisse wurden im Rahmen dieser Studie ebenfalls ausgewertet. Insgesamt konnten 20 valide Datensätze für den die Komponente HF ermittelt werden. Die Messungen erfolgten an unterschiedlichen Anlagentypen.

Tabelle 12: Ermittlung der mittleren Emissionsfaktoren HF von Anlagen zum Brennen von Keramischen Erzeugnissen aus den Messungen

| Subsektor | Ident | Anzahl Datensätze (gesamt) | Anzahl Datensätze (valide) | Mittelwert Emissionsfaktor [kg/t] | Median Emissionsfaktor [kg/t] |
|-----------------------------------|-------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| Wand- und Bodenfliesen | 1 | 2 | 2 | 0,15 | 0,15 |
| Ziegelsteine und Dachziegel | 2 | 4 | 4 | 0,12 | 0,05 |
| Tafel- und Dekorgeschrir | 3 | 9 | 9 | 0,03 | 0,02 |
| Feuerfest-Produkte | 4 | | | | |
| Sanitärkeramik | 5 | | | | |
| Technische Keramik | 6 | 2 | 2 | 0,39 | 0,39 |
| Steinzeugrohre | 7 | 1 | 1 | 0,002 | 0,002 |
| Keramisch gebundene Schleifmittel | 8 | | | | |
| Blähtonerzeugnisse | 9 | 2 | 2 | 0,001 | 0,001 |
| <i>Keramik gesamt</i> | | <i>20</i> | <i>20</i> | <i>0,09</i> | <i>0,02</i> |

Diskussion der Ergebnisse

Aus den Ergebnissen ist zu erkennen, dass die im Rahmen der Messungen ermittelten Emissionsfaktoren zum Teil deutlich über den aus den Emissionserklärungen ermittelten Faktoren liegen. Grund hierfür ist sicherlich, dass die hier vorliegenden Daten ausschließlich aus Messungen stammen, die der Emissionserklärungen auch durch Berechnung oder Schätzung entstehen können.

Erfahrungsgemäß werden an vielen Anlagen deutlich höhere HF-Konzentrationen gemessen, als dies zu erwarten ist. Grund hierfür ist die meist schlechte Wartung und Einstellung der HF-Adsorber. Außerdem wird zum Teil sehr viel Fluor bei dem Brennvorgang freigesetzt.

Die Unterschiede mit teilweise deutlich mehr als einen Faktor 10 liegen allerdings in der gleichen Größenordnung wie die Streuung der aus den Emissionserklärungen ermittelten Emissionsfaktoren.

3.7 Methan

Methan (CH₄) aus Anlagen zum Brennen keramischer Erzeugnisse stammt vorwiegend aus dem Brennvorgang, da hierfür überwiegend Erdgas als Energieträger verwendet wird. Dieser Parameter ist rein verfahrensspezifisch. Eine Produktspezifika kann als irrelevant ausgeschlossen werden. Dies zeigt auch, dass einige Öfen elektrisch beheizt und die Emissionen an CH₄ somit sehr gering sind.

3.7.1 Emissionserklärungen 2004

In den Emissionserklärungen 2004 sind für Anlagen zum Brennen keramischer Erzeugnisse insgesamt 144 valide Datensätze für Methan (CH₄) beinhaltet.

Tabelle 13: Ermittlung der mittleren Emissionsfaktoren Methan von Anlagen zum Brennen von Keramischen Erzeugnissen aus den Emissionserklärungen (EM = Jahresemission in kg/a, AR = Aktivitätsrate in t/a)

| Subsektor | Ident | Anzahl Datensätze (valide) | Mittelwert Emissionsfaktor Σ (EM/AR) [kg/t] | Median Emissionsfaktor Σ (EM/AR) [kg/t] | Mittelwert Σ EM / Σ AR [kg/t] |
|---|-------|----------------------------------|---|---|---|
| Wand- und Bodenfliesen | 1 | 5 | 0,010 | 0,011 | 0,004 |
| Ziegelsteine und Dachziegel | 2 | 82 | 0,038 | 0,001 | 0,003 |
| Tafel- und Dekorgeschirr | 3 | 9 | 0,084 | 0,043 | 0,032 |
| Feuerfest-Produkte | 4 | 4 | 0,008 | 0,007 | 0,007 |
| Sanitärkeramik | 5 | 4 | 0,040 | 0,039 | 0,030 |
| Technische Keramik | 6 | 9 | 2,686 | 0,004 | 0,038 |
| Steinzeugrohre | 7 | 10 | 0,008 | 0,006 | 0,004 |
| Keramisch gebundene Schleifmittel | 8 | 5 | 0,014 | 0,016 | 0,013 |
| Blähtonerzeugnisse | 9 | 3 | 0,111 | 0,163 | 0,008 |
| <i>Keramik gesamt</i> | | <i>144</i> | <i>0,208</i> | <i>0,004</i> | <i>0,004</i> |

(Datenbank Emissionserklärungen DB_EE2004_23012009_MBBM.mdb,
Abfragedatenbank: EE-Emissionserklärungen_2009.12.18.mdb;
Abfrage: 15d_Keramik_5_Emissionen_für_Anlage;
Auswertung: 4_Keramik_CH4_Anlage_Emissionsfaktor_2009.12.18.xls)

Diskussion der Ergebnisse

Wie bei dem Parameter CO kann auch für CH₄ anhand der Ergebnisse eine Einteilung in die einzelnen Subsektoren grob vorgenommen werden.

Auffällig sind die großen Unterschiede der nach den oben beschriebenen drei Methodiken berechneten Emissionsfaktoren, die teilweise um deutlich mehr als einen Faktor 10 streuen.

Da Methan aus dem Brennstoff stammt (Methanschlupf), ist ein Zusammenhang mit der Besatzdichte nicht erkennbar.

Insgesamt liegen die für Methan ermittelten Emissionsfaktoren deutlich niedriger als für CO (als ebenfalls brennstoffbedingte Emission).

Wie bei der Komponente CO darf der ermittelte mittlere Emissionsfaktor für den Sektor Technische Keramik nicht über bewertet werden. Auch hier ist der Grund dafür ein extrem hoher Einzelwert (mit erklärter hoher CO-Emission bei gleichzeitig niedriger erklärter Produktionsmenge). Hier ist von einem Eingabefehler auszugehen. Nach eingehender Prüfung der Datenlage kann dieser Wert allerdings nicht als unplausibel ausgeschlossen werden (Einheitenfaktor 1000 ist nicht zu erkennen, Konzentration auf möglichem Niveau...). Der reale mittlere Emissionsfaktor könnte für diesen Subsektor durchaus niedriger liegen, kann jedoch anhand der Datenlage nicht sicher nachgewiesen werden.

3.7.2 Messungen Müller-BBM

Im Rahmen der Emissionsmessungen durch Müller-BBM konnten nicht genügend auswertbare Daten für die Komponente Methan gesammelt werden. Auf eine Auswertung wird deshalb verzichtet.

3.8 Distickstoffoxid

Distickstoffoxid (N_2O , Lachgas) aus Anlagen zum Brennen keramischer Erzeugnisse stammt vorwiegend aus dem Brennvorgang, da hierfür überwiegend Erdgas als Energieträger verwendet wird. Dieser Parameter ist rein verfahrensspezifisch. Eine Produktspezifität kann als irrelevant ausgeschlossen werden. Dies zeigt auch, dass einige Öfen elektrisch beheizt sind und die Emissionen an N_2O somit sehr gering sind. Die thermische Bildung von N_2O in elektrisch beheizten Öfen ist irrelevant, da hier andere Bedingungen herrschen als in Feuerungen.

3.8.1 Emissionserklärungen 2004

In den Emissionserklärungen 2004 sind für Anlagen zum Brennen keramischer Erzeugnisse insgesamt 165 valide Datensätze für Distickstoffmonoxid (N_2O) beinhaltet.

Tabelle 14: Ermittlung der mittleren Emissionsfaktoren N₂O von Anlagen zum Brennen von Keramischen Erzeugnissen aus den Emissionserklärungen (EM = Jahresemission in kg/a, AR = Aktivitätsrate in t/a)

| Subsektor | Ident | Anzahl Datensätze (valide) | Mittelwert Emissionsfaktor Σ (EM/AR) [kg/t] | Median Emissionsfaktor Σ (EM/AR) [kg/t] | Mittelwert Σ EM / Σ AR [kg/t] |
|-----------------------------------|-------|----------------------------|--|--|---|
| Wand- und Bodenfliesen | 1 | 5 | 0,005 | 0,003 | 0,000 |
| Ziegelsteine und Dachziegel | 2 | 97 | 0,014 | 0,002 | 0,002 |
| Tafel- und Dekorgeschirr | 3 | 10 | 0,058 | 0,031 | 0,023 |
| Feuerfest-Produkte | 4 | 4 | 0,007 | 0,007 | 0,006 |
| Sanitärkeramik | 5 | 4 | 0,005 | 0,002 | 0,001 |
| Technische Keramik | 6 | 10 | 0,092 | 0,011 | 0,004 |
| Steinzeugrohre | 7 | 10 | 0,005 | 0,005 | 0,003 |
| Keramisch gebundene Schleifmittel | 8 | 6 | 0,025 | 0,007 | 0,007 |
| Blähtonerzeugnisse | 9 | 3 | 0,082 | 0,121 | 0,006 |
| <i>Keramik gesamt</i> | | 165 | 0,023 | 0,003 | 0,002 |

(Datenbank Emissionserklärungen DB_EE2004_23012009_MBBM.mdb,
Abfragedatenbank: EE-Emissionserklärungen_2009.12.18.mdb;
Abfrage: 15d_Keramik_5_Emissionen_für_Anlage;
Auswertung: 3_Keramik_N2O_Anlage_Emissionsfaktor_2009.12.18.xls)

Diskussion der Ergebnisse

Wie bei den anderen verfahrensbedingten Komponenten CO und CH₄ sind auch hier deutliche Größenunterschiede zwischen den einzelnen Subsektoren zu erkennen.

Anders als bei den anderen Emissionskomponenten ist für Distickstoffoxid aber eine geringere Differenz zwischen den drei Bestimmungsmethodiken festzustellen.

Der systematisch höchste Emissionsfaktor ergibt sich für den Subsektor Tafel- und Dekorgeschirr mit den qualitativ höchsten Anforderungen und damit kleinsten Besatzdichten.

3.8.2 Messungen Müller-BBM

Im Rahmen der Emissionsmessungen durch Müller-BBM konnten nicht genügend auswertbare Daten für die Komponente N₂O gesammelt werden. Auf eine Auswertung wird deshalb verzichtet.

3.9 Polychlorierte Dibenzodioxine / -furane (PCDD / PCDF) als ITEq

Polychlorierte Dibenzodioxine / -furane (PCDD / PCDF) entstehen bei der Verbrennung von organischem Material in einem bestimmten Temperaturfenster. Aufgrund der unterschiedlichen Toxizität der Einzelkomponenten wird nur die gewichtete Summe als ITEq angegeben. Zur Entstehung dieser Stoffe bedarf es immer organischen Materials sowie Chlorverbindungen. Beim Brennen keramischer Erzeugnisse ist der Einsatz von organischem Material auszuschließen, da das Brenngut sonst beim Brand zerstört wird. Ebenfalls ist der Einsatz von Chlorverbindungen stark eingeschränkt. Aus diesem Grund ist die Komponente PCDD / PCDF für keramische Betriebe emissionsseitig nur von untergeordneter Bedeutung. Die ermittelten Werte, die deutlich unterhalb der Grenzwerte liegen, bestätigen dies. Ein weiteres Indiz für die Irrelevanz ist die geringe Menge der Daten. Nur 44 Datensätze von insgesamt 620 Datensätzen konnten ausgewertet werden.

3.9.1 Emissionserklärungen 2004

In den Emissionserklärungen 2004 sind für Anlagen zum Brennen keramischer Erzeugnisse insgesamt 44 valide Datensätze für Dioxine beinhaltet.

Tabelle 15: Ermittlung der mittleren Emissionsfaktoren PCDD / PCDF von Anlagen zum Brennen von Keramischen Erzeugnissen aus den Emissionserklärungen (EM = Jahresemission in kg/a, AR = Aktivitätsrate in t/a)

| Subsektor | Ident | Anzahl Datensätze (valide) | Mittelwert Emissionsfaktor Σ (EM/AR) [kg/t] | Median Emissionsfaktor Σ (EM/AR) [kg/t] | Mittelwert Σ EM / Σ AR [kg/t] |
|-----------------------|-------|----------------------------------|---|---|---|
| <i>Keramik gesamt</i> | | 44 | $1,7 \times 10^{-9}$ | $2,3 \times 10^{-13}$ | $9,9 \times 10^{-12}$ |

(Datenbank Emissionserklärungen DB_EE2004_23012009_MBBM.mdb,
Abfragedatenbank: EE-Emissionserklärungen_2009.12.18.mdb;
Abfrage: 15d_Keramik_5_Emissionen_für_Anlage;
Auswertung: 6_Keramik_Dioxin_Anlage_Emissionsfaktor_2009.12.18.xls)

Diskussion der Ergebnisse

Aufgrund der Emissionscharakteristik von Anlagen zum Brennen keramischer Erzeugnisse ist der Emissionsfaktor für die Komponente PCDD / PCDF sehr gering. Die Betriebscharakteristik spricht gegen eine vermehrte Entstehung dieser Komponente. Trotzdem wurden für alle validen Datensätzen Emissionskonzentrationen über der Nachweisgrenze des Verfahrens angegeben.

3.9.2 Messungen Müller-BBM

Im Rahmen der Emissionsmessungen durch Müller-BBM konnten nicht genügend auswertbare Daten für diese Komponente gesammelt werden. Auf eine Auswertung wird deshalb verzichtet.

3.10 Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe

Ähnlich wie bei den Dioxinen entstehen Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) bei der Verbrennung organischer Materialien. Die Verwendung organischer Bestandteile im Rohmaterial wird ausgeschlossen, da dies das Produkt beim Brennen zerstören würde. Somit kann die Entstehung der PAK als nicht relevant deklariert werden.

3.10.1 Emissionserklärungen 2004

Für die Komponente PAK sind in der bereitgestellten Datenbank keine Einträge vorhanden. Eine Auswertung sowie eine Bestimmung des Emissionsfaktors ist somit nicht möglich.

3.10.2 Messungen Müller-BBM

Im Rahmen der Emissionsmessungen durch Müller-BBM konnten nicht genügend auswertbare Daten für diese Komponente gesammelt werden. Auf eine Auswertung wird deshalb verzichtet.

3.11 Blei und seine Verbindungen

Blei (Pb) und seine Verbindungen aus Anlagen zum Brennen keramischer Erzeugnisse stammt vorwiegend aus dem Material. Blei wird beim Brennvorgang aufgrund der Temperaturerhöhung aus dem Rohmaterial freigesetzt. Dieser Parameter ist rein produktspezifisch. Eine Verfahrensspezifik kann als irrelevant ausgeschlossen werden. Eine Unterscheidung der Bleiquelle in Rohmaterial und Glasur kann aufgrund des vorliegenden Datenmaterials nicht vorgenommen werden.

3.11.1 Emissionserklärungen 2004

In den Emissionserklärungen 2004 sind für Anlagen zum Brennen keramischer Erzeugnisse insgesamt 58 valide Datensätze für Blei und seine Verbindungen beinhaltet. Eine Auswertung für einzelne Subsektoren ist aufgrund der geringen Datenbasis nicht möglich.

Tabelle 16: Ermittlung der mittleren Emissionsfaktoren Blei von Anlagen zum Brennen von Keramischen Erzeugnissen aus den Emissionserklärungen (EM = Jahresemission in kg/a, AR = Aktivitätsrate in t/a)

| Subsektor | Ident | Anzahl Datensätze (valide) | Mittelwert Emissionsfaktor Σ (EM/AR) [kg/t] | Median Emissionsfaktor Σ (EM/AR) [kg/t] | Mittelwert Σ EM / Σ AR [kg/t] |
|-----------------------|-------|----------------------------------|---|---|---|
| <i>Keramik gesamt</i> | | 58 | 0,016 | $8,4 \times 10^{-6}$ | $1,4 \times 10^{-4}$ |

(Datenbank Emissionserklärungen DB_EE2004_23012009_MBBM.mdb,
Abfragedatenbank: EE-Emissionserklärungen_2009.12.18.mdb;
Abfrage: 15d_Keramik_5_Emissionen_für_Anlage;
Auswertung: 8_Keramik_Pb_Anlage_Emissionsfaktor_2009.12.18.xls)

Diskussion der Ergebnisse

Die Grafik (vgl. Anhang) zeigt, dass die Emissionen an den einzelnen Anlagen deutlich schwanken. Der Vergleich des Median mit dem Mittelwert zeigt, dass die Mehrzahl der Anlagen sehr geringe Emissionen an Blei verursacht, einige wenige jedoch sehr hohe. Anhand der Anzahl der Daten je Größenordnung ist jedoch nicht von Fehleingaben oder falschen Datensätzen auszugehen.

Eine mögliche Ursache hierfür ist ein möglicher Glasurbrand im Bereich Sanitärkeramik oder Tafel- und Dekorgesirr. Die Farbglasuren enthalten teilweise sehr hohe Anteile an Blei. Beim Brennen der Erzeugnisse werden diese Verbindungen dann freigesetzt. Aufgrund der sehr geringen Datenbasis ist eine Einteilung in Subsektoren zur Überprüfung dieser These nicht sinnvoll und statistisch zu unsicher.

3.11.2 Messungen Müller-BBM

Im Rahmen der Emissionsmessungen durch Müller-BBM konnten nicht genügend auswertbare Daten für diese Komponente gesammelt werden. Auf eine Auswertung wird deshalb verzichtet.

3.12 Cadmium und seine Verbindungen

Cadmium (Cd) und seine Verbindungen aus Anlagen zum Brennen keramischer Erzeugnisse stammen vorwiegend aus dem Material. Cadmium wird beim Brennvor-gang aufgrund der Temperaturerhöhung aus dem Rohmaterial freigesetzt. Dieser Parameter ist rein produktspezifisch. Eine Verfahrensspezifik kann als irrelevant ausgeschlossen werden. Eine Unterscheidung der Cadmiumquelle in Rohmaterial und Glasur kann aufgrund des vorliegenden Datenmaterials nicht vorgenommen werden.

3.12.1 Emissionserklärungen 2004

In den Emissionserklärungen 2004 sind für Anlagen zum Brennen keramischer Erzeugnisse insgesamt 50 valide Datensätze für Cadmium beinhaltet. Eine Auswertung für einzelne Subsektoren ist aufgrund der geringen Datenbasis nicht möglich.

Tabelle 17: Ermittlung der mittleren Emissionsfaktoren Cadmium von Anlagen zum Brennen von Keramischen Erzeugnissen aus den Emissionserklärungen (EM = Jahresemission in kg/a, AR = Aktivitätsrate in t/a)

| Subsektor | Ident | Anzahl Datensätze (valide) | Mittelwert Emissionsfaktor Σ (EM/AR) [kg/t] | Median Emissionsfaktor Σ (EM/AR) [kg/t] | Mittelwert Σ EM / Σ AR [kg/t] |
|-----------------------|-------|----------------------------------|---|---|---|
| <i>Keramik gesamt</i> | | 50 | $2,2 \times 10^{-5}$ | $6,2 \times 10^{-7}$ | $4,0 \times 10^{-6}$ |

(Datenbank Emissionserklärungen DB_EE2004_23012009_MBBM.mdb,
Abfragedatenbank: EE-Emissionserklärungen_2009.12.18.mdb;
Abfrage: 15d_Keramik_5_Emissionen_für_Anlage;
Auswertung: 9_Keramik_Cd_Anlage_Emissionsfaktor_2009.12.18.xls)

Diskussion der Ergebnisse

Die Grafik (vgl. Anhang) zeigt, dass die Emissionen an den einzelnen Anlagen deutlich schwanken. Der Vergleich des Median mit dem Mittelwert zeigt, dass die Mehrzahl der Anlagen sehr geringe Emissionen an Cadmium verursachen, einige wenige jedoch sehr hohe. Anhand der Anzahl der Daten je Größenordnung ist jedoch nicht von Fehleingaben oder falschen Datensätzen auszugehen.

Eine mögliche Ursache hierfür ist, wie bei Blei, ein möglicher Glasurbrand im Bereich Sanitärkeramik oder Tafel- und Dekorgeschirr. Die Farbglasuren enthalten teilweise sehr hohe Anteile an Cadmium. Beim Brennen der Erzeugnisse werden diese Verbindungen dann freigesetzt. Aufgrund der sehr geringen Datenbasis ist eine Einteilung in Subsektoren zur Überprüfung dieser These nicht sinnvoll und statistisch zu unsicher.

3.12.2 Messungen Müller-BBM

Im Rahmen der Emissionsmessungen durch Müller-BBM konnten nicht genügend auswertbare Daten für diese Komponente gesammelt werden. Auf eine Auswertung wird deshalb verzichtet.

3.13 Quecksilber

Quecksilber (Hg) aus Anlagen zum Brennen keramischer Erzeugnisse stammt vorwiegend aus dem Material. Quecksilber wird beim Brennvorgang aufgrund der Temperaturerhöhung aus dem Rohmaterial freigesetzt. Dieser Parameter ist rein produktspezifisch. Eine Verfahrensspezifika kann als irrelevant ausgeschlossen werden. Eine Unterscheidung der Quecksilberquelle in Rohmaterial und Glasur kann aufgrund des vorliegenden Datenmaterials nicht vorgenommen werden.

3.13.1 Emissionserklärungen 2004

In den Emissionserklärungen 2004 sind für Anlagen zum Brennen keramischer Erzeugnisse insgesamt 34 valide Datensätze für Quecksilber (Hg) beinhaltet. Eine

Auswertung für einzelne Subsektoren ist aufgrund der geringen Datenbasis nicht möglich.

Tabelle 18: Ermittlung der mittleren Emissionsfaktoren Quecksilber von Anlagen zum Brennen von Keramischen Erzeugnissen aus den Emissionserklärungen (EM = Jahresemission in kg/a, AR = Aktivitätsrate in t/a)

| Subsektor | Ident | Anzahl Datensätze (valide) | Mittelwert Emissionsfaktor Σ (EM/AR) [kg/t] | Median Emissionsfaktor Σ (EM/AR) [kg/t] | Mittelwert Σ EM / Σ AR [kg/t] |
|-----------------------|-------|----------------------------|--|--|---|
| <i>Keramik gesamt</i> | | 34 | $7,5 \times 10^{-6}$ | $2,1 \times 10^{-7}$ | $4,9 \times 10^{-7}$ |

(Datenbank Emissionserklärungen DB_EE2004_23012009_MBBM.mdb,
Abfragedatenbank: EE-Emissionserklärungen_2009.12.18.mdb;
Abfrage: 15d_Keramik_5_Emissionen_für_Anlage;
Auswertung: 10_Keramik_Hg_Anlage_Emissionsfaktor_2009.12.18.xls)

Diskussion der Ergebnisse

Die Grafik (vgl. Anhang) zeigt, dass die Emissionen an den einzelnen Anlagen deutlich schwanken. Der Vergleich des Median mit dem Mittelwert zeigt, dass die Mehrzahl der Anlagen sehr geringe Emissionen an Quecksilber verursachen, einige wenige jedoch sehr hohe. Anhand der Anzahl der Daten je Größenordnung ist jedoch nicht von Fehleingaben oder falschen Datensätzen auszugehen.

Eine mögliche Ursache hierfür ist ein möglicher Glasurbrand im Bereich Sanitärkeramik oder Tafel- und Dekorgeschirr. Die Farbglasuren enthalten teilweise sehr hohe Anteile an Quecksilber. Beim Brennen der Erzeugnisse werden diese Verbindungen dann freigesetzt. Aufgrund der sehr geringen Datenbasis ist eine Einteilung in Subsektoren zur Überprüfung dieser These nicht sinnvoll und statistisch zu unsicher.

3.13.2 Messungen Müller-BBM

Im Rahmen der Emissionsmessungen durch Müller-BBM konnten nicht genügend auswertbare Daten für diese Komponente gesammelt werden. Auf eine Auswertung wird deshalb verzichtet.

3.14 Brennstoffbedingte Emissionen

Abschließend ist zu prüfen, ob die Emissionen prozess- oder brennstoffbedingt sind, d.h. ob die Emissionen dem Prozess zuzuordnen sind.

Als brennstoffbedingte Emissionen kommen Kohlenmonoxid (CO), Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O) als typische Feuerungsgase in Frage, während die Emissionskomponenten HF, PCDD/PCDF, Pb, Cd und Hg dem Prozess zuzuordnen sind.

Nach Kapitel 3.3 werden die Stoffangaben der brennstoffbedingten Emissionskomponenten CO, CH₄ und N₂O von den Betreibern wie folgt bewertet:

Tabelle 19: Stoffangaben Keramik für EBV mit Berechnungen (C), Schätzungen (E) und Messungen (M)

| Stoff | Gesamtsumme | C | E | M |
|------------------|--------------------|----------|----------|----------|
| Methan | 373 | 369 | 2 | 2 |
| Kohlenmonoxid | 769 | 460 | 151 | 158 |
| Distickstoffoxid | 457 | 454 | 1 | 2 |

Dabei ist auffällig, dass bei Methan und Distickstoffoxid praktisch nur berechnete Emissionsangaben vorliegen. Auch für Kohlenmonoxid überwiegt die Anzahl an Berechnungen und Schätzungen bei weitem. Es ist davon auszugehen, dass dabei Default-Emissionsfaktoren verwendet wurden.

4 Plausibilität und Unsicherheitsbetrachtung

4.1 Bewertung der Qualität der Angaben in den Emissionserklärungen

Die Qualität der Angaben in den Emissionserklärungen ist sehr unterschiedlich und hängt von vielen Einflussfaktoren ab, insbesondere

- Genauigkeit und Fehlerfreiheit der Dateneingabe durch den Betreiber
- Vorliegen von belastbaren Emissionsdaten für alle relevanten Emissionen (Messungen, Berechnungen, Schätzungen)
- Repräsentativität vorliegender Messungen für die zugeordneten Betriebszustände (i. d. R. werden einzelne Emissionsmessungen alle 3 Jahre durchgeführt)
- Betrachtung aller relevanter Betriebszustände
- Betrachtung aller relevanter Emissionen

Exemplarisch wird im Folgenden für die Emissionskomponente Kohlenmonoxid eine vergleichende Auswertung für die Teildatenmengen durchgeführt, die als

- Messung (M)
- Berechnung (C)
- Schätzung (E)

deklariert sind. Da die Deklaration M, C, E auf der Ebene der Emissionen bzw. Emissionsverursachender Betriebsvorgänge (EBV) vorliegt, muss eine diesbezügliche Auswertung auf EBV- nicht auf Anlagenebene durchgeführt werden. Durch Mehrfachzählung von Emissionen (Mehrere EBV pro Anlage) können sich dabei wiederum Ungenauigkeiten entstehen. Für eine Plausibilitätsprüfung der Datenqualität in Bezug auf die Deklaration M, C und E erscheint diese zusätzliche Ungenauigkeit aber tolerabel.

Wie nachfolgend exemplarisch für Kohlenmonoxid (viele valide Datensätze) und Fluorwasserstoff (viele Messungen) ausgewertet, kann festgestellt werden, dass die für die betrachteten Datenkollektive berechneten Emissionsfaktoren um teilweise deutlich mehr als einen Faktor 10 streuen. Dieses Ergebnis entspricht den Datenschwankungen aus den vorherigen Kapiteln in Bezug auf die unterschiedlichen Berechnungsansätze des Emissionsfaktors (Mittelwert bzw. Median der Emissionsfaktoren $\Sigma (EM/AR)$, Mittelwert $\Sigma EM / \Sigma AR$).

Als Ursache hierfür kommen z.B. in Frage:

- Teilweise zu geringe Anzahl von validen Datensätzen für statistische Auswertungen
- Unbekannte, sehr unterschiedliche Qualität der Daten in den Emissionserklärungen (z.B. sehr viele Schätzungen, Berechnungen)

Eine bessere Qualität der Emissionsfaktoren kann alleinig aus den Emissionserklärungen nicht gewonnen werden; hierzu sind zusätzlich aufwendige Detailbetrachtungen der einzelnen Anlagen notwendig.

4.1.1 Kohlenmonoxid CO

Tabelle 20: Kohlenmonoxid CO, Plausibilitätsprüfung der mittleren Emissionsfaktoren von Anlagen zum Brennen von Keramischen Erzeugnissen aus den Emissionserklärungen 2004, Anzahl der Datensätze

| Subsektor | Anlagenebene | EBV, Alle Daten (M, C, E) | EBV, Messungen (M) | EBV, Berechnungen (C) | EBV, Schätzungen (E) |
|---|--------------|---------------------------------------|--------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| Wand- und Bodenfliesen | 16 | 45 | 12 | 30 | 1 |
| Ziegelsteine und Dachziegel | 139 | 313 | 38 | 192 | 82 |
| Tafel- und Dekorgeschirr | 24 | 40 | 7 | 25 | 8 |
| Feuerfest-Produkte | 10 | 12 | 3 | 6 | 3 |
| Sanitärkeramik | 7 | 18 | 3 | 13 | 0 |
| Technische Keramik | 23 | 60 | 26 | 24 | 9 |
| Steinzeugrohre | 10 | 25 | 1 | 21 | 0 |
| Keramisch gebundene Schleifmittel | 8 | 26 | 6 | 20 | 0 |
| Blähtonerzeugnisse | 5 | 8 | 1 | 7 | 1 |
| <i>Keramik gesamt</i> | <i>297</i> | <i>712</i> | <i>139</i> | <i>425</i> | <i>140</i> |

(Daten für EBV: 11_Keramik_EBV_Emissionsfaktor_ECM_2009.12.18.xls
Daten für Anlagenebene: siehe Tabelle 9)

Tabelle 21: Kohlenmonoxid CO, Plausibilitätsprüfung der mittleren Emissionsfaktoren von Anlagen zum Brennen von Keramischen Erzeugnissen aus den Emissionserklärungen 2004 (EM = Jahresemission in kg/a, AR = Aktivitätsrate in t/a) (Mittelwert Σ EM / Σ AR)

| Subsektor | Anlagenebene | EBV, Alle Daten (M, C, E) | EBV, Messungen (M) | EBV, Berechnungen (C) | EBV, Schätzungen (E) |
|---|--------------|---------------------------------------|--------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| Wand- und Bodenfliesen | 0,373 | 0,100 | 0,104 | 0,098 | 0,043 |
| Ziegelsteine und Dachziegel | 0,128 | 0,048 | 0,106 | 0,015 | 0,092 |
| Tafel- und Dekorgeschirr | 0,783 | 0,609 | 0,778 | 0,082 | 3,908 |
| Feuerfest-Produkte | 1,267 | 1,207 | 3,029 | 0,129 | 0,025 |
| Sanitärkeramik | 0,345 | 0,094 | 0,064 | 0,103 | |
| Technische Keramik | 0,526 | 0,180 | 0,246 | 0,186 | 0,075 |
| Steinzeugrohre | 0,012 | 0,004 | 0,182 | 0,003 | |
| Keramisch gebundene Schleifmittel | 1,087 | 0,179 | 1,333 | 0,050 | |
| Blähtonerzeugnisse | 0,017 | 0,007 | 0,004 | 0,008 | 0,004 |
| <i>Keramik gesamt</i> | <i>0,184</i> | <i>0,063</i> | <i>0,173</i> | <i>0,025</i> | <i>0,087</i> |

(Datenbank Emissionserklärungen DB_EE2004_23012009_MBBM.mdb,
Abfragedatenbank: EE-Emissionserklärungen_2009.12.18.mdb;
Abfrage: 15d_Keramik_4d_Emissionen_für_EBV; Auswertung:
11_Keramik_EBV_Emissionsfaktor_ECM_2009.12.18.xls
Daten für Anlagenebene: siehe Tabelle 9)

4.1.2 Fluorwasserstoff HF**Tabelle 22:** Fluorwasserstoff HF, Plausibilitätsprüfung der mittleren Emissionsfaktoren von Anlagen zum Brennen von Keramischen Erzeugnissen aus den Emissionserklärungen 2004, Anzahl der Datensätze

| Subsektor | Anlagenebene | EBV, Alle Daten (M, C, E) | EBV, Messungen (M) | EBV, Berechnungen (C) | EBV, Schätzungen (E) |
|---|--------------|---------------------------------------|--------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| Wand- und Bodenfliesen | 16 | 35 | 35 | 0 | 0 |
| Ziegelsteine und Dachziegel | 140 | 173 | 165 | 4 | 2 |
| Tafel- und Dekorgeschrir | 23 | 33 | 29 | 2 | 2 |
| Feuerfest-Produkte | 9 | 10 | 7 | 2 | 1 |
| Sanitärkeramik | 7 | 12 | 9 | 1 | 0 |
| Technische Keramik | 17 | 31 | 27 | 4 | 0 |
| Steinzeugrohre | 11 | 14 | 11 | 0 | 0 |
| Keramisch gebundene Schleifmittel | 6 | 8 | 7 | 1 | 0 |
| Blähtonerzeugnisse | 4 | 7 | 6 | 0 | 1 |
| <i>Keramik gesamt</i> | <i>307</i> | <i>457</i> | <i>413</i> | <i>18</i> | <i>19</i> |

(11_Keramik_EBV_Emissionsfaktor_ECM_2009.12.18.xls
Daten für Anlagenebene: siehe Tabelle 11)

Tabelle 23: Fluorwasserstoff HF, Plausibilitätsprüfung der mittleren Emissionsfaktoren von Anlagen zum Brennen von Keramischen Erzeugnissen aus den Emissionserklärungen 2004 (EM = Jahresemission in kg/a, AR = Aktivitätsrate in t/a) (Mittelwert Σ EM / Σ AR)

| Subsektor | Anlagenebene | EBV, Alle Daten (M, C, E) | EBV, Messungen (M) | EBV, Berechnungen (C) | EBV, Schätzungen (E) |
|---|--------------|---------------------------------------|--------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| Wand- und Bodenfliesen | 0,010 | 0,004 | 0,004 | - | - |
| Ziegelsteine und Dachziegel | 0,005 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,007 |
| Tafel- und Dekorgeschirr | 0,041 | 0,029 | 0,029 | 0,030 | 0,019 |
| Feuerfest-Produkte | 0,004 | 0,004 | 0,007 | 0,001 | 0,001 |
| Sanitärkeramik | 0,009 | 0,004 | 0,004 | 0,001 | - |
| Technische Keramik | 0,026 | 0,010 | 0,010 | 0,008 | - |
| Steinzeugrohre | 0,009 | 0,007 | 0,007 | - | - |
| Keramisch gebundene Schleifmittel | 0,068 | 0,052 | 0,071 | 0,000 | - |
| Blähtonerzeugnisse | 0,026 | 0,011 | 0,011 | - | 0,400 |
| <i>Keramik gesamt</i> | <i>0,007</i> | <i>0,004</i> | <i>0,004</i> | <i>0,004</i> | <i>0,010</i> |

(Datenbank Emissionserklärungen DB_EE2004_23012009_MBBM.mdb,
Abfragedatenbank: EE-Emissionserklärungen_2009.12.18.mdb;
Abfrage: 15d_Keramik_4d_Emissionen_für_EBV; Auswertung:
11_Keramik_EBV_Emissionsfaktor_ECM_2009.12.18.xls
Daten für Anlagenebene: siehe Tabelle 11)

Diskussion der Ergebnisse

Es kann kein systematischer Zusammenhang zwischen der Bestimmungsmethodik der Emissionserklärungs-Eingangsdaten (Messung, Berechnung, Schätzung) und den ermittelten Emissionsfaktoren hergestellt werden.

Ein genereller Trend, welche Bestimmungsart die höchsten bzw. niedrigsten Emissionsfaktoren liefert, kann nicht festgestellt werden. Die dargestellten Emissionsfaktoren zeigen, dass sowohl die Bestimmungsmethodiken Emissionsmessungen als auch Schätzungen und Berechnung zu überdurchschnittlich hohen oder niedrigen Emissionsfaktoren führen können.

Anhand der Ergebnisse kann festgestellt werden, dass eine Unterscheidung in die einzelnen Qualitätsstufen (Messung, Berechnung, Schätzung) nicht sinnvoll erscheint.

4.2 Plausibilitätsbewertung der Emissionsfaktoren in den Subsektoren

Die ermittelten Emissionsfaktoren können im Allgemeinen als plausibel dargestellt werden. Auf Einschränkungen bei den Emissionsfaktoren für den Bereich Technische Keramik für die Komponenten CO und Methan wird hier nochmals hingewiesen. Gründe hierfür sind in der Diskussion zu den einzelnen Komponenten dargestellt.

Kohlenmonoxid CO

Für die Komponente CO kann generell festgestellt werden, dass mit steigender Produktionsleistung (Ziegelsteine und Dachziegel, Steinzeugrohre) der Emissionsfaktor abnimmt, wogegen mit steigenden Qualitätsanforderungen und somit sinkender Besatzdichte (Tafel- und Dekorgeschirr, Feuerfestprodukte) der Emissionsfaktor steigt. Eine Zufälligkeit und Unsicherheit der Werte, die die Emissionsfaktoren in Frage stellen würde, ist hier nicht zu erkennen. Einzig der Fakt, dass auch Anlagen mit elektrischer Beheizung erklärt wurden, lässt eine gewisse, aber vertretbare Unsicherheit erahnen. Dieser Einfluss ist allerdings sehr gering, da für die meisten elektrisch beheizten Anlagen keine CO-Emissionen erklärt wurden.

Methan CH₄, Distickstoffmonoxid N₂O (Lachgas)

Da es sich bei Methan und Distickstoffmonoxid ebenfalls wie CO um Prozessparameter handelt, ist ein ähnlicher Trend wie bei CO zu erwarten. Der für CO festgestellte Trend kann dagegen nicht allgemein für die Parameter Methan und Distickstoffmonoxid (Lachgas) festgestellt werden. Allerdings besitzt auch hier das Tafel- und Dekorgeschirr mit einer sehr geringen Produktionsleistung und hoher Qualitätsanforderung den höchsten Emissionsfaktor für CH₄ und N₂O. Grund für die Abweichung vom erwarteten Trend kann in der mangelnden Datenlage gesucht werden. Für die Komponente CO stehen deutlich mehr Daten zur Verfügung als für Methan oder Lachgas. Die statistische Unsicherheit für CH₄ und N₂O ist sehr groß, so dass die Höhe der Emissionsfaktoren eher zufällig erscheint.

Aufgrund der unterschiedlichen Betriebscharakteristiken auch innerhalb eines Subsektors kann allerdings nicht mit Sicherheit belegt werden, dass hier tatsächlich eine zufällige Anordnung vorliegt. Alle verwendeten Werte zur Bildung des Emissionsfaktors wurden einer Plausibilitätsprüfung unterzogen. Somit muss auch unterstellt werden, dass die daraus berechneten Faktoren plausibel sind, auch wenn kein Trend wie beim Emissionsparameter CO zu erkennen ist.

Fluorwasserstoff HF

Der Parameter HF ist rein produktspezifisch; was bedeutet, dass die HF-Emissionen nur aus dem Material freigesetzt werden. Als genereller Trend kann hierbei festgehalten werden, dass die Emissionsfaktoren der Subsektoren am höchsten sind (Tafel- und Dekorgeschirr, Keramisch gebundene Schleifmittel), bei denen die Produktoberfläche am größten ist. Die Emissionsfaktoren für HF sind in den Subsektoren mit geringen Produktoberflächen bezogen auf die eingesetzte Masse, deutlich niedriger. Dieser Trend entspricht den Erwartungen, da HF bei Erhitzen des Produktes freigesetzt wird. Dabei wird umso mehr freigesetzt, je größer die Oberfläche ist. Ein Einfluss der Betriebscharakteristik ist nicht zu erwarten. Die dargestellten Werte sind somit als plausibel einzustufen und unterliegen somit keiner erkennbaren Zufälligkeit. Einzig der Fakt, dass unterschiedliche Rohmaterialien mit unterschiedlichen Fluorid-Massenkonzentrationen eingesetzt werden, lässt eine gewisse Zufälligkeit und Unsicherheit vermuten.

PAK, Pb, Cd, Hg und PCDD / PCDF

Eine Betrachtung der Plausibilität und der Unsicherheit bei den Parametern PAK, Pb, Cd, Hg und PCDD / PCDF kann nicht durchgeführt werden. Hierfür ist die Datenlage zu gering, zumal keine Einteilung in die Subsektoren erfolgte. Ein Vergleich verschiedener Werte sowie eine Trendbildung sind somit nicht möglich.

4.3 Bewertung Emissionsfaktoren aus Emissionsmessungen

Eine Diskussion der aus Emissionsmessungen ermittelten Emissionsfaktoren ist in den stoffspezifischen Kapiteln beinhaltet.

Kohlenmonoxid CO

Siehe Kapitel 3.5.2.

Die direkt auf Basis von Emissionsmessungen ermittelten Emissionsfaktoren liegen in allen Subsektoren zum Teil deutlich über den aus den Emissionserklärungen ermittelten Faktoren.

Ursächlich können Grenzwertüberschreitungen für die Komponente CO in keramischen Betrieben mit Gasfeuerung sein, die nach Erfahrung von Müller-BBM nicht selten ist. Die Bildung von CO ist stark von der Brennraumgeometrie und somit von der Besatzdichte abhängig. An vielen Anlagen zum Brennen keramischer Erzeugnisse kann der Grenzwert für CO nicht eingehalten werden.

Fluorwasserstoff HF

Siehe Kapitel 3.6.2.

Die direkt auf Basis von Emissionsmessungen ermittelten Emissionsfaktoren liegen in allen Subsektoren zum Teil deutlich über den aus den Emissionserklärungen ermittelten Faktoren.

Erfahrungsgemäß werden an vielen Anlagen deutlich höhere HF-Konzentrationen gemessen, als dies zu erwarten ist. Grund hierfür ist die meist schlechte Wartung

und Einstellung der HF-Adsorber. Außerdem wird zum Teil sehr viel Fluor bei dem Brennvorgang freigesetzt.

Methan, N₂O, PAK, Pb, Cd, Hg und PCDD / PCDF

Im Rahmen der Emissionsmessungen durch Müller-BBM konnten nicht genügend auswertbare Daten für diese Komponente gesammelt werden. Auf eine Auswertung wird deshalb verzichtet.

4.4 Bewertung der Gültigkeit der Emissionsfaktoren für die Zeitreihe 1990 bis 2010

Die ermittelten Emissionsfaktoren in Kilogramm Emission pro Tonne Keramik (Produkt des jeweiligen Subsektors), berechnet als Mittelwert $\Sigma EM / \Sigma AR$ aus der Summen-Emission (ΣEM) und der Summen-Aktivitätsrate (Produktionsmenge, ΣAR) sind in den Tabellen 24 und 25 der Zusammenfassung aufgeführt.

Es kann festgestellt werden, dass die für die betrachteten Datenkollektive berechneten Emissionsfaktoren um teilweise deutlich mehr als einen Faktor 10 streuen. Eine bessere Qualität der Emissionsfaktoren kann alleinig aus den Emissionserklärungen nicht gewonnen werden; hierzu sind zusätzlich aufwendige Detailbetrachtungen der einzelnen Anlagen notwendig.

Relevante Änderungen des Anlagenbestandes sind für den Zeitraum 1990 bis 2010 nicht bekannt.

Daher wird empfohlen, auch unter Berücksichtigung der Unsicherheiten, für den Zeitraum 1990 bis 2010 die o. a. Emissionsfaktoren unverändert anzusetzen.

5 Zusammenfassung

Für die keramische Industrie sind Emissionsfaktoren (EF) für die Emissionsparameter Methan, (CH₄), Kohlenmonoxid (CO), Fluorwasserstoff (HF), Dioxine und Furane (PCDD / PCDF), Distickstoffoxid (N₂O), Cadmium in Verbindung (Cd), Blei in Verbindung (Pb), elementares Quecksilber (Hg) und Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH) zu bestimmen.

Basis dieser Auswertungen sind die Daten zur Emissionserklärung aus dem Jahre 2004, in denen für insgesamt 620 Anlagen oder Anlagenteile zum Brennen keramischer Erzeugnisse Emissionen erklärt werden.

Die Ermittlung der Emissionsfaktoren je Emissionskomponente erfolgt dabei für Subsektoren wie folgt:

- 1 Wand- und Bodenfliesen
- 2 Ziegelsteine und Dachziegel
- 3 Tafelgeschirr und Dekorgeschirr
- 4 Feuerfest-Produkte
- 5 Sanitärkeramik
- 6 Technische Keramik
- 7 Steinzeugrohre
- 8 keramisch gebundene Schleifmittel
- 9 Blähtonerzeugnisse

sowie darüber hinaus aggregiert über alle Subsektoren.

Auf Basis der aus den Emissionserklärungen 2004 sowie zusätzlich aus Messungen der Müller-BBM an Anlagen der keramischen Industrie ermittelten und ausgewerteten Daten ist es möglich, für die einzelnen relevanten Komponenten Emissionsfaktoren festzulegen. Hierbei wird die bisher festgesetzte Subsektorientierung beibehalten.

Als wichtige Erkenntnis kann aufgeführt werden, dass eine Einteilung in die 9 Subsektoren für die Emissionskomponenten CO, CH₄ und N₂O als verfahrensspezifische Parameter und für HF als produktspezifische Emissionskomponente möglich und sinnvoll ist.

Aufgrund der geringen Datenmenge bzw. der nachgewiesenen Irrelevanz für PCDD / PCDF, PAK, Pb, Cd und Hg ist eine derartige Kategorisierung für diese Emissionskomponenten nicht möglich und sinnvoll.

Die Emissionsfaktoren in Kilogramm Emission pro Tonne Keramik (Produkt des jeweiligen Subsektors), berechnet als Mittelwert $\Sigma EM / \Sigma AR$ aus der Summen-Emission (ΣEM) und der Summen-Aktivitätsrate (Produktionsmenge, ΣAR) sind in den nachfolgenden Tabellen aufgeführt.

Tabelle 24: Ermittlung der mittleren Emissionsfaktoren (Mittelwert Σ EM / Σ AR) von Anlagen zum Brennen von Keramischen Erzeugnissen aus den Emissionserklärungen 2004

| Subsektor | Emissionsfaktor in kg/t | | | |
|-----------------------------------|-------------------------|--------------|-----------------|------------------|
| | CO | HF | CH ₄ | N ₂ O |
| Wand- und Bodenfliesen | 0,37 | 0,010 | 0,004 | 0,000 |
| Ziegelsteine und Dachziegel | 0,13 | 0,005 | 0,003 | 0,002 |
| Tafel- und Dekorgeschirr | 0,78 | 0,041 | 0,032 | 0,023 |
| Feuerfest-Produkte | 1,27 | 0,004 | 0,007 | 0,006 |
| Sanitärkeramik | 0,34 | 0,009 | 0,030 | 0,001 |
| Technische Keramik | 0,52 | 0,026 | 0,038 | 0,004 |
| Steinzeugrohre | 0,01 | 0,009 | 0,004 | 0,003 |
| Keramisch gebundene Schleifmittel | 1,09 | 0,068 | 0,013 | 0,007 |
| Blähtonerzeugnisse | 0,02 | 0,026 | 0,008 | 0,006 |
| <i>Keramik gesamt</i> | <i>0,18</i> | <i>0,007</i> | <i>0,004</i> | <i>0,002</i> |

Tabelle 25: Ermittlung der mittleren Emissionsfaktoren (Mittelwert Σ EM / Σ AR) von Anlagen zum Brennen von keramischen Erzeugnissen aus den Emissionserklärungen 2004

| Subsektor | Emissionsfaktor in kg/t | | | | |
|-----------------------|-------------------------|-----|----------------------|----------------------|----------------------|
| | PCDD / PCDF | PAK | Pb | Cd | Hg |
| <i>Keramik gesamt</i> | $9,9 \times 10^{-12}$ | - | $1,4 \times 10^{-4}$ | $4,0 \times 10^{-6}$ | $4,9 \times 10^{-7}$ |

Die Emissionsfaktoren wurden aus den Daten der Emissionserklärungen 2004 abgeleitet.

Statistische Auswertungen zu den angegebenen Emissionsfaktoren finden sich im Anhang B und den zugrunde liegenden Excel-Tabellen.

Es kann festgestellt werden, dass die für die betrachteten Datenkollektive berechneten Emissionsfaktoren um teilweise deutlich mehr als einen Faktor 10 streuen. Als Ursache hierfür kommen z. B. in Frage:

- Teilweise zu geringe Anzahl von validen Datensätzen für statistische Auswertungen
- Unbekannte, sehr unterschiedliche Qualität der Daten in den Emissionserklärungen (z.B. sehr viele Schätzungen, Berechnungen)

Eine bessere Qualität der Emissionsfaktoren kann nicht allein aus den Emissionserklärungen gewonnen werden; hierzu sind zusätzlich aufwendige Detailbetrachtungen der einzelnen Anlagen notwendig.

6 Quellenverzeichnis

Gesetzliche Grundlagen

- [1] Elfte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Emissionserklärungen, 11. BImSchV) vom 29. April 2004, zuletzt geändert am 05. März 2007
- [2] Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (4. BImSchV) in der Fassung der Bekanntmachung vom 14. März 1997 (BGBl. I Nr. 17 vom 20.03.1997 S. 504), zuletzt geändert am 11. August 2009 (BGBl. I Nr. 53 S. 2723)

Literatur

- [3] Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories
- [4] VDI-Richtlinie 2585: Emissionsminderung Keramische Industrie, Februar 2006
- [5] Daten aus Emissionsmessungen der Müller-BBM GmbH an Anlagen zum Brennen keramischer Erzeugnisse
- [6] Emissionsfaktoren-Handbuch Emissionserklärung 2004 der UMEG, Bericht Nr. 4-02/2005

Verwendete Datenbanken

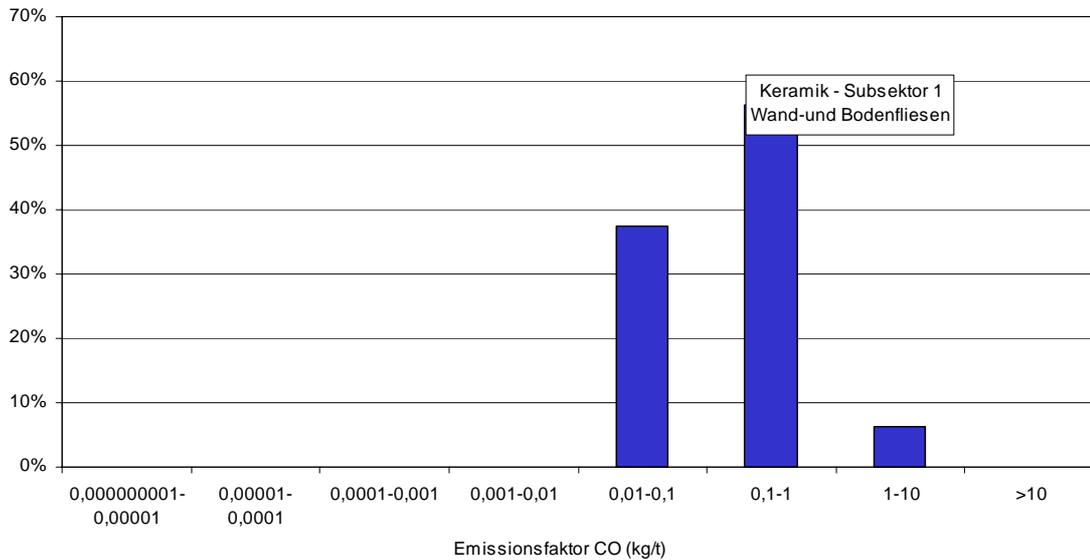
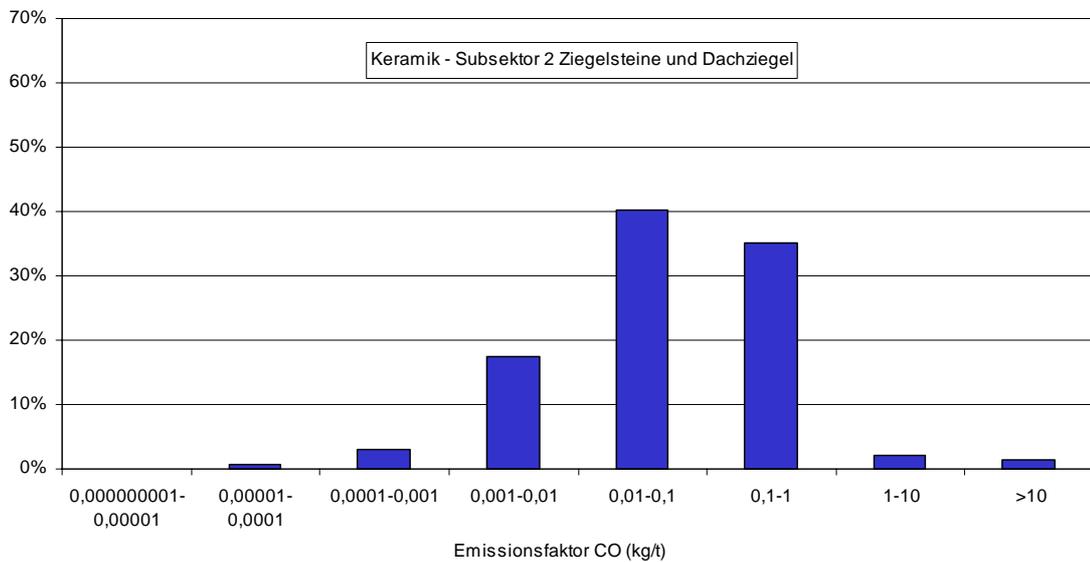
- [7] Datenbank Emissionserklärungen Stand 23.01.2009:
DB_EE2004_23012009_MBBM.mdb
- [8] Abfragedatenbank: EE-Emissionserklärungen_2009.12.18.mdb
- [9] EE_Kodierungen.MDB

Verwendete Excel-Auswertungen

- [10] 1_Keramik_Produktionsleistung_2009.12.18.xls
- [11] 2_Keramik_CO_Emissionsfaktor_2009.12.18.xls
- [12] 3_Keramik_HF_Anlage_Emissionsfaktor_2009.12.18.xls
- [13] 4_Keramik_CH4_Anlage_Emissionsfaktor_2009.12.18.xls
- [14] 5_Keramik_N2O_Anlage_Emissionsfaktor_2009.12.18.xls
- [15] 6_Keramik_Dioxin_Anlage_Emissionsfaktor_2009.12.18.xls
- [16] 7_Keramik_PAK_Anlage_Emissionsfaktor_2009.12.18.xls
- [17] 8_Keramik_Pb_Anlage_Emissionsfaktor_2009.12.18.xls
- [18] 9_Keramik_Cd_Anlage_Emissionsfaktor_2009.12.18.xls
- [19] 10_Keramik_Hg_Anlage_Emissionsfaktor_2009.12.18.xls
- [20] 11_Keramik_EBV_Emissionsfaktor_ECM_2009.12.18.xls

Anhang A

Grafische Darstellung der statistischen Verteilung von Emissionsfaktoren

Kohlenmonoxid**Abbildung 11.** Emissionsfaktoren CO, Subsektor Wand- und Bodenfliesen, 16 Anlagen**Abbildung 12.** Emissionsfaktoren CO, Subsektor Ziegelsteine und Dachziegel, 139 Anlagen

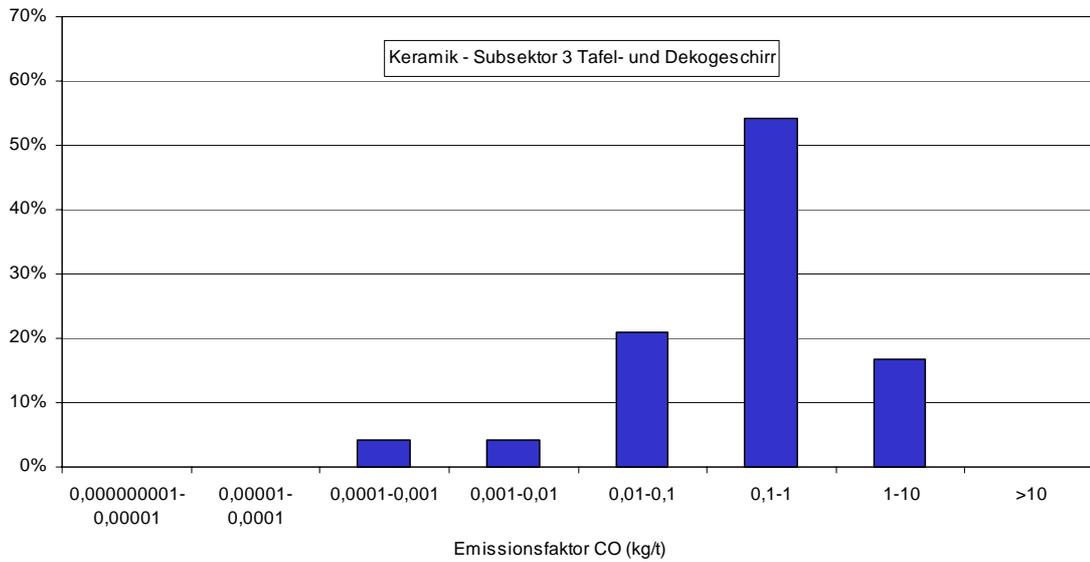


Abbildung 13. Emissionsfaktoren CO, Subsektor Tafel- und Dekorgeschirr, 24 Anlagen

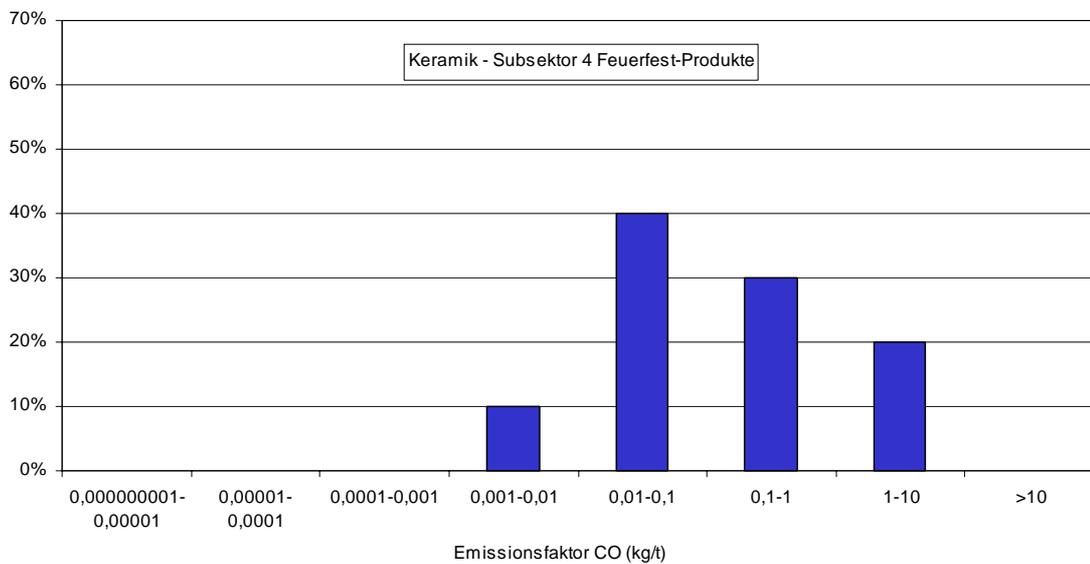


Abbildung 14. Emissionsfaktoren CO, Subsektor Feuerfest-Produkte, 10 Anlagen

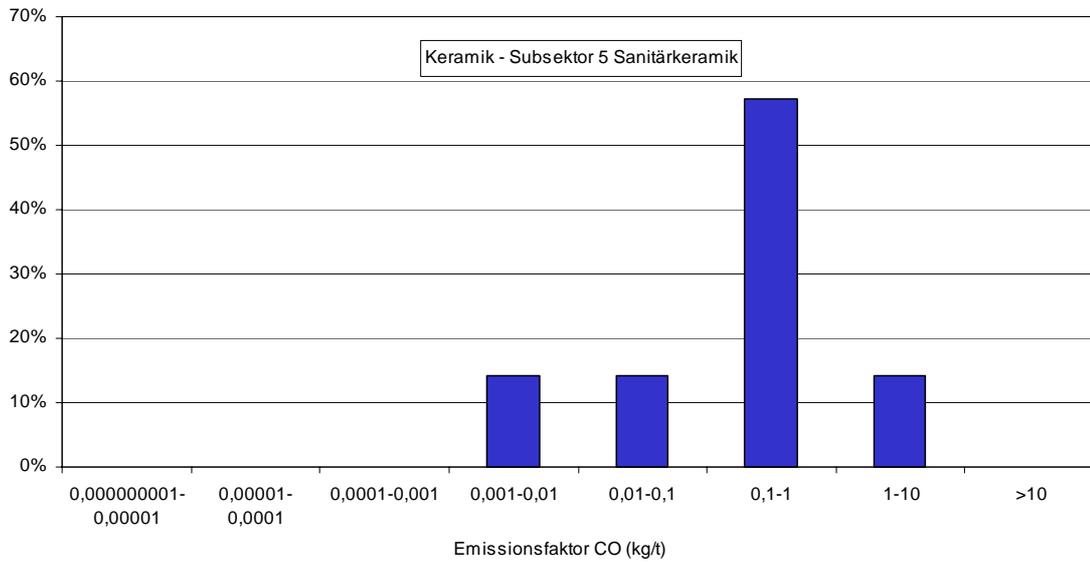


Abbildung 15. Emissionsfaktoren CO, Subsektor Sanitärkeramik, 7 Anlagen

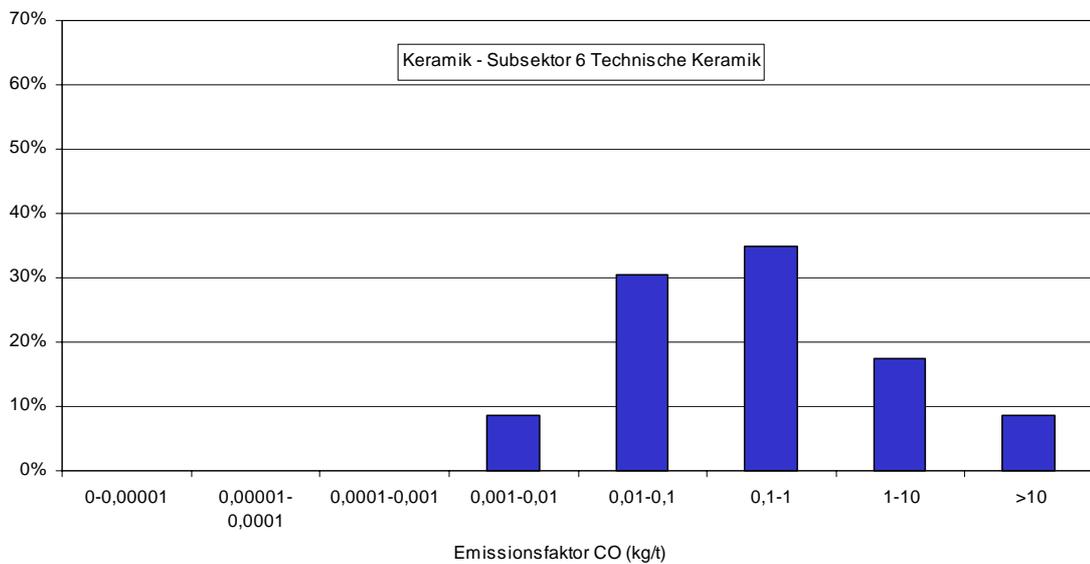


Abbildung 16. Emissionsfaktoren CO, Subsektor Technische Keramik, 23 Anlagen

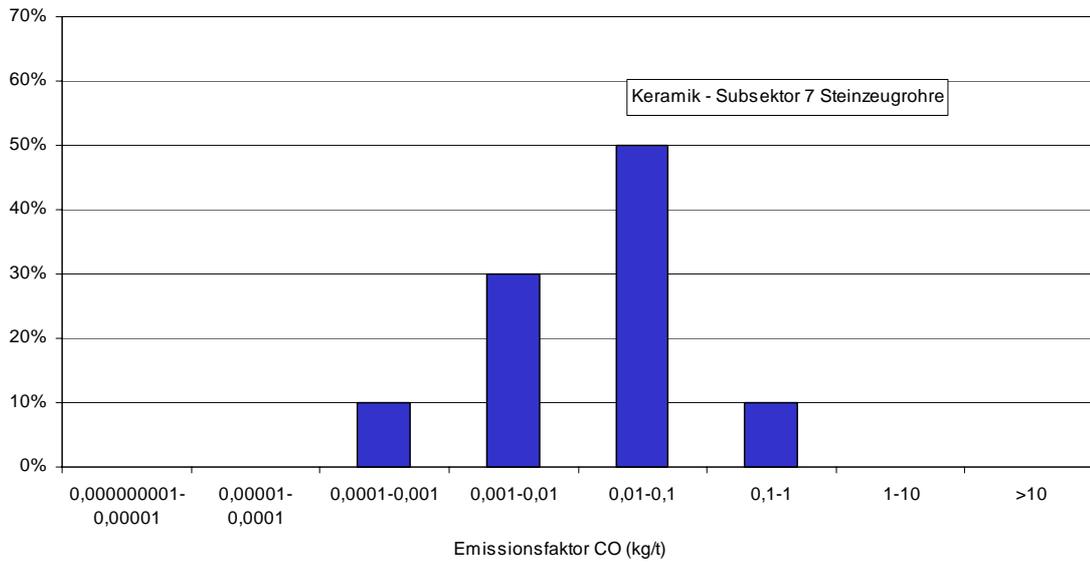


Abbildung 17. Emissionsfaktoren CO, Subsektor Steinzeugrohre, 10 Anlagen

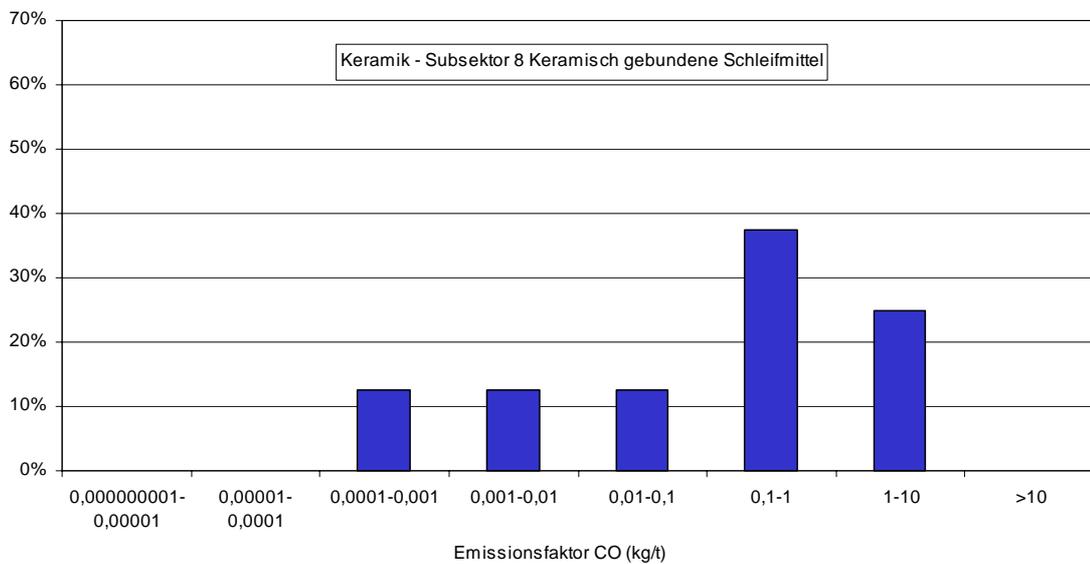


Abbildung 18. Emissionsfaktoren CO, Subsektor Keramisch gebundene Schleifmittel, 8 Anlagen

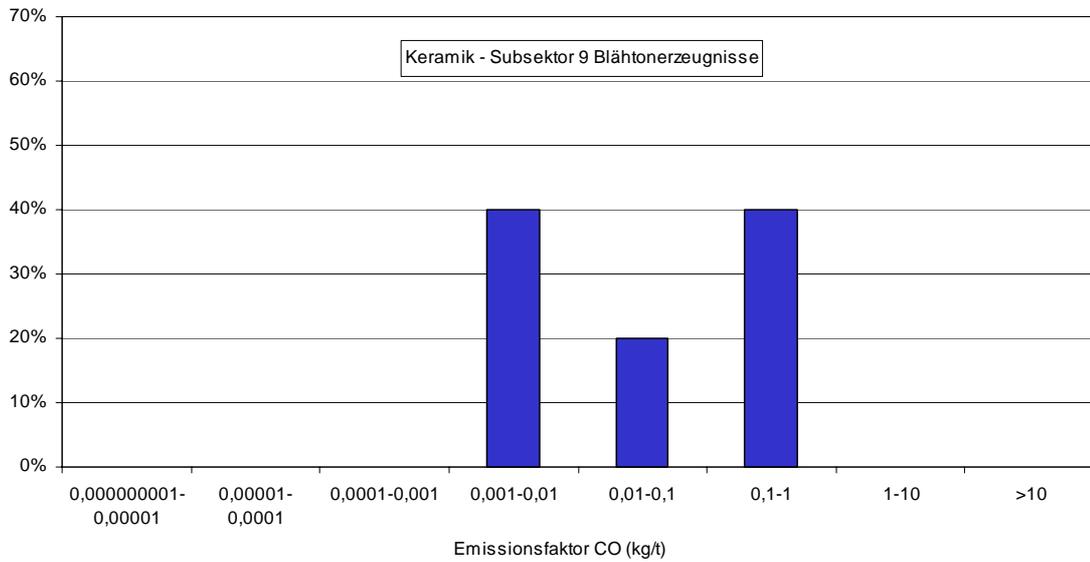


Abbildung 19. Emissionsfaktoren CO, Subsektor Blähtonerzeugnisse, 5 Anlagen

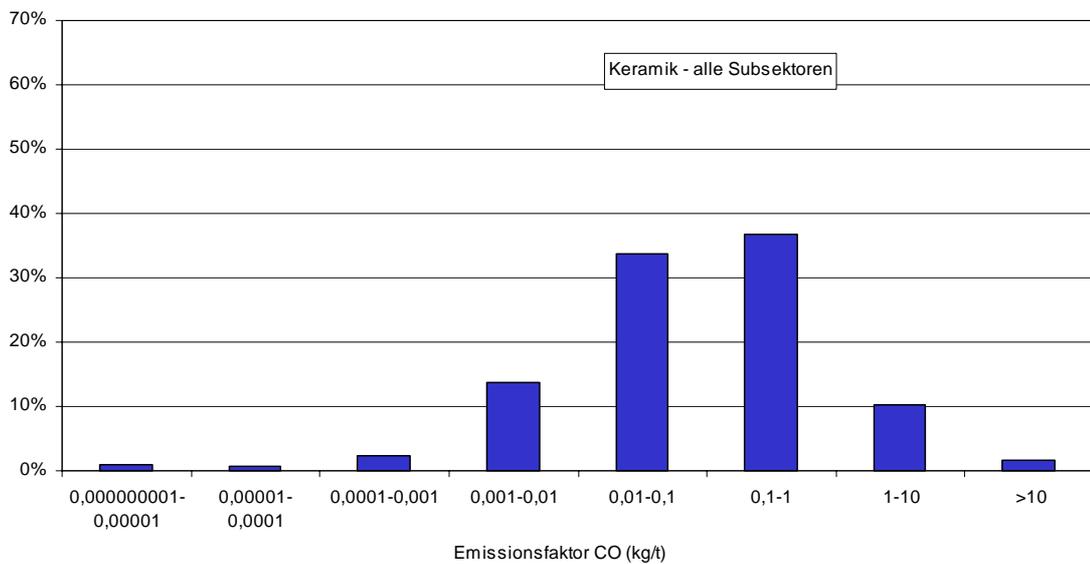
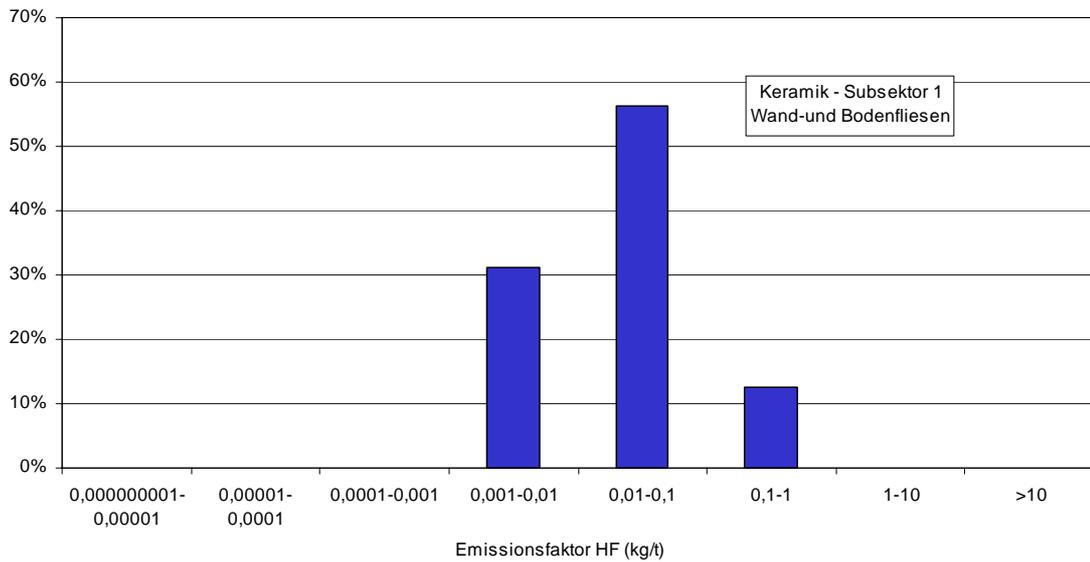
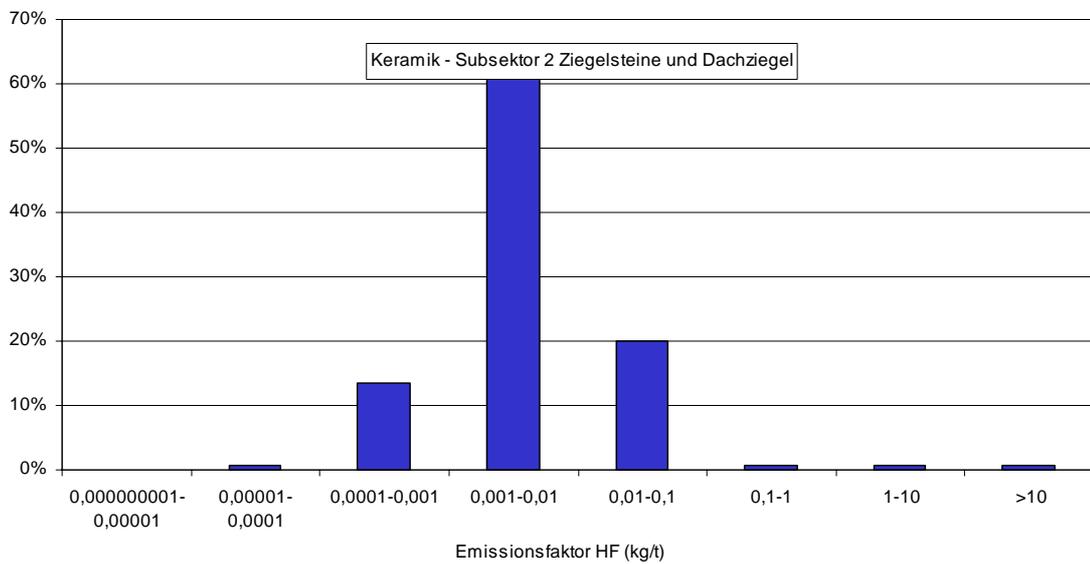


Abbildung 20. Emissionsfaktoren CO, Keramik gesamt, 297 Anlagen

Fluorwasserstoff**Abbildung 21.** Emissionsfaktoren HF, Subsektor Wand- und Bodenfliesen, 16 Anlagen**Abbildung 22.** Emissionsfaktoren HF, Subsektor Ziegelsteine und Dachziegel, 140 Anlagen

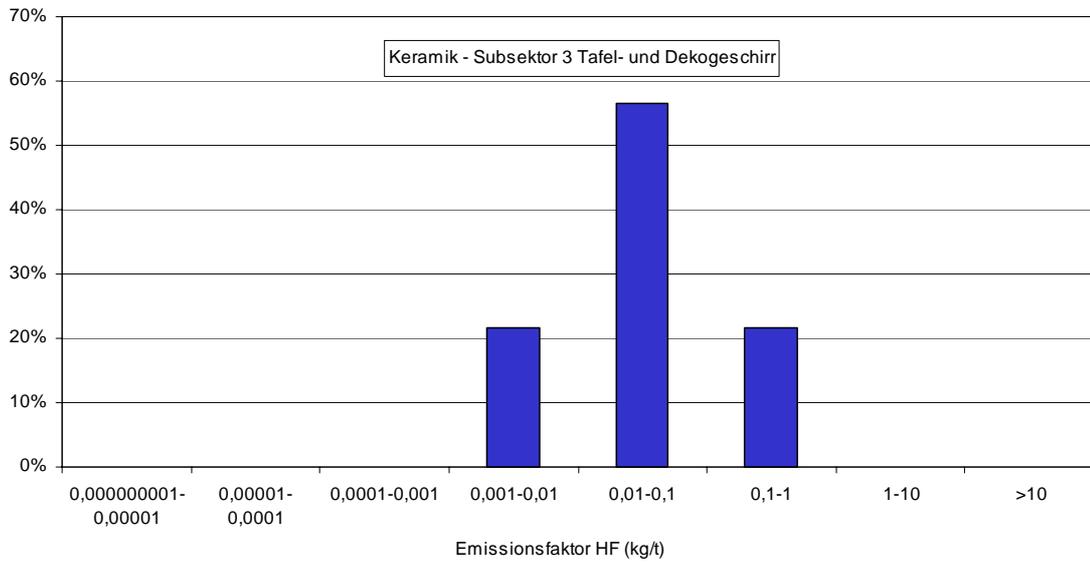


Abbildung 23. Emissionsfaktoren HF, Subsektor Tafel- und Dekorgeschrir, 23 Anlagen

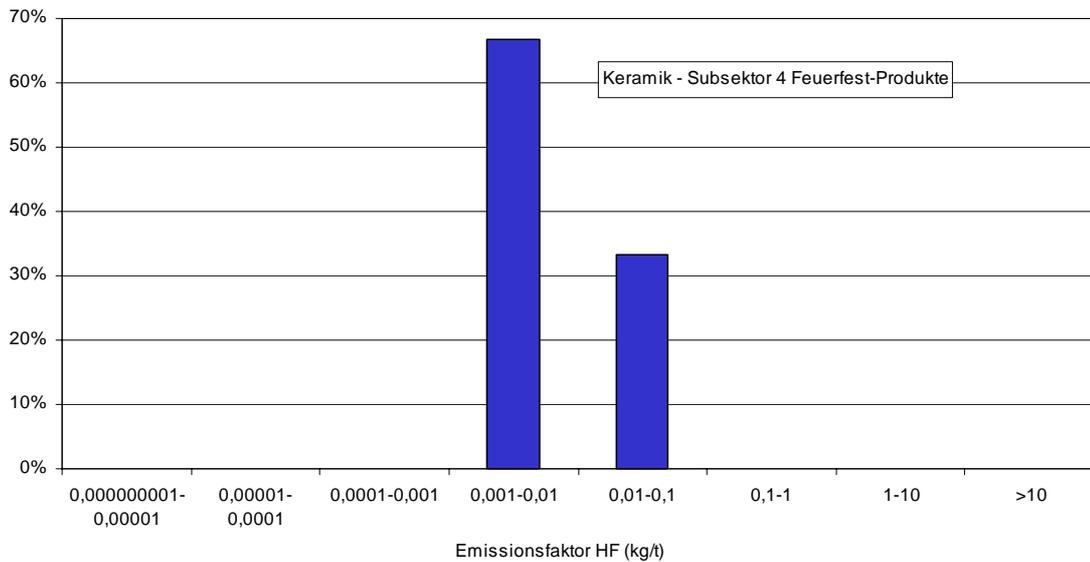


Abbildung 24. Emissionsfaktoren HF, Subsektor Feuerfest-Produkte, 9 Anlagen

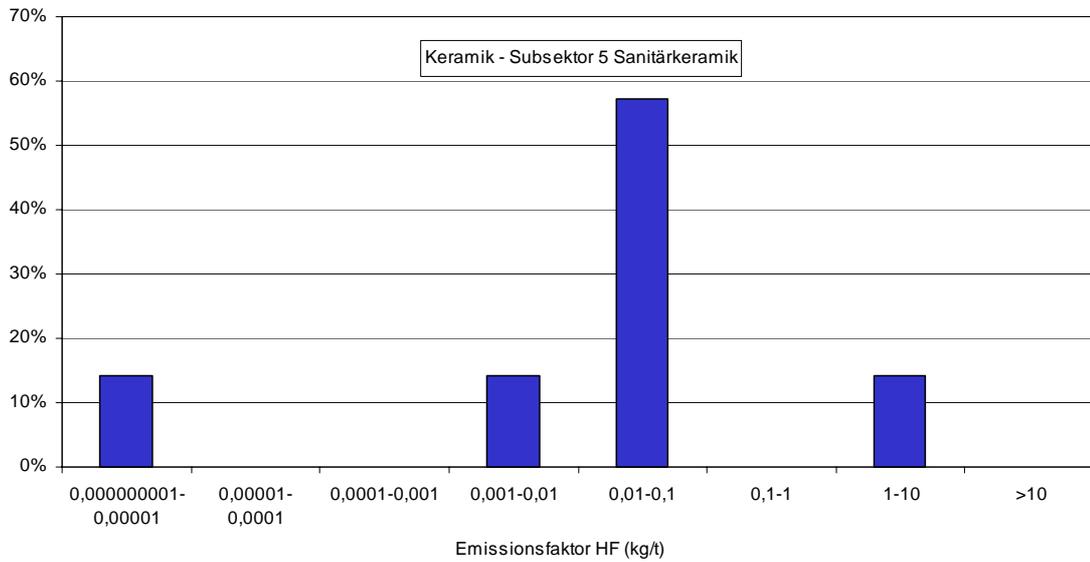


Abbildung 25. Emissionsfaktoren HF, Subsektor Sanitärkeramik, 7 Anlagen

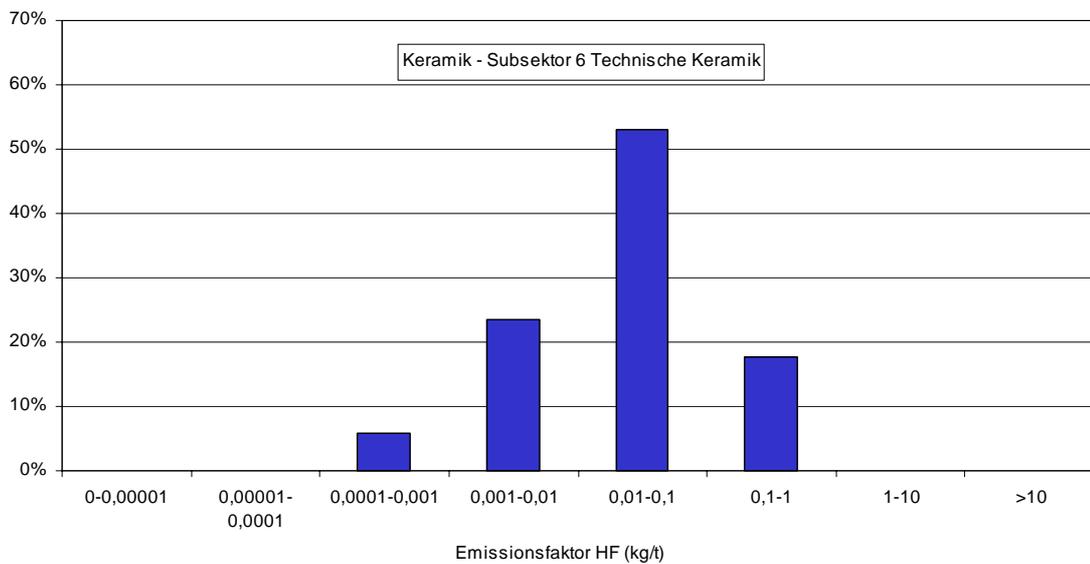


Abbildung 26. Emissionsfaktoren HF, Subsektor Technische Keramik, 17 Anlagen

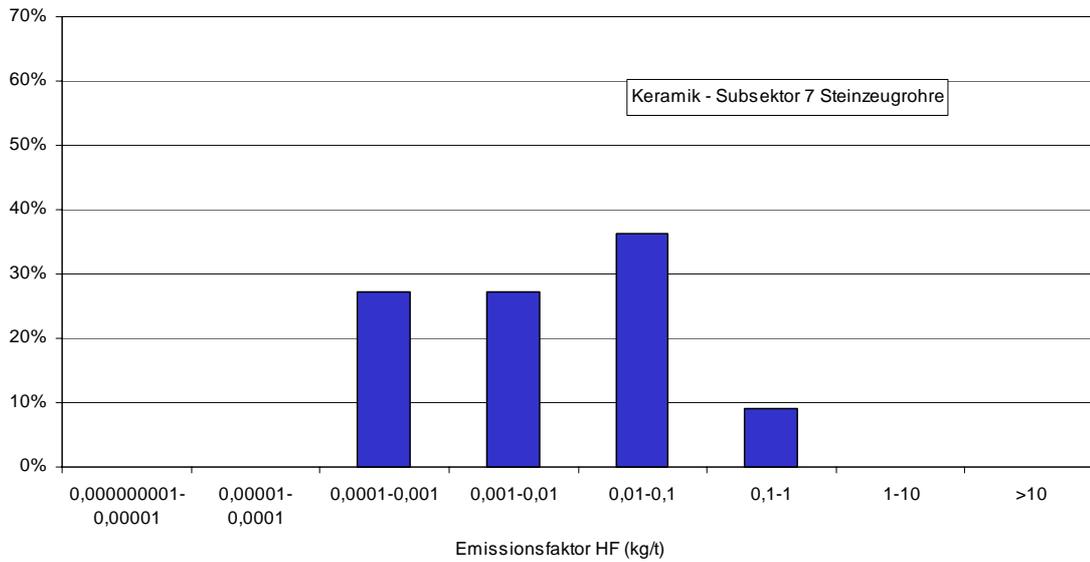


Abbildung 27. Emissionsfaktoren HF, Subsektor Wand- und Bodenfliesen, 11 Anlagen

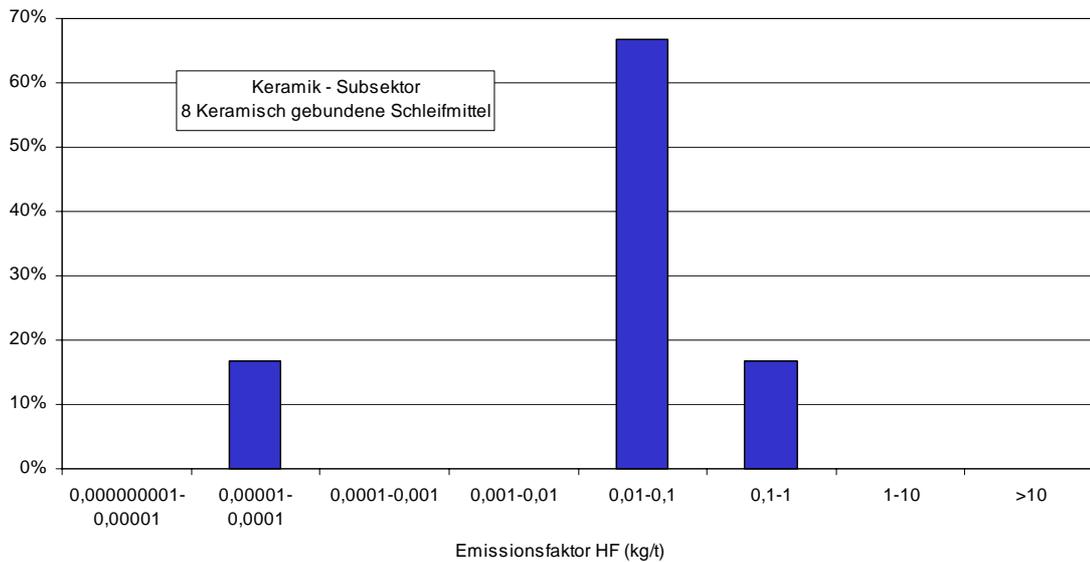


Abbildung 28. Emissionsfaktoren HF, Subsektor Keramisch gebundene Schleifmittel, 6 Anlagen

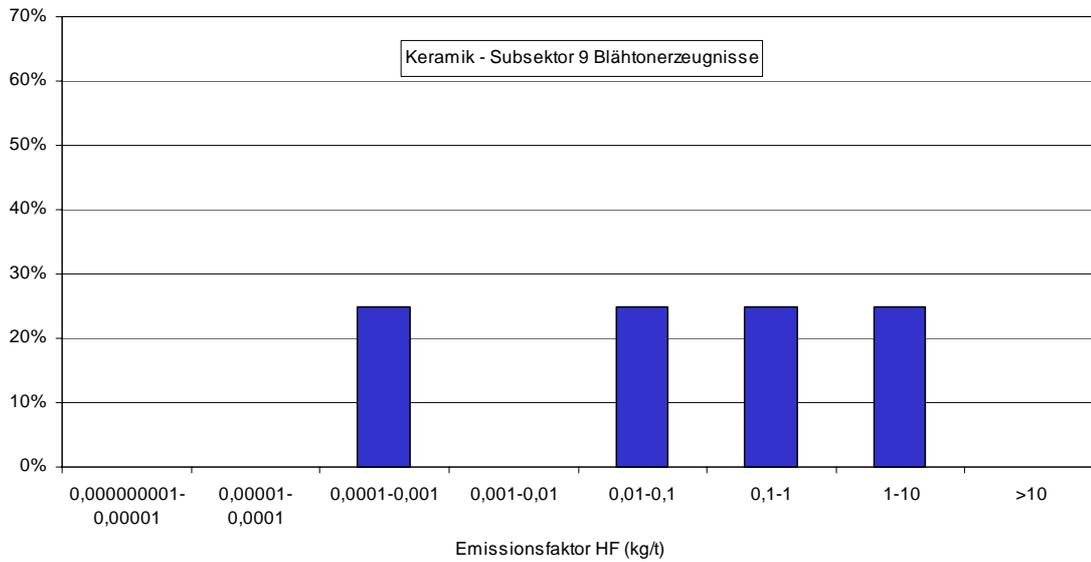


Abbildung 29. Emissionsfaktoren HF, Subsektor Blähtonerzeugnisse, 4 Anlagen

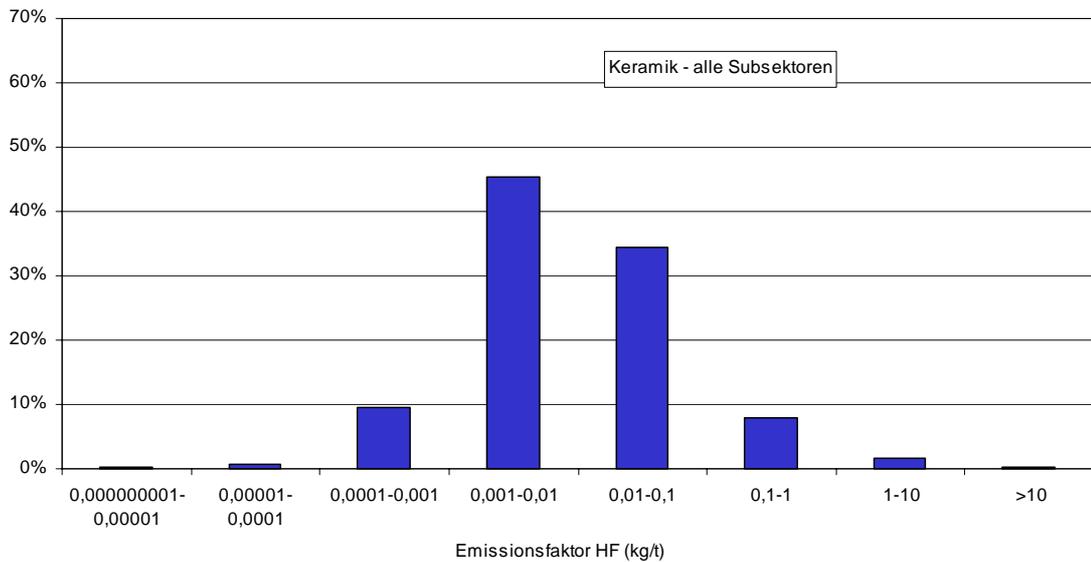
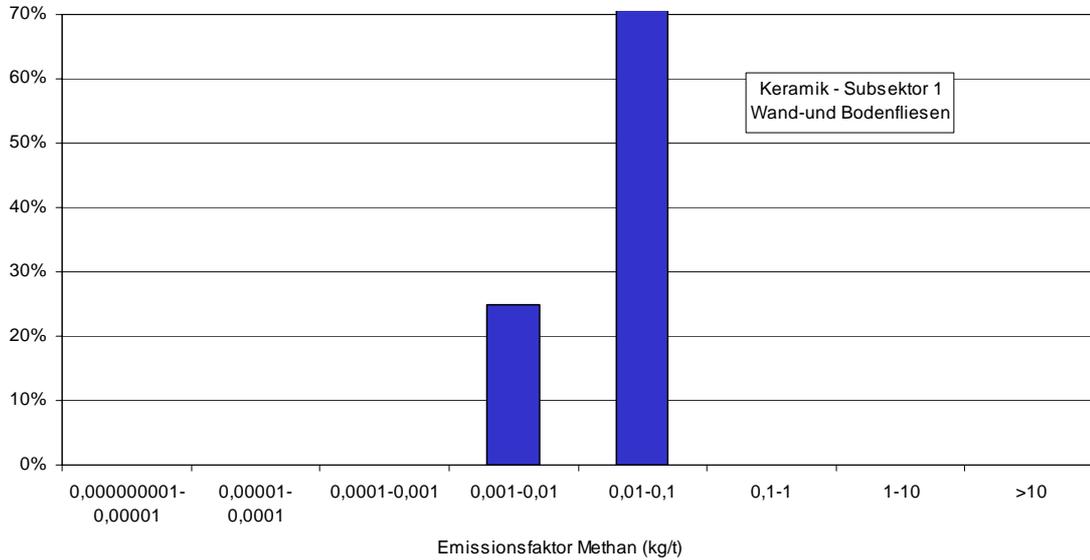
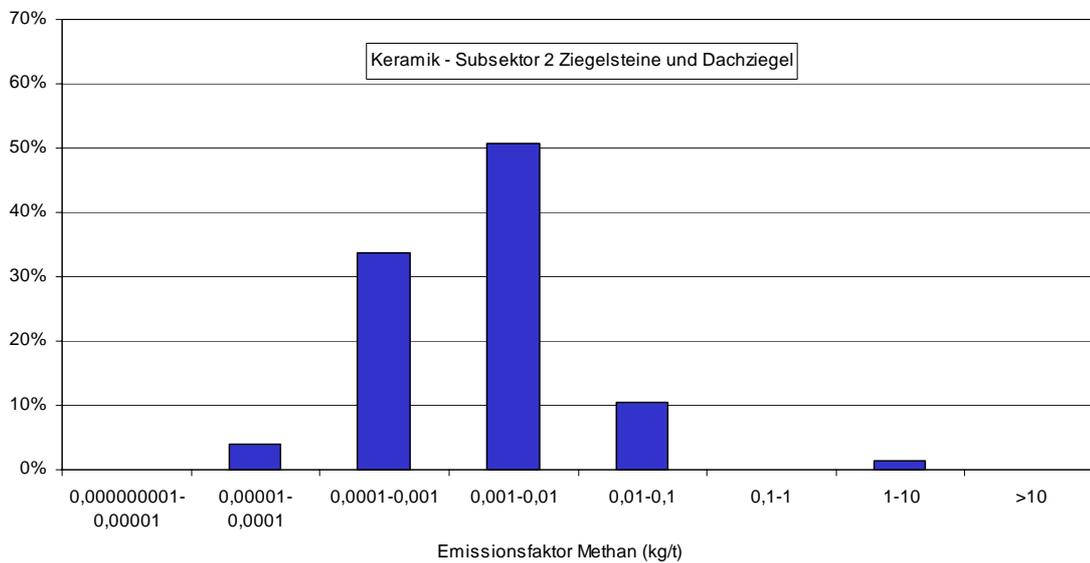


Abbildung 30. Emissionsfaktoren HF, Keramik gesamt, 307 Anlagen

Methan**Abbildung 31.** Emissionsfaktoren Methan, Subsektor Wand- und Bodenfliesen, 5 Anlagen**Abbildung 32.** Emissionsfaktoren Methan, Subsektor Ziegelsteine und Dachziegel, 82 Anlagen

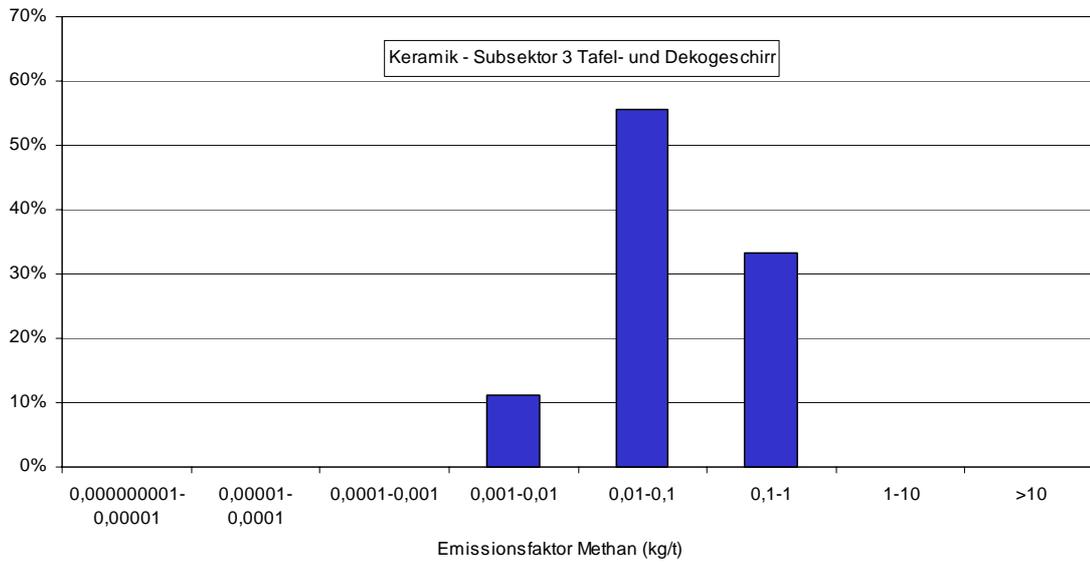


Abbildung 33. Emissionsfaktoren Methan, Subsektor Tafel- und Dekogeschirr, 9 Anlagen

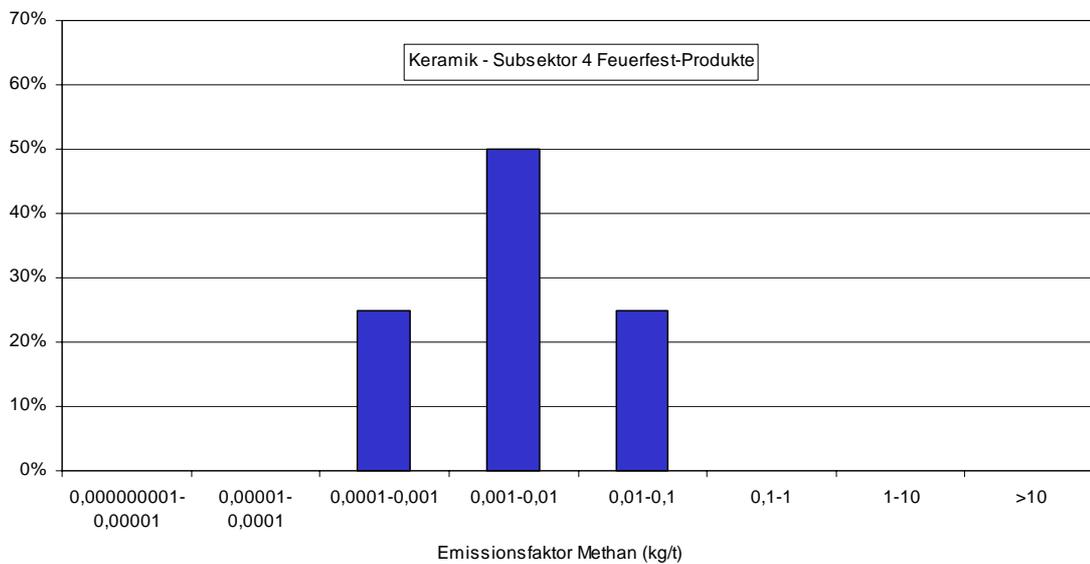


Abbildung 34. Emissionsfaktoren Methan, Subsektor Feuerfest-Produkte, 4 Anlagen

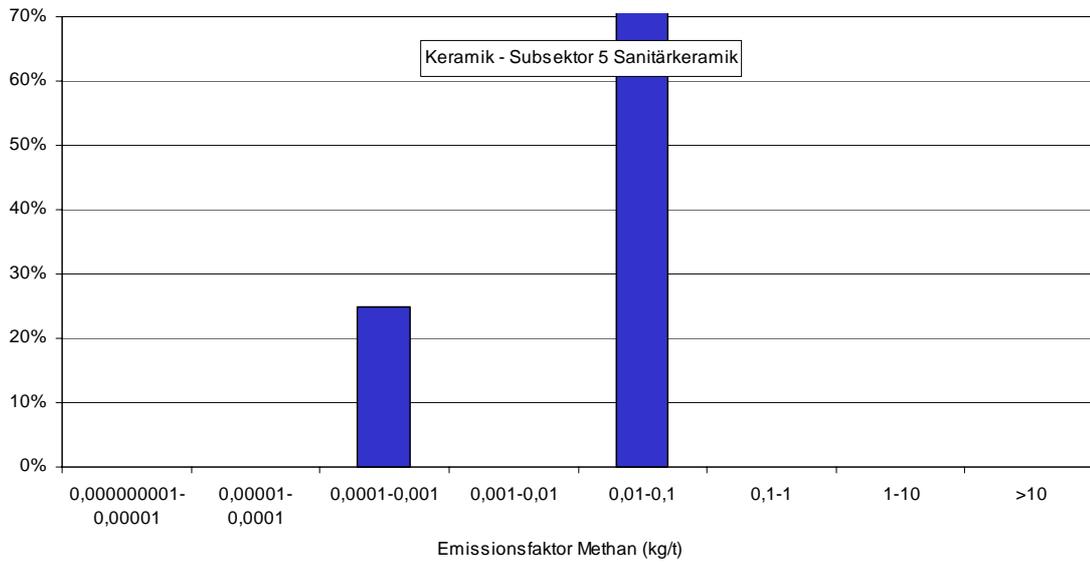


Abbildung 35. Emissionsfaktoren Methan, Subsektor Sanitärkeramik, 4 Anlagen

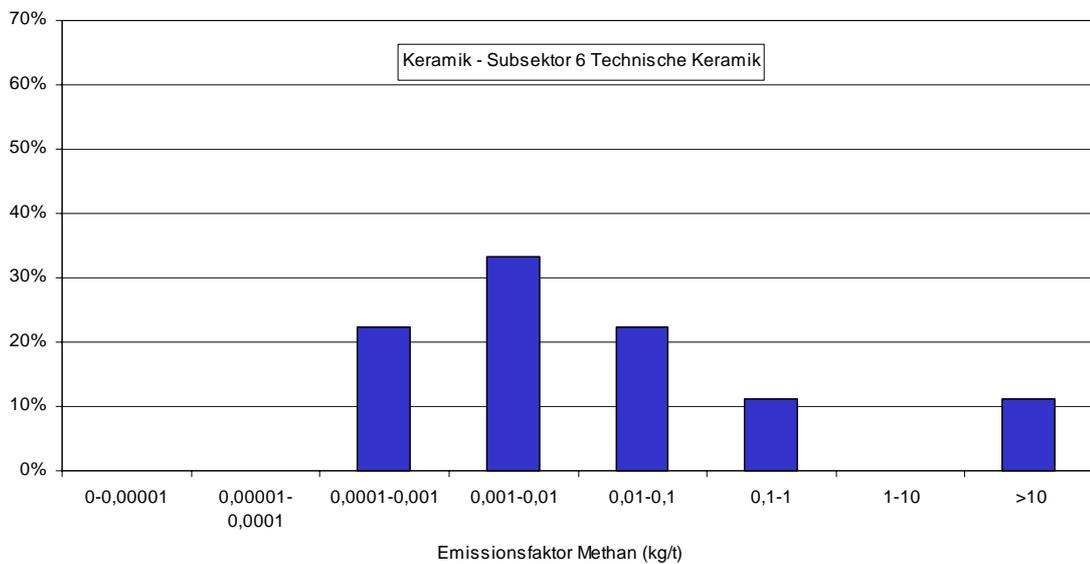


Abbildung 36. Emissionsfaktoren Methan, Subsektor Technische Keramik, 9 Anlagen

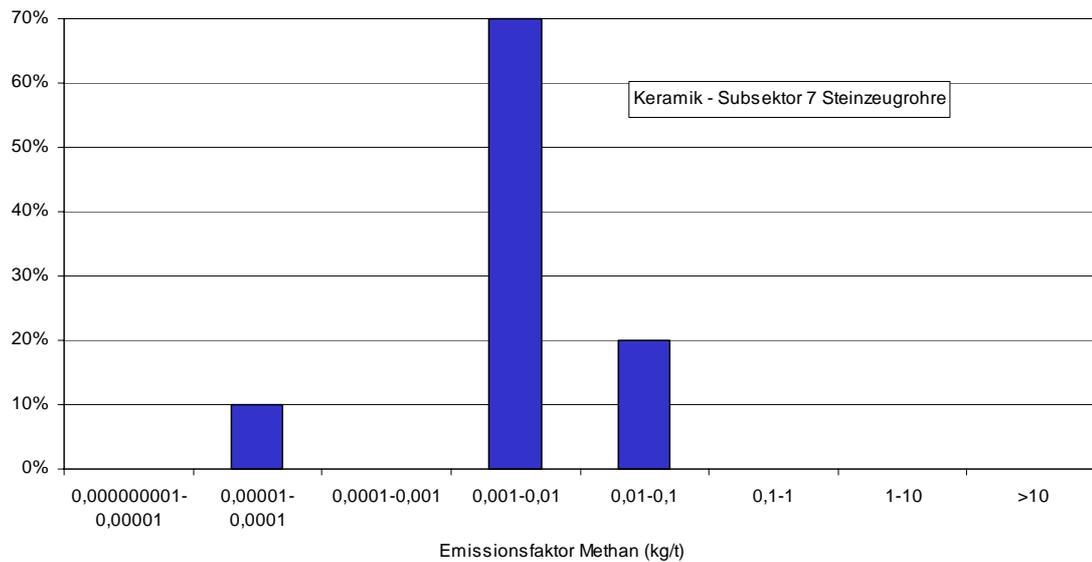


Abbildung 37. Emissionsfaktoren Methan, Subsektor Wand- und Bodenfliesen, 10 Anlagen

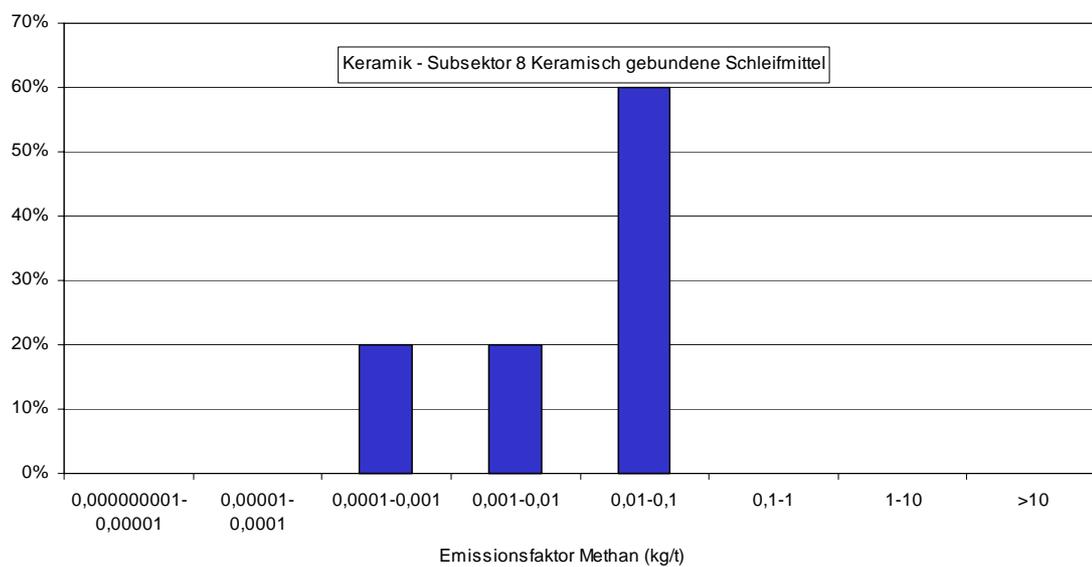


Abbildung 38. Emissionsfaktoren Methan, Subsektor Keramisch gebundene Schleifmittel, 5 Anlagen

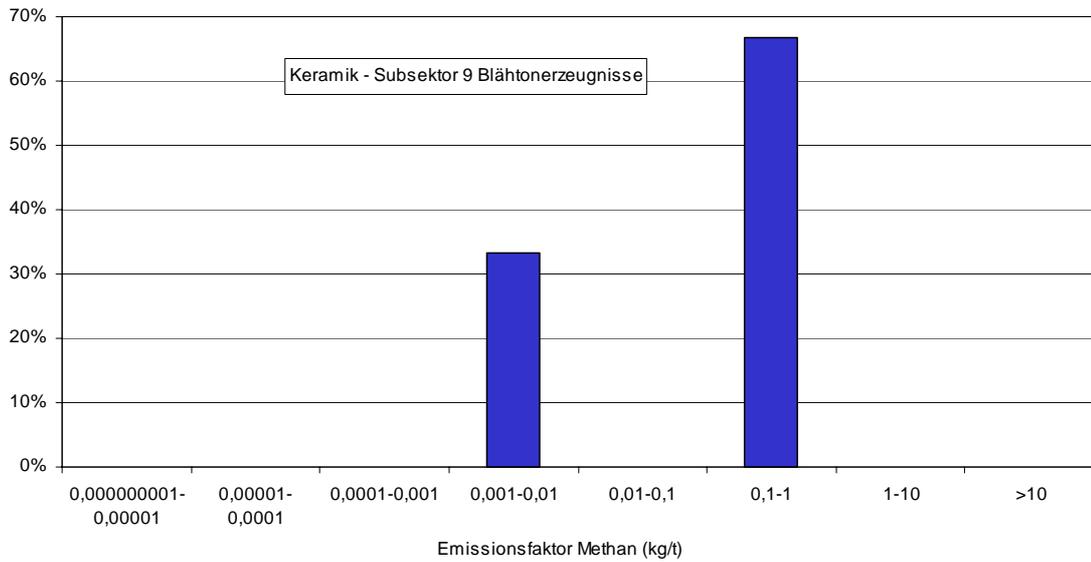


Abbildung 39. Emissionsfaktoren Methan, Subsektor Blähtonerzeugnisse, 3 Anlagen

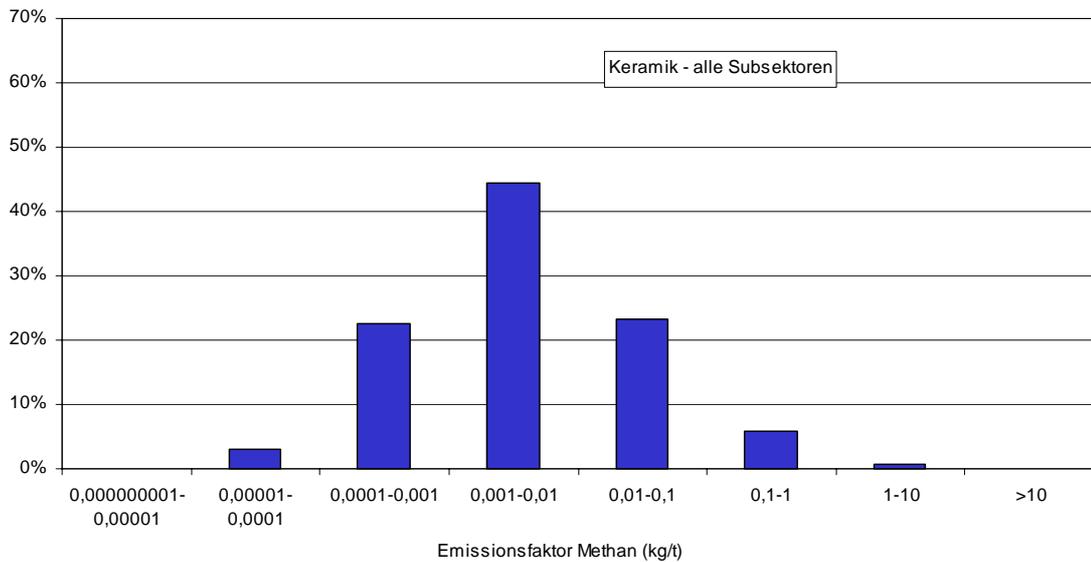


Abbildung 40. Emissionsfaktoren Methan, Keramik gesamt, 144 Anlagen

Distickstoffoxid

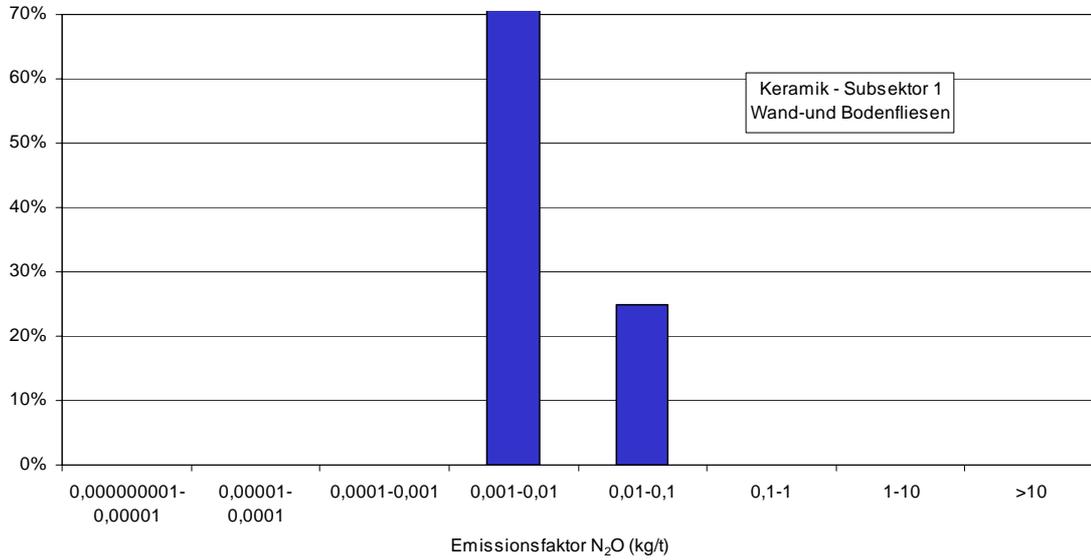


Abbildung 41. Emissionsfaktoren N₂O, Subsektor Wand- und Bodenfliesen, 5 Anlagen

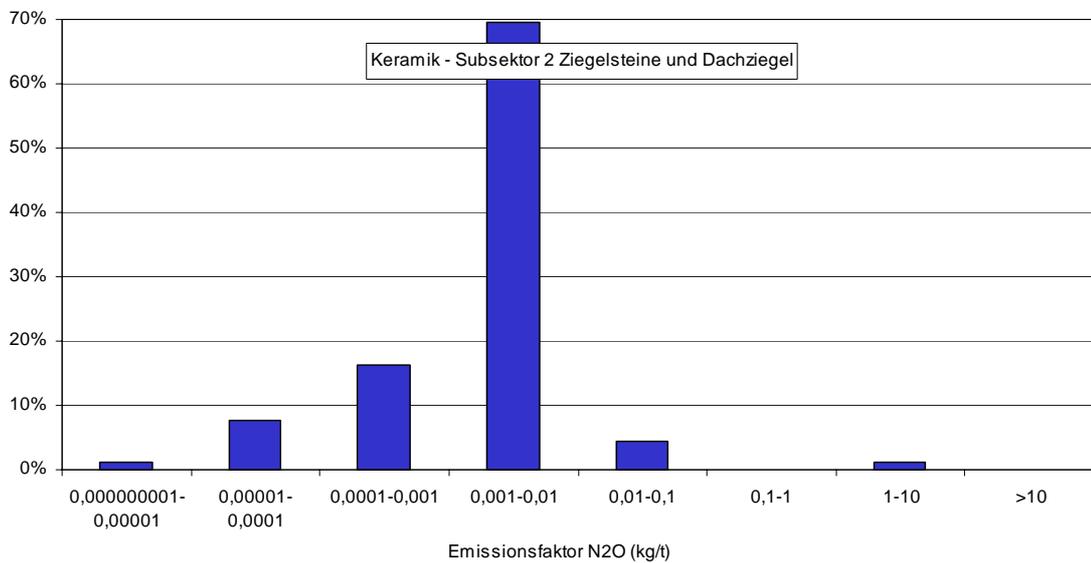


Abbildung 42. Emissionsfaktoren N₂O, Subsektor Ziegelsteine und Dachziegel, 97 Anlagen

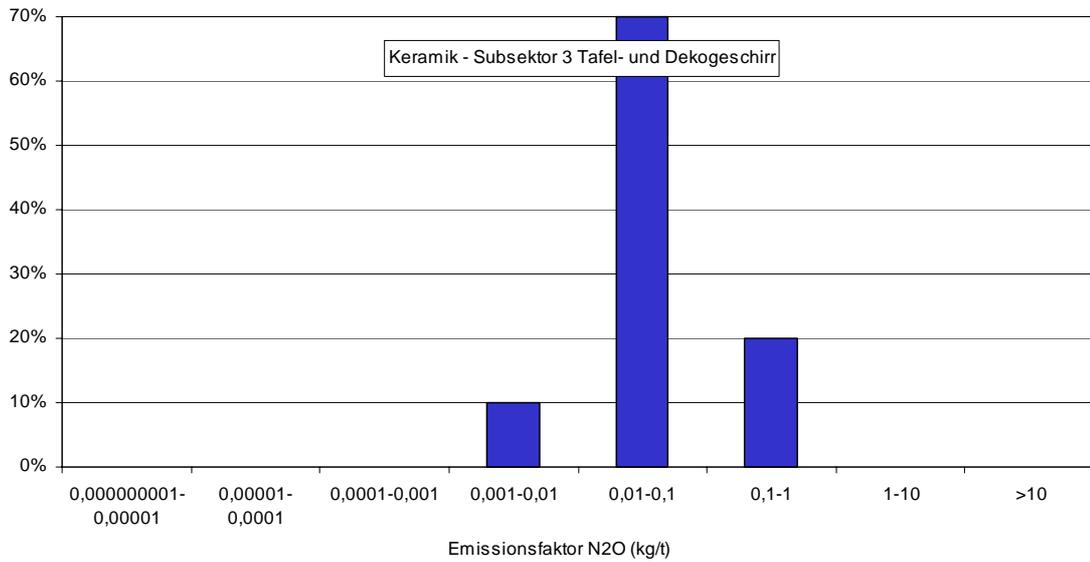


Abbildung 43. Emissionsfaktoren N₂O, Subsektor Tafel- und Dekogeschirr, 10 Anlagen

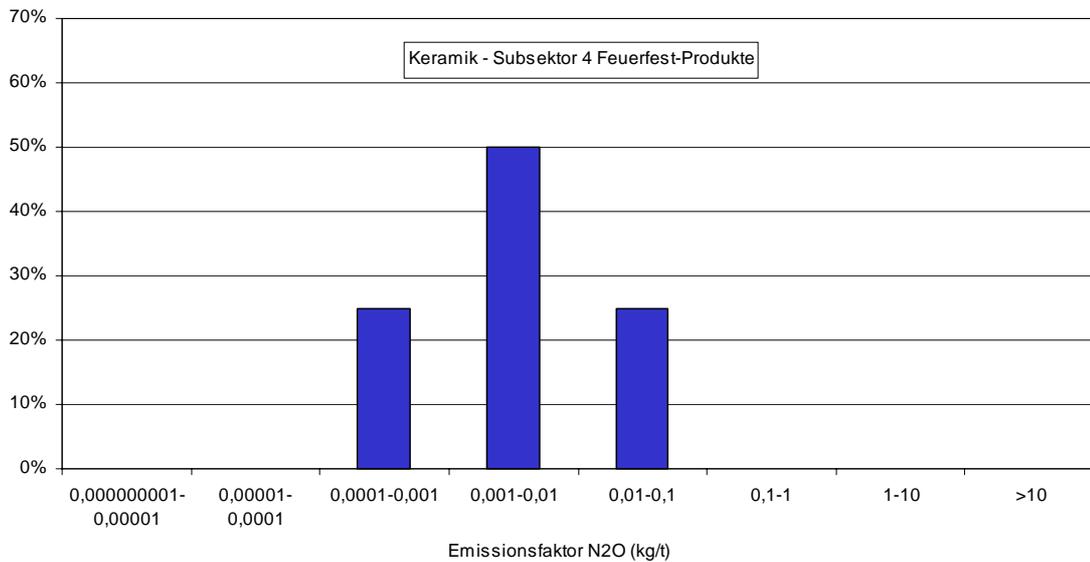


Abbildung 44. Emissionsfaktoren N₂O, Subsektor Feuerfest-Produkte, 4 Anlagen

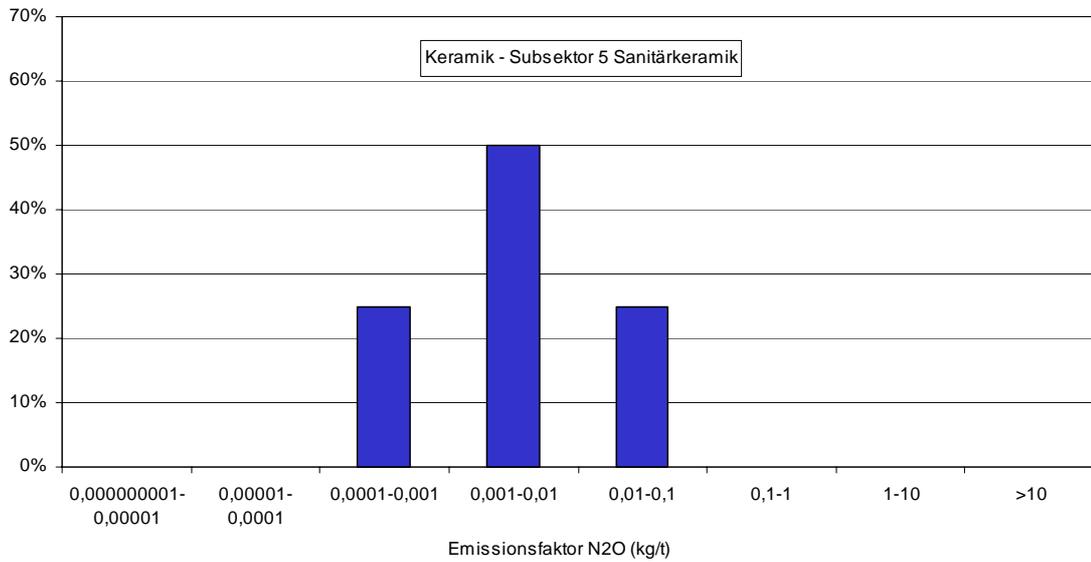


Abbildung 45. Emissionsfaktoren N₂O, Subsektor Sanitärkeramik, 4 Anlagen

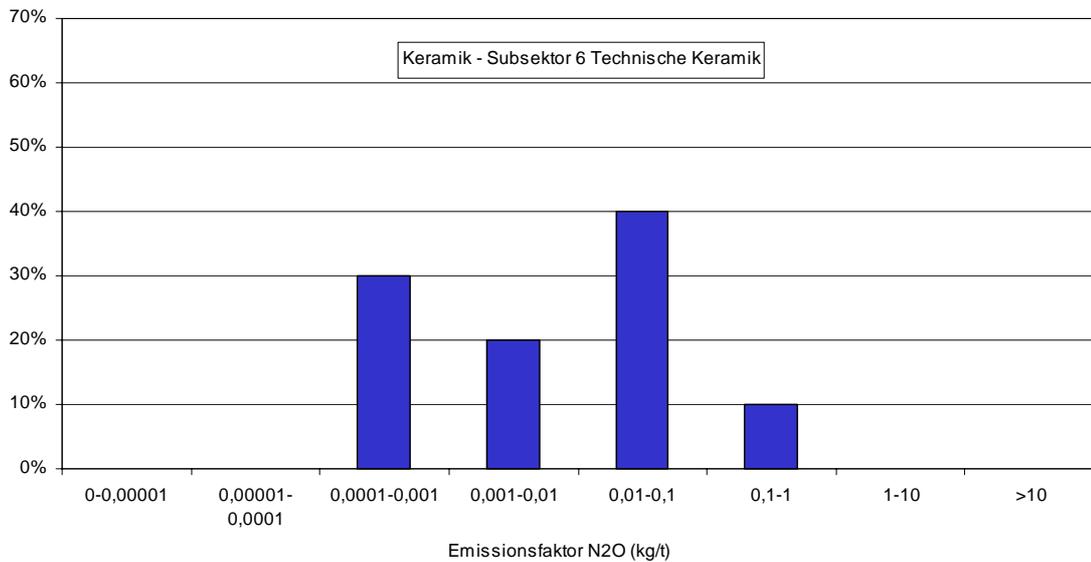


Abbildung 46. Emissionsfaktoren N₂O, Subsektor Technische Keramik, 10 Anlagen

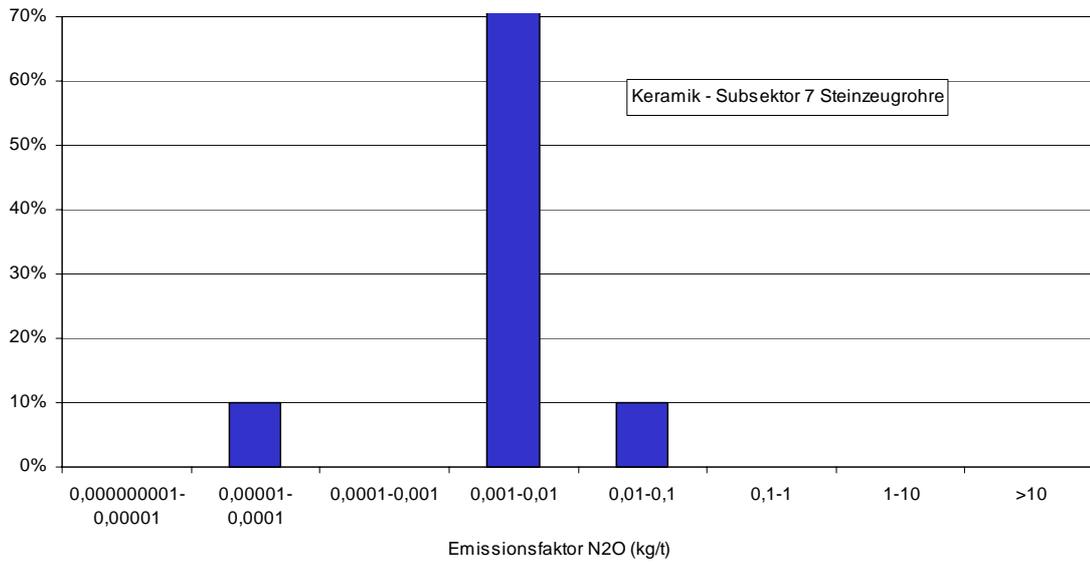


Abbildung 47. Emissionsfaktoren N₂O, Subsektor Steinzeugrohre, 10 Anlagen

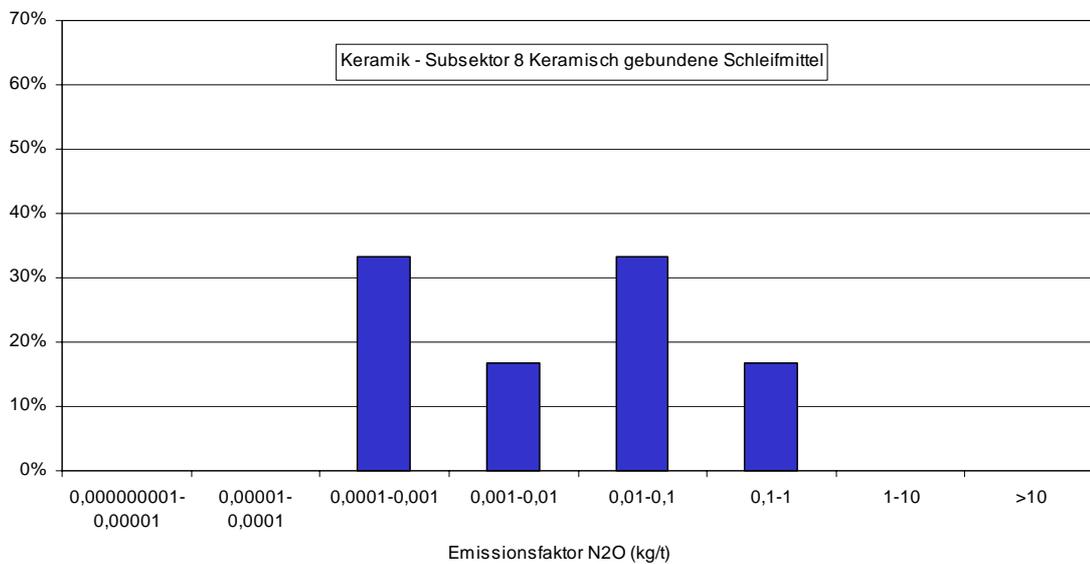


Abbildung 48. Emissionsfaktoren N₂O, Subsektor Keramisch gebundene Schleifmittel, 6 Anlagen

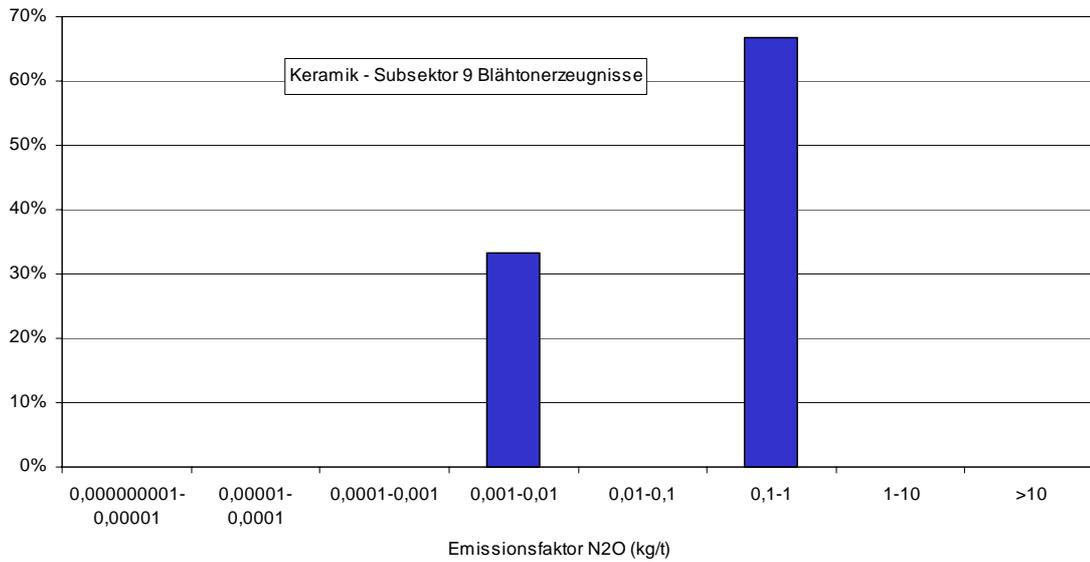


Abbildung 49. Emissionsfaktoren N₂O, Subsektor Blähtonerzeugnisse, 3 Anlagen

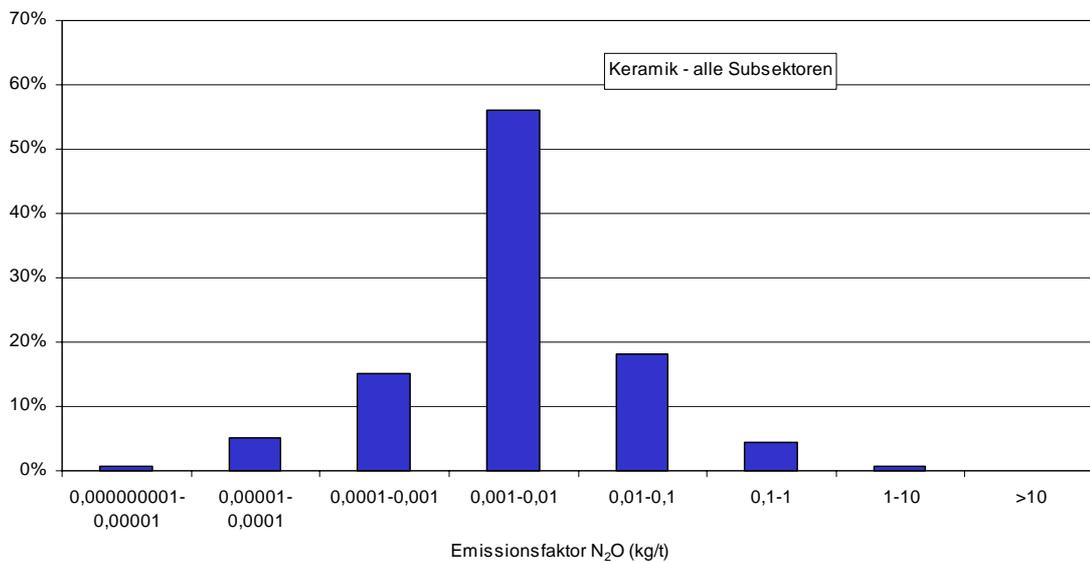


Abbildung 50. Emissionsfaktoren N₂O, Keramik gesamt, 165 Anlagen

Polychlorierte Dibenzodioxine / -furane (PCDD / PCDF) als ITEq

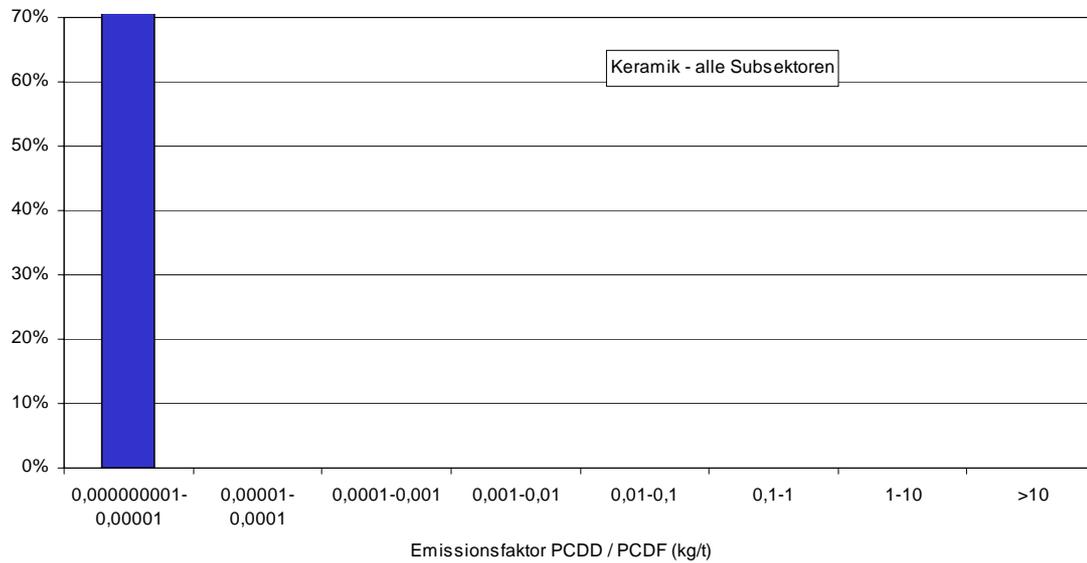


Abbildung 51. Emissionsfaktoren PCDD / PCDF, Keramik gesamt, 44 Anlagen

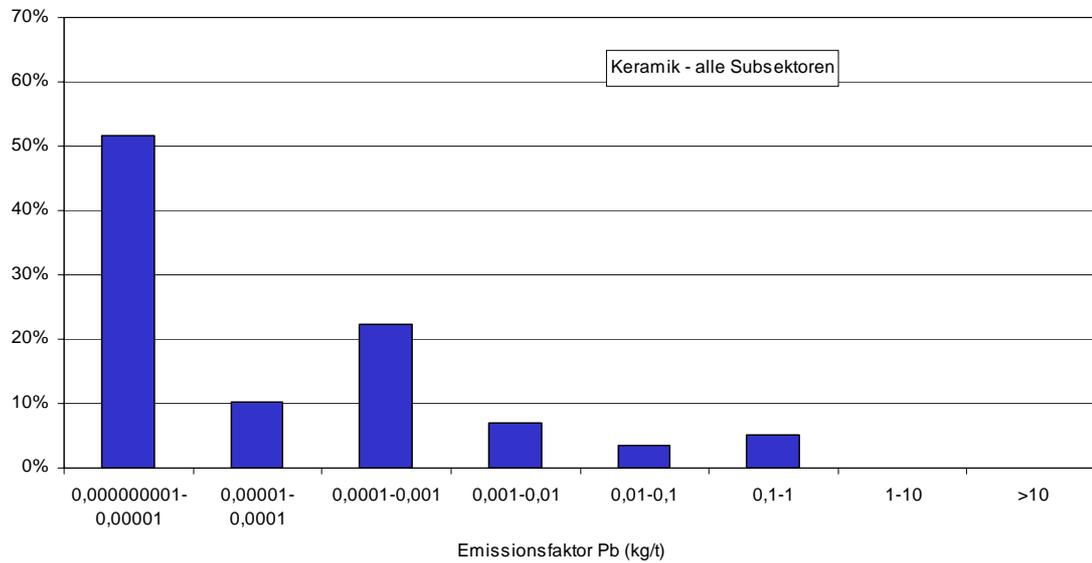
Blei und seine Verbindungen

Abbildung 52. Emissionsfaktoren Blei und seine Verbindungen, Keramik gesamt, 58 Anlagen

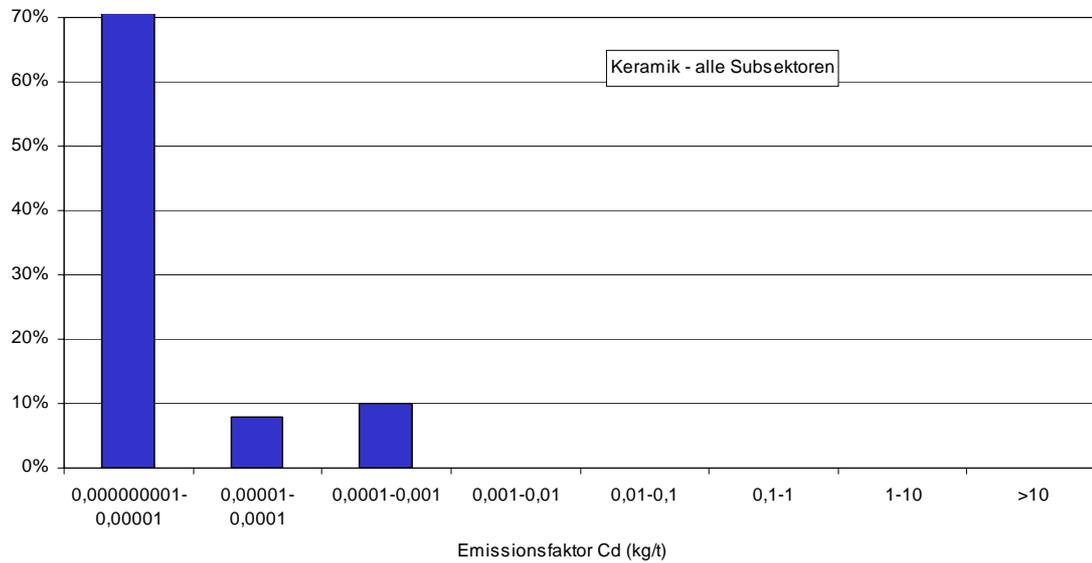
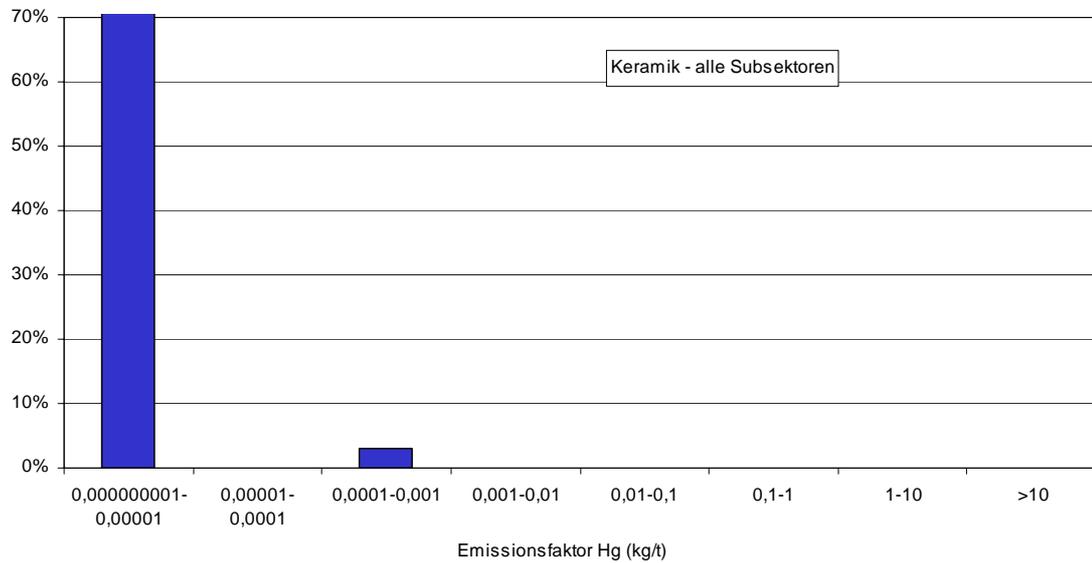
Cadmium und seine Verbindungen

Abbildung 53. Emissionsfaktoren Cadmium und seine Verbindungen, Keramik gesamt, 50 Anlagen

Quecksilber**Abbildung 54.** Emissionsfaktoren Quecksilber, Keramik gesamt, 34 Anlagen

Anhang B

Unsicherheit der ermittelten Emissionsfaktoren

Die Unsicherheit der angegebenen Emissionsfaktoren wird im folgenden auf Basis des 95%-Konfidenz-Intervalls (Lognormalverteilung) der statistischen Auswertung der Emissionsfaktoren Σ (EM/AR) angegeben, da Σ EM / Σ AR ein Einzahlwert ist.

Detaillierte Statistische Auswertungen zu den angegebenen Emissionsfaktoren finden sich in den zugrunde liegenden Excel-Tabellen.

Tabelle 26: Kohlenmonoxid: Emissionsfaktor und Unsicherheit

| Subsektor | Ident | Anzahl Datensätze (valide) | Mittelwert Σ EM / Σ AR [kg/t] | Unsicherheit (95%-Konfi- denzintervall; Lognormal) |
|---|-------|----------------------------------|---|---|
| Wand- und Bodenfliesen | 1 | 16 | 0,373 | ± 80 % |
| Ziegelsteine und Dachziegel | 2 | 139 | 0,128 | + 117 % - 62 % |
| Tafel- und Dekorgeschirr | 3 | 24 | 0,783 | + 85 % - 52 % |
| Feuerfest-Produkte | 4 | 10 | 1,267 | + 117 % - 62 % |
| Sanitärkeramik | 5 | 7 | 0,345 | + 120 % - 63 % |
| Technische Keramik | 6 | 23 | 0,526 | + 176 % - 75 % |
| Steinzeugrohre | 7 | 10 | 0,012 | + 109 % - 60 % |
| Keramisch gebundene Schleifmittel | 8 | 8 | 1,087 | + 123 % - 64 % |
| Blähtonerzeugnisse | 9 | 5 | 0,017 | + 162 % - 73 % |
| <i>Keramik gesamt</i> | | 297 | 0,184 | ± 77 % |

Details: 2_Keramik_CO_Anlage_Emissionsfaktor_2009.12.18.xls

Tabelle 27: Fluorwasserstoff: Emissionsfaktor und Unsicherheit

| Subsektor | Ident | Anzahl Datensätze (valide) | Mittelwert Σ EM / Σ AR [kg/t] | Unsicherheit (95%-Konfi- denzintervall; Lognormal) |
|---|-------|----------------------------------|---|---|
| Wand- und Bodenfliesen | 1 | 16 | 0,010 | + 87 % - 53 % |
| Ziegelsteine und Dachziegel | 2 | 140 | 0,005 | + 163 % - 73 % |
| Tafel- und Dekorgeschirr | 3 | 23 | 0,041 | ± 74 % |
| Feuerfest-Produkte | 4 | 9 | 0,004 | + 106 % - 59 % |
| Sanitärkeramik | 5 | 7 | 0,009 | + 227 % - 83 % |
| Technische Keramik | 6 | 17 | 0,026 | + 95 % - 55 % |
| Steinzeugrohre | 7 | 11 | 0,009 | + 196 % - 78 % |
| Keramisch gebundene Schleifmittel | 8 | 6 | 0,068 | + 178 % - 76 % |
| Blähtonerzeugnisse | 9 | 4 | 0,026 | + 256 % - 86 % |
| <i>Keramik gesamt</i> | | <i>307</i> | <i>0,007</i> | <i>+ 102 % - 58 %</i> |

Details: 3_Keramik_HF_Anlage_Emissionsfaktor_2009.12.18.xls

Tabelle 28: Methan: Emissionsfaktor und Unsicherheit

| Subsektor | Ident | Anzahl Datensätze (valide) | Mittelwert Σ EM / Σ AR [kg/t] | Unsicherheit (95%-Konfi- denzintervall; Lognormal) |
|---|-------|----------------------------------|---|---|
| Wand- und Bodenfliesen | 1 | 5 | 0,004 | + 103 % - 58 % |
| Ziegelsteine und Dachziegel | 2 | 82 | 0,003 | + 174 % - 75 % |
| Tafel- und Dekorgeschirr | 3 | 9 | 0,032 | + 91 % - 54 % |
| Feuerfest-Produkte | 4 | 4 | 0,007 | + 159 % - 72 % |
| Sanitärkeramik | 5 | 4 | 0,030 | + 136 % - 67 % |
| Technische Keramik | 6 | 9 | 0,038 | + 229 % - 83 % |
| Steinzeugrohre | 7 | 10 | 0,004 | \pm 73 % |
| Keramisch gebundene Schleifmittel | 8 | 5 | 0,013 | + 118 % - 63 % |
| Blähtonzeugnisse | 9 | 3 | 0,008 | + 204 % - 79 % |
| <i>Keramik gesamt</i> | | <i>144</i> | <i>0,004</i> | <i>+ 159 %</i> <i>- 72 %</i> |

Details: 4_Keramik_CH4_Anlage_Emissionsfaktor_2009.12.18.xls

Tabelle 29: Distickstoffmonoxid N₂O: Emissionsfaktor und Unsicherheit

| Subsektor | Ident | Anzahl Datensätze (valide) | Mittelwert Σ EM / Σ AR [kg/t] | Unsicherheit (95%-Konfi- denzintervall; Lognormal) |
|---|-------|----------------------------------|---|---|
| Wand- und Bodenfliesen | 1 | 5 | 0,000 | + 157 % - 72 % |
| Ziegelsteine und Dachziegel | 2 | 97 | 0,002 | + 158 % - 72 % |
| Tafel- und Dekorgeschirr | 3 | 10 | 0,023 | + 86 % - 53 % |
| Feuerfest-Produkte | 4 | 4 | 0,006 | + 150 % - 70 % |
| Sanitärkeramik | 5 | 4 | 0,001 | + 218 % - 81 % |
| Technische Keramik | 6 | 10 | 0,004 | + 170 % - 74 % |
| Steinzeugrohre | 7 | 10 | 0,003 | \pm 76 % |
| Keramisch gebundene Schleifmittel | 8 | 6 | 0,007 | + 200 % - 79 % |
| Blähtonerzeugnisse | 9 | 3 | 0,006 | + 204 % - 79 % |
| <i>Keramik gesamt</i> | | 165 | 0,002 | \pm 69 % |

Details: 5_Keramik_N2O_Anlage_Emissionsfaktor_2009.12.18.xls

Tabelle 30: PCDD / PCDF: Emissionsfaktor und Unsicherheit

| Subsektor | Ident | Anzahl Datensätze (valide) | Mittelwert Σ EM / Σ AR [kg/t] | Unsicherheit (95%-Konfi- denzintervall; Lognormal) |
|-----------------------|-------|----------------------------------|---|---|
| <i>Keramik gesamt</i> | | 44 | $9,9 \times 10^{-12}$ | + 199 % - 79 % |

Details: 6_Keramik_Dioxin_Anlage_Emissionsfaktor_2009.12.18.xls

Tabelle 31: PAK: Emissionsfaktor und Unsicherheit

| Subsektor | Ident | Anzahl Datensätze (valide) | Mittelwert Σ EM / Σ AR [kg/t] | Unsicherheit (95%-Konfi- denzintervall; Lognormal) |
|---|-------|----------------------------------|---|---|
| <i>Keramik gesamt</i> | | - | - | - |
| 7_Keramik_PAK_Anlage_Emissionsfaktor_2009.12.18.xls | | | | |

Tabelle 32: Blei Pb: Emissionsfaktor und Unsicherheit

| Subsektor | Ident | Anzahl Datensätze (valide) | Mittelwert Σ EM / Σ AR [kg/t] | Unsicherheit (95%-Konfi- denzintervall; Lognormal) |
|--|-------|----------------------------------|---|---|
| <i>Keramik gesamt</i> | | 58 | $1,4 \times 10^{-4}$ | + 117 % - 62 % |
| 8_Keramik_Pb_Anlage_Emissionsfaktor_2009.12.18.xls | | | | |

Tabelle 33: Cadmium Cd: Emissionsfaktor und Unsicherheit

| Subsektor | Ident | Anzahl Datensätze (valide) | Mittelwert Σ EM / Σ AR [kg/t] | Unsicherheit (95%-Konfi- denzintervall; Lognormal) |
|--|-------|----------------------------------|---|---|
| <i>Keramik gesamt</i> | | 50 | $4,0 \times 10^{-6}$ | \pm 78 % |
| 9_Keramik_Cd_Anlage_Emissionsfaktor_2009.12.18.xls | | | | |

Tabelle 34: Quecksilber Hg: Emissionsfaktor und Unsicherheit

| Subsektor | Ident | Anzahl Datensätze (valide) | Mittelwert Σ EM / Σ AR [kg/t] | Unsicherheit (95%-Konfi- denzintervall; Lognormal) |
|---|-------|----------------------------------|---|---|
| <i>Keramik gesamt</i> | | 34 | $4,9 \times 10^{-7}$ | + 188 % - 77 % |
| 10_Keramik_Hg_Anlage_Emissionsfaktor_2009.12.18.xls | | | | |