



Publikationen des Umweltbundesamtes

Überarbeitung der Schwer- metallkapitel im CORINAIR Guidebook zur Verbesserung der Emissionsinventare und der Berichterstattung im Rahmen der Genfer Luftreinhaltekonvention

Forschungsprojekt im Auftrag des
Umweltbundesamtes
Förderkennzeichen 312 01 234

Dr.-Ing. Jochen Theloke
Dipl.-Geoökol. Ulrike Kummer
Dipl.-Math. Steffen Nitter
Dipl.-Ing. Tatjana Geftler
Prof. Dr.-Ing. Rainer Friedrich
Institut für Energiewirtschaft und Rationelle
Energieanwendung der Universität Stuttgart

Prof. Jozef Pacyna
NILU

Dr. Hugo Denier van der Gon
Dr. Antoon Visschedijk
TNO

Oktober 2008

Umweltforschungsplan
des Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz und Reaktorsicherheit

Förderkennzeichen (UFOPLAN) 312 01 234

**Überarbeitung der Schwermetallkapitel im CORINAIR Guidebook zur
Verbesserung der Emissionsinventare und der Berichterstattung im Rahmen der
Genfer Luftreinhaltekonvention**

von

Dr.-Ing. Jochen Theloke
Dipl.-Geoökol. Ulrike Kummer
Dipl.-Math. Steffen Nitter
Dipl.-Ing. Tatjana Gefler
Prof. Dr.-Ing. Rainer Friedrich

Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung
der Universität Stuttgart
Institutsleiter
Prof. Dr.-Ing. A. Voß

unter Mitarbeit von
Prof. Jozef Pacyna
NILU
und
Dr. Hugo Denier van der Gon
Dr. Antoon Visschedijk
TNO

**IM AUFTRAG
DES UMWELTBUNDESAMTES¹**

April 2008

¹ Der Auftragnehmer hat das Projekt in der vereinbarten Weise abgeschlossen und anschließend sind beim Auftraggeber Anmerkungen ergänzt worden, die zur deutlichen Abgrenzung der Projektleistung als Fußnote abgelegt sind, immer angeführt durch die Zeichen „###-AG-Anmerkung“.

Überarbeitung der Schwermetallkapitel im CORINAIR Guidebook zur Verbesserung der Emissionsinventare und der Berichterstattung im Rahmen der Genfer Luftreinhaltekonvention

1. Berichtsnummer	2.	3.
4. Titel des Berichts Überarbeitung der Schwermetallkapitel im CORINAIR Guidebook zur Verbesserung der Emissionsinventare und der Berichterstattung im Rahmen der Genfer Luftreinhaltekonvention		
5. Autor(en), Name(n), Vorname(n) Theloke, J.; Kummer, U; Nitter, S.; Geffler, T.; Friedrich, R.; Pacyna, J.; Denier van der Gon, H., Visschedijk, A.	8. Abschlussdatum 15. 03 2008	
6. Durchführende Institution (Name, Anschrift) IER-Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Universität Stuttgart, Heßbrühlstrasse 49a, 70565 Stuttgart	9. Veröffentlichungsdatum 30.09.2008	
	10. UFOPLAN-Nr. 312 01 234	
	11. Seitenzahl 101	
	12. Literaturangaben 26	
7. Fördernde Institution (Name, Anschrift) Umweltbundesamt, Wörlitzer Platz 1, 06844 Dessau-Roßlau	13. Tabellen und Diagramme 162	
	14. Abbildungen 16	
	15. Zusätzliche Angaben	
16. Zusammenfassung Ziel des Vorhabens war die Aufbereitung der Ergebnisse des ESPREME-Projektes für das CORINAIR Atmospheric Emission Inventory Guidebook (AEIGB) zur Erstellung und Verbesserung nationaler Inventare im Rahmen der Genfer Luftreinhaltekonvention und deren Protokolle (hier das HM-Protokoll). Dazu wurde in einem ersten Schritt auf Basis der im ESPREME-Projekt (http://espreme.ier.uni-stuttgart.de) erarbeiteten Emissionsdatenbasis für alle im Hinblick auf die internationalen Berichtspflichten relevanten Quellgruppen die für das EMEP/CORINAIR AEIGB notwendigen Informationen (Emissionsfaktoren, Aktivitätsraten und Unsicherheiten) in englischer Sprache aufbereitet und zusammengestellt. Bei der konkreten Umsetzung der durchgeführten Arbeiten wurden alle aus dem ESPREME-Projekt zur Verfügung stehenden Emissionsfaktoren in quellgruppenspezifische Tabellenblätter eingefügt. Außerdem wurden allen Emissionsfaktoren Abschätzungen über die Unsicherheit beigelegt. In einem weiteren Arbeitsschritt wurden mit Hilfe der quellgruppenspezifischen Emissionsfaktoren sowie länderspezifisch implementierter Minderungsmaßnahmen unterschiedlicher Effizienz und länderspezifischen Aktivitätsdaten für alle in ESPREME betrachteten Länder Emissionen ausgerechnet. Diese Datenbasis wurde im weiteren Verlauf des Projektes für die vorgesehene „Key Source Analysis“ verwendet und war Grundlage für einen von Herrn Denier van der Gon (TNO, Niederlande) durchgeführten Vergleich mit der TNO-Datenbasis. Es wurden alle vorgesehenen Arbeitsschritte durchgeführt. Damit kann zusammenfassend gesagt werden, dass die Datenbasis der Emissionsfaktoren im CORINAIR Guidebook für die Schwermetalle Hg, As, Pb, Cr, Ni und Cd durch dieses UFOPLAN-Vorhaben aktualisiert wurde.		
17. Schlagwörter CORINAIR Atmospheric Emission Inventory Guidebook, Schwermetalle, Key Source Analyse Emissionsfaktoren, ESPREME		
18. Preis	19.	20.

Überarbeitung der Schwermetallkapitel im CORINAIR Guidebook zur Verbesserung der Emissionsinventare und der Berichterstattung im Rahmen der Genfer Luftreinhaltekonvention

Report Cover Sheet

1. Report UBA-FB	No.	2.	3.
4. Report Title Revision of the chapters about heavy metals in the CORINAIR Guidebook for improvement of emission inventories and the reporting concerning the Geneva Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution			
5. Autor(s), Family Name(s), First Name(s) Theloke, J.; Kummer, U.; Nitter, S.; Geftler, T.; Friedrich, R.; Pacyna, J.; Denier van der Gon, H., Visschedijk, A.		8. Report Date 15.03.2008	
6. Performing Organisation (Name, Address) IER – Institute of Energy Economics and the Rational Use of Energy University of Stuttgart Hessbruehlstr. 49a 70565 Stuttgart		9. Publication Date 30.09.2008	
7. Funding Agency (Name, Address) Umweltbundesamt (Federal Environmental Agency) Wörlitzer Platz 1, 06844 Dessau-Roßlau		10. UFOPLAN-Ref. No. 312 01 234	
7. Funding Agency (Name, Address) Umweltbundesamt (Federal Environmental Agency) Wörlitzer Platz 1, 06844 Dessau-Roßlau		11. No. of Pages 101	
7. Funding Agency (Name, Address) Umweltbundesamt (Federal Environmental Agency) Wörlitzer Platz 1, 06844 Dessau-Roßlau		12. No. of Reference 26	
7. Funding Agency (Name, Address) Umweltbundesamt (Federal Environmental Agency) Wörlitzer Platz 1, 06844 Dessau-Roßlau		13. No. of Tables, Diagrams 162	
7. Funding Agency (Name, Address) Umweltbundesamt (Federal Environmental Agency) Wörlitzer Platz 1, 06844 Dessau-Roßlau		14. No. of Figures 16	
15. Supplementary Notes			
16. Abstract The project focus was the implementation of the ESPREME emission factors in the CORINAIR Atmospheric Emission Inventory Guidebook (AEIGB) for preparing and improvement of national inventories within the Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution and its protocols (the HM-protocols). In a first step, all necessary data (emission factors, activities and uncertainties) for the EMEP/CORINAIR AEIGB was compiled in the english language from the emission database created within the ESPREME project (http://espreme.ier.uni-stuttgart.de), for all relevant sectors concerning the international reporting requirements. While accomplishing this task, all emission factors derived in the ESPREME project were entered into sector-specific tables. Furthermore, for all emission factors estimations of uncertainty ranges were added. In an additional step, using the sector-specific emission factors, the country-specific emission reduction measures' implementation degrees and its reduction efficiencies as well as the country-specific activities, the emissions for all countries considered in ESPREME were calculated. In the following progress of the project, this database was used for a key Source Analysis as a basis for the comparison with the TNO-database, which was done by Hugo Denier van der Gon (TNO, Netherlands). All intended work steps were carried out. Summarizing the above, it was possible to actualize the basic data of the emission factors in the CORINAIR Guidebook for the heavy metals As, Cd, Cr, Hg, Ni and Pb within this UFOPLAN-project.			
17. Keywords CORINAIR Atmospheric Emission Inventory Guidebook, Heavy Metals, Key Source Analysis, Emission factors, ESPREME			
18. Price	19.	20.	

INHALTSVERZEICHNIS

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	3
1 KONTEXT UND ANFORDERUNGEN DES VORHABENS	5
1.1 Motivation des Vorhabens	5
2 ZIELSETZUNG DES PROJEKTS	7
3 DURCHFÜHRUNG DES PROJEKTES	7
3.1 Zusammenstellung der Emissionsdatenbasis.....	7
3.2 Einbeziehung internationaler Experten und der EEA	8
3.3 Durchführung einer „Key source“ Analyse	8
3.4 Unterstützung bei der Implementierung ins Guidebook.....	8
4 ERGEBNISSE	9
4.1 Beschreibung der betrachteten Quellgruppen	9
4.2 Beschreibung der verwendeten Minderungstechnologien	9
4.3 Sektor- und technologiespezifische Emissionsfaktoren	12
4.3.1 Herleitung der Emissionsfaktoren nach TIER 1 und TIER 2.....	12
4.3.1.1 TIER 1-Tabellen	12
4.3.1.2 TIER 2- Tabellen	12
4.3.2 Ungeminderte Emissionsfaktoren.....	13
4.3.3 Emissionsfaktoren nach TIER 1	20
4.3.3.1 TIER 1- Emissionsfaktoren für Groß- und Kleinf Feuerungen zur Energieerzeugung... 20	
4.3.3.2 TIER 1- Emissionsfaktoren für Sinterprozesse.....	21
4.3.3.3 TIER 1- Emissionsfaktoren für die Herstellung von Blei	22
4.3.3.4 TIER 1- Emissionsfaktoren für die Herstellung von Zink	22
4.3.3.5 TIER 1- Emissionsfaktoren für die Herstellung von Kupfer	23
4.3.3.6 TIER 1- Emissionsfaktoren für die Chlorherstellung.....	24
4.3.3.7 TIER 1- Emissionsfaktoren für die Roheisenherstellung	24
4.3.3.8 TIER 1- Emissionsfaktoren für die Gusseisenherstellung	24
4.3.3.9 TIER 1- Emissionsfaktoren für die Koksherstellung	25
4.3.3.10 TIER 1- Emissionsfaktoren für die Zementherstellung	25
4.3.3.11 TIER 1- Emissionsfaktoren für die Müllverbrennung	25
4.3.3.12 TIER 1- Emissionsfaktoren für die Erzeugung von Siemens-Martin-Stahl	26
4.3.3.13 TIER 1- Emissionsfaktoren für die Erzeugung von Elektrostahl	26
4.3.3.14 TIER 1- Emissionsfaktoren für die Erzeugung von Stahl mit Hilfe des Sauerstoffblasverfahrens (Oxygenstahl)	26
4.3.3.15 TIER 1- Emissionsfaktoren für Raffinerieprozesse.....	27
4.3.4 Emissionsfaktoren nach TIER 2	29
4.3.4.1 TIER 2- Emissionsfaktoren für Groß- und Kleinf Feuerungen zur Energieerzeugung.....	29
4.3.4.2 TIER 2- Emissionsfaktoren für Sinterprozesse in der Eisen- und Stahlindustrie.....	35
4.3.4.3 TIER 2- Emissionsfaktoren für die Erzeugung von Blei.....	37
4.3.4.4 TIER 2- Emissionsfaktoren für die Erzeugung von Zink	40
4.3.4.5 TIER 2- Emissionsfaktoren für die Erzeugung von Kupfer	42
4.3.4.6 TIER 2- Emissionsfaktoren für die Erzeugung von Chlor	44
4.3.4.7 TIER 2- Emissionsfaktoren für die Erzeugung von Roheisen.....	45
4.3.4.8 TIER 2- Emissionsfaktoren für die Erzeugung von Gusseisen.....	47
4.3.4.9 TIER 2- Emissionsfaktoren für die Erzeugung von Koks.....	48
4.3.4.10 TIER 2- Emissionsfaktoren für die Zementproduktion	51
4.3.4.11 TIER 2- Emissionsfaktoren für die Müllverbrennung	52
4.3.4.12 TIER 2- Emissionsfaktoren für die Erzeugung von Elektrostahl	55
4.3.4.13 TIER 2- Emissionsfaktoren für die Erzeugung von Stahl mit Hilfe des Sauerstoffblasverfahrens (Oxygenstahl)	56
4.3.4.14 TIER 2- Emissionsfaktoren für mobile Quellen.....	58

4.4	Emissionsfaktoren für den Reifen- und Bremsabrieb.....	64
4.5	Sektorspezifische Auflösung der Quecksilberemissionen nach Spezies.....	66
4.6	Ergebnisse des Review Prozesses	67
4.6.1	Review der Emissionsfaktoren für alle Quellen	67
4.6.2	Spezieller Review für Abgas- und Abriebsemissionsfaktoren aus mobilen Quellen.....	67
4.7	Ergebnisse der Key Source Analyse	67
4.7.1	Key Source Analyse für die Summe aller Länder	68
4.7.2	Key Source Analysis für die EU-27-Länder	71
4.7.3	Auswertung der Key Source Analysen	75
4.8	Deutschlandspezifische Ergebnisse	77
4.8.1	Aktivitäten	77
4.8.2	Implementierungsgrade	78
4.8.2	Sektorale Auflösung von Schwermetallemissionen in Deutschland	81
5	ZUSAMMENFASSUNG	82
ANHANG 1		85
A1	Comparison of ESPREME and TNO emission (factors) for Heavy Metals,	85
A1.1	Background.....	85
A1.2	Objective	85
A1.3	Limitations of the comparison	85
A1.4	Methodology	86
A.1.5	Detailed results of the comparison.....	87
A.1.5.1	Overall comparison	87
A.2	Comparison of sector contributions from TNO Merged Inventory and ESPREME	89
A.3	Detailed comparison between ESPREME and the TNO Reference Inventory	93
	Arsenic.....	93
	Cadmium	94
	Chromium	95
	Mercury.....	95
	Nickel.....	96
	Lead.....	97
A.4	CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS	97
A.4.1	Conclusions from the comparison and analysis.....	97
	Overall completeness of both inventories	97
	Solid fuel combustion	98
	Liquid fuel combustion	98
	Iron and steel industry.....	98
	Non-ferrous metals production.....	98
	Other industrial processes	99
	Wear emission in road transport.....	99
	Recommendations	99
	Appendix 1: Data table underlying the detailed comparison	100

Abkürzungsverzeichnis

As	Arsen
BAU	Business as usual
BAT	Best Available Technique
Cd	Cadmium
CLRTAP	Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution
CM	Multizyklon
Cr	Chrom
Cu	Kupfer
EEA	European Environment Agency
ESP	Elektrofilter
FF	Gewebefilter
Hg	Quecksilber
HM	Heavy Metal
IER	Institute of Energy Economics and the Rational Use of Energy
MWhe	Megawattstunde elektrische Leistung
NFR	Nomenclature For Reporting
Ni	Nickel
NILU	Norwegian Institute for Air Research
Pb	Blei
PM _x	Feinstaub (Particulate Matter) mit Durchmesser kleiner x µm
Se	Selen
SIC	Simutaneous control (Gleichzeitige Minderung von SO ₂ , NO _x und Hg)
TFEIP	Task Force on Emission Inventories and Projections
TNO	Netherlands Organisation for Applied Scientific Research
UBA	Umweltbundesamt
UN ECE	United Nations Economic Commission for Europe
w/dFGD	Wet/Dry Flue Gas Desulpharisation (Nasse/Trockene Rauchgasentschwefelung)
w/dSV	Nasse/Trockene Venturiwäscher
Zn	Zink

1 Kontext und Anforderungen des Vorhabens

Als Vertragsstaat der Genfer Luftreinhaltekonvention (CLRTAP) und des Protokolls zu dem Übereinkommen von 1979 über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung betreffend Schwermetalle (2001/379/EWG - Aarhusprotokoll) vom 04.04.2001 ist Deutschland dazu verpflichtet, Emissionsmengen über bestimmte Schwermetalle zu erstellen, zu veröffentlichen, regelmäßig fortzuschreiben und verbindliche Handlungsziele und Umsetzungsinstrumente zu realisieren. Mit der Einhaltung beider Vertragswerke ergeben sich für Deutschland zunehmende Verpflichtungen bei der Erstellung, Berichterstattung und Überprüfung der Emissionsinventare.

Für die Erfüllung dieser internationalen Anforderungen ist das Umweltbundesamt (UBA) FG Emissionssituation zuständig.

Auf der TFEIP-Sitzung wurde im Oktober 2006 in Thessaloniki die Notwendigkeit angesprochen, dass die Kapitel des CORINAIR Guidebook für die Berechnung von Schwermetallemissionen aktualisiert und überarbeitet werden müssen. CORINAIR ist die Bezeichnung für ein Projekt, welches von der internationalen Arbeitsgruppe "European Topic Centre on Air Emissions" und der Europäischen Umweltagentur (EEA) durchgeführt wird, um ein europäischen Luftemissionsinventar und –datenbanksystem zu sammeln, unterhalten und zu veröffentlichen. Das "CORINAIR Guidebook" dient als internationales Nachschlagewerk (Handbuch) zur Berechnung von Emissionen und Erstellung nationaler Emissionsinventare.

Bei den Emissionen, die im Schwermetallprotokoll geregelt sind, werden die Schwermetalle Cadmium, Blei und Quecksilber erfasst, die sich aufgrund ihrer Toxizität, ihrer weiträumigen grenzüberschreitenden Verfrachtung und ihrer chemischen Stabilität in der Umwelt anreichern und die deshalb auf Mensch, Tier und Pflanze giftig wirken.

1.1 Motivation des Vorhabens

Seit vielen Jahren werden in den Vertragsstaaten der UN ECE - Luftreinhaltekonvention die Auswirkungen von Luftverunreinigungen untersucht, um auch auf diesem Weg die Erfolge der europaweit eingeleiteten Luftschadstoffminderungsmaßnahmen dokumentieren zu können. Jedoch weist das internationale Guidebook erhebliche Lücken (Fehlen von Emissionsfaktoren für bestimmte Quellgruppen und Aktualisierungsbedarf vorhandener Emissionsfaktoren) zur Berechnung der Schwermetallemissionen auf. Die Berechnung von Schwermetallemissionen ist daher international mit großen Unsicherheiten behaftet, so dass eine minderungsorientierte Maßnahmenpolitik konkret nicht durchgeführt werden kann. Mit der Aktualisierung des Handbuchs sollen diese Lücken behoben werden.

Diese Defizite wurden insbesondere im Rahmen des von der Universität Stuttgart koordinierten FP6-Forschungsprojektes ESPREME (<http://espreme.ier.uni-stuttgart.de>) festgestellt. Im Rahmen dieses Projektes wurden für 40 Länder in Europa Emissionen für die Schwermetalle Hg, As, Cd, Cr, Pb und Ni berechnet und mit Hilfe des Chemie-Transport-Modells Konzentrationen in Europa modelliert. Diese modellierten Konzentrationen wurden mit gemessenen Konzentrationen verglichen. Dies wurde auch mit den offiziell von den Ländern berichteten Emissionen durchgeführt. Anhand von Cadmium sind die Ergebnisse dieses Vergleichs beispielhaft in Abb. 1 und 2 dargestellt. Abb. 1 und Abb. 2 ist zu entnehmen, dass die offiziell berichteten Emissionen zu einer deutlichen Unterschätzung der Konzentrationen führen. Diese Unterschätzung der gemessenen Konzentrationen aufgrund der Modellrechnungen wird z.B. bei Cadmium um etwa 50 % geringer als bei Verwendung der ESPREME Ergebnisse. Diese Erkenntnis war Grundlage der Motivation, die ESPREME-Ergebnisse für das Guidebook aufzubereiten.

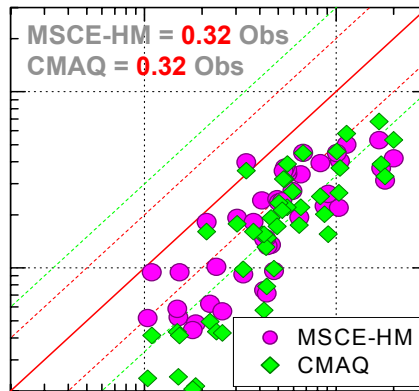


Abb. 1: Vergleich von Modellierungs (y-Achse)- mit Messergebnissen (x-Achse) der mittleren jährlichen **Cd-Konzentration im Niederschlag (2000)** auf Grundlage offizieller Emissionsdaten (EMEP2000) mit Hilfe zweier voneinander unabhängiger Chemie-Transport-Modelle. (Unterschätzung von 70%)

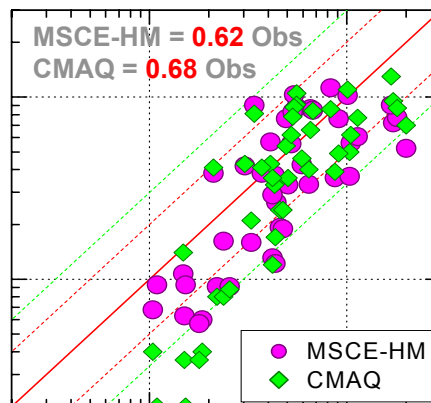


Abb. 2: Vergleich von Modellierungs (y-Achse)- mit Messergebnissen (x-Achse) der mittleren jährlichen **Cd-Konzentration im Niederschlag (2000)** auf Grundlage von ESPREME-Ergebnissen (<http://espreme.ier.uni-stuttgart.de>) mit Hilfe zweier voneinander unabhängiger Chemie-Transport-Modelle. (Unterschätzung von 30-40%)

Die Kapitelaktualisierung erfolgt mit zusätzlicher Finanzierung durch nationale Aufträge. Deutschland hat in diesem Sinne die Ergebnisse eines international anerkannten Projekts (ESPREME), welches koordinierend durch das Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER) der Universität Stuttgart durchgeführt wurde, für das Handbuch aufbereiten lassen.

Seit Anfang 2007 läuft eine neue Arbeitsphase der TFEIP und der entsprechenden Auftragnehmer zur Aktualisierung des Guidebooks. Gleichzeitig wird ein international durch die EEA gefördertes Projekt zur allgemeinen Überarbeitung des Guidebooks durchgeführt.

2 Zielsetzung des Projekts

Ziel des Vorhabens war die Aufbereitung der Ergebnisse des ESPREME-Projektes für das CORINAIR Atmospheric Emission Inventory Guidebook (AEIGB) zur Erstellung und Verbesserung nationaler Inventare im Rahmen der Genfer Luftreinhaltekonvention und deren Protokolle (hier das HM-Protokoll).

Wissenschaftliche Arbeiten zu HM-Emissionsfaktoren in Europa wurden vom Institut für Energiewirtschaft der Universität Stuttgart im Rahmen des EU-geförderten, internationalen FP6-Projekts ESPREME (<http://espreme.ier.uni-stuttgart.de>) durchgeführt. Diese Forschungsinhalte wurden nun als nationaler Beitrag Guidebook-konform aufbereitet. Die ESPREME-Forschungsergebnisse stellen damit in Zukunft einen Baustein des überarbeiteten Guidebooks dar.

3 Durchführung des Projektes

Es wurden im Rahmen des Projektes die folgenden Arbeitsschritte durchgeführt.

3.1 Zusammenstellung der Emissionsdatenbasis

In einem ersten Schritt wurden auf Basis der im Rahmen des ESPREME-Projektes (<http://espreme.ier.uni-stuttgart.de>) erarbeiteten Emissionsdatenbasis für alle im Hinblick auf die internationalen Berichtspflichten relevanten Quellgruppen die für das EMEP/CORINAIR AEIGB notwendigen Informationen (Emissionsfaktoren, Aktivitätsraten und Unsicherheiten) in englischer Sprache aufbereitet und zusammengestellt. Dabei wurden die im Folgenden aufgeführten nach NFR-Struktur priorisierten und im ESPREME Projekt untersuchten Quellgruppen betrachtet:

- Combustion & Industry (1.A.1. und 1.A.2)
- Public Electricity and Heat Production (1.A.1.a, 1.A.4.b)
- Iron and Steel (2.C.1)
- Non-ferrous Metals (2.C.5.a, 2.C.5.b, 2.C.5.d)
- Waste incineration (sowie zusätzliche Informationen über Industrieprozesse welche als wichtige Quelle über ESPREME ermittelt wurden, z. B. Zementproduktion) (6.C, 2.A.1)
- Transport: Gasoline Combustion, Tyre and brake wear processes (1.A.3.b)

Darüber hinaus wurden zusätzlich folgende emissionsrelevante Prozesse betrachtet, die im ESPREME-Projekt nicht untersucht wurden:

- Transport – Diesel Combustion (1.A.3.b)
- Navigation – Fuel combustion (1.A.3.d)
- Other Mobile Sources (including Military) – Fuel Combustion (1.A.3.b)

Es wurden Informationen zu Emissionen folgender Schwermetalle geliefert:

- Quecksilber (Hg, inkl. Auflösung nach den Oxidationsstufen Hg(2+), Hg(0) sowie partikelgebundenes Hg)
- Cadmium (Cd)
- Blei (Pb)
- Chrom (Cr (VI))
- Arsen (As)
- Nickel (Ni)

Zusätzlich wurden für alle Quellgruppen "default" - Emissionsfaktoren nach dem sog. TIER 1-Ansatz, sowie für "Key Sources" nach dem TIER 2-Ansatz (technologieabhängige Emissionsfaktoren) zur Verfügung gestellt. Zusätzliche Emissionsquellen, die nicht im NFR-Format enthalten sind, aber aus dem ESPREME Projekt als relevante Quellen erschlossen wurden, wurden zusätzlich betrachtet. Dabei wurden insbesondere die EU-27-Staaten betrachtet.

Bei der konkreten Umsetzung der durchgeführten Arbeiten wurden alle aus dem ESPREME-Projekt zur Verfügung stehenden Emissionsfaktoren in quellgruppenspezifische Tabellenblätter eingefügt. Außerdem wurden allen Emissionsfaktoren Abschätzungen über die Unsicherheit beigelegt.

3.2 Einbeziehung internationaler Experten und der EEA

Im Rahmen des Projektes wurden die internationalen Experten Prof. Jozef Pacyna (NILU, Norwegen) und Dr. Hugo Denier van der Gon (TNO, Niederlande) einbezogen. Prof. Jozef Pacyna hat wesentliche Inhalte zu den ESPREME Ergebnissen beigetragen. Herr Dr. Hugo Denier van der Gon ist für die TNO-Datenbasis verantwortlich. Durch seine Beiträge konnte eine zusätzliche qualitative Konsolidierung der Ergebnisse erreicht werden. Darüber hinaus wurden die Daten von Leonidas Ntziachristos, Griechenland, Co-Chair des Expert Panels „Transport“ der EMEP TFEIP und Antonio Ferreiro, Spanien, Mitglied der EMEP TFEIP, geprüft. Die so verbesserten Daten wurden im Februar 2008 an TNO weitergegeben, um sie in das Guidebook zu implementieren.

Zusätzlich wurde das Projekt in einer Kurzpräsentation auf dem TFEIP Meeting in Dublin vorgestellt. In diesem Zusammenhang wurde Deutschland von der UN ECE für die Unterstützung des Projektes gedankt.

3.3 Durchführung einer „Key source“ Analyse

In einem weiteren Arbeitsschritt wurden mit Hilfe der quellgruppenspezifischen Emissionsfaktoren sowie länderspezifisch implementierter Minderungsmaßnahmen unterschiedlicher Effizienz und länderspezifischen Aktivitätsdaten für alle in ESPREME betrachteten Länder Emissionen ausgerechnet. Diese Datenbasis wurde im weiteren Verlauf des Projektes für die vorgesehene „Key Source Analysis“ verwendet und war Grundlage für den Review von Herrn Denier van der Gon (TNO, Niederlande).

3.4 Unterstützung bei der Implementierung ins Guidebook.

Auf dem TFEIP-Meeting in Dublin im Oktober 2007 wurde mit den für die Überarbeitung des Guidebooks verantwortlichen Consultants und dem Umweltbundesamt abgestimmt, dass auf Grundlage des Projektes keine Textbeiträge erwartet werden, sondern im wesentlichen Tabellen mit Emissionsfaktoren für TIER 1 und TIER 2 geliefert werden sollen. Diese Informationen wurden dann von TNO, dem EEA-Consultant, in die sektorspezifischen Guidebook Chapters eingefügt.

Daher finden sich in diesem Bericht, neben den an TNO gelieferten Tabellen, nur wenige Textbeiträge und keine Auswertung, inwieweit die Lieferungen von TNO berücksichtigt wurden². Alle im Guidebook implementierten Emissionsfaktoren sind mit „ESPREME“ referenziert und somit dokumentiert.

² ### AG-Anmerkung: Es wurden vom Auftragnehmer erhebliche Anstrengungen unternommen, die Beiträge beim EU-Consultant zu platzieren. Jedoch unterlag das Guidebook-Update einer Eigenkontrolle, die nur Teilergebnisse zur Übernahme gewährte.

4 Ergebnisse

4.1 Beschreibung der betrachteten Quellgruppen

Es wurden für folgende Verbrennungsprozesse im Rahmen des Projektes Emissionsfaktoren generiert:

- Steinkohleverbrennung (Hard_coal combustion)
- Braunkohleverbrennung (Brown_coal combustion)
- Öl-Verbrennung (Liquid_fuel combustion)
- Kleinf Feuerung Holz (Small_wood combustion)
- Kleinf Feuerung-Öl (Small_oil combustion)

Für folgende Industrieprozesse wurden Emissionsfaktoren generiert:

- Sinterprozesse (Sintering)
- Primärbleiproduktion (Primary_lead)
- Sekundärbleiproduktion (Secondary_lead)
- Primärzinkproduktion (Primary_zinc)
- Sekundärzinkproduktion (Secondary_zinc)
- Primärkupferproduktion (Primary_copper)
- Sekundärkupferproduktion (Secondary_copper)
- Zementproduktion (Cement)
- Koksproduktion (Coke)
- Gusseisenherstellung (Cast_iron_steel)
- Roheisenherstellung (pig_iron_steel)
- Chlorproduktion (Chlorine)
- Herstellung von Siemens-Martin-Stahl (Open_hearth furnace_steel)
- Stahlproduktion mit Hilfe des Sauerstoffblasverfahrens (Basic_oxygen)
- Herstellung von Elektro Stahl (Electric_arc)
- Müllverbrennung (Waste_incineration)
- Raffinerien

Darüber hinaus wurden Emissionsfaktoren für Aktivitäten mobiler Quellen generiert:

- Benzinverbrennung (Exhaust gasoline combustion)
- Dieserverbrennung (Exhaust diesel combustion)
- Bremsen- und Reifenabrieb (Tyre/brake wear)

4.2 Beschreibung der verwendeten Minderungstechnologien

In Tabelle 1 sind die Minderungstechnologien charakterisiert, die im ESPREME Projekt zur Modellierung der TIER 2 Emissionsfaktoren verwendet wurden. Neben der Benennung und Beschreibung der Maßnahme wird jeweils der Prozess angegeben, auf den sie wirkt, sowie die Reduktionspotenziale auf den Emissionsfaktor des jeweiligen Schwermetalls.

Überarbeitung der Schwermetallkapitel im CORINAIR Guidebook zur Verbesserung der Emissionsinventare und der Berichterstattung im Rahmen der Genfer Luftreinhaltekonvention

Tabelle 1: Beschreibung und Charakterisierung der zur Modellierung der TIER 2-Emissionsfaktoren verwendeten Maßnahmen

Main category method	Control method within a main category method	Option within a control method	Process	Hg emission reduction [%]	Other HM emission reduction [%]
Technical oriented measures	technology switching	low NOx-burners	Liquid fuel combustion for power/heat generation	0	5
particulate control systems	electrostatic precipitator (ESP)	dry ESP-high efficient	Hard coal combustion for power/heat generation	24	95
particulate control systems	electrostatic precipitator (ESP)	dry ESP-high efficient	Brown coal combustion for power/heat generation	24	95
particulate control systems	electrostatic precipitator (ESP)	dry ESP-high efficient	Solid biomass for power/heat generation	24	94
particulate control systems	electrostatic precipitator (ESP)+wet or dry scrubber+dry injection	electrostatic precipitator (ESP)+wet or dry scrubber +dry sorbent injection	Hard coal combustion for power/heat generation	98	99,95
particulate control systems	electrostatic precipitator (ESP)+wet or dry scrubber+dry injection	electrostatic precipitator (ESP)+wet or dry scrubber +dry sorbent injection	Brown coal combustion for power/heat generation	70	99,95
particulate control systems	electrostatic precipitator (ESP)	dry ESP-high efficient	Hard coal combustion for power/heat generation	72	99,95
particulate control systems	electrostatic precipitator (ESP)	dry ESP-high efficient	Brown coal combustion for power/heat generation	45	99,95
particulate control systems	electrostatic precipitator (ESP)	dry ESP-high efficient	Wood combustion for power/heat generation	24	94
particulate control systems	electrostatic precipitator (ESP)	wet ESP high efficient	Liquid fuel combustion for power/heat generation	98	99,95
particulate control systems	electrostatic precipitator (ESP)	Electro-catalytic oxidation	Hard coal combustion for power/heat generation	80	99
particulate control systems	electrostatic precipitator (ESP)	Electro-catalytic oxidation	Brown coal combustion for power/heat generation	80	99
particulate control systems	fabric filters (FF)	FF state-of-the-art.	Solid biomass for power/heat generation	70	99,99
particulate control systems	fabric filters (FF)	FF (retrofitted)	Liquid fuel combustion for power/heat generation	98	99,95
particulate control systems	cyclones (CC)	CC (medium)	Wood combustion for power/heat generation	0	25,5
particulate control systems	multicyclones (CM)	CM (medium)	Wood combustion for power/heat generation	0	85,8
particulate control systems	wet scrubber Venturi (wSV)	wSV (medium)	Wood combustion for power/heat generation	8	93,5
Flue Gas Desulfurization processes (FGD)	wet FGD (wFGD)+deduster	wFGD (state-of-the-art.)+ESP	Hard coal combustion for power/heat generation	40	95
Flue Gas Desulfurization processes (FGD)	wet FGD (wFGD)+deduster	wFGD (state-of-the-art.)+ESP	Brown coal combustion for power/heat generation	40	95
Flue Gas Desulfurization processes (FGD)	wet FGD (wFGD)+deduster	wFGD (state-of-the-art.)+ESP	Liquid fuel combustion for power/heat generation	40	42,5
Selective NOx Reduction processes	Selective Catalytic NOx Reduction (SCR)	SCR	Solid biomass for power/heat generation	15	5
In-duct sorbents injection (SI)	calcium hydroxide-impregnated adsorbents (SiCa)	Simultaneous control of SO ₂ , NO _x and Hg (SiCs)	Hard coal combustion for power/heat generation	99	40
In-duct sorbents injection (SI)	calcium hydroxide-impregnated adsorbents (SiCa)	Simultaneous control of SO ₂ , NO _x and Hg (SiCs)	Brown coal combustion for power/heat generation	100	40
Flue Gas Desulfurization processes (FGD)	wet FGD (wFGD)	wFGD (state-of-the-art.)	Sintering	40	95
In-duct sorbents injection (SI)	virgin activated carbon injection (SIC)+FF	virgin activated carbon injection (SIC)+FF	Sintering	80	70
In-duct sorbents injection (SI)	calcium hydroxide-impregnated adsorbents (SiCa)	Simultaneous control of SO ₂ , NO _x and Hg (SiCs)	Sintering	100	40
particulate control systems	electrostatic precipitator (ESP)	dry ESP medium efficient	Sintering	5	84,74
particulate control systems	electrostatic precipitator (ESP)	dry ESP-high efficient	Sintering	70	99,95
Technical oriented measures	technology switching	BAT production technologies	Primary lead	0	10
In-duct sorbents injection (SI)	virgin activated carbon injection (SIC)+FF+FGD	virgin activated carbon injection (SIC)+FF+FGD	Primary lead	90	99,99
particulate control systems	electrostatic precipitator (ESP)	dry ESP medium efficient	Primary lead	5	84,74
particulate control systems	fabric filters (FF)	FF state-of-the-art.	Primary lead	10	99,99
particulate control systems	fabric filters (FF)	FF state-of-the-art.	Primary zinc	10	99,99
Technical oriented measures	technology switching	BAT production technologies	Primary zinc	0	10
particulate control systems	fabric filters (FF)	FF state-of-the-art.	Primary copper	10	99,99
Technical oriented measures	technology switching	BAT production technologies	Primary copper	0	10
Technical oriented measures	technology switching	BAT production technologies	Secondary lead	0	10
particulate control systems	electrostatic precipitator (ESP)	dry ESP medium efficient	Secondary lead	5	84,74
particulate control systems	fabric filters (FF)	FF state-of-the-art.	Secondary lead	10	99,99
Technical oriented measures	technology switching	BAT production technologies	Secondary zinc	0	10
particulate control systems	electrostatic precipitator (ESP)	dry ESP medium efficient	Secondary zinc	5	84,74
particulate control systems	fabric filters (FF)	FF state-of-the-art.	Secondary zinc	10	99,99

Überarbeitung der Schwermetallkapitel im CORINAIR Guidebook zur Verbesserung der Emissionsinventare und der Berichterstattung im Rahmen der Genfer Luftreinhaltekonvention

Tabelle 1 (Forts.): Beschreibung und Charakterisierung der zur Modellierung der TIER 2-Emissionsfaktoren verwendeten Maßnahmen

Main category method	Control method within a main category method	Option within a control method	Process	Hg emission reduction [%]	Other HM emission reduction [%]
particulate control systems	electrostatic precipitator (ESP)	dry ESP medium efficient	Secondary zinc	5	84,74
particulate control systems	fabric filters (FF)	FF state-of-the-art.	Secondary zinc	10	99,99
Technical oriented measures	technology switching	BAT production technologies	Secondary copper	0	10
particulate control systems	electrostatic precipitator (ESP)	dry ESP medium efficient	Secondary copper	5	84,74
particulate control systems	fabric filters (FF)	FF state-of-the-art.	Secondary copper	10	99,99
Flue Gas Desulfurization processes (FGD)	wet FGD (wFGD)	wFGD+FF	Cement production	90	99,5
particulate control systems	fabric filters (FF)	FF medium efficient	Cement production	5	95,95
particulate control systems	fabric filters (FF)	FF (optimized)	Cement production	98	99,91
Technical oriented measures	HM content minimization	use of raw materials with low HM content	Coke production	5	5
Flue Gas Desulfurization processes (FGD)	wet FGD (wFGD)	wFGD (medium)	Coke production	30	45,5
Flue Gas Desulfurization processes (FGD)	wet FGD (wFGD)	wFGD	Coke production	40	95
particulate control systems	electrostatic precipitator (ESP)	dry ESP medium efficient	Coke production	5	84,74
particulate control systems	fabric filters (FF)	FF medium efficient	Coke production	5	95,95
particulate control systems	electrostatic precipitator (ESP)	dry ESP-high efficient	Coke production	70	99,95
particulate control systems	fabric filters (FF)	FF (optimized)	Coke production	5	95,95
particulate control systems	multicyclones (CM)	CM (medium)	Iron and steel foundries	0	82
particulate control systems	electrostatic precipitator (ESP)	dry ESP medium efficient	Iron and steel foundries	5	84,74
particulate control systems	electrostatic precipitator (ESP)	dry ESP-high efficient	Iron and steel foundries	70	99,95
particulate control systems	fabric filters (FF)	FF (optimized)	Iron and steel foundries	5	95,95
particulate control systems	fabric filters (FF)	FF (retrofitted)	Iron and steel foundries	98	99,5
Technical oriented measures	modification of a process installation	heat recovery	Pig iron production	5	5
particulate control systems	electrostatic precipitator (ESP)	dry ESP medium efficient	Pig iron production	5	84,74
particulate control systems	fabric filters (FF)	FF medium efficient	Pig iron production	5	95,95
particulate control systems	electrostatic precipitator (ESP)	dry ESP-high efficient	Pig iron production	70	99,95
particulate control systems	wet scrubber Venturi (wSV)	wSV (medium)	Pig iron production	8	94
particulate control systems	electrostatic precipitator (ESP)	dry ESP medium efficient	Basic oxygen furnace steel	5	84,74
particulate control systems	electrostatic precipitator (ESP)	dry ESP-high efficient	Basic oxygen furnace steel	70	99,95
particulate control systems	wet scrubber Venturi (wSV)	wSV (medium)	Basic oxygen furnace steel	8	94
particulate control systems	electrostatic precipitator (ESP)	dry ESP medium efficient	Electric arc furnace steel	5	84,74
particulate control systems	electrostatic precipitator (ESP)	dry ESP-high efficient	Electric arc furnace steel	70	99,95
particulate control systems	fabric filters (FF)	FF (optimized)	Electric arc furnace steel	5	95,95
particulate control systems	fabric filters (FF)	FF (retrofitted)	Electric arc furnace steel	98	99,5
Management oriented measures (non-technological methods)	good housekeeping of a process environment	good practices during maintenance and repair	Chlorine production (mercury cell plants)	20	
Technical oriented measures	technology switching	diaphragm or membrane cell plants	Chlorine production (mercury cell plants)	100	
Technical oriented measures	modification of a process installation	improvements of the cells	Chlorine production (mercury cell plants)	15	
Management oriented measures (non-technological methods)	HM waste management	material separation (waste separation)	Waste incineration and cremation processes	60	10
Flue Gas Desulfurization processes (FGD)	wet FGD (wFGD)	wFGD	Waste incineration and cremation processes	40	95
In-duct sorbents injection (SI)	virgin activated carbon injection (SIC)+FF	virgin activated carbon injection (SIC)+FF	Waste incineration and cremation processes	80	70
In-duct sorbents injection (SI)	virgin activated carbon injection (SIC)+venturi scrubber with lime milk+caustic soda+FF	virgin activated carbon injection (SIC)+venturi scrubber with lime milk+caustic soda+FF	Waste incineration and cremation processes	99	99,99
In-duct sorbents injection (SI)	virgin activated carbon injection (SIC)+venturi scrubber+ESP	virgin activated carbon injection (SIC)+venturi scrubber+ESP	Waste incineration and cremation processes	95	99,99
particulate control systems	electrostatic precipitator (ESP)	ESP+wet scrubber+activated carbon with lime+FF	Waste incineration and cremation processes	99	99,95
particulate control systems	electrostatic precipitator (ESP)	dry ESP-high efficient	Waste incineration and cremation processes	70	99,95
particulate control systems	wet scrubber (wSC)	two-stage scrubber+wetESP	Waste incineration and cremation processes	90	99

3

³ ### AG-Anmerkung: Hier fehlt die Nennung der in Deutschland üblichsten Entstaubung mittels Elektrofilter (ESP) in der Zementindustrie, fachliche Details siehe auch Kapitel 4.8 Deutschlandspezifische Ergebnisse.

4.3 Sektor- und technologiespezifische Emissionsfaktoren

4.3.1 Herleitung der Emissionsfaktoren nach TIER 1 und TIER 2

4.3.1.1 TIER 1-Tabellen

Die TIER 1-Tabellen beinhalten die durchschnittlichen Emissionsfaktoren (EF), wie sie durch die Resultate des ESPREME-Projektes berechnet wurden. Grundlage sind die länderspezifischen Implementierungsgrade zusammen mit den Effizienzen der Maßnahmen, um aus ungeminderten EF (angenommene Emissionen pro produzierter Einheit, falls keinerlei Minderungsmaßnahmen implementiert wären) die länderspezifischen EF zu erhalten. Für die Chromemissionen wurde kein maßnahmenbasierter Ansatz verwendet, sondern der EF pro Sektor und Land direkt abgeschätzt. Multipliziert mit den Aktivitäten pro Land ergeben sich die Emissionen pro Land. Die Summe dieser Emissionen über alle betrachteten Länder (EU-27+ Albanien, Belarus, Kroatien, Island, Mazedonien, Moldawien, Norwegen, der europäische Teil Russlands, Serbien und Montenegro, Schweiz und die Ukraine) wurde anschließend durch die Summe aller Aktivitäten geteilt, um durchschnittliche EF zu erhalten. Diese sollten verwendet werden, falls keine Daten über verwendete Maßnahmen in den entsprechenden Sektoren verfügbar sind.

Daraus ergibt sich folgende Formel, auf deren Grundlage die sektorspezifischen EF berechnet wurden.

$$EF = \frac{\sum_{c \in C} UEF \cdot A_c \cdot (1 - \sum_{m \in M} E_m \cdot IG_m)}{\sum_{c \in C} A_c}$$

Dabei stehen die Variablen für

A_c	Sektorspezifische Aktivität im Land c
C	Menge aller Länder
E_m	Sektorspezifische Effizienz der Maßnahme m
EF	Sektorspezifischer Emissionsfaktor
IG_m	Sektorspezifischer Implementierungsgrad der Maßnahme m
M	Menge aller Maßnahmen für den Sektor
UEF	Sektorspezifischer ungeminderter Emissionsfaktor

Die EF für den Straßenverkehr (Schwermetalle aus Abgasen und aus dem Abrieb von Reifen- und Bremsmaterialien) werden als TIER 2 dargestellt, da hier eine technologiespezifische Unterscheidung der Aktivitäten notwendig ist (z.B. in Benzin oder Diesel).

4.3.1.2 TIER 2- Tabellen

In den TIER 2-Tabellen werden die resultierenden EF_m für Anwendung einer bestimmten Maßnahme m auf einen spezifischen Sektor aufgelistet. Diese ergeben sich direkt aus ungeminderten EF und Minderungseffizienz der Maßnahmen E_m als

$$EF_m = UEF \cdot E_m$$

Es ist zu beachten, dass der gleiche Ansatz zwar auch für Chrom durchgeführt wurde, aber im Gegensatz zu den anderen Schwermetallen das Ergebnis nicht genügend gut validiert wurde. Wir empfehlen daher für Chrom die Benutzung der TIER 1-Tabellen.

Für den Straßenverkehr wurden für UN ECE-Europa außer Weißrussland, Russland und Serbien gewichtete mittlere EF für Pb aus Benzinabgasen angegeben, die zum einen auf der Grundlage von Laboranalysen und zum anderen auf der Grundlage von Literaturwerten (Pacyna 2007) und dem Grenzwert aus der Direktive (2003/17/EG) gebildet wurden. Die Laboranalysen umfassen Ergebnisse

aktueller deutscher, niederländischer und britischer Studien (Schmiedel 2003, Denier van der Gon 2007, Dore 2007). Für die Ermittlung der EFs für Weißrussland, Russland und Serbien wurden Literaturwerte gemittelt und gewichtet. Die Gewichtung erfolgte generell über den Kraftstoffverbrauch der einzelnen Länder. EF für geogenes Pb aus Dieselabgasen wurden auf der Grundlage von deutschen und niederländischen Studien ermittelt (Fröhling & Ludzay 2002, Denier van der Gon 2007).

Die TIER 2-Tabellen enthalten weiterhin EF für den Abrieb von Reifen und Bremsbelägen bei PKW und schweren Nutzfahrzeugen, welche unter der Auswertung verschiedener verfügbarer Studien erstellt (s. TIER 2-Tabellen) und im Laufe des Guidebook-Review-Prozesses einer Überarbeitung unterzogen wurden. Dabei wurden mittlere Elementgehalte von As, Cd, Cr, Ni und Pb sowie mittlere Abriebsfaktoren (in der Form von Gesamtpartikeln TSP und flugfähigen Partikeln PM₁₀ und PM_{2,5}) in Reifen und Bremsen ermittelt. Multipliziert miteinander ergeben sich EF für Schwermetalle aus dem Reifen- und Bremsabrieb.

4.3.2 Ungeminderte Emissionsfaktoren

Tabelle 2: Ungeminderte Emissionsfaktoren für Großfeuerungsanlagen (Steinkohle)

Unabated emission factors				
	Code	Name		
NFR Source Category		Power plants		
Fuel		Hard coal		
SNAP (if applicable)	01;02			
Technology				
Region or regions				
Abatement	No abatement technology			
Other				
Pollutant	Value	Unit	95% confidence	
			Lower	Upper
Hg	0,0000700	kg/MWhe	0,0000500	0,0001000
Cd	0,0001600	kg/MWhe	0,0008000	0,0024000
Cr	0,0036000	kg/MWhe	0,0025116	0,0050233
Ni	0,0015700	kg/MWhe	0,0010000	0,0025000
As	0,0008600	kg/MWhe	0,0006000	0,0012000
Pb	0,0040000	kg/MWhe	0,0030000	0,0060000

Tabelle 3: Ungeminderte Emissionsfaktoren für Großfeuerungsanlagen (Braunkohle)

Unabated emission factors				
	Code	Name		
NFR Source Category		Power plant		
Fuel		lignite coal		
SNAP (if applicable)	01;02			
Technology				
Region or regions				
Abatement	No abatement technology			
Other				
Pollutant	Value	Unit	95% confidence	
			Lower	Upper
Hg	0,0000200	kg/MWhe	0,0000100	0,0000400
Cd	0,0035000	kg/MWhe	0,0010000	0,0060000
Cr	0,0058500	kg/MWhe	0,0014848	0,0074239
Ni	0,0136400	kg/MWhe	0,0050000	0,0300000
As	0,0039400	kg/MWhe	0,0010000	0,0050000
Pb	0,0122000	kg/MWhe	0,0040000	0,0240000

Tabelle 4: Ungeminderte Emissionsfaktoren für Großfeuerungsanlagen (Öl)

Unabated emission factors				
	Code	Name		
NFR Source	Category	Power plants		
Fuel		Oil		
SNAP (if applicable)	01;02			
Technology				
Region or region				
Abatement	No abatement technology			
Other				
Pollutant	Value	Unit	95% confidence	
			Lower	Upper
Hg	0,0000150	kg/Mwhe	0,0000100	0,0000400
Cd	0,0002200	kg/Mwhe	0,0001000	0,0004000
Cr	0,0001590	kg/Mwhe	0,0001136	0,0002271
Ni	0,0032000	kg/Mwhe	0,0010000	0,0060000
As	0,0001400	kg/Mwhe	0,0001000	0,0002000
Pb	0,0006000	kg/Mwhe	0,0003000	0,0009000

Tabelle 5: Ungeminderte Emissionsfaktoren für Kleinf Feuerungsanlagen (Öl)

Unabated emission factors				
	Code	Name		
NFR Source Category	Industrial, residential and commercial			
Fuel	Oil			
SNAP (if applicable)	02 02; 02 03; 03 01			
Technology				
Region or regions				
Abatement	No abatement technology			
Other				
Pollutant	Value	Unit	95% confidence	
			Lower	Upper
Hg	0,0000150	g/Mwhe	0,0000100	0,0000400
Cd	0,0002200	g/Mwhe	0,0001000	0,0004000
Cr	0,0001590	g/Mwhe	0,0001136	0,0002271
Ni	0,0032000	g/Mwhe	0,0010000	0,0060000
As	0,0001400	g/Mwhe	0,0001000	0,0002000
Pb	0,0006000	g/Mwhe	0,0003000	0,0009000

Tabelle 6: Ungeminderte Emissionsfaktoren für Sinteranlagen

Unabated emission factors				
	Code	Name		
NFR Source Category		Sintering		
Fuel				
SNAP (if applicable)	03 03 01			
Technology				
Region or region				
Abatement	No abatement technology			
Other				
Pollutant	Value	Unit	95% confidence	
			Lower	Upper
Hg	0,0000300	kg/t	0,0000200	0,0000600
Cd	0,0000220	kg/t	0,0000100	0,0000300
Cr	0,0007000	kg/t	0,0003500	0,0010500
Ni	0,0005000	kg/t	0,0003000	0,0009000
As	0,0001000	kg/t	0,0000500	0,0001500
Pb	0,0198000	kg/t	0,0100000	0,0300000

Tabelle 7: Ungeminderte Emissionsfaktoren für Primärbleiherstellung

Unabated emission factors				
	Code	Name		
NFR Source Category		Primary lead		
Fuel				
SNAP (if applicable)	03 03 04			
Technology				
Region or region				
Abatement	No abatement technology			
Other				
Pollutant	Value	Unit	95% confidence	
			Lower	Upper
Hg	0,0010000	kg/t	0,0008000	0,0012000
Cd	0,0008000	kg/t	0,0006000	0,0012000
Cr	0,0000000	kg/t	0,0000000	0,0000000
Ni		kg/t		
As	0,0001800	kg/t	0,0001200	0,0002400
Pb	0,1500000	kg/t	0,1000000	0,2000000

Tabelle 8: Ungeminderte Emissionsfaktoren für Sekundärbleiherstellung

Unabated emission factors				
	Code	Name		
NFR Source Category		Secondary lead		
Fuel				
SNAP (if applicable)	03 03 07			
Technology				
Region or region				
Abatement	No abatement technology			
Other				
Pollutant	Value	Unit	95% confidence	
			Lower	Upper
Hg		kg/t		
Cd	0,0150000	kg/t	0,0200000	0,0400000
Cr	0,0000000	kg/t	0,0000000	0,0000000
Ni		kg/t		
As	0,0470000	kg/t	0,0300000	0,0700000
Pb	5.8000000	kg/t	2.0000000	8.0000000

Tabelle 9: Ungeminderte Emissionsfaktoren für Primärzinkherstellung

Unabated emission factors				
	Code	Name		
NFR Source Category		Primary zinc		
Fuel				
SNAP (if applicable)	03 03 05			
Technology				
Region or region				
Abatement	No abatement technology			
Other				
Pollutant	Value	Unit	95% confidence	
			Lower	Upper
Hg	0,0050000	kg/t	0,0020000	0,0080000
Cd	0,0050000	kg/t	0,0020000	0,0080000
Cr		kg/t		
Ni		kg/t		
As		kg/t		
Pb	0,0350000	kg/t	0,0100000	0,0700000

Tabelle 10: Ungeminderte Emissionsfaktoren für Sekundärzinkherstellung

Unabated emission factors				
	Code	Name		
NFR Source Category		Secondary zinc		
Fuel				
SNAP (if applicable)	03 03 08			
Technology				
Region or region				
Abatement	No abatement technology			
Other				
Pollutant	Value	Unit	95% confidence	
			Lower	Upper
Hg	0,0000060	kg/t	0,0000030	0,0000090
Cd	0,0350000	kg/t	0,0200000	0,0500000
Cr	0,0000000	kg/t	0,0000000	0,0000000
Ni		kg/t		
As	0,0059000	kg/t	0,0030000	0,0090000
Pb	0,0650000	kg/t	0,0400000	0,1000000

Tabelle 11: Ungeminderte Emissionsfaktoren für Primärkupferherstellung

Unabated emission factors				
	Code	Name		
NFR Source	Category	Primary copper		
Fuel				
SNAP (if applicable)	03 03 06			
Technology				
Region or region				
Abatement	No abatement technology			
Other				
Pollutant	Value	Unit	95% confidence	
			Lower	Upper
Hg	0,0000300	kg/t	0,0000200	0,0000500
Cd	0,0250000	kg/t	0,0200000	0,0400000
Cr	0,0010000	kg/t	0,0006818	0,0013636
Ni	0,0330000	kg/t	0,0200000	0,0500000
As	0,0880000	kg/t	0,0600000	0,1200000
Pb	0,3000000	kg/t	0,2000000	0,5000000

Tabelle 12: Ungeminderte Emissionsfaktoren für Sekundärkupferherstellung

Unabated emission factors				
	Code	Name		
NFR Source	Category	Secondary copper		
Fuel				
SNAP (if ap	03 03 09			
Technologi				
Region or r				
Abatement	No abatement technology			
Other				
Pollutant	Value	Unit	95% confidence	
			Lower	Upper
Hg	0,0000000	kg/t		
Cd	0,0200000	kg/t	0,0100000	0,0400000
Cr	0,0000000	kg/t	0,0000000	0,0000000
Ni	0,0011000	kg/t	0,0005000	0,0015000
As	0,0120000	kg/t	0,0050000	0,0180000
Pb	1,0000000	kg/t	0,5000000	1,0000000

Tabelle 13: Ungeminderte Emissionsfaktoren für Chlorproduktion

Unabated emission factors				
	Code	Name		
NFR Source	Category	Chlorine Production		
Fuel				
SNAP (if applicable)	04 04 13			
Technology				
Region or region				
Abatement	No abatement technology			
Other				
Pollutant	Value	Unit	95% confidence	
			Lower	Upper
Hg	0,0050000	kg/t	0,0020000	0,0080000
Cd		kg/t		
Cr		kg/t		
Ni		kg/t		
As		kg/t		
Pb		kg/t		

Tabelle 14: Ungeminderte Emissionsfaktoren für Roheisenherstellung

Unabated emission factors				
	Code	Name		
NFR Source	40203,0000000	Pig Iron Processing		
Fuel				
SNAP (if applicable)	04 02 03			
Technology				
Region or region				
Abatement	No abatement technology			
Other				
Pollutant	Value	Unit	95% confidence	
			Lower	Upper
Hg	0,0000002	kg/t	0,0000001	0,0000003
Cd	0,0000000	kg/t	0,0000000	0,0000000
Cr	0,0000060	kg/t	0,0000030	0,0000090
Ni		kg/t		
As	0,0000006	kg/t	0,0000003	0,0000009
Pb	0,0000120	kg/t	0,0000060	0,0000180

Tabelle 15: Ungeminderte Emissionsfaktoren für Gusseisenerzeugung

Unabated emission factors				
	Code	Name		
NFR Source	Category	Iron and Steel foundries		
Fuel				
SNAP (if ap	04 02			
Technology				
Region or r				
Abatement	No abatement technology			
Other				
Pollutant	Value	Unit	95% confidence	
			Lower	Upper
Hg	0,0000000	kg/t		
Cd	0,0000018	kg/t	0,0000015	0,0000025
Cr		kg/t		
Ni	0,0001000	kg/t	0,0000800	0,0001200
As	0,0000000	kg/t		
Pb	0,0000560	kg/t	0,0000100	0,0000700

Tabelle 16: Ungeminderte Emissionsfaktoren für Koksherstellung

Unabated emission factors				
	Code	Name		
NFR Source Category		Coke Production		
Fuel				
SNAP (if applicable)	04 04 09 or 01 04 06 or 04 02 01			
Technology				
Region or regions				
Abatement	No abatement technology			
Other				
Pollutant	Value	Unit	95% confidence	
			Lower	Upper
Hg	0,0000300	kg/t	0,0000200	0,0000400
Cd	0,0001600	kg/t	0,0001000	0,0002000
Cr	0,0003400	kg/t	0,0002125	0,0004250
Ni	0,0013000	kg/t	0,0010000	0,0016000
As	0,0006400	kg/t	0,0004000	0,0008000
Pb	0,0056000	kg/t	0,0030000	0,0080000

Tabelle 17: Ungeminderte Emissionsfaktoren für Zementproduktion

Unabated emission factors				
	Code	Name		
NFR Source Category		Cement Production		
Fuel				
SNAP (if applicable)	04 06 12			
Technologies				
Region or region				
Abatement technology	No abatement technology			
Other				
Pollutant	Value	Unit	95% confidence	
			Lower	Upper
Hg	0,0001500	kg/t	0,0001000	0,0002500
Cd	0,0020000	kg/t	0,0010000	0,0040000
Cr	0,1000000	kg/t	0,0500000	0,1500000
Ni	0,0100000	kg/t	0,0050000	0,0150000
As	0,0010000	kg/t	0,0005000	0,0015000
Pb	0,0200000	kg/t	0,0100000	0,0400000

Tabelle 18: Ungeminderte Emissionsfaktoren für Müllverbrennung

Unabated emission factors				
	Code	Name		
NFR Source Category	Waste incineration			
Fuel				
SNAP (if applicable)	09 09;09 02			
Technology				
Region or regions				
Abatement	No abatement technology			
Other				
Pollutant	Value	Unit	95% confidence	
			Lower	Upper
Hg	0,0011000	kg/t	0,0008000	0,0015000
Cd	0,0021000	kg/t	0,0010000	0,0030000
Cr		kg/t		
Ni	0,0028000	kg/t	0,0010000	0,0040000
As	0,0003400	kg/t	0,0002000	0,0004000
Pb	0,0260000	kg/t	0,0100000	0,0400000

Tabelle 19: Ungeminderte Emissionsfaktoren für Elektrostahlherstellung

Unabated emission factors				
	Code	Name		
NFR Source	Category	Electric arc		
Fuel				
SNAP (if applicable)	04 02 07			
Technology				
Region or region				
Abatement	No abatement technology			
Other				
Pollutant	Value	Unit	95% confidence	
			Lower	Upper
Hg	0,0000800	kg/t	0,0000600	0,0000900
Cd	0,0030000	kg/t	0,0020000	0,0040000
Cr	0,0250000	kg/t	0,0125000	0,0375000
Ni	0,0100000	kg/t	0,0030000	0,0150000
As	0,0002000	kg/t	0,0001000	0,0003000
Pb	0,0360000	kg/t	0,0150000	0,0600000

Tabelle 20: Ungeminderte Emissionsfaktoren für die Herstellung von Stahl mit Hilfe des Sauerstoffblasverfahrens (Oxygenstahl)

Unabated emission factors				
	Code	Name		
NFR Source	Category	Basic oxygen		
Fuel				
SNAP (if applicable)	04 02 06			
Technology				
Region or region				
Abatement	No abatement technology			
Other				
Pollutant	Value	Unit	95% confidence	
			Lower	Upper
Hg	0,0000020	kg/t	0,0000010	0,0000030
Cd	0,0005000	kg/t	0,0004000	0,0006000
Cr	0,0026000	kg/t	0,0017333	0,0034667
Ni	0,0010000	kg/t	0,0005000	0,0050000
As	0,0030000	kg/t	0,0020000	0,0040000
Pb	0,0300000	kg/t	0,0200000	0,0500000

4.3.3 Emissionsfaktoren nach TIER 1

4.3.3.1 TIER 1- Emissionsfaktoren für Groß- und Kleinfeuerungen zur Energieerzeugung

Tabelle 21: TIER 1- Emissionsfaktoren für Großfeuerungsanlagen (Steinkohle)

Tier 1 default emission factors				
	Code	Name		
NFR Source Category		Power plants		
Fuel		Hard coal		
Pollutant	Value	Unit	95% confidence interval	
			Lower	Upper
Hg	0,0000296	kg/MWhe	0,0000211	0,0000423
Cd	0,0000084	kg/MWhe	0,0000420	0,0001260
Cr	0,0002764	kg/MWhe	0,0001928	0,0003856
Ni	0,0000824	kg/MWhe	0,0000525	0,0001313
As	0,0000452	kg/MWhe	0,0000315	0,0000630
Pb	0,0002100	kg/MWhe	0,0001575	0,0003150

Tabelle 22: TIER 1- Emissionsfaktoren für Großfeuerungsanlagen (Braunkohle)

Tier 1 default emission factors				
	Code	Name		
NFR Source Category		Power plants		
Fuel		soft coal		
Pollutant	Value	Unit	95% confidence interval	
			Lower	Upper
Hg	0,0000112	kg/MWhe	0,0000056	0,0000225
Cd	0,0001383	kg/MWhe	0,0000395	0,0002371
Cr	0,0002764	kg/MWhe	0,0000701	0,0003507
Ni	0,0005391	kg/MWhe	0,0001976	0,0011857
As	0,0001557	kg/MWhe	0,0000395	0,0001976
Pb	0,0004822	kg/MWhe	0,0001581	0,0009485 ⁴

Tabelle 23: TIER 1- Emissionsfaktoren für Großfeuerungsanlagen (Öl)

Tier 1 default emission factors				
	Code	Name		
NFR Source Category		Power plants		
Fuel		Oil		
Pollutant	Value	Unit	95% confidence interval	
			Lower	Upper
Hg	0,0012237	kg/MWhe	0,0008158	0,0032631
Cd	0,0143051	kg/MWhe	0,0065023	0,0260092
Cr	0,2080738	kg/MWhe	0,1486242	0,2972483
Ni	0,2080738	kg/MWhe	0,0650231	0,3901384
As	0,0091032	kg/MWhe	0,0065023	0,0130046
Pb	0,0390138	kg/MWhe	0,0195069	0,0585208

⁴ ### AG-Anmerkung:

Die englische Übersetzung von Braunkohle wechselt innerhalb der vorhergehenden Tabellen zwischen drei Möglichkeiten: soft coal, lignite coal, brown coal; teilweise unterscheiden sich die Kategoriebezeichnungen – aus fachlicher Sicht wird hier von einheitlichen Kategorien mit vergleichbaren Brennstoffen ausgegangen und die redaktionellen Unterschiede werden ignoriert.

Tabelle 24: TIER 1- Emissionsfaktoren für Kleinf Feuerungsanlagen (Öl)

Tier 1 default emission factors				
	Code	Name		
NFR Source Category		Industrial, residential and commercial boilers		
Fuel		Oil		
Pollutant	Value	Unit	95% confidence interval	
			Lower	Upper
Hg	0,0108053	kg/MWhe	0,0072036	0,0288142
Cd	0,1540026	kg/MWhe	0,0700012	0,2800047
Cr	2,2400374	kg/MWhe	1,6000267	3,2000535
Ni	2,2400374	kg/MWhe	0,7000117	4,2000702
As	0,0980016	kg/MWhe	0,0700012	0,1400023
Pb	0,4200070	kg/MWhe	0,2100035	0,6300105

Tabelle 25: TIER 1- Emissionsfaktoren für Kleinf Feuerungsanlagen (Holz)

Tier 1 default emission factors				
	Code	Name		
NFR Source Category		Industrial, residential and commercial boilers		
Fuel		Wood		
Pollutant	Value	Unit	95% confidence interval	
			Lower	Upper
Hg	0,0000870	kg/t	0,0000500	0,0001500
Cd	0,0000015	kg/t	0,0000010	0,0000025
Cr	0,0001200	kg/t	0,0000800	0,0002000
Ni	0,0000015	kg/t	0,0000010	0,0000025
As	0,0000015	kg/t	0,0000010	0,0000025
Pb	0,0000087	kg/t	0,0000050	0,0000150

4.3.3.2 TIER 1- Emissionsfaktoren für Sinterprozesse

Tabelle 26: TIER 1- Emissionsfaktoren für Sinterprozesse

Tier 1 default emission factors				
	Code	Name		
NFR Source Category		Sintering		
Fuel				
Pollutant	Value	Unit	95% confidence interval	
			Lower	Upper
Hg	0,0000184	kg/t	0,0000123	0,0000368
Cd	0,0000039	kg/t	0,0000018	0,0000054
Cr	0,0023000	kg/t	0,0011500	0,0034500
Ni	0,0000895	kg/t	0,0000537	0,0001610
As	0,0000179	kg/t	0,0000089	0,0000268
Pb	0,0035431	kg/t	0,0017894	0,0053683

4.3.3.3 TIER 1- Emissionsfaktoren für die Herstellung von Blei

Tabelle 27: TIER 1- Emissionsfaktoren für die Erzeugung von Primärblei

Tier 1 default emission factors				
	Code	Name		
NFR Source Category		Primary lead		
Fuel				
Pollutant	Value	Unit	95% confidence interval	
			Lower	Upper
Hg	0,0009254	kg/t	0,0007403	0,0011105
Cd	0,0000670	kg/t	0,0000502	0,0001005
Cr		kg/t		
Ni		kg/t		
As	0,0000151	kg/t	0,0000100	0,0000201
Pb	0,0125621	kg/t	0,0083747	0,0167494

Tabelle 28: TIER 1- Emissionsfaktoren für die Erzeugung von Sekundärblei

Tier 1 default emission factors				
	Code	Name		
NFR Source Category		Secondary lead		
Fuel				
Pollutant	Value	Unit	95% confidence interval	
			Lower	Upper
Hg		kg/t		
Cd	0,0011015	kg/t	0,0014687	0,0029374
Cr		kg/t		
Ni		kg/t		
As	0,0034515	kg/t	0,0022031	0,0051405
Pb	0,4259263	kg/t	0,1468712	0,5874846

4.3.3.4 TIER 1- Emissionsfaktoren für die Herstellung von Zink

Tabelle 29: TIER 1- Emissionsfaktoren für die Erzeugung von Primärzink

Tier 1 default emission factors				
	Code	Name		
NFR Source Category		Primary zinc		
Fuel				
Pollutant	Value	Unit	95% confidence interval	
			Lower	Upper
Hg	0,0050456	kg/t	0,0020182	0,0080729
Cd	0,0024319	kg/t	0,0009728	0,0038910
Cr		kg/t		
Ni		kg/t		
As		kg/t		
Pb	0,0170232	kg/t	0,0048638	0,0340463

Tabelle 30: TIER 1- Emissionsfaktoren für die Erzeugung von Sekundärzink

Tier 1 default emission factors				
	Code	Name		
NFR Source Category		Secondary zinc		
Fuel				
Pollutant	Value	Unit	95% confidence interval	
			Lower	Upper
Hg	0,0000065	kg/t	0,0000032	0,0000097
Cd	0,0028371	kg/t	0,0016212	0,0040530
Cr		kg/t		
Ni		kg/t		
As	0,0004783	kg/t	0,0002432	0,0007295
Pb	0,0052689	kg/t	0,0032424	0,0081061

4.3.3.5 TIER 1- Emissionsfaktoren für die Herstellung von Kupfer

Tabelle 31: TIER 1- Emissionsfaktoren für die Erzeugung von Primärkupfer

Tier 1 default emission factors				
	Code	Name		
NFR Source Category		Primary copper		
Fuel				
Pollutant	Value	Unit	95% confidence interval	
			Lower	Upper
Hg	0,0000311	kg/t	0,0000208	0,0000519
Cd	0,0145531	kg/t	0,0116425	0,0232849
Cr	0,0213515	kg/t	0,0145578	0,0291156
Ni	0,0192101	kg/t	0,0116425	0,0291062
As	0,0512268	kg/t	0,0349274	0,0698548
Pb	0,1746369	kg/t	0,1164246	0,2910616

Tabelle 32: TIER 1- Emissionsfaktoren für die Erzeugung von Sekundärkupfer

Tier 1 default emission factors				
	Code	Name		
NFR Source Category		Secondary copper		
Fuel				
Pollutant	Value	Unit	95% confidence interval	
			Lower	Upper
Hg		kg/t		
Cd	0,0022870	kg/t	0,0011435	0,0045741
Cr		kg/t		
Ni	0,0001258	kg/t	0,0000572	0,0001715
As	0,0013722	kg/t	0,0005718	0,0020583
Pb	0,1143523	kg/t	0,0571762	0,1143523

4.3.3.6 TIER 1- Emissionsfaktoren für die Chlorherstellung

Tabelle 33: TIER 1- Hg-Emissionsfaktor für die Erzeugung von Chlor

Tier 1 default emission factors				
	Code	Name		
NFR Source Category		Chlorine		
Fuel				
Pollutant	Value	Unit	95% confidence interval	
			Lower	Upper
Hg	0,0047875	kg/t	0,0019150	0,0076600
Cd		kg/t		
Cr		kg/t		
Ni		kg/t		
As		kg/t		
Pb		kg/t		

4.3.3.7 TIER 1- Emissionsfaktoren für die Roheisenherstellung

Tabelle 34: TIER 1- Emissionsfaktoren für die Erzeugung von Roheisen

Tier 1 default emission factors				
	Code	Name		
NFR Source Category		Pig_iron		
Fuel				
Pollutant	Value	Unit	95% confidence interval	
			Lower	Upper
Hg	0,0000001	kg/t	0,0000001	0,0000002
Cd		kg/t		
Cr	0,0023000	kg/t	0,0011500	0,0034500
Ni		kg/t		
As		kg/t		
Pb	0,0000006	kg/t	0,0000003	0,0000009

4.3.3.8 TIER 1- Emissionsfaktoren für die Gusseisenherstellung

Tabelle 35: TIER 1- Emissionsfaktoren für die Erzeugung von Gusseisen

Tier 1 default emission factors				
	Code	Name		
NFR Source Category		Cast_iron		
Fuel				
Pollutant	Value	Unit	95% confidence interval	
			Lower	Upper
Hg		kg/t		
Cd	0,0000001	kg/t	0,0000001	0,0000001
Cr		kg/t		
Ni	0,0000060	kg/t	0,0000048	0,0000072
As		kg/t		
Pb	0,0000034	kg/t	0,0000006	0,0000042

4.3.3.9 TIER 1- Emissionsfaktoren für die Koksherstellung

Tabelle 36: TIER 1- Emissionsfaktoren für die Erzeugung von Koks

Tier 1 default emission factors				
	Code	Name		
NFR Source Category		Coke		
Fuel				
Pollutant	Value	Unit	95% confidence interval	
			Lower	Upper
Hg	0,0000207	kg/t	0,0000138	0,0000276
Cd	0,0000331	kg/t	0,0000207	0,0000413
Cr		kg/t		
Ni	0,0002686	kg/t	0,0002066	0,0003306
As	0,0001323	kg/t	0,0000827	0,0001653
Pb	0,0011572	kg/t	0,0006199	0,0016532

4.3.3.10 TIER 1- Emissionsfaktoren für die Zementherstellung

Tabelle 37: TIER 1- Emissionsfaktoren für die Erzeugung von Zement

Tier 1 default emission factors				
	Code	Name		
NFR Source Category		Cement		
Fuel				
Pollutant	Value	Unit	95% confidence interval	
			Lower	Upper
Hg	0,0000802	kg/t	0,0000534	0,0001336
Cd	0,0001405	kg/t	0,0000702	0,0002810
Cr	0,0020000	kg/t	0,0010000	0,0030000
Ni	0,0007025	kg/t	0,0003512	0,0010537
As	0,0000702	kg/t	0,0000351	0,0001054
Pb	0,0014050	kg/t	0,0007025	0,0028099

Die Emissionsfaktoren für die Herstellung von Zement beziehen sich auf den gesamten Prozess der Zementherstellung, d.h. sie umfassen auch den Einsatz der verschiedenen Brennstoffe. So wird auch im Guidebook vorgegangen.

4.3.3.11 TIER 1- Emissionsfaktoren für die Müllverbrennung

Tabelle 38: TIER 1- Emissionsfaktoren für die Müllverbrennung

Tier 1 default emission factors				
	Code	Name		
NFR Source Category		Waste incineration		
Fuel				
Pollutant	Value	Unit	95% confidence interval	
			Lower	Upper
Hg	0,0000867	kg/t	0,0000630	0,0001182
Cd	0,0001016	kg/t	0,0000484	0,0001451
Cr		kg/t		
Ni	0,0001354	kg/t	0,0000484	0,0001935
As	0,0000164	kg/t	0,0000097	0,0000193
Pb	0,0012577	kg/t	0,0004837	0,0019349

4.3.3.12 TIER 1- Emissionsfaktoren für die Erzeugung von Siemens-Martin-Stahl

Tabelle 39: TIER 1- Emissionsfaktoren für die Erzeugung von Siemens-Martin-Stahl

Tier 1 default emission factors				
	Code	Name		
NFR Source Category		Open hearth furnacing steel		
Fuel		Iron and Steel		
Pollutant	Value	Unit	95% confidence interval	
			Lower	Upper
Hg		kg/t		
Cd	0,0008000	kg/t	0,0005000	0,0015000
Cr	0,0023000	kg/t	0,0015333	0,0038333
Ni	0,0100000	kg/t	0,0080000	0,0150000
As	0,0300000	kg/t	0,0200000	0,0500000
Pb	0,3000000	kg/t	0,0200000	0,0500000

4.3.3.13 TIER 1- Emissionsfaktoren für die Erzeugung von Elektrostahl

Tabelle 40: TIER 1- Emissionsfaktoren für die Erzeugung von Elektrostahl

Tier 1 default emission factors				
	Code	Name		
NFR Source Category		Electric_arc		
Fuel				
Pollutant	Value	Unit	95% confidence interval	
			Lower	Upper
Hg	0,0000506	kg/t	0,0000379	0,0000569
Cd	0,0002177	kg/t	0,0001451	0,0002902
Cr	0,0023000	kg/t	0,0011500	0,0034500
Ni	0,0007255	kg/t	0,0002177	0,0010883
As	0,0000145	kg/t	0,0000073	0,0000218
Pb	0,0026119	kg/t	0,0010883	0,0043532

4.3.3.14 TIER 1- Emissionsfaktoren für die Erzeugung von Stahl mit Hilfe des Sauerstoffblasverfahrens (Oxygenstahl)

Tabelle 41: TIER 1- Emissionsfaktoren für die Erzeugung von Stahl mit Hilfe des Sauerstoffblasverfahrens (Oxygenstahl)

Tier 1 default emission factors				
	Code	Name		
NFR Source Category		Basic_oxygen		
Fuel				
Pollutant	Value	Unit	95% confidence interval	
			Lower	Upper
Hg	0,0000014	kg/t	0,0000007	0,0000021
Cd	0,0000668	kg/t	0,0000534	0,0000801
Cr	0,0023000	kg/t	0,0015333	0,0030667
Ni	0,0001336	kg/t	0,0000668	0,0006678
As	0,0004007	kg/t	0,0002671	0,0005343
Pb	0,0040069	kg/t	0,0026713	0,0066782

4.3.3.15 TIER 1- Emissionsfaktoren für Raffinerieprozesse

Tabelle 42: TIER 1- Emissionsfaktoren für den Einsatz von gas oil in Boilern und anderen Heizsystemen in Raffinerien

Tier 1 default emission factors				
	Code	Name		
NFR Source Category		Boilers and Furnaces, Distillate (gas oil)		
Fuel				
Pollutant	Value	Unit	95% confidence interval	
			Lower	Upper
Hg	0,00136	g/GJ	0,001	0,0018
Cd	0,00136	g/GJ	0,001	0,0018
Cr	0,00136	g/GJ	0,001	0,0018
Ni	0,00136	g/GJ	0,001	0,0018
As	0,00181	g/GJ	0,0015	0,0025
Pb	0,00407	g/GJ	0,003	0,006

Tabelle 43: TIER 1- Emissionsfaktoren für den Einsatz von refinery fuel oil in Boilern und anderen Heizsystemen in Raffinerien

Tier 1 default emission factors				
	Code	Name		
NFR Source Category		Boilers and Furnaces, Refinery Fuel Oil		
Fuel				
Pollutant	Value	Unit	95% confidence interval	
			Lower	Upper
Hg		g/GJ		
Cd	0,0012	g/GJ	0,0008	0,0015
Cr	0,0148	g/GJ	0,01	0,02
Ni	1,03	g/GJ	0,5	1,5
As	0,00398	g/GJ	0,002	0,006
Pb	0,00456	g/GJ	0,003	0,007

Tabelle 44: TIER 1- Emissionsfaktoren für den Einsatz von natural and refinery fuel gas in Boilern und anderen Heizsystemen in Raffinerien

Tier 1 default emission factors				
	Code	Name		
NFR Source Category		Boilers and Furnaces, Natural gas and Refinery Fuel Gas		
Fuel				
Pollutant	Value	Unit	95% confidence interval	
			Lower	Upper
Hg	0,000086	g/GJ	0,00005	0,00015
Cd	0,000712	g/GJ	0,0005	0,001
Cr	0,00274	g/GJ	0,001	0,004
Ni	0,0036	g/GJ	0,002	0,006
As	0,000343	g/GJ	0,0002	0,0005
Pb	0,00179	g/GJ	0,0012	0,0021

Tabelle 45: TIER 1- Emissionsfaktoren für den Einsatz von gas oil in Gasturbinen in Raffinerien

Tier 1 default emission factors				
	Code	Name		
NFR Source Category		Gas Turbine, Distillate (gas oil)		
Fuel				
Pollutant	Value	Unit	95% confidence interval	
			Lower	Upper
Hg	0,000543	g/GJ	0,0003	0,0008
Cd	0,00217	g/GJ	0,001	0,003
Cr	0,00498	g/GJ	0,003	0,007
Ni		g/GJ		
As		g/GJ		
Pb	0,00634	g/GJ	0,004	0,008

Tabelle 46: TIER 1- Emissionsfaktoren für den Einsatz von natural and refinery fuel gas in Gasturbinen in Raffinerien

Tier 1 default emission factors				
	Code	Name		
NFR Source Category		Gas Turbine, Natural Gas and Refinery Fuel Gas		
Fuel				
Pollutant	Value	Unit	95% confidence interval	
			Lower	Upper
Hg	0,00731	g/GJ	0,004	0,01
Cd	0,00252	g/GJ	0,001	0,005
Cr	0,00626	g/GJ	0,003	0,009
Ni	0,0793	g/GJ	0,05	0,1
As		g/GJ		
Pb	0,0136	g/GJ	0,01	0,02

Tabelle 47: TIER 1- Emissionsfaktoren für den Einsatz von natural and refinery fuel gas in Gasturbinen in Raffinerien

Tier 1 default emission factors				
	Code	Name		
NFR Source Category		Incinerator Support Fuel or Flare Pilot Fuel, Natural Gas and Refinery Fuel Gas		
Fuel				
Pollutant	Value	Unit	95% confidence interval	
			Lower	Upper
Hg	0.000086	g/GJ	0.000050	0.000150
Cd	0.000712	g/GJ	0.000500	0.001200
Cr	0.002740	g/GJ	0.001500	0.004000
Ni	0.003600	g/GJ	0.002000	0.005000
As	0.000343	g/GJ	0.000200	0.000500
Pb	0.001790	g/GJ	0.001000	0.003000

4.3.4 Emissionsfaktoren nach TIER 2

4.3.4.1 TIER 2- Emissionsfaktoren für Groß- und Kleinf Feuerungen zur Energieerzeugung

Tabelle 48: TIER 2- Emissionsfaktoren für Großfeuerungsanlagen (Steinkohle) mit Einsatz von Elektrofiltern mittlerer Effizienz

Tier 2 emission factors						
	Code	Name				
NFR Source Category		Hard coal combustion in large and medium-sized combustion installations				
Fuel						
SNAP (if applicable)		01;02				
Technologies/Practices						
Region or regional conditions						
Abatement technologies		dry ESP				
Other						
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval		
				Lower	Upper	
Hg	0,00005320000	24,00	kg/MWhe	0,00003800000	0,00007600000	
Cd	0,00000800000	95,00	kg/MWhe	0,00004000000	0,00012000000	
Cr	0,00018000000	95,00	kg/MWhe	0,00012558140	0,00025116279	
Ni	0,00007850000	95,00	kg/MWhe	0,00005000000	0,00012500000	
As	0,00004300000	95,00	kg/MWhe	0,00003000000	0,00006000000	
Pb	0,00020000000	95,00	kg/MWhe	0,00015000000	0,00030000000	

Tabelle 49: TIER 2- Emissionsfaktoren für Großfeuerungsanlagen (Steinkohle) mit Einsatz von Elektrofiltern kombiniert mit trockenen sowie feuchten Wäschern und einer trockenen Injektion des Sorbents

Tier 2 emission factors						
	Code	Name				
NFR Source Category		Hard coal combustion in large and medium-sized combustion installations				
Fuel						
SNAP (if applicable)		01;02				
Technologies/Practices						
Region or regional conditions						
Abatement technologies		electrostatic precipitator (ESP)+wet or dry scrubber +dry sorbent injection				
Other						
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval		
				Lower	Upper	
Hg	0,00000140000	98,00	kg/MWhe	0,00000100000	0,00000200000	
Cd	0,00000008000	99,95	kg/MWhe	0,00000040000	0,00000120000	
Cr	0,00000180000	99,95	kg/MWhe	0,00000125581	0,00000251163	
Ni	0,00000078500	99,95	kg/MWhe	0,00000050000	0,00000125000	
As	0,00000043000	99,95	kg/MWhe	0,00000030000	0,00000060000	
Pb	0,00000200000	99,95	kg/MWhe	0,00000150000	0,00000300000	

Tabelle 50: TIER 2- Emissionsfaktoren für Großfeuerungsanlagen (Steinkohle) mit Einsatz von Elektrofiltern (hocheffizient)

Tier 2 emission factors						
	Code	Name				
NFR Source Category		Hard coal combustion in large and medium-sized combustion installations				
Fuel						
SNAP (if applicable)		01;02				
Technologies/Practices						
Region or regional conditions						
Abatement technologies		dry ESP				
Other						
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval		
				Lower	Upper	
Hg	0,00001960000	72,00	kg/MWhe	0,00001400000	0,00002800000	
Cd	0,00000008000	99,95	kg/MWhe	0,00000040000	0,00000120000	
Cr	0,00000180000	99,95	kg/MWhe	0,00000125581	0,00000251163	
Ni	0,00000078500	99,95	kg/MWhe	0,00000050000	0,00000125000	
As	0,00000043000	99,95	kg/MWhe	0,00000030000	0,00000060000	
Pb	0,00000200000	99,95	kg/MWhe	0,00000150000	0,00000300000	

Tabelle 51: TIER 2- Emissionsfaktoren für Großfeuerungsanlagen (Steinkohle) mit Einsatz von elektrokatalytischer Oxidation

Tier 2 emission factors						
	Code	Name				
NFR Source Category		Hard coal combustion in large and medium-sized combustion installations				
Fuel						
SNAP (if applicable)		01;02				
Technologies/Practices						
Region or regional conditions						
Abatement technologies		Electro-catalytic oxidation				
Other						
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval		
				Lower	Upper	
Hg	0,00001400000	80,00	kg/MWhe	0,00001000000	0,00002000000	
Cd	0,00000160000	99,00	kg/MWhe	0,000000800000	0,00002400000	
Cr	0,00003600000	99,00	kg/MWhe	0,00002511628	0,00005023256	
Ni	0,00001570000	99,00	kg/MWhe	0,00001000000	0,00002500000	
As	0,00000860000	99,00	kg/MWhe	0,00000600000	0,00001200000	
Pb	0,00004000000	99,00	kg/MWhe	0,00003000000	0,00006000000	

Tabelle 52: TIER 2- Emissionsfaktoren für Großfeuerungsanlagen (Steinkohle) mit Einsatz von nasser Rauchgasentschwefelung kombiniert mit Elektrofiltern

Tier 2 emission factors						
	Code	Name				
NFR Source Category		Hard coal combustion in large and medium-sized combustion installations				
Fuel						
SNAP (if applicable)		01;02				
Technologies/Practices						
Region or regional conditions						
Abatement technologies		wFGD (state-of-the-art.)+ESP				
Other						
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval		
				Lower	Upper	
Hg	0,00004200000	40,00	kg/MWhe	0,00003000000	0,00006000000	
Cd	0,00000800000	95,00	kg/MWhe	0,00004000000	0,00012000000	
Cr	0,00018000000	95,00	kg/MWhe	0,00012558140	0,00025116279	
Ni	0,00007850000	95,00	kg/MWhe	0,00005000000	0,00012500000	
As	0,00001720000	98,00	kg/MWhe	0,00001200000	0,00002400000	
Pb	0,00008000000	98,00	kg/MWhe	0,00006000000	0,00012000000	

Tabelle 53: TIER 2- Emissionsfaktoren für Großfeuerungsanlagen (Steinkohle) mit kombinierter Kontrolle von SO₂, NO_x und Hg

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category		Hard coal combustion in large and medium-sized combustion installations			
Fuel					
SNAP (if applicable)		01;02			
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies		Simultaneous control of SO ₂ , NO _x and Hg (SICs)			
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg	0,00000070000	99,00	kg/MWhe	0,00000050000	0,00000100000
Cd	0,00009600000	40,00	kg/MWhe	0,00048000000	0,00144000000
Cr	0,00216000000	40,00	kg/MWhe	0,00150697674	0,00301395349
Ni	0,00094200000	40,00	kg/MWhe	0,00060000000	0,00150000000
As	0,00051600000	40,00	kg/MWhe	0,00036000000	0,00072000000
Pb	0,00240000000	40,00	kg/MWhe	0,00180000000	0,00360000000

Tabelle 54: TIER 2- Emissionsfaktoren für Großfeuerungsanlagen (Braunkohle) mit Elektrofiltern mittlerer Effizienz

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category		Brown coal combustion in large and medium-sized combustion plants			
Fuel					
SNAP (if applicable)		01;02			
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies		dry ESP			
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg	0,00001520000	24,00	kg/MWhe	0,00000760000	0,00003040000
Cd	0,00017500000	95,00	kg/MWhe	0,00005000000	0,00030000000
Cr	0,00029250000	95,00	kg/MWhe	0,00007423858	0,00037119289
Ni	0,00068200000	95,00	kg/MWhe	0,00025000000	0,00150000000
As	0,00019700000	95,00	kg/MWhe	0,00005000000	0,00025000000
Pb	0,00061000000	95,00	kg/MWhe	0,00020000000	0,00120000000

Tabelle 55: TIER 2- Emissionsfaktoren für Großfeuerungsanlagen (Braunkohle) mit Einsatz von Elektrofiltern kombiniert mit trockenen sowie feuchten Wäschern und einer trockenen Injektion des Sorbents

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category		Brown coal combustion in large and medium-sized combustion plants			
Fuel					
SNAP (if applicable)		01;02			
Technologies/Practices					
Region or regional condition					
Abatement technologies		electrostatic precipitator (ESP)+wet or dry scrubber +dry sorbent injection			
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg	0,0000060	70	kg/MWhe	0,0000030	0,0000120
Cd	0,0000017	99,95	kg/MWhe	0,0000005	0,0000030
Cr	0,0000029	99,95	kg/MWhe	0,0000007	0,0000037
Ni	0,0000068	99,95	kg/MWhe	0,0000025	0,0000150
As	0,0000020	99,95	kg/MWhe	0,0000005	0,0000025
Pb	0,0000061	99,95	kg/MWhe	0,0000020	0,0000120

Tabelle 56: TIER 2- Emissionsfaktoren für Großfeuerungsanlagen (Braunkohle) mit Elektrofiltern hoher Effizienz

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category		Brown coal combustion in large and medium-sized combustion plants			
Fuel					
SNAP (if applicable)		01;02			
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies		dry ESP			
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg	0,0000110	45	kg/MWhe	0,0000055	0,0000220
Cd	0,0000017	99,95	kg/MWhe	0,0000005	0,0000030
Cr	0,0000029	99,95	kg/MWhe	0,0000007	0,0000037
Ni	0,0000068	99,95	kg/MWhe	0,0000025	0,0000150
As	0,0000020	99,95	kg/MWhe	0,0000005	0,0000025
Pb	0,0000061	99,95	kg/MWhe	0,0000020	0,0000120

Tabelle 57: TIER 2- Emissionsfaktoren für Großfeuerungsanlagen (Braunkohle) mit elektrokatalytischer Oxidation

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category		Brown coal combustion in large and medium-sized combustion plants			
Fuel					
SNAP (if applicable)		01;02			
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies		Electro-catalytic oxidation			
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg	0.0000040	80.00	kg/MWhe	0.0000020	0.0000080
Cd	0.0000350	99.00	kg/MWhe	0.0000100	0.0000600
Cr	0.0000585	99.00	kg/MWhe	0.0000148	0.0000742
Ni	0.0001364	99.00	kg/MWhe	0.0000500	0.0003000
As	0.0000394	99.00	kg/MWhe	0.0000100	0.0000500
Pb	0.0001220	99.00	kg/MWhe	0.0000400	0.0002400

Tabelle 58: TIER 2- Emissionsfaktoren für Großfeuerungsanlagen (Braunkohle) mit nasser Rauchgasentschwefelung und Elektrofiltern hoher Effizienz

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category		Brown coal combustion in large and medium-sized combustion plants			
Fuel					
SNAP (if applicable)		01;02			
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies		wFGD (stat-of-the-art.)+ESP			
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg	0.0000120	40.00	kg/MWhe	0.0000060	0.0000240
Cd	0.0001750	95.00	kg/MWhe	0.0000500	0.0003000
Cr	0.0002925	95.00	kg/MWhe	0.0000742	0.0003712
Ni	0.0006820	95.00	kg/MWhe	0.0002500	0.0015000
As	0.0000788	98.00	kg/MWhe	0.0000200	0.0001000
Pb	0.0002440	98.00	kg/MWhe	0.0000800	0.0004800

Tabelle 59: TIER 2- Emissionsfaktoren für Großfeuerungsanlagen (Braunkohle) mit kombinierter Kontrolle von SO₂, NO_x und Hg

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category		Brown coal combustion in large and medium-sized combustors			
Fuel					
SNAP (if applicable)		01;02			
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies		Simultaneous control of SO ₂ , NO _x and Hg (SICs)			
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg		100.00	kg/MWhe		
Cd	0.0021000	40.00	kg/MWhe	0.0006000	0.0036000
Cr	0.0035100	40.00	kg/MWhe	0.0008909	0.0044543
Ni	0.0081840	40.00	kg/MWhe	0.0030000	0.0180000
As	0.0023640	40.00	kg/MWhe	0.0006000	0.0030000
Pb	0.0073200	40.00	kg/MWhe	0.0024000	0.0144000

Tabelle 60: TIER 2- Emissionsfaktoren für Großfeuerungsanlagen (Öl) mit Low-NO_x-Burnern

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category		Liquid fuel comb. in large- and medium-sized install.			
Fuel					
SNAP (if applicable)		01;02			
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies		low NO _x -burners			
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg	0,00001500000	0,00	kg/MWhe	0,00001000000	0,00004000000
Cd	0,00020900000	5,00	kg/MWhe	0,00009500000	0,00038000000
Cr	0,00015105000	5,00	kg/MWhe	0,00010789286	0,00021578571
Ni	0,00304000000	5,00	kg/MWhe	0,00095000000	0,00570000000
As	0,00013300000	5,00	kg/MWhe	0,00009500000	0,00019000000
Pb	0,00057000000	5,00	kg/MWhe	0,00028500000	0,00085500000

Tabelle 61: TIER 2- Emissionsfaktoren für Großfeuerungsanlagen (Öl) mit nassen (wet) Elektrofiltern hoher Effizienz

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category		Liquid fuel comb. in large- and medium-sized install.			
Fuel					
SNAP (if applicable)		01;02			
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies		wet ESP			
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg	0,00000140000	98,00	kg/MWhe	0,00000093333	0,00000373333
Cd	0,00000008000	99,95	kg/MWhe	0,00000003636	0,00000014545
Cr	0,00000180000	99,95	kg/MWhe	0,00000128571	0,00000257143
Ni	0,00000078500	99,95	kg/MWhe	0,00000024531	0,00000147187
As	0,00000043000	99,95	kg/MWhe	0,00000030714	0,00000061429
Pb	0,00000200000	99,95	kg/MWhe	0,00000100000	0,00000300000

Tabelle 62: TIER 2- Emissionsfaktoren für Großfeuerungsanlagen (Öl) mit Retrofit von Gewebefiltern (FF)

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category		Liquid fuel comb. in large- and medium-sized install.			
Fuel					
SNAP (if applicable)		01;02			
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies		FF (retrofitted)			
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg	0,00000140000	98,00	kg/MWhe	0,00000093333	0,00000373333
Cd	0,00000008000	99,95	kg/MWhe	0,00000003636	0,00000014545
Cr	0,00000180000	99,95	kg/MWhe	0,00000128571	0,00000257143
Ni	0,00000078500	99,95	kg/MWhe	0,00000024531	0,00000147187
As	0,00000043000	99,95	kg/MWhe	0,00000030714	0,00000061429
Pb	0,00000200000	99,95	kg/MWhe	0,00000100000	0,00000300000

Tabelle 63: TIER 2- Emissionsfaktoren für Kleinf Feuerungsanlagen (Öl) mit nasser Rauchgasentschwefelung kombiniert mit Elektrofiltern

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category		Liquid fuel combustion in small-sized installations			
Fuel					
SNAP (if applicable)		01;02			
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies		wFGD (stat-of-the-art.)+ESP			
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg	0,00000900000	40,00	kg/MWhe	0,00000600000	0,00002400000
Cd	0,00012650000	42,50	kg/MWhe	0,00005750000	0,00023000000
Cr	0,00009142500	42,50	kg/MWhe	0,00006530357	0,00013060714
Ni	0,00184000000	42,50	kg/MWhe	0,00057500000	0,00345000000
As	0,00000700000	95,00	kg/MWhe	0,00000500000	0,00001000000
Pb	0,00003000000	95,00	kg/MWhe	0,00001500000	0,00004500000

4.3.4.2 TIER 2- Emissionsfaktoren für Sinterprozesse in der Eisen- und Stahlindustrie

Tabelle 64: TIER 2- Emissionsfaktoren für Sinteranlagen in der Eisen- und Stahlindustrie mit nasser Rauchgasentschwefelung

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	2.C.1	Iron and Steel Production			
Fuel					
SNAP (if applicable)		03 03 01			
Technologies/Practices		Sintering and pelletizing plants			
Region or regional conditions					
Abatement technologies		wFGD (state-of-the-art.)			
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg	0,00001800000	40,00	kg/t	0,00001200000	0,00003600000
Cd	0,00000110000	95,00	kg/t	0,00000050000	0,00000150000
Cr	0,00003500000	95,00	kg/t	0,00001750000	0,00005250000
Ni	0,00002500000	95,00	kg/t	0,00001500000	0,00004500000
As	0,00000500000	95,00	kg/t	0,00000250000	0,00000750000
Pb	0,00099000000	95,00	kg/t	0,00050000000	0,00150000000

Tabelle 65: TIER 2- Emissionsfaktoren für Sinteranlagen in der Eisen- und Stahlindustrie mit Injektion von Aktivkohle (Virgin activated carbon injection) kombiniert mit Gewebefiltern (FF)

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	2.C.1	Iron and Steel Production			
Fuel					
SNAP (if applicable)		03 03 01			
Technologies/Practices		Sintering and pelletizing plants			
Region or regional conditions					
Abatement technologies		virgin activated carbon injection (SIC)+FF			
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg	0,00000600000	80,00	kg/t	0,00000400000	0,00001200000
Cd	0,00000660000	70,00	kg/t	0,00000300000	0,00000900000
Cr	0,00021000000	70,00	kg/t	0,00010500000	0,00031500000
Ni	0,00015000000	70,00	kg/t	0,00009000000	0,00027000000
As	0,00003000000	70,00	kg/t	0,00001500000	0,00004500000
Pb	0,00594000000	70,00	kg/t	0,00300000000	0,00900000000

Tabelle 66: TIER 2- Emissionsfaktoren für Sinteranlagen in der Eisen- und Stahlindustrie mit kombinierter Kontrolle von SO₂, NO_x und Hg

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	2.C.1	Iron and Steel Production			
Fuel					
SNAP (if applicable)		03 03 01			
Technologies/Practices		Sintering and pelletizing plants			
Region or regional conditions					
Abatement technologies		Simultaneous control of SO ₂ , NO _x and Hg (SICs)			
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg		100,00	kg/t		
Cd	0,00001320000	40,00	kg/t	0,00000600000	0,00001800000
Cr	0,00042000000	40,00	kg/t	0,00021000000	0,00063000000
Ni	0,00030000000	40,00	kg/t	0,00018000000	0,00054000000
As	0,00006000000	40,00	kg/t	0,00003000000	0,00009000000
Pb	0,01188000000	40,00	kg/t	0,00600000000	0,01800000000

Tabelle 67: TIER 2- Emissionsfaktoren für Sinteranlagen in der Eisen- und Stahlindustrie mit Elektrofiltern mittlerer Effizienz

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	2.C.1	Iron and Steel Production			
Fuel					
SNAP (if applicable)		03 03 01			
Technologies/Practices		Sintering and pelletizing plants			
Region or regional conditions					
Abatement technologies		dry ESP -Medium efficient			
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg	0,00002850000	5,00	kg/t	0,00001900000	0,00005700000
Cd	0,00000335720	84,74	kg/t	0,00000152600	0,00000457800
Cr	0,00010682000	84,74	kg/t	0,00005341000	0,00016023000
Ni	0,00007630000	84,74	kg/t	0,00004578000	0,00013734000
As	0,00001526000	84,74	kg/t	0,00000763000	0,00002289000
Pb	0,00302148000	84,74	kg/t	0,00152600000	0,00457800000

Tabelle 68: TIER 2- Emissionsfaktoren für Sinteranlagen in der Eisen- und Stahlindustrie mit Elektrofiltern hoher Effizienz

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	2.C.1	Iron and Steel Production			
Fuel					
SNAP (if applicable)		03 03 01			
Technologies/Practices		Sintering and pelletizing plants			
Region or regional conditions					
Abatement technologies		dry ESP - high efficient			
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg	0,00000900000	70,00	kg/t	0,00000600000	0,00001800000
Cd	0,00000001100	99,95	kg/t	0,00000000500	0,00000001500
Cr	0,00000035000	99,95	kg/t	0,00000017500	0,00000052500
Ni	0,00000025000	99,95	kg/t	0,00000015000	0,00000045000
As	0,00000005000	99,95	kg/t	0,00000002500	0,00000007500
Pb	0,00000990000	99,95	kg/t	0,00000500000	0,00001500000

4.3.4.3 TIER 2- Emissionsfaktoren für die Erzeugung von Blei

Tabelle 69: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Erzeugung von Primärblei bei Einsatz von BAT-Technologien

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	2.C.5.b	Primary lead			
Fuel					
SNAP (if applicable)		03 03 04			
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies		BAT production technologies			
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg	0,001000000000	0,00	kg/t	0,000800000000	0,001200000000
Cd	0,000720000000	10,00	kg/t	0,000540000000	0,001080000000
Cr			kg/t		
Ni			kg/t		
As	0,000162000000	10,00	kg/t	0,000108000000	0,000216000000
Pb	0,135000000000	10,00	kg/t	0,090000000000	0,180000000000

Tabelle 70: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Erzeugung von Primärblei mit Injektion von Aktivkohle (Virgin activated carbon injection) kombiniert mit Gewebefiltern (FF) und Rauchgasentschwefelung

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	2.C.5.b	Primary lead			
Fuel					
SNAP (if applicable)		03 03 04			
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies		virgin activated carbon injection (SIC)+FF+FGD			
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg	0,000100000000	90,00	kg/t	0,000080000000	0,000120000000
Cd	0,000000080000	99,99	kg/t	0,000000060000	0,000000120000
Cr			kg/t		
Ni			kg/t		
As	0,000000018000	99,99	kg/t	0,000000012000	0,000000024000
Pb	0,000015000000	99,99	kg/t	0,000010000000	0,000020000000

Tabelle 71: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Erzeugung von Primärblei mit Elektrofiltern mittlerer Effizienz

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	2.C.5.b	Primary lead			
Fuel					
SNAP (if applicable)		03 03 04			
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies		dry ESP medium efficient			
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg	0,000950000000	5,00	kg/t	0,000760000000	0,001140000000
Cd	0,000122080000	84,74	kg/t	0,000091560000	0,000183120000
Cr			kg/t		
Ni			kg/t		
As	0,000027468000	84,74	kg/t	0,000018312000	0,000036624000
Pb	0,022890000000	84,74	kg/t	0,015260000000	0,030520000000

Tabelle 72: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Erzeugung von Primärblei mit state-of-the-art Gewebefiltern

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	2.C.5.b	Primary lead			
Fuel					
SNAP (if applicable)		03 03 04			
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies		FF state-of-the-art.			
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg	0,000900000000	10,00	kg/t	0,000720000000	0,001080000000
Cd	0,000000080000	99,99	kg/t	0,000000060000	0,000000120000
Cr			kg/t		
Ni			kg/t		
As	0,000000018000	99,99	kg/t	0,000000012000	0,000000024000
Pb	0,000015000000	99,99	kg/t	0,000010000000	0,000020000000

Tabelle 73: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Erzeugung von Sekundärblei unter Einsatz von BAT-Technologien

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	2.C.5.b	Secondary lead			
Fuel					
SNAP (if applicable)		03 03 07			
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies		BAT production technologies			
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg			kg/t		
Cd	0,013500000000	10,00	kg/t	0,009000000000	0,036000000000
Cr			kg/t		
Ni			kg/t		
As	0,042300000000	10,00	kg/t	0,027000000000	0,063000000000
Pb	5,220000000000	10,00	kg/t	1,800000000000	7,200000000000

Tabelle 74: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Erzeugung von Sekundärblei mit Elektrofiltern mittlerer Effizienz

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	2.C.5.b	Secondary lead			
Fuel					
SNAP (if applicable)	03 03 07				
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies	dry ESP medium efficient				
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg			kg/t		
Cd	0,00228900000	84,74	kg/t	0,00152600000	0,00610400000
Cr			kg/t	0,00000000000	0,00000000000
Ni			kg/t	0,00000000000	0,00000000000
As	0,00717220000	84,74	kg/t	0,00462722581	0,00925445161
Pb	0,88508000000	84,74	kg/t	0,34041538462	1,36166153846

Tabelle 75: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Erzeugung von Sekundärblei mit state-of-the-art Gewebefiltern (FF)

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	2.C.5.b	Secondary lead			
Fuel					
SNAP (if applicable)	03 03 07				
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies	FF state-of-the-art.				
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg			kg/t		
Cd	0,00000150000	99,99	kg/t	0,00000100000	0,00000400000
Cr			kg/t		
Ni			kg/t		
As	0,00000470000	99,99	kg/t	0,00000300000	0,00000700000
Pb	0,00058000000	99,99	kg/t	0,00020000000	0,00080000000

4.3.4.4 TIER 2- Emissionsfaktoren für die Erzeugung von Zink

Tabelle 76: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Erzeugung von Primärzink unter Einsatz von BAT-Technologien

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	2.C.5.d	Primary zinc			
Fuel					
SNAP (if applicable)		03 03 05			
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies		BAT production technologies			
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg	0,00500000000	0,00	kg/t	0,00200000000	0,00800000000
Cd	0,00450000000	10,00	kg/t	0,00180000000	0,00720000000
Cr		10,00	kg/t		
Ni		10,00	kg/t		
As		10,00	kg/t		
Pb	0,03150000000	10,00	kg/t	0,00900000000	0,06300000000

Tabelle 77: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Erzeugung von Primärzink mit Einsatz von state-of-the-art Gewebefiltern (FF)

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	2.C.5.d	Primary zinc			
Fuel					
SNAP (if applicable)		03 03 05			
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies		FF state-of-the-art.			
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg	0,00450000000	10,00	kg/t	0,00180000000	0,00720000000
Cd	0,00000050000	99,99	kg/t	0,00000020000	0,00000080000
Cr			kg/t		
Ni			kg/t		
As			kg/t		
Pb	0,00000350000	99,99	kg/t	0,00000100000	0,00000700000

Tabelle 78: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Erzeugung von Sekundärzink unter Einsatz von BAT-Technologien

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	2.C.5.d	Secondary zinc			
Fuel					
SNAP (if applicable)		03 03 08			
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies		BAT production technologies			
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg	0,00000600000	0,00	kg/t	0,00000300000	0,00000900000
Cd	0,03150000000	10,00	kg/t	0,01800000000	0,04500000000
Cr			kg/t		
Ni			kg/t		
As	0,00531000000	10,00	kg/t	0,00270000000	0,00810000000
Pb	0,05850000000	10,00	kg/t	0,03600000000	0,09000000000

Tabelle 79: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Erzeugung von Sekundärzink mit Elektrofiltern mittlerer Effizienz

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	2.C.5.d	Secondary zinc			
Fuel					
SNAP (if applicable)		03 03 08			
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies		dry ESP medium efficient			
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg	0,00000570000	5,00	kg/t	0,00000285000	0,00000855000
Cd	0,00534100000	84,74	kg/t	0,00305200000	0,00763000000
Cr			kg/t		
Ni			kg/t		
As	0,00090034000	84,74	kg/t	0,00045780000	0,00137340000
Pb	0,00991900000	84,74	kg/t	0,00610400000	0,01526000000

Tabelle 80: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Erzeugung von Sekundärzink mit state-of-the-art Gewebefiltern (FF)

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	2.C.5.d	Secondary zinc			
Fuel					
SNAP (if applicable)		03 03 08			
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies		FF state-of-the-art.			
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg	0,00000540000	10,00	kg/t	0,00000270000	0,00000810000
Cd	0,00000350000	99,99	kg/t	0,00000200000	0,00000500000
Cr			kg/t		
Ni			kg/t		
As	0,00000059000	99,99	kg/t	0,00000030000	0,00000090000
Pb	0,00000650000	99,99	kg/t	0,00000400000	0,00001000000

4.3.4.5 TIER 2- Emissionsfaktoren für die Erzeugung von Kupfer

Tabelle 81: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Erzeugung von Primärkupfer mit state-of-the-art Gewebefiltern (FF)

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	2.C.5.a	Primary copper			
Fuel					
SNAP (if applicable)		03 03 06			
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies		FF state-of-the-art.			
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg	0,00002700000	10,00	kg/t	0,00001800000	0,00004500000
Cd	0,00000250000	99,99	kg/t	0,00000200000	0,00000400000
Cr	0,00000010000	99,99	kg/t	0,00000006818	0,00000013636
Ni	0,00000330000	99,99	kg/t	0,00000200000	0,00000500000
As	0,00000880000	99,99	kg/t	0,00000600000	0,00001200000
Pb	0,00003000000	99,99	kg/t	0,00002000000	0,00005000000

Tabelle 82: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Erzeugung von Primärkupfer mit BAT-Technologien

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	2.C.5.a	Primary copper			
Fuel					
SNAP (if applicable)		03 03 06			
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies		BAT production technologies			
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg	0,00003000000	0,00	kg/t	0,00002000000	0,00005000000
Cd	0,02250000000	10,00	kg/t	0,01800000000	0,03600000000
Cr	0,00090000000	10,00	kg/t	0,00061363636	0,00122727273
Ni	0,02970000000	10,00	kg/t	0,01800000000	0,04500000000
As	0,07920000000	10,00	kg/t	0,05400000000	0,10800000000
Pb	0,27000000000	10,00	kg/t	0,18000000000	0,45000000000

Tabelle 83: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Erzeugung von Sekundärkupfer mit BAT-Technologien

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	2.C.5.a	Secondary copper			
Fuel					
SNAP (if applicable)		03 03 09			
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies		BAT production technologies			
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg			kg/t		
Cd	0,018000000000	10,00	kg/t	0,009000000000	0,036000000000
Cr			kg/t		
Ni	0,000990000000	10,00	kg/t	0,000450000000	0,001350000000
As	0,010800000000	10,00	kg/t	0,004500000000	0,016200000000
Pb	0,900000000000	10,00	kg/t	0,450000000000	0,900000000000

Tabelle 84: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Erzeugung von Sekundärkupfer mit Elektrofiltern mittlerer Effizienz

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	2.C.5.a	Secondary copper			
Fuel					
SNAP (if applicable)		03 03 09			
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies		dry ESP medium efficient			
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg			kg/t		
Cd	0,003052000000	84,74	kg/t	0,001526000000	0,006104000000
Cr			kg/t		
Ni	0,000167860000	84,74	kg/t	0,000076300000	0,000228900000
As	0,001831200000	84,74	kg/t	0,000763000000	0,002746800000
Pb	0,152600000000	84,74	kg/t	0,076300000000	0,152600000000

Tabelle 85: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Erzeugung von Sekundärkupfer mit state-of-the-art- Gewebefiltern (FF)

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	2.C.5.a	Secondary copper			
Fuel					
SNAP (if applicable)		03 03 09			
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies		FF state-of-the-art.			
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg			kg/t		
Cd	0,000002000000	99,99	kg/t	0,000001000000	0,000004000000
Cr			kg/t		
Ni	0,000000110000	99,99	kg/t	0,000000050000	0,000000150000
As	0,000001200000	99,99	kg/t	0,000000500000	0,000001800000
Pb	0,000100000000	99,99	kg/t	0,000050000000	0,000100000000

4.3.4.6 TIER 2- Emissionsfaktoren für die Erzeugung von Chlor

Tabelle 86: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Erzeugung von Chlor mittels Chloralkalielektrolyse unter Beachtung der guten Praxis bei der Wartung

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	2.B.5.a	Chlorine production (mercury cell plants)			
Fuel					
SNAP (if applicable)		04 04 13			
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies		good practices during maintenance and repair			
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg	0,004000000000	20,00	kg/t	0,001600000000	0,006400000000
Cd			kg/t		
Cr			kg/t		
Ni			kg/t		
As			kg/t		
Pb			kg/t		

Tabelle 87: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Erzeugung von Chlor mittels Umstellung der Technologie auf Diaphragmen oder Membran-Technologie

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	2.B.5.a	technology switching (diaphragm or membrane cell plants)			
Fuel					
SNAP (if applicable)		04 04 13			
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies		diaphragm or membrane cell plants			
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg	0,000000000000	100,00	kg/t	0,000000000000	0,000000000000
Cd		0,00	kg/t		
Cr		0,00	kg/t		
Ni		0,00	kg/t		
As		0,00	kg/t		
Pb		0,00	kg/t		

Tabelle 88: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Erzeugung von Chlor mittels Chloralkalielektrolyse -Verbesserung der Anlagen

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	2.B.5.a	Chlorine production (mercury cell plants)			
Fuel					
SNAP (if applicable)		04 04 13			
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies		improvements of the cells			
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg	0,004250000000	15,00	kg/t	0,001700000000	0,006800000000
Cd			kg/t		
Cr			kg/t		
Ni			kg/t		
As			kg/t		
Pb			kg/t		

4.3.4.7 TIER 2- Emissionsfaktoren für die Erzeugung von Roheisen

Tabelle 89: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Roheisenherstellung unter Einsatz von Wärmerückgewinnungssystemen

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	2.C.1	Pig iron production			
Fuel					
SNAP (if applicable)		04 02 03			
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies		heat recovery			
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg	0,00000019000	5,00	kg/t	0,00000009500	0,00000028500
Cd	0,00000001900	5,00	kg/t	0,00000000950	0,00000002850
Cr	0,00000570000	5,00	kg/t	0,00000285000	0,00000855000
Ni			kg/t		
As	0,00000057000	5,00	kg/t	0,00000028500	0,00000085500
Pb	0,00001140000	5,00	kg/t	0,00000570000	0,00001710000

Tabelle 90: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Roheisenherstellung mit Elektrofiltern mittlerer Effizienz

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	2.C.1	Pig iron production			
Fuel					
SNAP (if applicable)		04 02 03			
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies		dry ESP medium efficient			
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg	0,00000019000	5,00	kg/t	0,00000009500	0,00000028500
Cd	0,00000000305	84,74	kg/t	0,00000000153	0,00000000458
Cr	0,00000091560	84,74	kg/t	0,00000045780	0,00000137340
Ni			kg/t		
As	0,00000009156	84,74	kg/t	0,00000004578	0,00000013734
Pb	0,00000183120	84,74	kg/t	0,00000091560	0,00000274680

Tabelle 91: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Roheisenherstellung mit Gewebefiltern mittlerer Effizienz

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	2.C.1	Pig iron production			
Fuel					
SNAP (if applicable)		04 02 03			
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies	FF medium efficient				
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg	0,00000019000	5,00	kg/t	0,00000009500	0,00000028500
Cd	0,00000000081	95,95	kg/t	0,00000000041	0,00000000122
Cr	0,00000024300	95,95	kg/t	0,00000012150	0,00000036450
Ni			kg/t		
As	0,00000002430	95,95	kg/t	0,00000001215	0,00000003645
Pb	0,00000048600	95,95	kg/t	0,00000024300	0,00000072900

Tabelle 92: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Roheisenherstellung mit Elektrofiltern hoher Effizienz

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	2.C.1	Pig iron production			
Fuel					
SNAP (if applicable)		04 02 03			
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies	dry ESP high efficient				
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg	0,00000006000	70,00	kg/t	0,00000003000	0,00000009000
Cd	0,00000000001	99,95	kg/t	0,00000000000	0,00000000001
Cr	0,00000000300	99,95	kg/t	0,00000000150	0,00000000450
Ni			kg/t		
As	0,00000000030	99,95	kg/t	0,00000000015	0,00000000045
Pb	0,00000000600	99,95	kg/t	0,00000000300	0,00000000900

Tabelle 93: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Roheisenherstellung mit nassen Venturiwäschern

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	40203	Pig iron production			
Fuel					
SNAP (if applicable)		04 02 03			
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies	wSV(medium)				
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg	0,00000018400	8,00	kg/t	0,00000009200	0,00000027600
Cd	0,00000000120	94,00	kg/t	0,00000000060	0,00000000180
Cr	0,00000036000	94,00	kg/t	0,00000018000	0,00000054000
Ni			kg/t		
As	0,00000003600	94,00	kg/t	0,00000001800	0,00000005400
Pb	0,00000072000	94,00	kg/t	0,00000036000	0,00000108000

⁵ ###AG-Anmerkung: Die NFR-Codierung lautet hier wie in den vorhergehenden Tabellen 2.C.1.

4.3.4.8 TIER 2- Emissionsfaktoren für die Erzeugung von Gusseisen

Tabelle 94: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Gusseisenerzeugung mit Multizyklonen

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	2.C.1	Iron and steel foundries			
Fuel					
SNAP (if applicable)		04 02			
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies	CM (medium)				
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg			kg/t		
Cd	0,00000032400	82,00	kg/t	0,00000027000	0,00000045000
Cr			kg/t		
Ni	0,00001800000	82,00	kg/t	0,00001440000	0,00002160000
As			kg/t		
Pb	0,00001008000	82,00	kg/t	0,00000720000	0,00001260000

Tabelle 95: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Gusseisenerzeugung mit Elektrofiltern mittlerer Effizienz

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	2.C.1	Iron and steel foundries			
Fuel					
SNAP (if applicable)		04 02			
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies	dry ESP medium efficient				
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg			kg/t		
Cd	0,00000027468	84,74	kg/t	0,00000022890	0,00000038150
Cr			kg/t		
Ni	0,00001526000	84,74	kg/t	0,00001220800	0,00001831200
As			kg/t		
Pb	0,00000854560	84,74	kg/t	0,00000610400	0,00001068200

Tabelle 96: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Gusseisenerzeugung mit Elektrofiltern hoher Effizienz

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	2.C.1	Iron and steel foundries			
Fuel					
SNAP (if applicable)		04 02			
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies	dry ESP high efficient				
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg			kg/t		
Cd	0,00000000090	99,95	kg/t	0,00000000075	0,00000000125
Cr			kg/t		
Ni	0,00000005000	99,95	kg/t	0,00000004000	0,00000006000
As			kg/t		
Pb	0,00000002800	99,95	kg/t	0,00000002000	0,00000003500

Tabelle 97: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Gusseisenerzeugung mit optimierten Gewebefiltern

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	2.C.1	Iron and steel foundries			
Fuel					
SNAP (if applicable)		04 02			
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies	FF (optimized)				
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg			kg/t		
Cd	0,00000007290	95,95	kg/t	0,00000006075	0,00000010125
Cr			kg/t		
Ni	0,00000405000	95,95	kg/t	0,00000324000	0,00000486000
As			kg/t		
Pb	0,00000226800	95,95	kg/t	0,00000162000	0,00000283500

Tabelle 98: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Gusseisenerzeugung mit Retrofit-Gewebefiltern

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	2.C.1	Iron and steel foundries			
Fuel					
SNAP (if applicable)		04 02			
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies	FF (retrofitted)				
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg			kg/t		
Cd	0,00000000900	99,50	kg/t	0,00000000750	0,00000001250
Cr			kg/t		
Ni	0,00000050000	99,50	kg/t	0,00000040000	0,00000060000
As			kg/t		
Pb	0,00000028000	99,50	kg/t	0,00000020000	0,00000035000

4.3.4.9 TIER 2- Emissionsfaktoren für die Erzeugung von Koks

Tabelle 99: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Koksgewinnung unter Einsatz von Rohstoffen mit niedrigen Schwermetallgehalten

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	2.B.5.a	Coke production			
Fuel					
SNAP (if applicable)		04 04 09 or 01 04 06 or 04 02 01			
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies	use of raw materials with low HM content				
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg	0,00002850000	5,00	kg/t	0,00001900000	0,00003800000
Cd	0,00015200000	5,00	kg/t	0,00009500000	0,00019000000
Cr	0,00032300000	5,00	kg/t	0,00020187500	0,00040375000
Ni	0,00123500000	5,00	kg/t	0,00095000000	0,00152000000
As	0,00060800000	5,00	kg/t	0,00038000000	0,00076000000
Pb	0,00532000000	5,00	kg/t	0,00285000000	0,00760000000

Tabelle 100: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Koksgewinnung mit Rauchgasentschwefelung mittlerer Effizienz

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	2.B.5.a	Coke production			
Fuel					
SNAP (if applicable)		04 04 09 or 01 04 06 or 04 02 01			
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies	wFGD (medium)				
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg	0,00002100000	30,00	kg/t	0,00001400000	0,00002800000
Cd	0,00008720000	45,50	kg/t	0,00005450000	0,00010900000
Cr	0,00018530000	45,50	kg/t	0,00011581250	0,00023162500
Ni	0,00070850000	45,50	kg/t	0,00054500000	0,00087200000
As	0,00034880000	45,50	kg/t	0,00021800000	0,00043600000
Pb	0,00305200000	45,50	kg/t	0,00163500000	0,00436000000

Tabelle 101: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Koksgewinnung mit nasser Rauchgas-entschwefelung hoher Effizienz

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	2.B.5.a	Coke production			
Fuel					
SNAP (if applicable)		04 04 09 or 01 04 06 or 04 02 01			
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies	wFGD (high efficient)				
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg	0,00001800000	40,00	kg/t	0,00001200000	0,00002400000
Cd	0,00000800000	95,00	kg/t	0,00000500000	0,00001000000
Cr	0,00001700000	95,00	kg/t	0,00001062500	0,00002125000
Ni	0,00006500000	95,00	kg/t	0,00005000000	0,00008000000
As	0,00003200000	95,00	kg/t	0,00002000000	0,00004000000
Pb	0,00028000000	95,00	kg/t	0,00015000000	0,00040000000

Tabelle 102: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Koksgewinnung unter Einsatz von Elektrofiltern mittlerer Effizienz

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	2.B.5.a	Coke production			
Fuel					
SNAP (if applicable)		04 04 09 or 01 04 06 or 04 02 01			
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies	dry ESP medium efficient				
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg	0,00002850000	5,00	kg/t	0,00001900000	0,00003800000
Cd	0,00002441600	84,74	kg/t	0,00001526000	0,00003052000
Cr	0,00005188400	84,74	kg/t	0,00003242750	0,00006485500
Ni	0,00019838000	84,74	kg/t	0,00015260000	0,00024416000
As	0,00009766400	84,74	kg/t	0,00006104000	0,00012208000
Pb	0,00085456000	84,74	kg/t	0,00045780000	0,00122080000

Tabelle 103: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Koksgewinnung unter Einsatz von Gewebefiltern mittlerer Effizienz

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	2.B.5.a	Coke production			
Fuel					
SNAP (if applicable)		04 04 09 or 01 04 06 or 04 02 01			
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies	FF medium efficient				
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg	0,00002850000	5,00	kg/t	0,00001900000	0,00003800000
Cd	0,00000648000	95,95	kg/t	0,00000405000	0,00000810000
Cr	0,00001377000	95,95	kg/t	0,00000860625	0,00001721250
Ni	0,00005265000	95,95	kg/t	0,00004050000	0,00006480000
As	0,00002592000	95,95	kg/t	0,00001620000	0,00003240000
Pb	0,00022680000	95,95	kg/t	0,00012150000	0,00032400000

Tabelle 104: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Koksgewinnung unter Einsatz von Elektrofiltern hoher Effizienz

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	2.B.5.a	Coke production			
Fuel					
SNAP (if applicable)		04 04 09 or 01 04 06 or 04 02 01			
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies	dry ESP high efficient				
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg	0,00000900000	70,00	kg/t	0,00000600000	0,00001200000
Cd	0,00000008000	99,95	kg/t	0,00000005000	0,00000010000
Cr	0,00000017000	99,95	kg/t	0,00000010625	0,00000021250
Ni	0,00000065000	99,95	kg/t	0,00000050000	0,00000080000
As	0,00000032000	99,95	kg/t	0,00000020000	0,00000040000
Pb	0,00000280000	99,95	kg/t	0,00000150000	0,00000400000

Tabelle 105: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Koksgewinnung unter Einsatz von optimierten Gewebefiltern

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	2.B.5.a	Coke production			
Fuel					
SNAP (if applicable)		04 04 09 or 01 04 06 or 04 02 01			
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies	FF (optimized)				
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg	0,00002850000	5,00	kg/t	0,00001900000	0,00003800000
Cd	0,00000648000	95,95	kg/t	0,00000405000	0,00000810000
Cr	0,00001377000	95,95	kg/t	0,00000860625	0,00001721250
Ni	0,00005265000	95,95	kg/t	0,00004050000	0,00006480000
As	0,00002592000	95,95	kg/t	0,00001620000	0,00003240000
Pb	0,00022680000	95,95	kg/t	0,00012150000	0,00032400000

4.3.4.10 TIER 2- Emissionsfaktoren für die Zementproduktion

Tabelle 106: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Zementherstellung unter Einsatz von nasser Rauchgasentschwefelung und Gewebefiltern

Tier 2 emission factors						
	Code	Name				
NFR Source Category	2.A.1	Cement production				
Fuel						
SNAP (if applicable)	04 06 12					
Technologies/Practices						
Region or regional conditions						
Abatement technologies	wFGD+FF					
Other						
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval		
				Lower	Upper	
Hg	0,00001500000	90,00	kg/t	0,00001000000	0,00002500000	
Cd	0,00001000000	99,50	kg/t	0,00000500000	0,00002000000	
Cr	0,00050000000	99,50	kg/t	0,00025000000	0,00075000000	
Ni	0,00005000000	99,50	kg/t	0,00002500000	0,00007500000	
As	0,00000500000	99,50	kg/t	0,00000250000	0,00000750000	
Pb	0,00010000000	99,50	kg/t	0,00005000000	0,00020000000	

Tabelle 107: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Zementherstellung unter Einsatz von Gewebefiltern mittlerer Effizienz

Tier 2 emission factors						
	Code	Name				
NFR Source Category	2.A.1	Cement production				
Fuel						
SNAP (if applicable)	04 06 12					
Technologies/Practices						
Region or regional conditions						
Abatement technologies	FF medium efficient					
Other						
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval		
				Lower	Upper	
Hg	0,00014250000	5,00	kg/t	0,00009500000	0,00023750000	
Cd	0,00008100000	95,95	kg/t	0,00004050000	0,00016200000	
Cr	0,00405000000	95,95	kg/t	0,00202500000	0,00607500000	
Ni	0,00040500000	95,95	kg/t	0,00020250000	0,00060750000	
As	0,00004050000	95,95	kg/t	0,00002025000	0,00006075000	
Pb	0,00081000000	95,95	kg/t	0,00040500000	0,00162000000	

Tabelle 108: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Zementherstellung unter Einsatz von optimierten Gewebefiltern

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	2.A.1	Cement production			
Fuel					
SNAP (if applicable)		04 06 12			
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies	FF (optimized)				
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg	0,00000300000	98,00	kg/t	0,00000200000	0,00000500000
Cd	0,00000180000	99,91	kg/t	0,00000090000	0,00000360000
Cr	0,00009000000	99,91	kg/t	0,00004500000	0,00013500000
Ni	0,00000900000	99,91	kg/t	0,00000450000	0,00001350000
As	0,00000090000	99,91	kg/t	0,00000045000	0,00000135000
Pb	0,00001800000	99,91	kg/t	0,00000900000	0,00003600000

4.3.4.11 TIER 2- Emissionsfaktoren für die Müllverbrennung

Tabelle 109: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Müllverbrennung unter Einsatz von Mülltrennung

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	6.C	Waste incineration and cremation processes			
Fuel					
SNAP (if applicable)		09 09; 09 02			
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies	material separation (waste separation)				
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg	0,00044000000	60,00	kg/t	0,00032000000	0,00060000000
Cd	0,00189000000	10,00	kg/t	0,00090000000	0,00270000000
Cr			kg/t		
Ni	0,00252000000	10,00	kg/t	0,00090000000	0,00360000000
As	0,00030600000	10,00	kg/t	0,00018000000	0,00036000000
Pb	0,02340000000	10,00	kg/t	0,00900000000	0,03600000000

Tabelle 110: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Müllverbrennung unter Einsatz von nasser Rauchgasentschwefelung

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	6.C	Waste incineration and cremation processes			
Fuel					
SNAP (if applicable)		09 09; 09 02			
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies	wFGD				
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg	0,00066000000	40,00	kg/t	0,00048000000	0,00090000000
Cd	0,00010500000	95,00	kg/t	0,00005000000	0,00015000000
Cr			kg/t		
Ni	0,00014000000	95,00	kg/t	0,00005000000	0,00020000000
As	0,00001700000	95,00	kg/t	0,00001000000	0,00002000000
Pb	0,00130000000	95,00	kg/t	0,00050000000	0,00200000000

Tabelle 111: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Müllverbrennung unter Injektion von Aktivkohle (virgin activated carbon injection) und Einsatz von Gewebefiltern

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	6.C	Waste incineration and cremation processes			
Fuel					
SNAP (if applicable)		09 09; 09 02			
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies		virgin activated carbon injection (SIC)+FF			
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg	0,00022000000	80,00	kg/t	0,00016000000	0,00030000000
Cd	0,00063000000	70,00	kg/t	0,00030000000	0,00090000000
Cr			kg/t		
Ni	0,00084000000	70,00	kg/t	0,00030000000	0,00120000000
As	0,00010200000	70,00	kg/t	0,00006000000	0,00012000000
Pb	0,00780000000	70,00	kg/t	0,00300000000	0,01200000000

Tabelle 112: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Müllverbrennung unter Injektion von Aktivkohle (virgin activated carbon injection), Venturiwäschern mit Kalksteinmilch und Natronlauge und Gewebefiltern

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	6.C	Waste incineration and cremation processes			
Fuel					
SNAP (if applicable)		09 09; 09 02			
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies		virgin activated carbon injection (SIC)+venturi scrubber with lime			
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg	0,00001100000	99,00	kg/t	0,00000800000	0,00001500000
Cd	0,00000021000	99,99	kg/t	0,00000010000	0,00000030000
Cr			kg/t		
Ni	0,00000028000	99,99	kg/t	0,00000010000	0,00000040000
As	0,00000003400	99,99	kg/t	0,00000002000	0,00000004000
Pb	0,00000260000	99,99	kg/t	0,00000100000	0,00000400000

Tabelle 113: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Müllverbrennung unter Injektion von Aktivkohle (virgin activated carbon injection), Venturiwäschern und Elektrofiltern

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	6.C	Waste incineration and cremation processes			
Fuel					
SNAP (if applicable)		09 09; 09 02			
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies		virgin activated carbon injection (SIC)+venturi scrubber+ESP			
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg	0,00005500000	95,00	kg/t	0,00004000000	0,00007500000
Cd	0,00000021000	99,99	kg/t	0,00000010000	0,00000030000
Cr			kg/t		
Ni	0,00000028000	99,99	kg/t	0,00000010000	0,00000040000
As	0,00000003400	99,99	kg/t	0,00000002000	0,00000004000
Pb	0,00000260000	99,99	kg/t	0,00000100000	0,00000400000

Tabelle 114: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Müllverbrennung unter Einsatz von Elektrofiltern, Aktivkohle mit Kalk und Gewebefiltern

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	6.C	Waste incineration and cremation processes			
Fuel					
SNAP (if applicable)		09 09; 09 02			
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies		ESP+wet scrubber+activated carbon with lime+FF			
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg	0,00001100000	99,00	kg/t	0,00000800000	0,00001500000
Cd	0,00000105000	99,95	kg/t	0,00000050000	0,00000150000
Cr			kg/t		
Ni	0,00000140000	99,95	kg/t	0,00000050000	0,00000200000
As	0,00000017000	99,95	kg/t	0,00000010000	0,00000020000
Pb	0,00001300000	99,95	kg/t	0,00000500000	0,00002000000

Tabelle 115: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Müllverbrennung unter Einsatz von Elektrofiltern hoher Effizienz

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	6.C	Waste incineration and cremation processes			
Fuel					
SNAP (if applicable)		09 09; 09 02			
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies		dry ESP high efficient			
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg	0,00033000000	70,00	kg/t	0,00024000000	0,00045000000
Cd	0,00000105000	99,95	kg/t	0,00000050000	0,00000150000
Cr			kg/t		
Ni	0,00000140000	99,95	kg/t	0,00000050000	0,00000200000
As	0,00000017000	99,95	kg/t	0,00000010000	0,00000020000
Pb	0,00001300000	99,95	kg/t	0,00000500000	0,00002000000

Tabelle 116: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Müllverbrennung unter Einsatz von zweistufigen Wäschern und nassen Elektrofiltern

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	6.C	Waste incineration and cremation processes			
Fuel					
SNAP (if applicable)		09 09; 09 02			
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies		two-stage scrubber+wetESP			
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg	0,00011000000	90,00	kg/t	0,00008000000	0,00015000000
Cd	0,00002100000	99,00	kg/t	0,00001000000	0,00003000000
Cr			kg/t		
Ni	0,00002800000	99,00	kg/t	0,00001000000	0,00004000000
As	0,00000340000	99,00	kg/t	0,00000200000	0,00000400000
Pb	0,00026000000	99,00	kg/t	0,00010000000	0,00040000000

4.3.4.12 TIER 2- Emissionsfaktoren für die Erzeugung von Elektrostahl

Tabelle 117: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Herstellung von Elektrostahl unter Einsatz von Elektrofiltern mittlerer Effizienz

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	2.C.1	Electric arc furnace steel			
Fuel					
SNAP (if applicable)		04 02 07			
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies		dry ESP medium efficient			
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg	0,00007600000	5,00	kg/t	0,00005700000	0,00008550000
Cd	0,00045780000	84,74	kg/t	0,00030520000	0,00061040000
Cr	0,00381500000	84,74	kg/t	0,00190750000	0,00572250000
Ni	0,00152600000	84,74	kg/t	0,00045780000	0,00228900000
As	0,00003052000	84,74	kg/t	0,00001526000	0,00004578000
Pb	0,00549360000	84,74	kg/t	0,00228900000	0,00915600000

Tabelle 118: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Herstellung von Elektrostahl unter Einsatz von Elektrofiltern hoher Effizienz

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	2.C.1	Electric arc furnace steel			
Fuel					
SNAP (if applicable)		04 02 07			
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies		dry ESP high efficient			
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg	0,00002400000	70,00	kg/t	0,00001800000	0,00002700000
Cd	0,00000150000	99,95	kg/t	0,00000100000	0,00000200000
Cr	0,00001250000	99,95	kg/t	0,00000625000	0,00001875000
Ni	0,00000500000	99,95	kg/t	0,00000150000	0,00000750000
As	0,00000010000	99,95	kg/t	0,00000005000	0,00000015000
Pb	0,00001800000	99,95	kg/t	0,00000750000	0,00003000000

Tabelle 119: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Herstellung von Elektrostahl unter Einsatz von optimierten Gewebefiltern

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	2.C.1	Electric arc furnace steel			
Fuel					
SNAP (if applicable)		04 02 07			
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies		FF (optimized)			
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg	0,00007600000	5,00	kg/t	0,00005700000	0,00008550000
Cd	0,00012150000	95,95	kg/t	0,00008100000	0,00016200000
Cr	0,00101250000	95,95	kg/t	0,00050625000	0,00151875000
Ni	0,00040500000	95,95	kg/t	0,00012150000	0,00060750000
As	0,00000810000	95,95	kg/t	0,00000405000	0,00001215000
Pb	0,00145800000	95,95	kg/t	0,00060750000	0,00243000000

Tabelle 120: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Herstellung von Elektrostahl unter Einsatz von Retrofit-Gewebefiltern

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	2.C.1	Electric arc furnace steel			
Fuel					
SNAP (if applicable)		04 02 07			
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies	FF (retrofitted)				
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg	0,00000160000	98,00	kg/t	0,00000120000	0,00000180000
Cd	0,00001500000	99,50	kg/t	0,00001000000	0,00002000000
Cr	0,00012500000	99,50	kg/t	0,00006250000	0,00018750000
Ni	0,00005000000	99,50	kg/t	0,00001500000	0,00007500000
As	0,00000100000	99,50	kg/t	0,00000050000	0,00000150000
Pb	0,00018000000	99,50	kg/t	0,00007500000	0,00030000000

4.3.4.13 TIER 2- Emissionsfaktoren für die Erzeugung von Stahl mit Hilfe des Sauerstoffblasverfahrens (Oxygenstahl)

Tabelle 121: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Herstellung von Stahl mit Hilfe des Sauerstoffblas-verfahrens (Oxygenstahl) unter Einsatz von Elektrofiltern mittlerer Effizienz

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	2.C.1	Basic oxygen furnace steel			
Fuel					
SNAP (if applicable)		040206			
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies	dry ESP medium efficient				
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg	0,00000190000	5,00	kg/t	0,00000095000	0,00000285000
Cd	0,00007630000	84,74	kg/t	0,00006104000	0,00009156000
Cr	0,00039676000	84,74	kg/t	0,00026450667	0,00052901333
Ni	0,00015260000	84,74	kg/t	0,00007630000	0,00022890000
As	0,00045780000	84,74	kg/t	0,00030520000	0,00061040000
Pb	0,00457800000	84,74	kg/t	0,00305200000	0,00763000000

Tabelle 122: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Herstellung von Stahl mit Hilfe des Sauerstoffblas-verfahrens (Oxygenstahl) unter Einsatz von Elektrofiltern hoher Effizienz

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	2.C.1	Basic oxygen furnace steel			
Fuel					
SNAP (if applicable)		040206			
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies		dry ESP high efficient			
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg	0,00000060000	70,00	kg/t	0,00000030000	0,00000090000
Cd	0,00000025000	99,95	kg/t	0,00000020000	0,00000030000
Cr	0,00000130000	99,95	kg/t	0,00000086667	0,00000173333
Ni	0,00000050000	99,95	kg/t	0,00000025000	0,00000025000
As	0,00000150000	99,95	kg/t	0,00000100000	0,00000200000
Pb	0,00001500000	99,95	kg/t	0,00001000000	0,00002500000

Tabelle 123: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Herstellung von Stahl mit Hilfe des Sauerstoffblas-verfahrens (Oxygenstahl) unter Einsatz von nassen Venturi-Wäschern

Tier 2 emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	2.C.1	Basic oxygen furnace steel			
Fuel					
SNAP (if applicable)		040206			
Technologies/Practices					
Region or regional conditions					
Abatement technologies		wSV(medium)			
Other					
Pollutant	Value	Efficiency [%]	Unit	95% confidence interval	
				Lower	Upper
Hg	0,00000184000	8,00	kg/t	0,00000092000	0,00000276000
Cd	0,00003000000	94,00	kg/t	0,00002400000	0,00003600000
Cr	0,00015600000	94,00	kg/t	0,00010400000	0,00020800000
Ni	0,00006000000	94,00	kg/t	0,00003000000	0,00030000000
As	0,00018000000	94,00	kg/t	0,00012000000	0,00024000000
Pb	0,00180000000	94,00	kg/t	0,00120000000	0,00300000000

4.3.4.14 TIER 2- Emissionsfaktoren für mobile Quellen

Tabelle 124: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Verbrennung von Benzin in Kraftfahrzeugen in Deutschland, Niederlande und UK

TIER 2 emission factors				
	Code	Name		
NFR Source Category	1.A.3.b	Fuel combustion-road transport		
Fuel		Gasoline		
SNAP (if applicable)				
Technologies/Practices				
Region or regional conditions	Germany, Netherlands, UK			
Abatement technologies				
Other				
Pollutant	Value	Unit	95% confidence interval	
			Lower	Upper
Hg				
Cd				
Ni				
As				
Pb	0,0171	mg/l	0,00061	0,04
Source	weighted EF		pers. Communication Denier van der Gon 2007 (measurement data from Dutch fuels)	UKPIA (2003)/Chris Dore

Tabelle 125: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Verbrennung von Benzin in Kraftfahrzeugen in anderen UN ECE-Ländern außer Weißrussland, Russland, Serbien und Montenegro

TIER 2 emission factors				
	Code	Name		
NFR Source Category	1.A.3.b	Fuel combustion-road transport		
Fuel		Gasoline		
SNAP (if applicable)				
Technologies/Practices				
Region or regional conditions	UN ECE-Europe (except Belarus, Russia, Serbia-Montenegro)			
Abatement technologies				
Other				
Pollutant	Value	Unit	95% confidence interval	
			Lower	Upper
Hg				
Cd				
Ni				
As				
Pb	2,09	mg/l	0,00061	5
Source	weighted EF from ESPREME		pers. Communication Denier van der Gon 2007 (measurement data from Dutch fuels)	limit value from Directive 2003/17/EC

Tabelle 126: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Verbrennung von Benzin in Kraftfahrzeugen in Weißrussland, Russland, Serbien und Montenegro

TIER 2 emission factors				
	Code	Name		
NFR Source Category	1.A.3.b	Fuel combustion-passenger cars		
Fuel		gasoline		
SNAP (if applicable)				
Technologies/Practices				
Region or regional conditions	Belarus, Russia, Serbia-Montenegro			
Abatement technologies				
Other				
Pollutant	Value	Unit	95% confidence interval	
			Lower	Upper
Hg				
Cd				
Ni				
As				
Pb	14,96	mg/l	13	15
Source	weighted EF from ESPREME		REC 2005	Espreme/Pacyna

Tabelle 127: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Verbrennung von Diesel in Kraftfahrzeugen

TIER 2 emission factors				
	Code	Name		
NFR Source Category	1.A.3.b	Fuel combustion-passenger cars		
Fuel		Diesel		
SNAP (if applicable)				
Technologies/Practices				
Region or regional conditions				
Abatement technologies				
Other				
Pollutant	Value	Unit	95% confidence interval	
			Lower	Upper
Hg				
Cd				
Ni				
As				
Pb	0,036	mg/l	0,00057	0,0415
Source	weighted EF		pers. Comm. Denier van der Gon 2007	Fröhling & Ludzay (2002), Composition of Diesel fuels from German Refineries, DGMK Report 583

Tabelle 128: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Verbrennung von Benzin in anderen mobilen Quellen in Deutschland, Niederlande und UK

TIER 2 emission factors				
	Code	Name		
NFR Source Category	1.A.3.b	Fuel combustion-other mobile sources		
Fuel		Gasoline		
SNAP (if applicable)				
Technologies/Practices				
Region or regional conditions	Germany, Netherlands, UK			
Abatement technologies				
Other				
Pollutant	Value	Unit	95% confidence interval	
			Lower	Upper
Hg				
Cd				
Cr				
Ni				
As				
Pb	0,0171	mg/l	0,00061	0,04
Source	weighted EF		pers. Communication van der Gon 2007 (measurement data from Dutch fuels)	PIA (2003)/Chris Dore

Tabelle 129: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Verbrennung von Benzin in anderen mobilen Quellen in den anderen UN ECE-Ländern außer Weißrussland, Russland, Serbien und Montenegro

TIER 2 emission factors				
	Code	Name		
NFR Source Category	1.A.3.b	Fuel combustion-other mobile sources		
Fuel		Gasoline		
SNAP (if applicable)				
Technologies/Practices				
Region or regional conditions	UN ECE-Europe (except Belarus, Russia, Serbia-Montenegro)			
Abatement technologies				
Other				
Pollutant	Value	Unit	95% confidence interval	
			Lower	Upper
Hg				
Cd				
Cr				
Ni				
As				
Pb	2,09	mg/l	0,00061	5
Source	weighted EF from ESPREME		pers. Communication Denier van der Gon 2007 (measurement data from Dutch fuels)	limit value from Directive 2003/17/EC

Tabelle 130: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Verbrennung von Benzin in anderen mobilen Quellen in Weißrussland, Russland, Serbien und Montenegro

TIER 2 emission factors				
	Code	Name		
NFR Source Category	1.A.3.b	Fuel combustion-other mobile sources		
Fuel		gasoline		
SNAP (if applicable)				
Technologies/Practices				
Region or regional conditions	Belarus, Russia, Serbia-Montenegro			
Abatement technologies				
Other				
Pollutant	Value	Unit	95% confidence interval	
			Lower	Upper
Hg				
Cd				
Cr				
Ni				
As				
Pb	14,96	mg/l	13	15
Source	weighted EF from ESPREME		REC 2005	Espreme/Pacyna

Tabelle 131: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Verbrennung von Diesel in anderen mobilen Quellen

TIER 2 emission factors				
	Code	Name		
NFR Source Category	1.A.3.b	Fuel combustion-other mobile sources		
Fuel		Diesel		
SNAP (if applicable)				
Technologies/Practices				
Region or regional conditions				
Abatement technologies				
Other				
Pollutant	Value	Unit	95% confidence interval	
			Lower	Upper
Hg				
Cd				
Cr				
Ni				
As				
Pb	0,036	mg/l	0,00057	0,0415
Source	Weighted EF		pers. Comm. Denier van der Gon 2007	Fröhling & Ludzay (2002), Composition of Diesel fuels from German Refineries, DGMK Report 583

Tabelle 132:: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Verbrennung von Diesel in Schiffen

TIER 2 emission factors				
	Code	Name		
NFR Source Category	1.A.3.d	Fuel combustion-navigation		
Fuel		Diesel		
SNAP (if applicable)	0803	Inland waterways		
Technologies/Practices				
Region or regional conditions				
Abatement technologies				
Other				
Pollutant	Value	Unit	95% confidence interval	
			Lower	Upper
Hg				
Cd				
Cr				
Ni				
As				
Pb	0,036	mg/l	0,00057	0,0415
Source	weighted EF		pers. Comm. Denier van der Gon 2007	Fröhling & Ludzay (2002), Composition of Diesel fuels from German Refineries, DGMK Report 583

Tabelle 133: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Verbrennung von Schweröl in Schiffen

TIER 2 emission factors				
	Code	Name		
NFR Source Category	1.A.3.d	Fuel combustion-navigation		
Fuel		Fuel oil		
SNAP (if applicable)	0804	Shipping activities		
Technologies/Practices				
Region or regional conditions				
Abatement technologies				
Other				
Pollutant	Value	Unit	95% confidence interval	
			Lower	Upper
Hg				
Cd				
Cr				
Ni				
As				
Pb	0,81	g/t	0,2	0,81
Source	AEAT (2001)		Lloyds Register 1995	AEAT 2001

Tabelle 134: TIER 2- Emissionsfaktoren für die Verbrennung von Gasöl in Schiffen

TIER 2 emission factors				
	Code	Name		
NFR Source Category	1.A.3.d	Fuel combustion-navigation		
Fuel		Gas oil		
SNAP (if applicable)	0804	Shipping activities		
Technologies/Practices				
Region or regional conditions				
Abatement technologies				
Other				
Pollutant	Value	Unit	95% confidence interval	
			Lower	Upper
Hg				
Cd				
Cr				
Ni				
As				
Pb	0,2	g/t		
Source	AEAT 2001			

4.4 Emissionsfaktoren für den Reifen- und Bremsabrieb

Die nachfolgenden Tabellen wurden während des Review-Prozesses überarbeitet und erscheinen deshalb im Format der Excel-Tabellen, wie sie während des Reviews des FOD (First Order Draft Document) im März verwendet wurden.

Tabelle 135: Für die Quellgruppe Reifen- und Bremsabrieb angenommene Elementgehalte

NFR		Table number	Pollutant	Present Value	Proposed Value	Lower limit	Upper limit	Reference
1.A.3.b.vi	Road transport, automobile tyre and brake wear	Elemental speciation of tyre wear (in ppm wt.)	As	0,80	3,80	1,6	6	Hjortenkrans et al. 2007, Uexküll et al. 2005, Warner et al. 2002, Westerlund 2001, Legret & Pagotto 1999, Stechmann 1993, Hildemann et al. 1991, Heinrichs 1993
			Cd	2,60	4,7	1,4	9,0	
			Cr	12,40	23,8	2,0	61,0	
			Ni	33,60	29,9	2,4	63,0	
			Pb	107,00	176,3	6,3	670,0	
		Elemental speciation of brake wear (in ppm wt.)	As	10,0	67,5	10,0	130,0	
			Cd	13,2	22,4	1,5	57,0	
			Cr	669,2	2311,0	114,9	8050,0	
			Ni	463,1	326,5	80,0	660,0	
			Pb	3126,0	6071,8	120,0	20000,0	

Tabelle 136: Vorgeschlagene Emissionsfaktoren für den Reifenabrieb bei Pkw

NFR		Table number	Pollutant	Present Value	Proposed Value	Lower limit	Upper limit	Reference
1.A.3.b.vi	Road transport, automobile tyre and brake wear	Passenger cars: Tyre wear [g/vkm]	TSP	0,010	0,062	0,017	0,120	TNO 2001, BUWAL 1992, Gebbe et al. 1997, CARB 1993, Garben et al. 1996, Baumann 1997, Legret and Pagotto 1999, Lükewille et al. 2001
			PM10	0,006	0,009	0,003	0,018	
			PM2,5	0,004	0,000	0,000	0,001	

Tabelle 137: Vorgeschlagene Emissionsfaktoren für den Reifenabrieb bei Lkw

NFR		Table number	Pollutant	Present Value	Proposed Value	Lower limit	Upper limit	Reference
1.A.3.b.vi	Road transport, automobile tyre and brake wear	Heavy duty vehicles: Tyre wear [g/vkm]	TSP	0,041	0,349	0,034	0,768	TNO 2001, BUWAL 1992, Gebbe et al. 1997, CARB 1993, Garben et al. 1996, Baumann 1997, Legret and Pagotto 1999, Lükewille et al. 2001
			PM10	0,027	0,028	0,003	0,061	
			PM2,5	0,015	0,001	0,000	0,003	

Tabelle 138: Vorgeschlagene Emissionsfaktoren für den Bremsabrieb bei Pkw

NFR		Table number	Pollutant	Present Value	Proposed Value	Lower limit	Upper limit	Reference
1.A.3.b.vi	Road transport, automobile tyre and brake wear	Passenger cars: Brake wear [g/vkm]	TSP	0,011	0,009	0,002	0,020	Garg et al. 2000, Legret&Pagotto 1999, Warner et al. 2002, Rauterberg-Wulff 1998,
			PM10	0,007	0,008	0,002	0,018	

			PM2,5	0,004	0,004	0,001	0,009	Johansson et al. 1998, Westerlund 2001, Buwal 2001, TNO 2001
--	--	--	-------	-------	-------	-------	-------	--

Tabelle 139: Vorgeschlagene Emissionsfaktoren für den Bremsabrieb bei Lkw

NFR		Table number	Pollutant	Present Value	Proposed Value	Lower limit	Upper limit	Reference
1.A.3.b.vi	Road transport, automobile tyre and brake wear	Heavy duty vehicles: Brake wear [g/vkm]	TSP	0,048	0,043	0,003	0,09	Garg et al. 2000, Legret&Pagotto 1999, Warner et al. 2002, Rauterberg-Wulff 1998, Johansson et al. 1998, Westerlund 2001, Buwal 2001, TNO 2001
			PM10	0,032	0,038	0,003	0,079	
			PM2,5	0,017	0,019	0,002	0,040	

4.5 Sektorspezifische Auflösung der Quecksilberemissionen nach Spezies

- **Combustion of coal in power plants and heat plants (often called in utility boilers)**

Hg (o): 40 - 60 % suggested value for use **50 %**

Hg (II): 30 - 50 %, **40 %**

Hg (p): 5 - 20 %, **10 %**

Accuracy code: C

- **Combustion of coal in small residential boilers**

Hg (o): 40 - 60 % suggested value for use **50 %**

Hg (II): 20 - 40 %, **30 %**

Hg (p): 10 - 30 %, **20 %**

Accuracy code: E

- **Primary lead production plants**

Hg (o): 70 - 90 % suggested value for use **84 %**

Hg (II): 5 - 15 %, **10 %**

Hg (p): 1 - 15 %, **6 %**

Accuracy code: D

- **Primary zinc plants**

Hg (o): 70 - 90 % suggested value for use **80 %**

Hg (II): 10 - 20 %, **15 %**

Hg (p): 5 - 10 %, **5 %**

Accuracy code: D

- **Cement production**

Hg (o): 70 - 90 % suggested value for use **80 %**

Hg (II): 10 - 20 %, **15 %**

Hg (p): 5 - 10 %, **5 %**

Accuracy code: D

- **Pig iron and steel production (all technologies)**

Hg (o): 60 - 80 % suggested value for use **70 %**

Hg (II): 20 - 40 %, **30 %**

Hg (p): **0%**

Accuracy code: D

- **Chlor-alkali production**

Hg (o): 50 - 90 % suggested value for use **70 %**

Hg (II): 10 - 40 %, **30 %**

Hg (p): **0 %**

Accuracy code: D

- **Waste incineration**

Hg (o): 10 - 30 % suggested value for use **20 %**

Hg (II): 50 - 70 %, **60 %**

Hg (p): 10 - 30 %, **20 %**

Accuracy code: C

Hg (o): gaseous elemental mercury,

Hg (II): gaseous bivalent mercury

Hg (p): particulate elemental mercury

4.6 Ergebnisse des Review Prozesses

4.6.1 Review der Emissionsfaktoren für alle Quellen

Der Review-Prozess wurde von den Mitgliedern der TFEIP Herrn Antonio Ferreiro (Expert Panel on combustion and Industry) und Herrn Ntziachristos (Expert Panel on Transport) durchgeführt. Diese beiden hatten sich während des TFEIP Meetings in Dublin im Oktober 2007 bereit erklärt einen Review-Prozess durchzuführen. Herrn Ferreiros Review ist den Forschungsnehmern nicht bekannt. Es wird davon ausgegangen, dass sein Feedback direkt an TNO gegangen ist, was zum Projektabschluss nicht geklärt werden konnte. Wahrscheinlich wurde der Review von Herrn Ferreiro bei der Implementierung der ESPREME-Emissionsfaktoren in das Guidebook von den EEA Consultants (TNO) entsprechend berücksichtigt.

Zusätzlich wurde von Hugo Denier van der Gon und Antoon Visschedijk ein Vergleich der TNO-Datenbasis mit den ESPREME Emissionsmengen für einzelne Schwermetalle und Länder durchgeführt. Das Ergebnis dieses Vergleichs ist in Anhang 1 dieses Berichtes in englischer Sprache dokumentiert.

4.6.2 Spezieller Review für Abgas- und Abriebsemissionsfaktoren aus mobilen Quellen

Der Review-Prozess für diese Quellgruppen fand in zwei Stufen statt. Die erste Phase umfasste den Zeitraum vom 10.01.-15.01.2008 und konzentrierte sich auf Abriebsemissionen (Reviewer: Leonidas Ntziachristos, Universität Thessaloniki). Es wurden Emissionsfaktoren, die im Rahmen von ESPREME entwickelt und verwendet wurden, mit den bereits vorhandenen im Emission Inventory Guidebook verglichen.

Ein Kritikpunkt war die Verwendung unterschiedlicher Materialzusammensetzungen für Reifen und Bremsen verschiedener Fahrzeugkategorien (PKW und LKW). Laut Herrn Ntziachristos könnten sonst eventuell Messunsicherheiten auf das Ergebnis übertragen werden (als Einfluss verschiedener Fahrzeugkategorien) und so zu falschen Schlussfolgerungen führen. Er schlug vor, sich in einem konservativen Ansatz auf einen mittleren Schwermetallgehalt von Reifen und Bremsen zu konzentrieren und diesen dann mit den verschiedenen Emissionsraten pro Fahrzeugkategorie zu multiplizieren, um einen konsistenteren Datensatz zu erhalten. Weiterhin wurde festgestellt, dass die verwendeten Emissionsfaktoren für Reifen- und Bremsabrieb z. T. für Emissionen in Wasser, Boden und Luft gelten. Dies führt zu einer Überschätzung der reinen Luftemissionen in ESPREME in diesem Bereich.

Die zweite Phase des Review-Prozesses umfasste den Zeitraum 03.03.-09.03.2008. Es wurde eine überarbeitete Version der Emissionsfaktoren für Schwermetalle aus dem Abrieb von Reifen und Bremsen an den Reviewer geschickt. Die wesentliche Veränderung, die vorgenommen wurde, ist die Erweiterung der Datengrundlage. Eine Vielzahl von Studien wurde ausgewertet, um repräsentative Mittelwerte für Elementgehalte und Abriebsfaktoren sowie minimale und maximale mittlere Werte zu ermitteln (s. TIER 2-Tabellen). Laut Auffassung des Reviewers können sie nun Eingang in das Guidebook finden. Innerhalb der Guidebook-Verantwortlichen muss allerdings noch geklärt werden, ob die EF direkt übernommen werden können oder ob sie in der Form von Elementgehalten aufgenommen werden.

Zu den Emissionsfaktoren für Pb aus Abgasen gab es bedauerlicherweise keine rechtzeitige Rückmeldung.

4.7 Ergebnisse der Key Source Analyse

Mit den Aktivitäten und Implementierungsgraden, die während des ESPREME-Projektes abgeschätzt wurden, lassen sich anhand der TIER 2-Tabellen die Emissionen pro Sektor und Schadstoff bestimmen. Da Raffinerien und Kleinfeuerungen von Holz nicht Gegenstand der Untersuchung des ESPREME-Projektes waren, wurden im ersten Fall TNO-Emissionsdaten verwendet bzw. Aktivitätsdaten von IIASA für die Kleinfeuerungen benutzt. Da sich letztere auf die EU-27 beschränken, wurden die Emissionen für

die restlichen Länder abgeschätzt, indem ein linearer Zusammenhang zwischen Bevölkerung und Emission angenommen wurde.

Im Folgenden werden die so berechneten Emissionen jeweils für alle betrachteten Länder⁶ und für die EU-27 für jeden Schadstoff getrennt nach den wichtigsten Sektoren sortiert aufgelistet. Sektoren, die nichts von dem angegebenen Schadstoff emittieren, sind nicht aufgelistet. Die zweite Spalte ([%] akkum.) der Tabellen gibt jeweils die Summe aller vorangehenden Sektoremissionen in % bezüglich der jährlichen Gesamtemission an, so dass im Sinne einer Key Source Analyse eigentlich nur die Zeilen mit Werten unterhalb von 95% relevant sind, die dritte Spalte zeigt die Sektoremissionen in Tonnen, in der letzten Spalte sind die Sektoremission als Prozentwert bezüglich der Gesamtemission dargestellt.

4.7.1 Key Source Analyse für die Summe aller Länder

Tabelle 140: Ergebnis der Key Source Analyse für das Schwermetall Quecksilber über alle in ESPREME betrachteten Länder

Hg			
Sektor	[%] akkum.	[t]	[%]
Small_oil	27,68	47,01	27,68
Chlorine	44,40	28,39	16,72
Cement	59,56	25,75	15,17
Hard_coal	71,21	19,78	11,65
Primary_zinc	78,99	13,22	7,78
Waste_incineration	83,88	8,30	4,89
Small_wood	87,57	6,26	3,69
Electric_arc	90,69	5,29	3,12
Brown_coal	93,56	4,88	2,87
Sintering	96,03	4,19	2,47
Refineries	97,55	2,59	1,52
Coke	98,99	2,44	1,44
Primary_lead	99,47	0,81	0,48
Liquid_fuel	99,80	0,56	0,33
Basic_oxygen	99,95	0,25	0,15
Primary_copper	99,98	0,07	0,04
Pig_iron	100,00	0,03	0,02
Secondary_zinc	100,00	0,00	0,00
Sum		170	100

⁶ Es wurden in ESPREME folgende Länder betrachtet: Österreich, Belgien, Dänemark, Finnland, Frankreich, Deutschland, Griechenland, Irland, Italien, Luxemburg, Niederlande, Portugal, Spanien, Schweden, Großbritannien, Island, Norwegen, Schweiz, Bulgarien, Zypern, Tschechische Republik, Estland, Ungarn, Litauen, Malta, Polen, Rumänien, Slowakei, Slowenien, Albanien, Bosnien und Herzegowina, Kroatien, Mazedonien, Serbien, Montenegro, Weißrussland, Moldawien, Russland, Ukraine und Türkei.

Tabelle 141: Ergebnis der Key Source Analyse für das Schwermetall Cadmium über alle in ESPREME betrachteten Länder

Cd			
Sektor	[%] akkum.	[t]	[%]
Small_oil	73,54	682,90	73,54
Brown_coal	80,01	60,05	6,47
Cement	84,87	45,14	4,86
Primary_copper	88,16	30,54	3,29
Electric_arc	90,61	22,78	2,45
Open_hearth	92,22	14,91	1,61
Small_wood	93,57	12,52	1,35
Basic_oxygen	94,89	12,31	1,33
Waste_incineration	95,94	9,73	1,05
Refineries	96,77	7,71	0,83
Liquid_fuel	97,53	7,00	0,75
Primary_zinc	98,21	6,37	0,69
Hard_coal	98,82	5,61	0,60
Coke	99,24	3,91	0,42
Secondary_copper	99,52	2,63	0,28
Secondary_lead	99,71	1,80	0,19
Tyres/break wear	99,86	1,33	0,14
Sintering	99,95	0,90	0,10
Secondary_zinc	99,99	0,37	0,04
Primary_lead	100,00	0,06	0,01
Cast_iron	100,00	0,00	0,00
Pig_iron	100,00	0,00	0,00
Sum		929	100

Tabelle 142: Ergebnis der Key Source Analyse für das Schwermetall Chrom über alle in ESPREME betrachteten Länder

Cr			
Sektor	[%] akkum.	[t]	[%]
Small_oil	30,82	1154,25	30,82
Cement	48,54	663,80	17,72
Sintering	63,50	560,63	14,97
Pig_iron	75,89	463,98	12,39
Electric_arc	82,51	247,97	6,62
Hard_coal	87,56	189,00	5,05
Brown_coal	90,80	121,31	3,24
Tyres/break wear	93,98	119,36	3,19
Liquid_fuel	95,99	75,05	2,00
Primary_copper	97,28	48,46	1,29
Open_hearth	98,42	42,88	1,14
Refineries	99,31	33,13	0,88
Small_wood	100,00	25,91	0,69
Sum		3.746	100

Tabelle 143: Ergebnis der Key Source Analyse für das Schwermetall Nickel über alle in ESPREME betrachteten Länder

Ni			
Sektor	[%] akkum.	[t]	[%]
Small_oil	88,34	9933,12	88,34
Refineries	90,86	284,03	2,53
Brown_coal	92,95	234,03	2,08
Cement	94,95	225,71	2,01
Open_hearth	96,61	186,43	1,66
Liquid_fuel	97,52	101,80	0,91
Electric_arc	98,19	75,93	0,68
Hard_coal	98,68	55,08	0,49
Primary_copper	99,04	40,31	0,36
Coke	99,32	31,77	0,28
Basic_oxygen	99,54	24,62	0,22
Sintering	99,72	20,41	0,18
Tyres/break wear	99,88	17,88	0,16
Waste_incineration	100,00	12,97	0,12
Secondary_copper	100,00	0,14	0,00
Cast_iron	100,00	0,10	0,00
Sum		11.244	100

Tabelle 144: Ergebnis der Key Source Analyse für das Schwermetall Arsen über alle in ESPREME betrachteten Länder

As			
Sektor	[%] akkum.	[t]	[%]
Open_hearth	41,17	559,29	41,17
Small_oil	73,16	434,57	31,99
Primary_copper	81,07	107,49	7,91
Basic_oxygen	86,51	73,87	5,44
Brown_coal	91,48	67,60	4,98
Hard_coal	93,70	30,17	2,22
Refineries	95,49	24,29	1,79
Cement	97,15	22,57	1,66
Coke	98,30	15,64	1,15
Secondary_lead	98,72	5,65	0,42
Liquid_fuel	99,05	4,45	0,33
Sintering	99,35	4,08	0,30
Tyres/break wear	99,61	3,61	0,27
Secondary_copper	99,73	1,58	0,12
Waste_incineration	99,85	1,57	0,12
Electric_arc	99,96	1,52	0,11
Small_wood	99,99	0,49	0,04
Secondary_zinc	100,00	0,06	0,00
Primary_lead	100,00	0,01	0,00
Pig_iron	100,00	0,01	0,00
Sum		1.359	100

Tabelle 145: Ergebnis der Key Source Analyse für das Schwermetall Blei über alle in ESPREME betrachteten Länder

Pb			
Sektor	[%] akkum.	[t]	[%]
Open_hearth	45,03	5592,90	45,03
Small_oil	60,02	1862,46	14,99
Sintering	66,53	808,24	6,51
Basic_oxygen	72,47	738,66	5,95
Secondary_lead	78,09	697,78	5,62
Cement	81,73	451,41	3,63
Exhaust_gasoline_comb.	85,27	440,92	3,55
Primary_copper	88,22	366,44	2,95
Tyres/break_wear	90,78	317,97	2,56
Electric_arc	92,99	273,36	2,20
Brown_coal	94,67	209,32	1,69
Hard_coal	95,80	140,34	1,13
Coke	96,90	136,83	1,10
Secondary_copper	97,96	131,31	1,06
Waste_incineration	98,93	120,44	0,97
Primary_zinc	99,29	44,59	0,36
Small_wood	99,54	31,31	0,25
Refineries	99,70	19,69	0,16
Liquid_fuel	99,85	19,09	0,15
Primary_lead	99,94	11,06	0,09
Exhaust_diesel_comb.	99,99	6,48	0,05
Secondary_zinc	100,00	0,68	0,01
Pig_iron	100,00	0,11	0,00
Cast_iron	100,00	0,06	0,00
Sum		12.421	100

4.7.2 Key Source Analysis für die EU-27-Länder

Tabelle 146: Ergebnis der Key Source Analyse für das Schwermetall Quecksilber für die EU-27-Länder

Hg			
Sektor	[%] akkum.	[t]	[%]
Small_oil	36,24	38,01	36,24
Cement	51,71	16,23	15,47
Hard_coal	66,89	15,93	15,19
Primary_zinc	77,21	10,82	10,32
Waste_incineration	83,49	6,59	6,28
Small_wood	87,21	3,89	3,71
Electric_arc	90,65	3,61	3,44
Brown_coal	93,59	3,09	2,94
Refineries	95,89	2,41	2,30
Sintering	97,83	2,04	1,94
Coke	98,81	1,02	0,97
Primary_lead	99,47	0,69	0,66
Liquid_fuel	99,81	0,36	0,35
Basic_oxygen	99,95	0,14	0,14
Primary_copper	99,99	0,04	0,04
Pig_iron	100,00	0,01	0,01
Secondary_zinc	100,00	0,00	0,00
Sum		105	100

Tabelle 147: Ergebnis der Key Source Analyse für das Schwermetall Cadmium für die EU-27-Länder

Cd			
Sektor	[%] akkum.	[t]	[%]
Small_oil	81,07	551,86	81,07
Brown_coal	87,23	41,93	6,16
Primary_copper	89,38	14,58	2,14
Cement	91,26	12,82	1,88
Electric_arc	92,81	10,56	1,55
Waste_incineration	94,07	8,59	1,26
Small_wood	95,22	7,78	1,14
Refineries	96,26	7,09	1,04
Basic_oxygen	97,00	5,04	0,74
Hard_coal	97,74	5,03	0,74
Primary_zinc	98,44	4,81	0,71
Liquid_fuel	99,09	4,38	0,64
Secondary_lead	99,34	1,74	0,26
Secondary_copper	99,57	1,51	0,22
Coke	99,76	1,30	0,19
Tyres/break wear	99,91	1,06	0,16
Secondary_zinc	99,97	0,36	0,05
Sintering	99,99	0,19	0,03
Primary_lead	100,00	0,04	0,01
Cast_iron	100,00	0,00	0,00
Sum		681	100

Tabelle 148: Ergebnis der Key Source Analyse für das Schwermetall Chrom für die EU-27-Länder

Cr			
Sektor	[%] akkum.	[t]	[%]
Small_oil	35,33	910,12	35,33
Cement	53,23	461,18	17,90
Sintering	64,86	299,37	11,62
Pig_iron	74,96	260,17	10,10
Electric_arc	81,67	172,89	6,71
Hard_coal	87,91	160,69	6,24
Tyres/break wear	91,58	94,72	3,68
Brown_coal	94,71	80,59	3,13
Liquid_fuel	97,00	58,86	2,28
Refineries	98,23	31,75	1,23
Primary_copper	99,37	29,49	1,14
Small_wood	100,00	16,11	0,63
Sum		2.576	100

Tabelle 149: Ergebnis der Key Source Analyse für das Schwermetall Nickel für die EU-27-Länder

Ni			
Sektor	[%] akkum.	[t]	[%]
Small_oil	91,94	8.027,04	91,94
Refineries	94,89	258,11	2,96
Brown_coal	96,76	163,40	1,87
Cement	97,50	64,10	0,73
Liquid_fuel	98,23	63,78	0,73
Hard_coal	98,79	49,37	0,57
Electric_arc	99,20	35,20	0,40
Primary_copper	99,42	19,24	0,22
Tyres/break wear	99,58	14,20	0,16
Waste_incineration	99,71	11,45	0,13
Coke	99,83	10,60	0,12
Basic_oxygen	99,95	10,08	0,12
Sintering	100,00	4,36	0,05
Secondary_copper	100,00	0,08	0,00
Cast_iron	100,00	0,03	0,00
Sum	0	8.731	100

Tabelle 150: Ergebnis der Key Source Analyse für das Schwermetall Arsen für die EU-27-Länder

As			
Sektor	[%] akkum.	[t]	[%]
Small_oil	62,98	351,18	62,98
Primary_copper	72,18	51,32	9,20
Brown_coal	80,65	47,20	8,46
Basic_oxygen	86,07	30,23	5,42
Hard_coal	90,92	27,04	4,85
Refineries	95,16	23,65	4,24
Cement	96,31	6,41	1,15
Secondary_lead	97,29	5,46	0,98
Coke	98,22	5,22	0,94
Tyres/break wear	98,74	2,86	0,51
Liquid_fuel	99,24	2,79	0,50
Waste_incineration	99,49	1,39	0,25
Secondary_copper	99,65	0,91	0,16
Sintering	99,81	0,87	0,16
Electric_arc	99,93	0,70	0,13
Small_wood	99,99	0,30	0,05
Secondary_zinc	100,00	0,06	0,01
Primary_lead	100,00	0,01	0,00
Pig_iron	100,00	0,00	0,00
Sum		558	100

Tabelle 151: Ergebnis der Key Source Analyse für das Schwermetall Blei für die EU-27-Länder

Pb			
Sektor	[%] akkum.	[t]	[%]
Small_oil	38,20	1.505,07	38,20
Secondary_lead	55,31	673,85	17,10
Basic_oxygen	62,98	302,35	7,67
Tyres/break wear	69,39	252,37	6,41
Primary_copper	73,83	174,95	4,44
Sintering	78,21	172,63	4,38
Brown_coal	81,92	146,15	3,71
Cement	85,17	128,21	3,25
Electric_arc	88,39	126,73	3,22
Hard_coal	91,58	125,78	3,19
Waste_incineration	94,28	106,32	2,70
Secondary_copper	96,20	75,60	1,92
Coke	97,36	45,66	1,16
Primary_zinc	98,21	33,64	0,85
Small_wood	98,71	19,46	0,49
Refineries	99,18	18,45	0,47
Liquid_fuel	99,48	11,96	0,30
Exhaust gasoline comb.	99,66	7,23	0,18
Primary_lead	99,84	7,01	0,18
Exhaust diesel comb.	99,98	5,55	0,14
Secondary_zinc	100,00	0,67	0,02
Pig_iron	100,00	0,05	0,00
Cast_iron	100,00	0,02	0,00
Sum		3.940	100

4.7.3 Auswertung der Key Source Analysen

Die Key Sources (entsprechend 95% der akkumulierten Emissionen) für die Quecksilberemissionen in allen in ESPREME betrachteten Ländern sowie davon unterschieden in den EU-27-Ländern sind in Tabelle 152 in der Reihenfolge Ihrer jeweiligen Quellstärke dargestellt.

Tabelle 152: Key Sources der Quecksilberemissionen unterschieden nach allen ESPREME-Ländern und EU-27

Rangfolge	ESPREME-alle Länder	EU-27
1	Kleinf Feuerung (Öl)	Kleinf Feuerung (Öl)
2	Chlorherstellung	Zementherstellung
3	Zementherstellung	Steinkohleverbrennung
4	Steinkohleverbrennung	Primärzinkproduktion
5	Primärzinkproduktion	Müllverbrennung
6	Müllverbrennung	Kleinf Feuerung (Holz)
7	Kleinf Feuerung (Holz)	Elektrostahlherstellung
8	Elektrostahlherstellung	Braunkohleverbrennung
9	Braunkohleverbrennung	Raffinerieprozesse
10	Sinterprozesse	Sinterprozesse

Die Key Sources (entsprechend 95% der akkumulierten Emissionen) für die Cadmiumemissionen in allen in ESPREME betrachteten Ländern sowie davon unterschieden in den EU-27-Ländern sind in Tabelle 153 in der Reihenfolge Ihrer jeweiligen Quellstärke dargestellt.

Tabelle 153: Key Sources der Cadmiumemissionen unterschieden nach allen ESPREME-Ländern und EU-27

Rangfolge	ESPREME-alle Länder	EU-27
1	Kleinf Feuerung (Öl)	Kleinf Feuerung (Öl)
2	Braunkohleverbrennung	Braunkohleverbrennung
3	Zementproduktion	Primärkupferproduktion
4	Primärkupferproduktion	Zementproduktion
5	Elektrostahlherstellung	Elektrostahlherstellung
6	Siemens-Martin-Stahlherstellung	Müllverbrennung
7	Kleinf Feuerung (Holz)	Kleinf Feuerung (Holz)
8	Stahlproduktion nach dem Sauerstoffblasverfahren	
9	Müllverbrennung	

Die Key Sources (entsprechend 95% der akkumulierten Emissionen) für die Chromemissionen in allen in ESPREME betrachteten Ländern sowie davon unterschieden in den EU-27-Ländern sind in Tabelle 154 in der Reihenfolge Ihrer jeweiligen Quellstärke dargestellt.

Tabelle 154: Key Sources der Chromemissionen unterschieden nach allen ESPREME-Ländern und EU-27

Rangfolge	ESPREME-alle Länder	EU-27
1	Kleinf Feuerung (Öl)	Kleinf Feuerung (Öl)
2	Zementproduktion	Zementproduktion
3	Sinterprozesse	Sinterprozesse
4	Roheisenherstellung	Roheisenherstellung
5	Elektrostahlherstellung	Elektrostahlherstellung
6	Steinkohleverbrennung	Steinkohleverbrennung
7	Braunkohleverbrennung	Reifen- und Bremsenabrieb
8	Reifen- und Bremsenabrieb	Braunkohleverbrennung
9	Ölverbrennung	Ölverbrennung

Die Key Sources (entsprechend 95% der akkumulierten Emissionen) für die Nickelemissionen in allen in ESPREME betrachteten Ländern sowie davon unterschieden in den EU-27-Ländern sind in Tabelle 155 in der Reihenfolge Ihrer jeweiligen Quellstärke dargestellt.

Tabelle 155: Key Sources der Nickelemissionen unterschieden nach allen ESPREME-Ländern und EU-27

Rangfolge	ESPREME-alle Länder	EU-27
1	Kleinf Feuerung (Öl)	Kleinf Feuerung (Öl)
2	Raffinerieprozesse	Raffinerieprozesse
3	Braunkohleverbrennung	Braunkohleverbrennung
4	Zementproduktion	
5	Siemens-Martin-Stahlherstellung	

Die Key Sources (entsprechend 95% der akkumulierten Emissionen) für die Arsenemissionen in allen in ESPREME betrachteten Ländern sowie davon unterschieden in den EU-27-Ländern sind in Tabelle 156 in der Reihenfolge Ihrer jeweiligen Quellstärke dargestellt

Tabelle 156: Key Sources der Arsenemissionen unterschieden nach allen ESPREME-Ländern und EU-27

Rangfolge	ESPREME-alle Länder	EU-27
1	Siemens-Martin-Stahlherstellung	Kleinf Feuerung (Öl)
2	Kleinf Feuerung (Öl)	Primärkupferherstellung
3	Primärkupferherstellung	Braunkohleverbrennung
4	Stahlproduktion nach dem Sauerstoffblasverfahren	Stahlproduktion nach dem Sauerstoffblasverfahren
5	Braunkohleverbrennung	Steinkohleverbrennung
6	Steinkohleverbrennung	Raffinerieprozesse
7	Raffinerieprozesse	

Die Key Sources (entsprechend 95% der akkumulierten Emissionen) für die Bleiemissionen in allen in ESPREME betrachteten Ländern sowie davon unterschieden in den EU-27-Ländern sind in Tabelle 157 in der Reihenfolge Ihrer jeweiligen Quellstärke dargestellt.

Tabelle 157: Key Sources der Bleiemissionen unterschieden nach allen ESPREME-Ländern und EU-27

Rangfolge	ESPREME-alle Länder	EU-27
1	Siemens-Martin-Stahlherstellung	Kleinf Feuerung (Öl)
2	Kleinf Feuerung (Öl)	Sekundärbleiproduktion
3	Sinterprozesse	Stahlproduktion nach dem Sauerstoffblasverfahren
4	Stahlproduktion nach dem Sauerstoffblasverfahren	Bremsen- und Reifenabrieb
5	Sekundärbleiproduktion	Primärkupferproduktion
6	Zementproduktion	Sinterprozesse
7	Mobile Quellen-Benzinverbrennung	Braunkohleverbrennung
8	Primärkupferproduktion	Zementproduktion
9	Bremsen- und Reifenabrieb	Elektrostahlherstellung
10	Elektrostahlherstellung	Steinkohleverbrennung
11	Braunkohleverbrennung	Müllverbrennung
12	Steinkohleverbrennung	Sekundärkupferproduktion

4.8 Deutschlandspezifische Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse aus dem ESPREME – Projekt für Deutschland angegeben. Im Einzelnen sind das die Aktivitäten und die Implementierungsgrade der Maßnahmen, mit denen die effektiven Emissionsfaktoren pro Sektor berechnet wurden und die daraus resultierenden Emissionen.

4.8.1 Aktivitäten

In Tabelle 158 werden die angenommenen Aktivitäten für Deutschland dargestellt. Sie beziehen sich auf das Business As Usual – Szenario 2010 aus dem ESPREME-Projekt⁷. Da Raffinerien in ESPREME nicht betrachtet wurden und entsprechend für die Key Source Analyse Daten von CONCAWE (D. Withinshaw, 2007) verwendet wurden, werden Aktivitäten hierfür nicht aufgeführt. Für die Kleinf Feuerung von Holz wurden EU-27-Daten von TNO (H.A.C. Denier van der Gon et. al., 2005) verwendet und die Aktivität anhand des EU-27-Verbrauchs mittels Bevölkerungsstatistik interpoliert.

Tabelle 158: Aktivitäten für Deutschland

Country	Unit	Germany
Großfeuerungsanlagen, Steinkohle	MWe	105235760
Großfeuerungsanlagen, Braunkohle		137545570
Großfeuerungsanlagen, Öl		3685485
Kleinf Feuerungsanlagen, Öl	Produzierte Tonnen	119000000
Kleinf Feuerungsanlagen, Holz		13860000
Sinterprozesse ⁸		27746000
Primärblei		228679,64
Sekundärblei		421641,70
Primärzink		353909
Sekundärzink		76226,6
Primärkupfer		364798,5
Sekundärkupfer		408356,5
Zement ⁹		33000000
Koks		8595000
Gusseisen		3114000
Roheisen		27956000
Chlorproduktion auf Grundlage des Chloralkaliverfahrens		0
Stahlerzeugung, Sauerstoffblasverfahren (Oxygenstahl)		31317000
Elektrostahlerzeugung		12625000
Müllverbrennung		15435000

⁷ ###AG-Anmerkung: Die hier aufgeführten Aktivitäten „für Deutschland“ entsprechen nicht unbedingt den Einschätzungen des Umweltbundesamtes, sondern sind nur Annahmen aus ESPREME. Die vorliegenden Aktivitäten wurden nicht im Rahmen des hier dokumentierten Projektes evaluiert, lediglich teilweise kommentiert.

⁸ ###AG-Anmerkung: Hier sollte klargestellt werden, dass nur die Sinteranlagen der Eisen- und Stahlindustrie erfasst sind.

⁹ ###AG-Anmerkung: die Bezugsgröße Zementherstellung ist für die weiteren Ableitungen ungünstig gewählt – die fachliche Stellungnahme lautet: Abgesehen von Staub ist nur der Klinkerbrennprozess (d.h. die erzeugte Klinkermenge) für die Schadstoffemissionen relevant. Der Mahlprozess ist nicht direkt an die Klinkerproduktion gekoppelt, sondern findet oft in gesonderten Zementmisch- und -mahanlagen statt, die Zementklinker und andere Rohstoffe je nach erzeugter Zementart in unterschiedlichen Anteilen verarbeiten. Gemäß CEN/EN 197-1/2000 beträgt der Klinkeranteil je nach Zementart zwischen 5 und 100%. Zementklinker wird auch über Landesgrenzen gehandelt, so dass das Verhältnis von Klinker- zu Zementproduktion (der sogenannte Klinkerfaktor) von Jahr zu Jahr und von Land zu Land unterschiedlich ist. 2006 lag der Klinkerfaktor in D bei 0,71, in 1997 waren es noch 0,86; weltweit schwanken die Werte zwischen 70 und 95% (Tendenz aus Kosten- und Klimaschutzgründen leicht abnehmend). Eine Gleichsetzung von Zement und Zementklinker ist somit nicht sachdienlich. Grundlage der Emissionsberechnung sollte immer die Klinkerproduktion sein; wenn hierzu keine Angaben verfügbar sind, sollte sie hilfsweise über einen geeigneten Klinkerfaktor aus der Zementproduktion abgeleitet werden.

4.8.2 Implementierungsgrade

Im Rahmen von ESPREME wurden für die einzelnen Sektoren verschiedene Maßnahmen bzw. Maßnahmenbündel betrachtet und deren Implementierungsgrad abgeschätzt. Diese werden als Prozentwerte in Tabelle 159 angegeben. Die Effizienzen geben dabei die prozentuale Minderung des Emissionsfaktors an. Die Effizienz für alle anderen Schwermetalle außer Hg entspricht derjenigen für Cd.

Tabelle 159: Implementierungsgrade für Deutschland ¹⁰(BAU 2010)

Maßnahme	Sektor	Hg-Effizienz	Cd-Effizienz	Implementierungsgrad
dry ESP (low)	Basic oxygen furnace steel	5	84,74	0
dry ESP (high)	Basic oxygen furnace steel	70	99,95	55
wSV(medium)	Basic oxygen furnace steel	8	94	40
Electro-catalytic oxidation	Brown coal combustion in large and medium-sized combustion installations	80	99	2
wFGD (stat-of-the-art,)+ESP	Brown coal combustion in large and medium-sized combustion installations	40	95	40
Simultaneous control of SO ₂ , Nox and Hg (SICs)	Brown coal combustion in large and medium-sized combustion installations	100	40	3
dry ESP (medium)	Brown coal combustion in large and medium-sized combustion plants	24	95	15
electrostatic precipitator (ESP)+wet or dry scrubber +dry sorbent injection	Brown coal combustion in large and medium-sized combustion plants	70	99,95	30
dry ESP, high efficiency	Brown coal combustion in large and medium-sized combustion plants	45	99,95	10
wFGD+FF	Cement production	90	99,5	20
FF medium efficient	Cement production	5	95,95	45
FF (optimized)	Cement production	98	99,91	35 ¹¹
good practices during maintenance and repair	Chlorine production (mercury cell plants)	20		0
improvements of the cells	Chlorine production (mercury cell plants)	15		0
use of raw materials with low HM content	Coke production	5	5	0
wFGD (medium)	Coke production	30	45,5	10
wFGD	Coke production	40	95	40
dry ESP (low)	Coke production	5	84,74	0
FF medium efficient	Coke production	5	95,95	10
dry ESP (high)	Coke production	70	99,95	30
FF (optimized)	Coke production	5	95,95	5
dry ESP (low)	Electric arc furnace steel	5	84,74	20
dry ESP (high)	Electric arc furnace steel	70	99,95	40
FF (optimized)	Electric arc furnace steel	5	95,95	30
FF (retrofitted)	Electric arc furnace steel	98	99,5	10
Electro-catalytic oxidation	Hard coal combustion in large and medium-sized combustion installations	80	99	5
wFGD (stat-of-the-art,)+ESP	Hard coal combustion in large and	40	95	30

¹⁰ ###AG-Anmerkung: Die hier aufgeführten Implementierungsgrade „für Deutschland“ entsprechen nicht unbedingt den Einschätzungen des Umweltbundesamtes, sondern sind nur Annahmen aus ESPREME. Die vorliegenden Implementierungsgrade wurden nicht im Rahmen des hier dokumentierten Projektes evaluiert, lediglich teilweise kommentiert.

¹¹ ###AG-Anmerkung: Da hier durch Fehlen der üblichen Entstaubung mittels Elektrofilter alle dargestellten Implementierungsgrade nicht realistisch sind, kann diese Deutschland-spezifische Berechnung nicht quantitativ eingeschätzt werden. In dieser Darstellung kommen sicher auch die Gleichsetzung von Zement- und Zementklinkerproduktion nachteilig zur Geltung.

Maßnahme	Sektor	Hg-Effizienz	Cd-Effizienz	Implementierungsgrad
	medium-sized combustion installations			
Simultaneous control of SO ₂ , Nox and Hg (SICs)	Hard coal combustion in large and medium-sized combustion installations	99	40	5
dry ESP (medium)	Hard coal combustion in large and medium-sized combustion plants	24	95	20
electrostatic precipitator (ESP)+wet or dry scrubber +dry sorbent injection	Hard coal combustion in large and medium-sized combustion plants	98	99,95	30
dry ESP (high)	Hard coal combustion in large and medium-sized combustion plants	72	99,95	10
CM (medium)	Iron and steel foundries	0	82	0
dry ESP (low)	Iron and steel foundries	5	84,74	10
dry ESP (high)	Iron and steel foundries	70	99,95	30
FF (optimized)	Iron and steel foundring	5	95,95	30
FF (retrofitted)	Iron and steel foundring	98	99,5	30
low NO _x -burners	Liquid fuel comb, in large- and medium-sized install,	0	5	10
wet ESP	Liquid fuel comb, in large- and medium-sized install,	98	99,95	45
FF (retrofitted)	Liquid fuel comb, in large- and medium-sized install,	98	99,95	45
wFGD (stat-of-the-art,)+ESP	Liquid fuel combustion in small-sized installations	40	42,5	35
heat recovery	Pig iron production	5	5	0
dry ESP (low)	Pig iron production	5	84,74	10
FF medium efficient	Pig iron production	5	95,95	30
dry ESP (high)	Pig iron production	70	99,95	25
wSV(medium)	Pig iron production	8	94	10
dry ESP (high)	Pig iron production	72	99,95	25
FF state-of-the-art,	Primary copper	10	99,99	55
BAT production technologies	Primary copper	0	10	45
BAT production technologies	Primary lead	0	10	0
virgin activated carbon injection (SIC)+FF+FGD	Primary lead	90	99,99	10
dry ESP	Primary lead	5	84,74	35
FF state-of-the-art,	Primary lead	10	99,99	55
FF state-of-the-art,	Primary zinc	10	99,99	55
BAT production technologies	Primary zinc	0	10	45
BAT production technologies	Secondary copper	0	10	0
dry ESP	Secondary copper	5	84,74	45
FF state-of-the-art,	Secondary copper	10	99,99	55
BAT production technologies	Secondary lead	0	10	0
dry ESP	Secondary lead	5	84,74	35
FF state-of-the-art,	Secondary lead	10	99,99	55
BAT production technologies	Secondary zinc	0	10	0
dry ESP	Secondary zinc	5	84,74	45
FF state-of-the-art,	Secondary zinc	10	99,99	55
wFGD (state-of-the-art,)	Sintering	40	95	30
virgin activated carbon injection (SIC)+FF	Sintering	80	70	5
Simultaneous control of SO ₂ , Nox and Hg (SICs)	Sintering	100	40	0
dry ESP (low)	Sintering	5	84,74	20

Maßnahme	Sektor	Hg-Effizienz	Cd-Effizienz	Implementierungsgrad
dry ESP (high)	Sintering	70	99,95	45
dry ESP (medium)	Solid biomass combustion in small-sized comb, instal,	24	94	35
FF state-of-the-art,	Solid biomass combustion in small-sized comb, instal,	70	99,99	0
SCR	Solid biomass combustion in small-sized comb, instal,	15	5	0
diaphragm or membrane cell plants	technology switching (diaphragm or membrane cell plants)	100		100
material separation (waste separation)	Waste incineration and cremation processes	60	10	0
wFGD	Waste incineration and cremation processes	40	95	0
virgin activated carbon injection (SIC)+FF	Waste incineration and cremation processes	80	70	15
virgin activated carbon injection (SIC)+venturi scrubber with lime milk+caustic soda+FF	Waste incineration and cremation processes	99	99,99	0
virgin activated carbon injection (SIC)+venturi scrubber+ESP	Waste incineration and cremation processes	95	99,99	0
ESP+wet scrubber+activated carbon with lime+FF	Waste incineration and cremation processes	99	99,95	55
dry ESP (high)	Waste incineration and cremation processes	70	99,95	0
two-stage scrubber+wetESP	Waste incineration and cremation processes	90	99	30
dry ESP (medium)	Wood combustion in small-sized comb, instal,	24	94	0
CC (medium)	Wood combustion in small-sized comb, instal,	0	25,5	50
CM (medium)	Wood combustion in small-sized comb, instal,	0	85,8	30
wSV(medium)	Wood combustion in small-sized comb, instal,	8	93,5	0

4.8.2 Sektorale Auflösung von Schwermetallemissionen in Deutschland

Mit den Aktivitäten (Tabelle 158) und Implementierungsgraden (Tabelle 159), sowie den daraus resultierenden Emissionsfaktoren und den maßnahmenspezifischen Emissionsfaktoren (S. 25 ff), lassen sich die Emissionen für Deutschland anhand folgender Formel berechnen, die sich direkt aus derjenigen aus Kapitel 4.3.1.1 ergibt:

$$E = \sum_{c \in C} UEF \cdot A_c \cdot (1 - \sum_{m \in M} E_m \cdot IG_m)$$

Das Ergebnis wird in Tabelle 160 dargestellt.

Tabelle 160: Berechnete Emissionen für Deutschland (BAU 2010)

Sektor	Emissionen BAU 2010 in Tonnen					
	Hg	Cd	Cr	Ni	As	Pb
Großfeuerung, Steinkohle	2,77	0,94	29,09	9,20	5,04	23,45
Großfeuerung, Braunkohle	1,38	22,10	38,02	86,11	24,87	77,02
Großfeuerung, Öl	0,01	0,08	766,58	1,13	0,05	0,21
Kleinf Feuerung, Öl	7,14	103,67	74,93	1507,97	65,97	282,75
Sinter	0,43	0,04	31,88	0,84	0,17	33,37
Primärblei	0,19	0,01	0,00	0,00	0,00	1,83
Sekundärblei	1,67	0,72	0,00	0,00	0,00	5,02
Primärzink	0,01	3,69	0,00	4,88	13,00	44,33
Sekundärzink	0,00	0,43	0,00	0,00	1,36	168,07
Primärkupfer	0,00	0,18	1,63	0,00	0,03	0,34
Sekundärkupfer	0,00	0,56	0,00	0,03	0,34	28,06
Zement	2,25 ¹²	1,29	0,82	6,45	0,64	12,90
Koks	0,15	0,18	0,00	1,46	0,72	6,29
Gusseisen	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01
Roheisen	0,00	0,00	7,16	0,00	0,00	0,01
Chlorproduktion	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sauerstoffblasverfahren	0,04	1,16	0,00	2,33	6,98	69,78
Elektrostahl	0,60	1,64	72,03	5,48	0,11	19,71
Müllverbrennung	1,11	1,56	0,00	2,09	0,25	19,37
Kleinf Feuerung, Holz	0,40	0,80	1,66	0,00	0,03	2,01
Raffinerien	0,44	0,95	2,69	42,95	1,15	1,90
Reifen- & Bremsabrieb	0,00	0,21	17,97	2,74	0,55	48,06
Benzin, Straßenverkehr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,43
Diesel, Straßenverkehr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,99

Für Emissionen aus Kleinf Feuerungsanlagen, Holz wurden die Emissionen von TNO benutzt (H, A, C, Denier van der Gon et al, 2005). Für Emissionen aus Raffinerien wurden die Daten aus (D, Withinshaw et al, 2007) herangezogen.

^{12 12} ###AG-Anmerkung: Die aktuellen Berechnungen im nationalen Emissionsinventar liegen bezogen auf die Produktion von Zementklinker insgesamt niedriger (unter 1.000 kg Quecksilber pro Jahr).

5 Zusammenfassung

Seit vielen Jahren werden in den Vertragsstaaten der UN ECE - Luftreinhaltekonvention die Auswirkungen von Luftverunreinigungen untersucht, um auch auf diesem Weg die Erfolge der europaweit eingeleiteten Minderungsmaßnahmen dokumentieren zu können. Jedoch weist das internationale Guidebook erhebliche Lücken zur Berechnung der Schwermetallemissionen auf. Die Berechnung von Schwermetallemissionen ist daher international mit großen Unsicherheiten behaftet, so dass eine minderungsorientierte Maßnahmenpolitik konkret nicht durchgeführt werden kann. Mit der Aktualisierung des Handbuchs sollen diese Lücken behoben werden. Die Kapitelaktualisierung erfolgt mit zusätzlicher Finanzierung durch nationale Aufträge. Deutschland hat die Ergebnisse eines international anerkannten Projekts (ESPreme), welches koordinierend durch das Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER) der Universität Stuttgart durchgeführt wurde, für das Handbuch aufbereiten lassen.

Ziel des Vorhabens war daher die Aufbereitung der Ergebnisse des ESPreme-Projektes für das CORINAIR Atmospheric Emission Inventory Guidebook (AEIGB) zur Erstellung und Verbesserung nationaler Inventare im Rahmen der Genfer Luftreinhaltekonvention und deren Protokolle (hier das HM-Protokoll). Dazu wurde in einem ersten Schritt auf Basis der im Rahmen des ESPreme-Projektes (<http://espreme.ier.uni-stuttgart.de>) erarbeiteten Emissionsdatenbasis für alle im Hinblick auf die internationalen Berichtspflichten relevanten Quellgruppen die für das EMEP/CORINAIR AEIGB notwendigen Informationen (Emissionsfaktoren, Aktivitätsraten und Unsicherheiten) in englischer Sprache aufbereitet und zusammengestellt. Dabei wurden die nach NFR-Struktur priorisierten und im ESPreme-Projekt untersuchten Quellgruppen betrachtet: Combustion & Industry, Public Electricity and Heat Production, Iron and Steel, Non-ferrous Metals, Waste incineration, Cement production, Transport: Gasoline Combustion, Tyre and brake wear processes. Darüber hinaus wurden zusätzlich weitere emissionsrelevante Prozesse betrachtet, die im ESPreme-Projekt nicht untersucht wurden, insbesondere Emissionen aus mobilen Quellen. Es wurden Informationen zu Emissionsfaktoren der Schwermetalle Quecksilber, Cadmium, Blei, Chrom, Arsen und Nickel geliefert. Zusätzlich wurden für alle Quellgruppen "default" Emissionsfaktoren nach dem sog. Tier 1-Ansatz, sowie für "Key Sources" nach dem Tier 2-Ansatz (Technologieabhängige Emissionsfaktoren) zur Verfügung gestellt.

Bei der konkreten Umsetzung der durchgeführten Arbeiten wurden alle aus dem ESPreme-Projekt zur Verfügung stehenden Emissionsfaktoren in quellgruppenspezifische Tabellenblätter eingefügt. Außerdem wurden allen Emissionsfaktoren Abschätzungen über die Unsicherheit beigelegt. In einem weiteren Arbeitsschritt wurden mit Hilfe der quellgruppenspezifischen Emissionsfaktoren sowie länderspezifisch implementierter Minderungsmaßnahmen unterschiedlicher Effizienz und länderspezifischen Aktivitätsdaten für alle in ESPreme betrachteten Länder Emissionen ausgerechnet. Diese Datenbasis wurde im weiteren Verlauf des Projektes für die vorgesehene „Key Source Analysis“ verwendet und war Grundlage für einen von Herrn Denier van der Gon (TNO, Niederlande) durchgeführten Vergleich mit der TNO-Datenbasis. Im Rahmen des Projektes wurden die internationalen Experten Prof. Jozef Pacyna (NILU, Norwegen) und Dr. Hugo Denier van der Gon (TNO, Niederlande) einbezogen. Darüber hinaus wurden die Daten von Leonidas Ntziachristos, Griechenland, Co-Chair des Expert Panels „Transport“ der EMEP TFEIP und Antonio Ferreiro, Spanien, Mitglied der EMEP TFEIP, geprüft. Die so verbesserten Daten wurden an TNO weitergegeben, um sie in das Guidebook zu implementieren. Zusätzlich wurde das Projekt in einer Kurzpräsentation auf dem TFEIP Meeting in Dublin vorgestellt. Es wurden alle vorgesehenen Arbeitsschritte durchgeführt. Damit kann zusammenfassend gesagt werden, dass die Datenbasis der Emissionsfaktoren für das CORINAIR Guidebook für die Schwermetalle Hg, As, Pb, Cr, Ni und Cd durch dieses UFOPLAN-Projektverbessert wurde.

6 LITERATUR

- BAU 2010: Business As Usual – Szenario 2010 aus dem ESPREME- Projekt (http://espreme.ier.uni-stuttgart.de/html/scenario_assumptions.html)
- Baumann, W.; Ismeier, M, Exemplarische Erfassung der Umweltexposition ausgewählter Kautschukderivate bei der bestimmungsgemäßen Verwendung in Reifen und deren Entsorgung, UBA- Forschungsbericht 206 02 081, Dortmund 1997
- CARB, Methodology for Estimating Emissions from On-Road Motor Vehicles, Vol I: EMFAC 7F, California Environmental Protection Agency, Air Resource Board, Technical Support Division 1993
- Denier van der Gon, H. A. C, Analyses of fuel samples in the Netherlands, Pers, Comm., 2007,
- Denier van der Gon, H. A. C., van het Bolscher, M., Visschedijk, A.J.H., Zandveld, P.Y.J., Study to the effectiveness of the UN ECE Heavy Metals (HM) Protocol and Persistent Organic Pollutants (POP) Protocol and costs of possible additional measures, Phase I: Estimation of emission reduction resulting from the implementation of the HM and POP Protocol, TNO report B&O-AR 2005/193 and R 2005/194, August 2005
- Directive 2003/17/EC, Directive of the European Parliament and of the Council of 3 March 2003, amending Directive 98/70/EC relating to the quality of petrol and diesel fuels, Brussels 2003,
- Dore, C., Pb content of British fuel samples, Pers. Comm., 2007
- Fröhling, J.-C., Ludzay, J. Zusammensetzung von Dieselmotorkraftstoffen aus deutschen Raffinerien (Composition of Diesel fuels from German Refineries), DGMK research report 583, Hamburg 2002
- Garg, B. D., Cadle, S.H., Mulawa, P. A., Groblicki, P. J. Brake Wear Particulate Matter Emissions, Environ. Sci. Technol. 2000, 34, 4463-4469
- Hjortenkrans, D.S.T.; Bergbäck, B.G., Häggerud, A.V., Metal Emissions from Brake Linings and Tires: Case Studies of Stockholm, Sweden 1995/1998 and 2005, Environ. Sci. Technol. 2007, 41, 5224-5230
- BUWAL 1996: Schadstoffemissionen und Treibstoffverbrauch des Offroad-Sektors, TTM Technik Thermische Maschinen (Bearb.), Umwelt-Materialien Nr. 49, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern
- Garben, M. 1996: Emissionskataster Kraftfahrzeugverkehr Berlin 1993, IVU GmbH Berlin im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Umweltschutz und Technologie Berlin
- Gebbe, Hartung, Berthold 1998: Quantifizierung des Reifenabriebs von Kraftfahrzeugen in Berlin, ISS-Fahrzeugtechnik, TU Berlin, im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin
- Heinrichs, H., Die Wirkung von Aerosolkomponenten auf Böden und Gewässer industriereferer Standorte: eine geochemische Bilanzierung, Habilitation, Georg-August-Universität Göttingen 1993
- Hildemann, L. M.; Markowski, G.R.; Cass, G.R., Chemical Composition of Emissions from Urban Sources of Fine Organic Aerosol, Environ. Sci. Technol., 25, 744-759
- Johansson, C.; Hadenius, A.; Johansson, P.-A.; Jonson, T. SHAPE-The Stockholm Study on Health Effects of Air Pollution and their Economic Consequences-Part I: NO₂ and Particulate Matter in Stockholm, Environmental and Health Protection Administration, Stockholm 1998

- Legret, M.; Pagotto, C., Evaluation of pollutant loadings in the runoff waters from a major rural highway, *Sci. Tot. Env.* 1999, 235, 143-150
- Lükewille, A.; Bertok, I.; Amann, M.; Cofala, J.; Gyarfas, F.; Heyes, C.; Karvosenoja, N.; Klimont, Z.; Schöpp, W., A Framework to Estimate the Potential and Costs for the Control of Fine Particulate Emissions in Europe, *IIASA Interim Report IR-01-023*, 2001
- Pacyna, J. (lead author), ESPREME - Estimation of willingness-to-pay to reduce risks of exposure to heavy metals and cost-benefit analysis for reducing heavy metals occurrence in Europe, Workpackage 02 – D01b, Source-sector analysis and evaluation report, 2007, <http://espreme.ier.uni-stuttgart.de/>
- REC, Data sheets for vehicle fuels and emissions, Questionnaire for Central and Eastern Europe countries, Regional Environmental Center for Central and Eastern Europe (REC) 2005, <http://www.rec.org/REC/Programs/pcfv/countries.html>
- Schmiedel, H.-P., Zusammensetzung von Ottokraftstoffen aus deutschen Raffinerien – Winterware 2001/2002 (Composition of Gasolines from German Refineries – Winter Grade 2001/2002), DGMK research report 502-1, Hamburg 2003
- Stechmann, H., Charakterisierung kraftfahrzeugspezifischer partikelförmiger Emissionen und Quantifizierung ihrer Beiträge zu Aerosolen und Gewässerverunreinigungen, Dissertation, Institut für Anorganische und Angewandte Chemie, Universität Hamburg 1993
- TNO 2001: CEPMEIP Database, TNO Institute of Environmental Sciences, Energy Research and Process Innovations, Apeldoorn (NL) (<http://spiritas.host.sk/tno/cepmeip/>)
- Ole von Uexküll, Staffan Skerfving, Reed Doyle, Michael Braungart, Antimony in brake pads-a carcinogenic component? *Journal of Cleaner Production*, 2005, Vol. 13, 19-31
- Warner, L.R. ; Sokhi, R.S.; Luhana, L.; Boulter, P.G.; McCrae, I, Non-exhaust particle emissions from road transport, 11th International Conference "Transport and air pollution", Graz 2002
- Westerlund, K. G., Metal emissions from Stockholm traffic - wear of brake linings, The Stockholm Environment and Health Protection Administration, Stockholm 2001,
- Withinshaw, D., Aparicio, S., Cabello Calvo, B., Lecoeur, D., Roberts, P., Smithers, B., Post, L., Air Pollutant emission estimation methods for E-PRTR reporting by refineries, prepared by the CONCAWE Air Quality Management Group's Special Task Force on Emission Reporting Methodologies (STF-69), Report No. 03/07, 2007

Anhang 1¹³

A1 Comparison of ESPREME and TNO emission (factors) for Heavy Metals,

Antoon Visschedijk and Hugo Denier van der Gon

January 2008

TNO – note

A1.1 Background

The German UBA has requested IER to prepare a set of emission factors to be submitted for incorporation in the revised CORINAIR emission inventory guidebook based on the EU FP 6 project ESPREME which was coordinated by IER. ESPREME addresses the priority metals mercury, cadmium, lead, nickel, arsenic and chromium. Recently TNO executed a study investigating HM emissions to support the review of the effectiveness of the UNECE HM protocol. IER requested TNO to make a simple, low budget comparison of emissions as estimated by ESPREME and TNO to get a second opinion on certainty and robustness of the proposed emission factors for the updated CORINAIR emission inventory guidebook,

A1.2 Objective

To compare emissions estimated by ESPREME and TNO, that are based on independent methodologies, to derive an indication of which source categories and corresponding emission factors may be most uncertain and (may) deserve further attention. Thus, we have to single out those sources for which differences in emission factors are the main reason for discrepancies between ESPREME and TNO. Other aspects like different activity values or different source and country coverage are of less importance.

A1.3 Limitations of the comparison

The six HM covered by ESPREME are also represented in the TNO inventory (which also covers Zn, Se and Cu). The two inventories have many things in common; more than 20 common source categories, two common reference years and almost 40 countries. Furthermore, the TNO inventory includes two scenario's. A detailed comparison of emissions by source category would thus involve more than 10,000 values to compare, which is far beyond the reach of this project. Instead we have tried to focus on the main differences per substance for Europe as a whole, where only those sources that significantly affect the European total for a certain metal are regarded. This comparison aims at highlighting major differences between two HM inventories which may be attributable to different emissions factors in a quick and dirty way constrained by a tight budget. It is therefore a very limited effort which should not be used for other purposes.

To make a comparison possible IER made a version of their ESPREME database which matched as closely as possible with the TNO structure. This enabled TNO to compare the databases and look for key differences within a limited time. This effort by IER is greatly appreciated. However, it turned out to be not as simple as we may have hoped and two or three new versions were needed because of double counting etc.

¹³ ###AG-Anmerkung: Dieser Anhang ist ein Original ohne fachliche Bearbeitung im Umweltbundesamt.

Finally we discovered that in the final version submitted by IER tot TNO the data for Chromium are almost completely lacking. Unfortunately we do not have budget (time) to repeat the exercise again for Chromium, Hence the comparison is only valid for mercury, cadmium, lead, nickel, arsenic.

A1.4 Methodology

The ESPREME and TNO heavy metal emission inventories are independent inventories. The approach to estimate emissions in both inventories is found to be fundamentally different. This prohibits straight forward 1:1 comparison of emission factors. To bypass this problem we decided to make a comparison of estimated emissions by source category for an overlapping country group. The rationale is that effort to understand and possibly adjust or clarify differences should only be focused on emissions that matter, e.g. are a substantial part of total emissions: For example, emission factors for a specific source that differ a factor of 10 - but where the specific activity in either inventory represents less than a few percent of total emissions - are not worth further investigation at present.

The TNO heavy metal emission inventory,

There are two versions of the TNO HM inventory. The first is called the “Reference” database. This is an inventory for the year 2000, which is based on a bottom-up methodology using statistical data and literature emission factors. For a limited number of sources regional-specific emission factors are used but new emission factor development has been limited to only a few sources. The second version is called the “Merged” inventory. This inventory is a combination of the Reference inventory and data submitted by countries, whenever available that have replaced the TNO Reference data. In addition, in many cases sub-sector contributions as calculated in the Reference database are scaled in the merged inventory according to country-submitted total for the parent sector. Based on the Merged inventory for 2000 a projections have been made for the years 2010 (and 2015, 2020), assuming all current legislation to be implemented as scheduled. The 2000 and 2010 Merged inventories are considered to better represent reality than the TNO Reference database does.

Comparing ESPREME with the TNO inventory

1. First step is to only regard those countries that are included in the ESPREME inventory as well as in the TNO study, the latter having a slightly larger country coverage.
2. Next step is to only regard the overlapping sources, meaning sources that both appear in ESPREME and the TNO inventory (as the source coverage by TNO is a bit higher than ESPREME). Sources unique to either ESPREME or TNO are basically disregarded in this comparison.
3. The next step resembles the previous, only now we look at the sector contributions per metal. In some cases there might for a single sector be emission for one metal but not for another. Lacking sector – substances combinations are excluded from the comparison as well.
4. Following is an aggregation of ESPREME and TNO to a common level of source category detail, that is shared by both inventories. This brings about that several source contributions in either inventory must be lumped into one parent sector contribution, prior to comparison. In general the TNO inventory has a somewhat higher level of detail, especially for combustion sources.

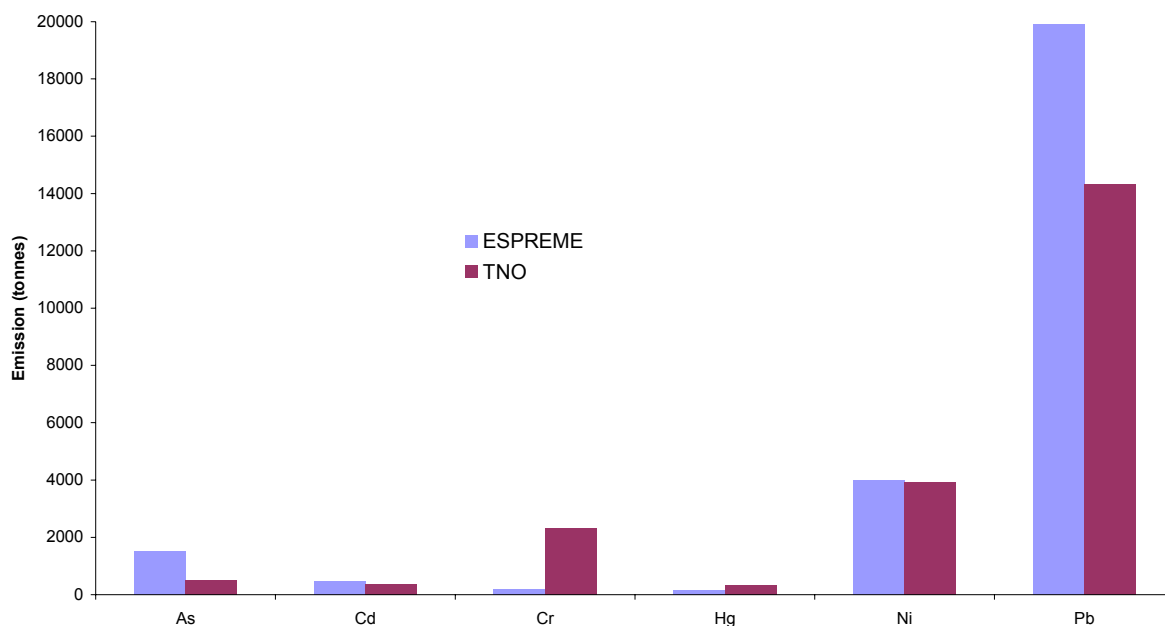
After this we start the actual comparison, beginning with the total emission per metal. We will use the TNO Merged data to identify major differences with ESPREME at a European level. Both the year 2000 and 2010 will be regarded but we aim to recognize rather than recognize and explain major differences. We might be able to explain some of the observed differences but in most cases we will have to zoom in to sector level to do so, which is the next step. When zooming in on differences per source sector we will switch to the TNO Reference dataset, because only the TNO

Reference data are structured in the form of emission factor x activity rate, and our ultimate aim is to identify significant differences in emission factors.

A.1.5 Detailed results of the comparison

A.1.5.1 Overall comparison

Comparison of the totals for overlapping countries in the ESPREME versus TNO, for 2000



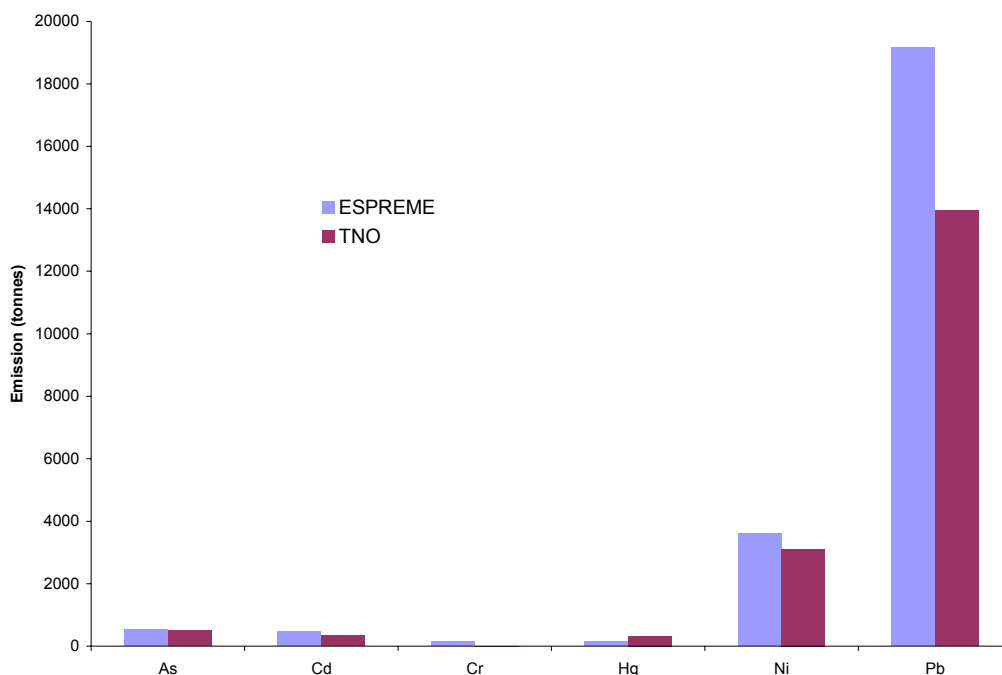
The figure above shows the study totals for all six metals for countries covered by both ESPREME and TNO, for the year 2000. It includes all sectors in each study, not only the overlapping sectors.

The following immediate observations can be made:

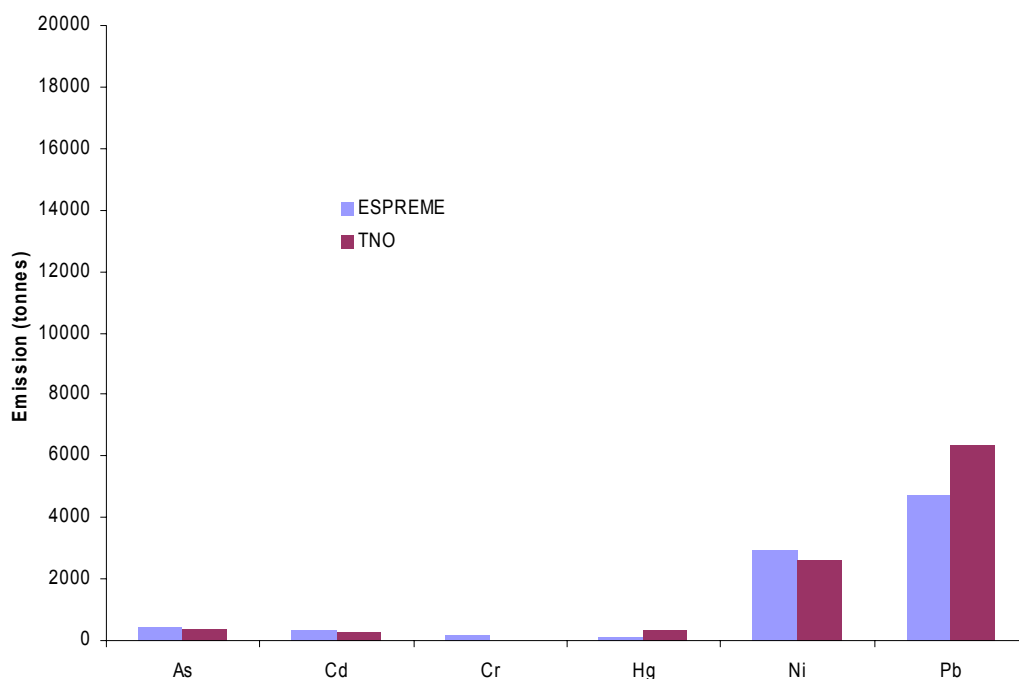
- The As total of ESPREME is about three times as high as TNO
- Pb is about 25% higher
- Cd, Ni totals compare reasonably well
- Cr shows an extreme difference in excess of a factor of 10 (this is later found to be caused by missing information in the converted ESPREME database used in the comparison)
- Hg shows a difference of roughly a factor of two

The next figures are almost the same as the previous one, except that all sectors that are unique to either ESPREME or TNO have been omitted. Only overlapping sectors are included. Also 2010 is added.

Comparison of the totals for overlapping countries and sectors in ESPREME versus TNO, for 2000



Comparison of the totals for overlapping countries and sectors in ESPREME versus TNO, for 2010



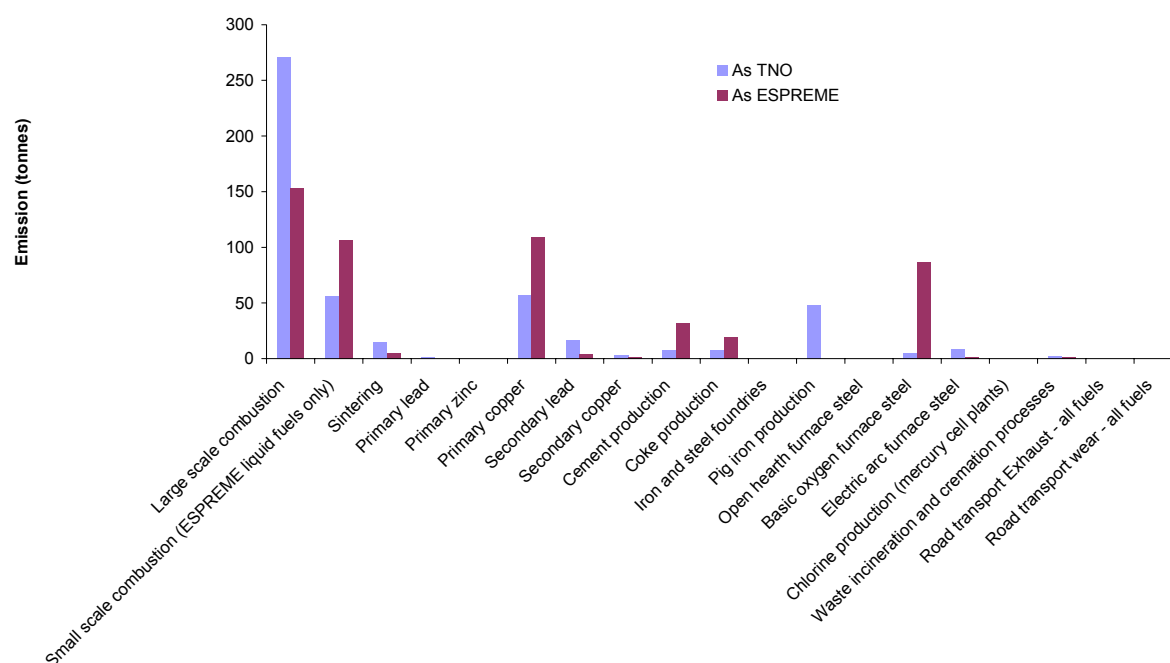
The previously observed difference for As has almost disappeared; this means that there is a dominant source for As in ESPREME in both 2000 and 2010 that is not covered by TNO; this source turns out to be Open hearth furnace steel, for which the TNO inventory has no As emission factor, whereas it is the most important source for As in ESPREME.

- The current As source totals compare well for 2000 as well as 2010, as do the Cd, Ni and Pb totals
- The difference for Hg has become higher compared to our previous observation (a factor ~3)
- The sources covered by ESPREME and TNO show decreasing emissions going from 2000 to 2010 for As, Cd, Hg and Ni (about 10 – 20%); and Pb (50%) in both inventories

A.2 Comparison of sector contributions from TNO Merged Inventory and ESPREME

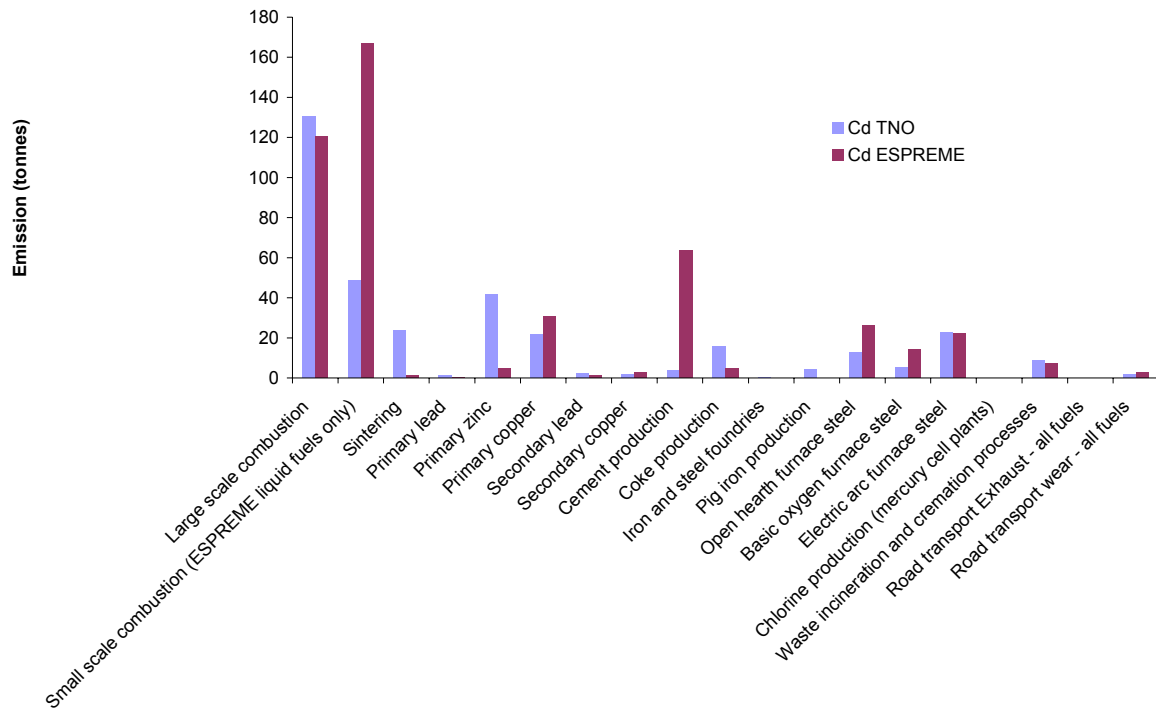
The next step is to zoom in on individual source category contributions¹⁴. We will from now on treat each metal individually. For the in-dept analysis of the different source contribution profiles we will switch to the TNO Reference database for 2000 but we start by briefly looking at the TNO 2000 Merged database versus ESPREME. There are some differences between the 2000 Merged and Reference database but the general picture (e.g. the source contributions) is rather similar.

2000 Merged TNO database vs. ESPREME 2000, for As

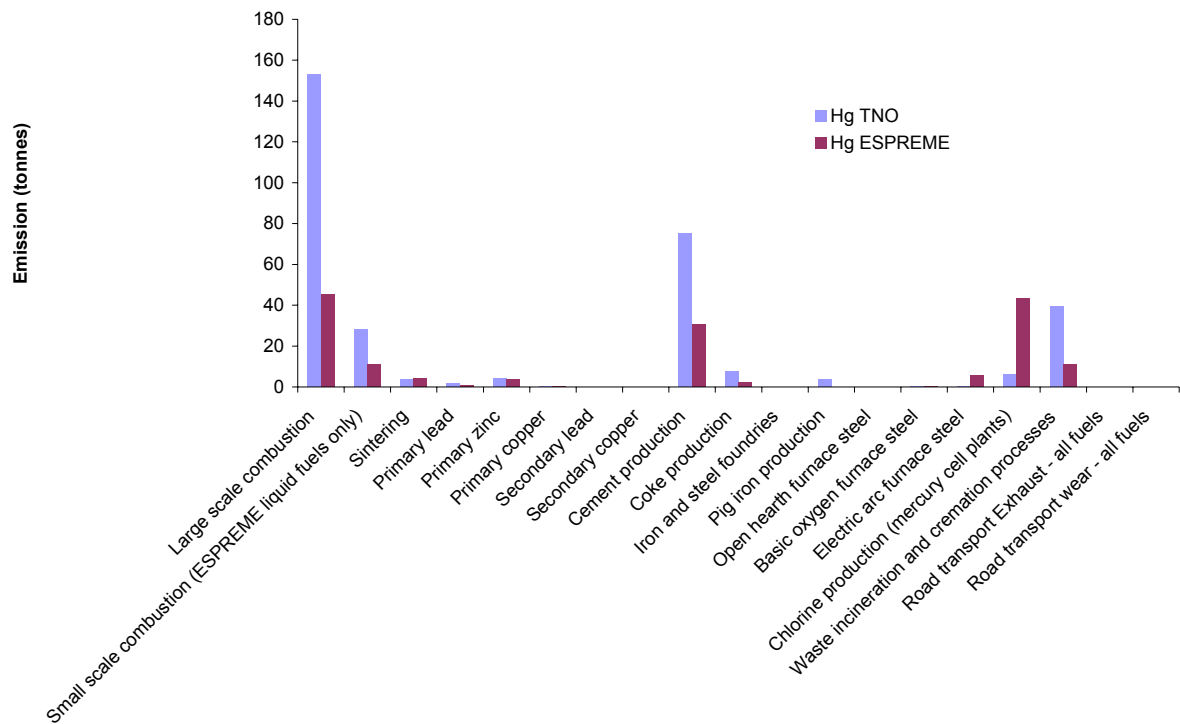


¹⁴ Only shared (present in both inventories) source categories are included in the emission graphs. The figures cannot be used to compare the total result of both inventories.

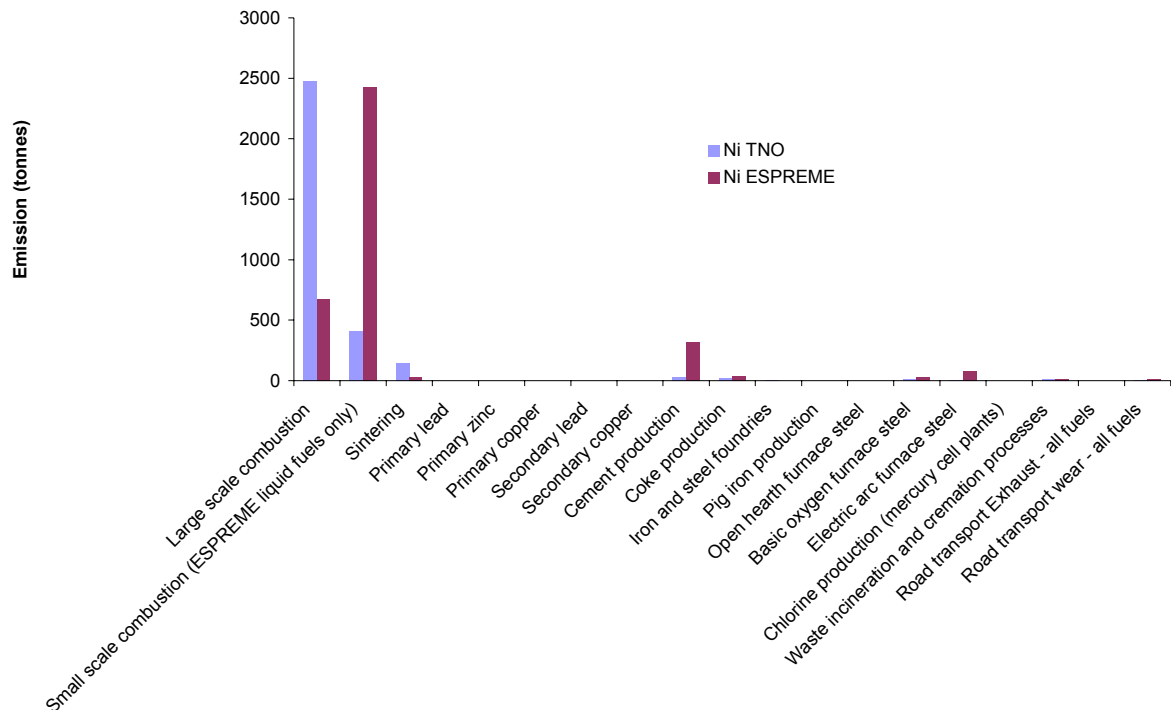
2000 Merged TNO database vs. ESPREME 2000, for Cd



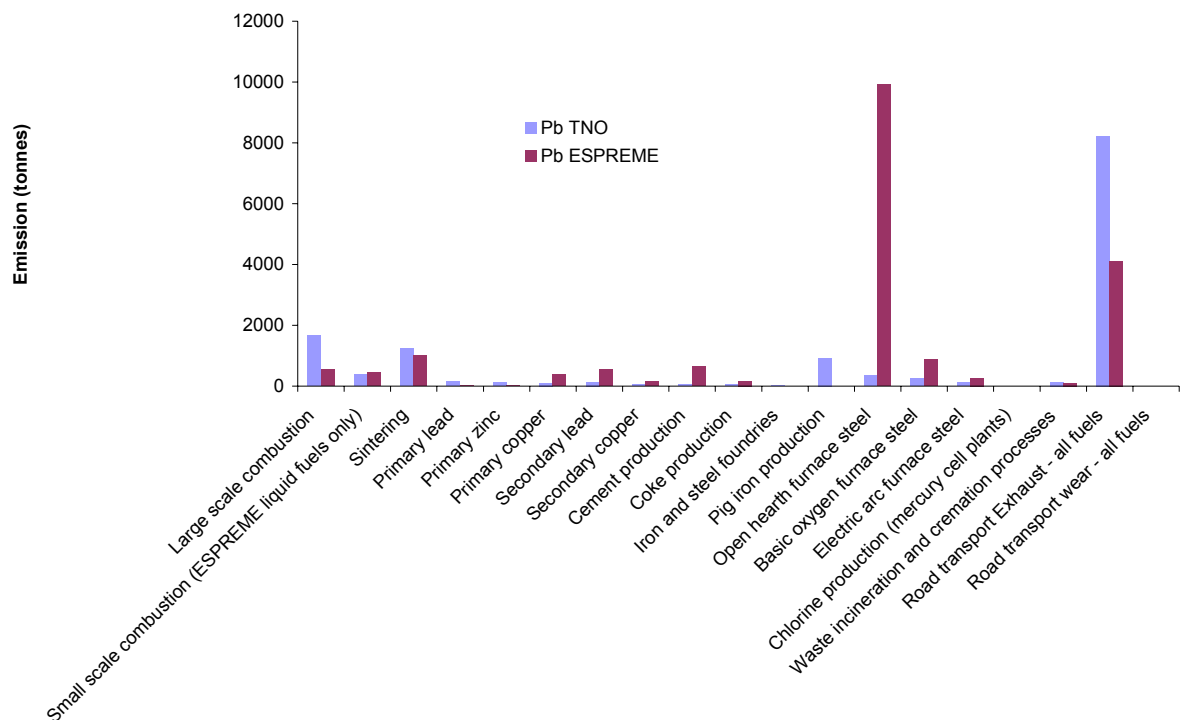
2000 Merged TNO database vs. ESPREME 2000, for Hg



2000 Merged TNO database vs. ESPREME 2000, for Ni



2000 Merged TNO database vs. ESPREME 2000, for Pb



From the above six figures it can be seen which common source is relevant for a particular metal in ESPREME. Also shown is the corresponding emission from the TNO Merged database for the

same source. Please note that these figures only show those sectors for which ESPREME and the TNO Merged database both report emission (common sources).

The table below is a priority matrix that is derived from the previous figures. It shows what the main contributing sources are and highlights any differences between ESPREME and TNO in this respect.

Priority matrix highlighting major sources and different source contribution patterns

	As		Cd		Hg		Ni		Pb	
	ESP	TNO	ESP	TNO	ESP	TNO	ESP	TNO	ESP	TNO
Large scale combustion	X	X	X	X	X	X	X	X	-	X
Small scale combustion (liquid fuels only)	X	X	X	X	X	-	X	X	-	-
Primary Zinc			-	X	-	-			-	-
Primary copper	X	X	X	X	-	-			-	-
Cement production	X	-	X	-	X	X	X	-	-	-
Coke production	X	-	-	X	-	-	-	-		--
Sinter plants	-	-	-	X	-	-	-	-	X	X
Pig iron production	-	X	-	-	-	-			-	-
Open hearth furnaces			X	X					X	-
Basic oxygen furnaces	X	-	X	X			-	-	-	-
Electric arc furnaces	-	-	X	X			-	-	-	-
Chlorine production					X	-				
Waste incineration/cremation	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-
Road transport – exhaust									X	X
Road transport – wear			-	-			-	-		

X = source significant and common

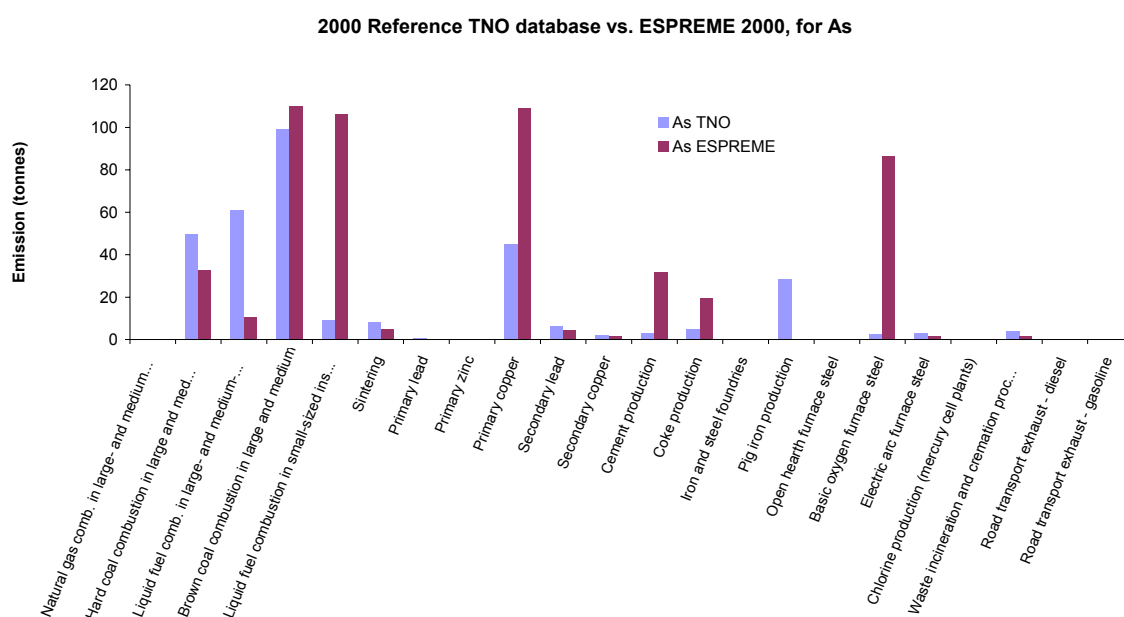
- = source insignificant but common

Empty = source not common

A.3 Detailed comparison between ESPREME and the TNO Reference Inventory

We will now look at individual source contributions in more detail, this time comparing ESPREME with TNO Reference database. Contrary to the TNO Merged dataset, the Reference set is constructed using a more transparent bottom-up method. We have more insight in the underlying data in the Reference set, which enables us to check whether differences can be explained by emission factors or activity rates. The figures below show the source contributions for those sectors for which both ESPREME and TNO report emissions. Source categories that are not common are omitted. For example ESPREME reports a high emission for As from Open hearth furnaces. This contribution is however not shown in the As figure because there is no corresponding emission in the TNO Merged inventory and thus can not be compared.

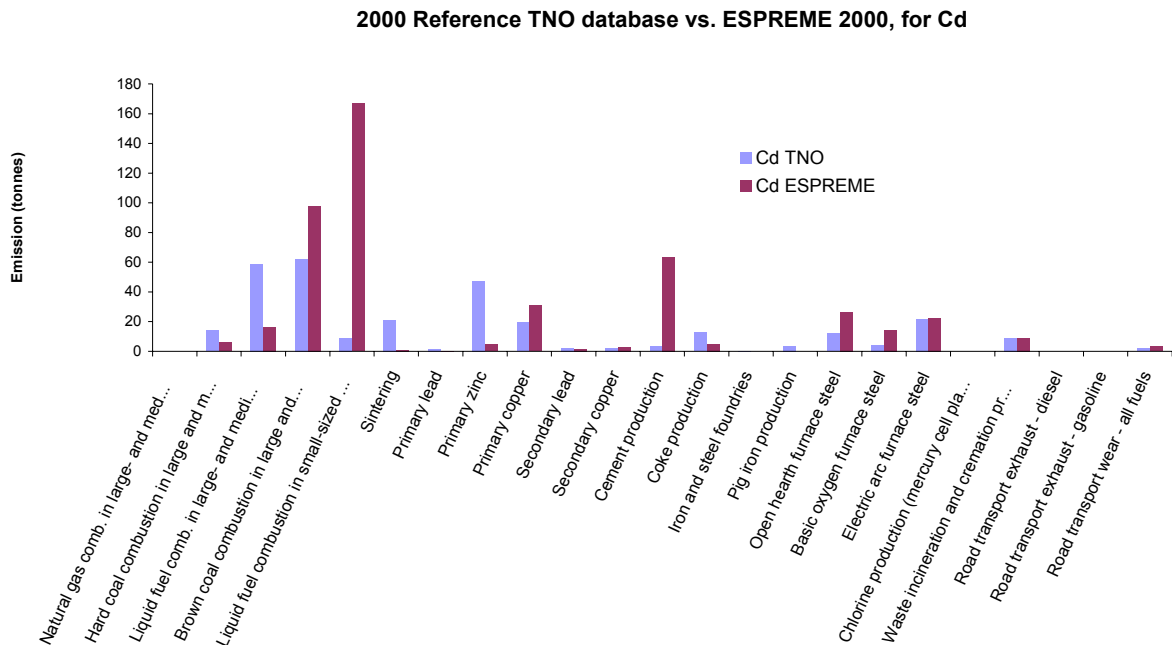
Arsenic



- Even though for common sectors the ESPREME and TNO As totals agree fairly well, at a sectoral level pronounced differences can be seen.
- The emissions from liquid fuel combustion do not agree well; differences of a factor of five to ten are seen for liquid fuels; here TNO is higher for Large and medium-sized units while ESPREME is higher for small-sized units; all liquid fuel combustion added together agrees much better, within a factor of two.
- Both for Large and Medium and Small combustion units the emission from solid fuel use compare reasonably well; solid fuel use is an important source for most metals.
- Primary copper production, an important source for As in both inventories, shows a mediocre agreement at best; since activity rates are probably about equal, ESPREME uses a significantly higher As emission factor for this source.
- Even more extreme are the differences for Cement production, Coke production and Basic oxygen furnaces; the ESPREME emission factors for As are many times higher than what TNO uses, assuming activity rates are probably about the same.

- TNO reports significant emission from Blast furnaces (Pig iron production), while this source hardly matters in ESPREME, emission is negligible here (but not zero).

Cadmium

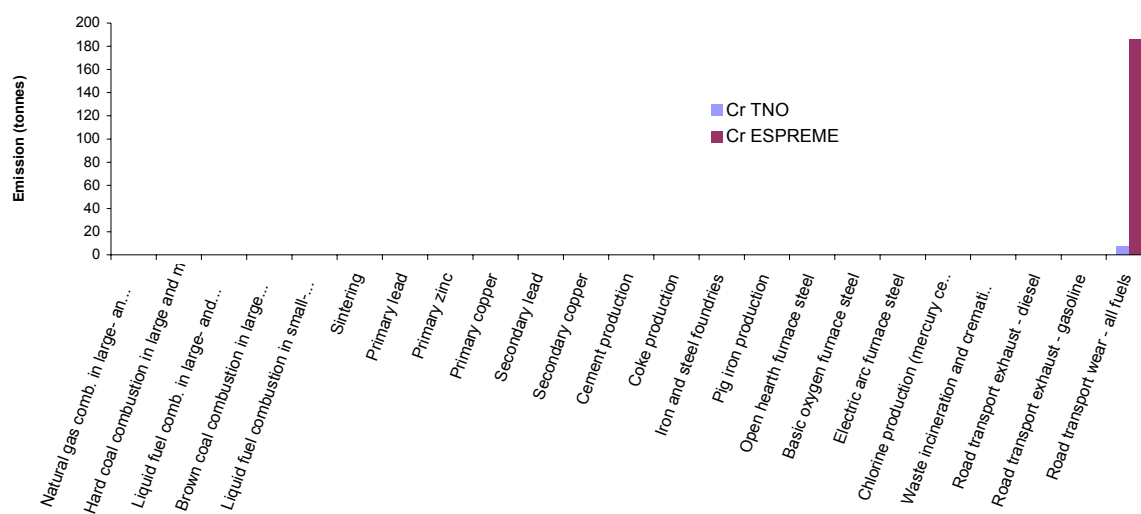


- Solid fuel combustion shows a fair agreement; brown coal is important for Cd
- For liquid fuels the correspondence is rather bad; at the sectoral level a similar picture as for As is observed: TNO is higher for Large and medium-sized units, while ESPREME is higher for Small-sized units; The total for liquid fuels shows a better, but still mediocre agreement
- For Sinter plants and Primary zinc, TNO emission factors for Cd are many times higher than in ESPREME (factor 10 or more)
- For Cd the emission from Primary copper shows an acceptable agreement, as do Open hearth and Electric arc furnaces (all sources of medium strength in both inventories)
- For Cement production (an important Cd source in ESPREME but not in the TNO inventory), the ESPREME emission factor for Cd more than a factor of twenty higher

Chromium

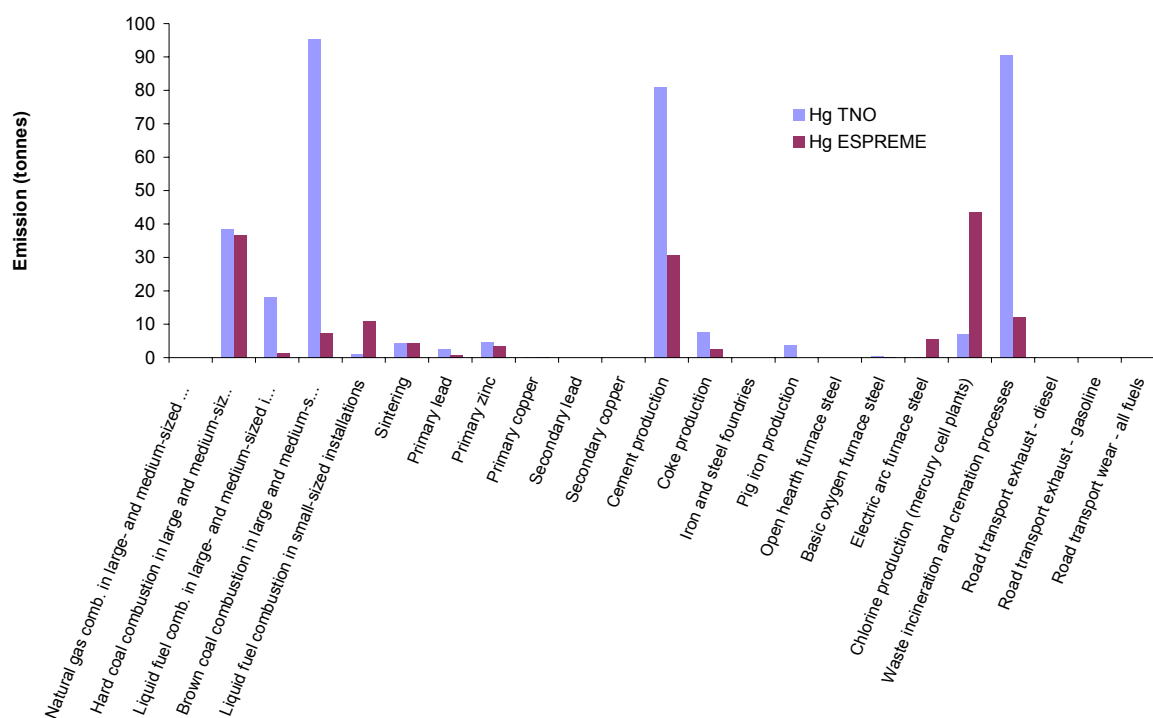
Comparison was not possible due to missing data in the submitted ESPREME data

2000 Reference TNO database vs. ESPREME 2000, for Cr



Mercury

2000 Reference TNO database vs. ESPREME 2000, for Hg

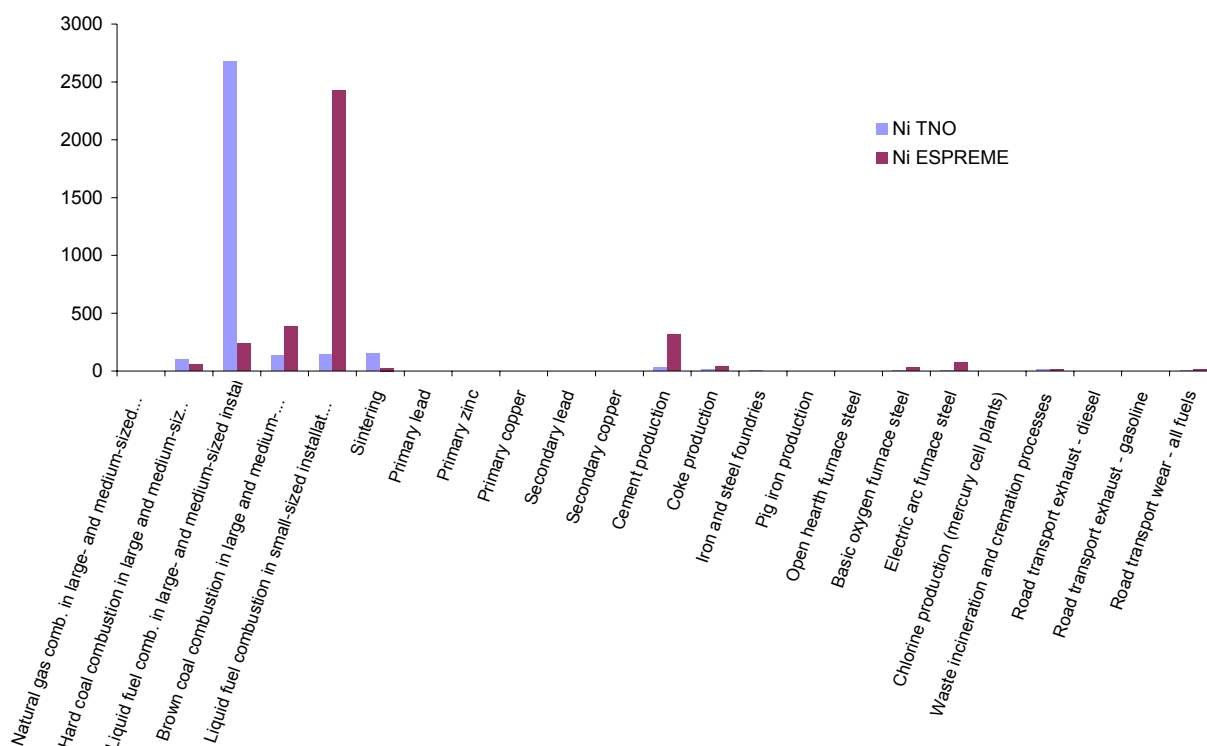


We saw previously that the totals for Hg did not agree very well. At a sector level, differences are even bigger:

- Very important to the Hg total in the TNO database is the high Hg emission from brown coal firing; ESPREME does not support this, in spite of the reasonable correlation found in general for solid fuels: emission is more than a factor of ten lower.
- Hard coal firing agrees quite well for Hg.
- Liquid fuel firing is not very important for Hg but the earlier observation of ESPREME being higher for Small-sized installations while TNO is higher for Large and medium units is confirmed for Hg.
- Very important for Hg is Cement production and the TNO Hg emission factor is more than twice as high as ESPREME.
- ESPREME clearly uses a much higher Hg emission factor for Chlor-alkali industry (more than a factor of four).
- TNO clearly uses a much higher Hg emission factor for Waste incineration (more than a factor of six).
- The largest differences between ESPREME and the TNO Reference database are observed for Hg, compared to other metals.

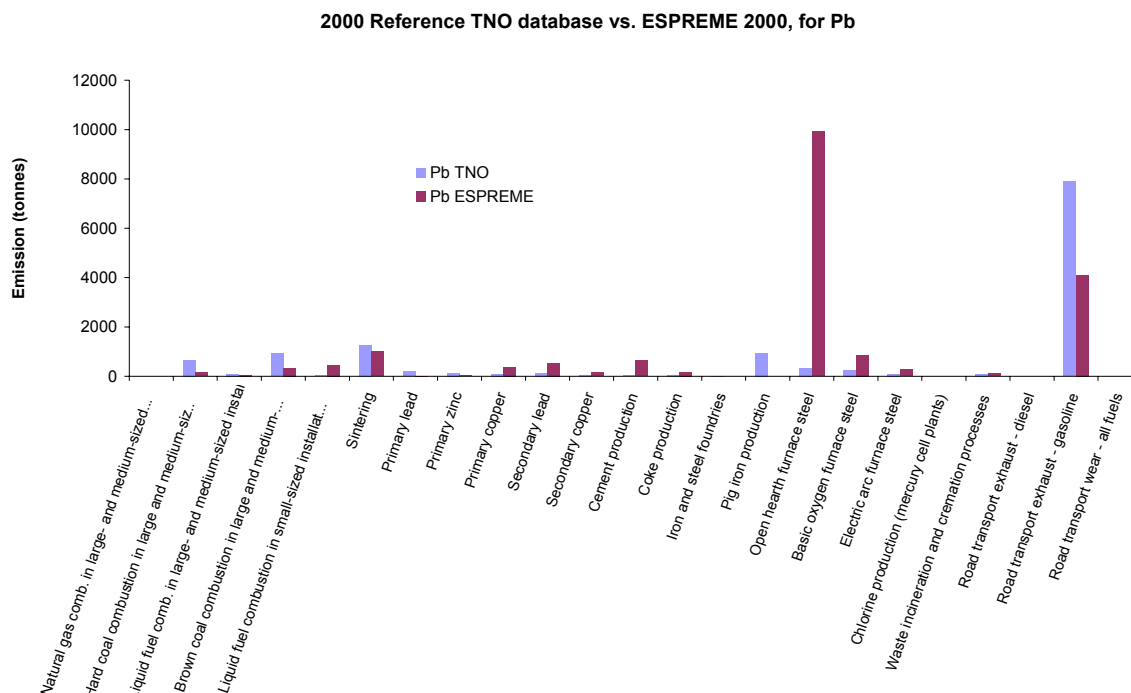
Nickel

2000 Reference TNO database vs. ESPREME 2000, for Ni



- For Ni the dominating source is the combustion of liquid fuel (fuel oil); both inventories confirm this and the total for Liquid fuels agrees very well; however the sectoral contribution of Large and medium versus Small-sized unit is completely opposite, as observed for the other metals as well.
- In the ESPREME inventory the Production of cement is to some extent also important; the TNO inventory however, uses an emission factor twenty times lower.

Lead



When we look at the source contributions for common sectors for Pb we can observe much dissimilarity in spite of the totals agreeing reasonably:

- ESPREME reports a high Pb emission from Open hearth furnaces which is not reflected in the TNO inventory; as activity rates are probably similar the emission factor must differ by a factor of thirty
- Pb from gasoline-fuelled vehicles agrees better but there is still nearly a factor of two difference. However in 2000 the TNO inventory included some countries still using leaded fuel.
- Though not important to the total Pb emission, all other sources except Sinter plants differ considerably as well.

A.4 Conclusions and recommendations

A.4.1 Conclusions from the comparison and analysis

The results described here illustrated the well-known large variety in emission estimations for HM. Since the HM content of fuels and raw materials is highly variable and mostly unknown, the variation in estimated contents can be very high. The HM content is only a very small part of the total; e.g. a HM content of 0,0001 and % 0,00001% differ a factor 10 but will not be noted as a significant difference in the overall composition of the fuel of study. It is not possible to simply assess which emission factor is better or more reliable – hence differences might perhaps better be represented as “uncertainties”.

Overall completeness of both inventories

Although assessing the overall completeness and source coverage of both inventories is not the goal of this comparison some aspects can be mentioned. There is no emission estimate for As from open hearth furnaces in the TNO Reference inventory whereas this source dominates for As in ESPREME. Apart from this the TNO inventory seems a bit more complete, with sources like glass

production and domestic solid fuel combustion lacking in ESPREME. Concerning significant differences in emission factors our conclusions are as follows:

Solid fuel combustion

Both in ESPREME and in the TNO inventory the use of hard coal and brown coal is one of the major sources of metal emission. Both inventories agree reasonably well on this point.

Liquid fuel combustion

As has been remarked a number of times there seems to be a systematic difference between the two inventories in the metals emission from the use of Liquid fuels. For all metals a modest agreement is found for the total emission from Liquid fuels between ESPREME and TNO. But the distribution among Large and medium-sized and Small-sized units is completely different: In the TNO inventory nearly all emission is allocated to Large and medium-sized combustion units, whereas in ESPREME almost all emission is allocated to Small-sized units. The latter seems unlikely because in power plants and industry (including refineries) there is a tendency to use the heavier types of oil that usually contain more metals. Lighter fuel oils, containing less metals, tend to be more for use in households. ESPREME only regards heavy oil types and the emission factors for small, medium and large combustion units are supposedly the same (since the sources are mostly uncontrolled). The most obvious and likely explanation would then be an error in source category definition in ESPREME but so far we have not been able to confirm this. It might be safer to take the EFs used by TNO for this category.

Iron and steel industry

Within the iron and steel industry a number of processes are regarded as traditional sources of heavy metal emission, being sinter plants, pig iron production (blast furnaces), coke ovens, foundries and steel manufacturing in basic oxygen furnaces, open hearth furnaces and electric arc furnaces. Activity rates for these processes are available from several literature sources and we assume that all major differences are caused by different emission factors. For sinter plants, foundries and especially pig iron production the TNO emission factors are consistently higher. The emissions calculated by ESPREME for pig iron production are in fact negligible whereas in the TNO inventory they are rather significant. There is no structural difference for coke ovens. Steel production has much higher emission factors in ESPREME. We have observed differences up to a factor of 30 for basic oxygen furnaces. In ESPREME these furnaces are major sources. Even more extreme are the differences for open hearth furnaces. In ESPREME they dominate the emission of Pb and As (for As not a common source). Open hearth furnaces find only limited use in Europe and there are only a few remaining examples, as this technology is basically obsolete. An emission in the order of what ESPREME predicts would have to be concentrated around a few plants. This should be noticeable in the vicinity of these plants. For electric arc furnaces the ESPREME emission factors are usually higher though this source is not highly significant.

Non-ferrous metals production

The primary and secondary production of copper, lead and zinc are traditional heavy metal sources as well. The ESPREME emission factors are higher for primary and secondary copper, though differences remain within acceptable limits for this important source. Bigger differences are observed for primary and secondary production of lead and zinc, with the TNO emission factors being an order of magnitude higher in some cases. Overall the production of non-ferrous metals other than copper are however not highly significant sources.

Other industrial processes

Another important heavy metal source is the production of cement. ESPREME has much higher emission factors for this source, except for Hg. Factors of four up to more than ten are observed. The TNO Hg emission factor is a little over a factor of two higher, and in the TNO inventory cement production makes up more than twenty percent of the national total. Another source of Hg is the chloralkali industry for which the ESPREME emission factor is five times higher than the TNO factor, contributing significantly to the Hg total in ESPREME. Also for the incineration of waste there is a large difference for Hg. The TNO inventory uses a seven times higher emission factor, which results in this source contributing around 30% to the total emission of Hg.

Wear emission in road transport

In ESPREME this is the only source of Cr emission and the emission factor used is much higher than the factor TNO uses (more than a factor of twenty).

Recommendations

The two inventories have a different structure and methodology and hence we are in a sense comparing “apples and oranges”. This hampers a simple comparison. Although outside the scope of the current request, the current exercise indicates that a more thorough comparison combined with some additional measurements for specific sources could really improve our knowledge of HM emissions.

It has been observed in this comparison that in spite of emission totals (especially when only common sources are considered) showing reasonable agreement, there are a lot of highly significant differences in emission factors. Some are systematic, some seem random. A difference of an order of magnitude is not uncommon for major sources other than stationary combustion. At this stage it is impossible to state which emission factors, ESPREME or TNO are better. The TNO Reference inventory is based on established but older information from the 2006 CORINAIR Guidebook and the 1993 Parcom Atmos Emission Factor Manual. In this respect information underlying ESPREME might be newer. On the other hand there are a few aspects of ESPREME that demand some additional data checks. The fact that two truly independent methodologies to estimate heavy metal emission can result in differences of this magnitude clearly demonstrates that more research is needed for heavy metal emissions.

TNO suggests that IER evaluates their emission factors for the sources listed under conclusions and recommendations. It should be noted that it is not easy and may be impossible to give a good indication of what is the “true” emission factor. However, the sources discussed above deserve additional attention because they cause major discrepancies between the two most recent HM inventories in Europe.

Where needed TNO can also present the emission factor used in the TNO default inventory, however since the ESPREME and TNO inventory are done in a fundamentally different way, such an emission factor comparison is not as simple as it may seem. E.g. technological differences and/or changes may be hidden in the aggregated emissions factor.

The identified major discrepancies for source categories between the ESPREME and TNO estimates should be reflected in the uncertainty indicator in the guidebook. HM emission factors may show a wide variation and in some cases representative data are scarce, hence the basis for estimation is uncertain.

In cases where a major discrepancy was found but IER has reliable data to support their emission factor, reference should be made to this information source.

Since ESPREME does not cover Zn, Se and Cu a recommendation could go to the TFEIP and/or Dutch ministry to support TNO to deliver EFs for these metals to the guidebook project. However, these metals are not the priority metals in the HM protocol – hence the willingness and need to do this may be limited.

Appendix 1: Data table underlying the detailed comparison

2000 Merged vs ESPREME 2000												
Common code merged description	As TNO	As ESPREME	Cd TNO	Cd ESPREME	Cr TNO	Cr ESPREME	Hg TNO	Hg ESPREME	Ni TNO	Ni ESPREME	Pb TNO	Pb ESPREME
Large scale combustion	271	153	131	120			153	45	2474	679	1673	538
Small scale combustion (ESPREME liquid fuels only)	56	106	49	167			28	11	405	2423	386	454
Sintering	15	5	24	1			4	4	146	25	1231	998
Primary lead	1	0	1	0			2	1			161	16
Primary zinc			41	5			4	3			109	32
Primary copper	57	109	22	31			0	0			100	371
Secondary lead	17	4	2	1							135	543
Secondary copper	3	2	2	3							47	144
Cement production	8	32	4	64			75	31	30	318	42	636
Coke production	8	19	16	5			7	2	16	39	62	170
Iron and steel foundries			0	0					1	0	17	0
Pig iron production	49	0	4	0			3	0			916	0
Open hearth furnace steel			12	26							339	9916
Basic oxygen furnace steel	5	87	5	14			0	0	9	29	254	866
Electric arc furnace steel	9	1	22	22			0	6	4	74	127	268
Chlorine production (mercury cell plants)							6	43				
Waste incineration and cremation processes	2	1	9	7			39	11	15	10	133	104
Road transport Exhaust - all fuels											8226	4116
Road transport wear - all fuels			2	3	5	150			7	13		
Sum comparable	499	520	346	470	5	150	323	158	3106	3610	13957	19173

Überarbeitung der Schwermetallkapitel im CORINAIR Guidebook zur Verbesserung der Emissionsinventare und der Berichterstattung im Rahmen der Genfer Luftreinhaltekonvention

2010 Merged vs ESPREME 2010												
Common code merged description	As TNO	As ESPREME	Cd TNO	Cd ESPREME	Cr TNO	Cr ESPREME	Hg TNO	Hg ESPREME	Ni TNO	Ni ESPREME	Pb TNO	Pb ESPREME
Large scale combustion	201	102	121	73			149	25	2105	390	1591	369
Small scale combustion (ESPREME liquid fuels only)	42	93	40	147			27	10	322	2131	315	400
Sintering	8	4	16	1			4	4	113	20	886	808
Primary lead	1	0	1	0			2	1			178	10
Primary zinc			33	4			4	3			84	26
Primary copper	50	99	20	28			0	0			96	336
Secondary lead	11	4	2	1							111	492
Secondary copper	3	1	2	2							49	119
Cement production	7	23	3	45			84	26	26	225	40	451
Coke production	7	16	14	4			7	2	17	32	58	136
Iron and steel foundries			0	0					1	0	17	0
Pig iron production	44	0	4	0			3	0			848	0
Open hearth furnace steel			0	0							1	18
Basic oxygen furnace steel	4	74	5	12			0	0	8	25	240	737
Electric arc furnace steel	9	2	23	23			0	5	4	76	131	273
Chlorine production (mercury cell plants)							0	28				
Waste incineration and cremation processes	2	1	5	8			17	8	8	11	89	112
Road transport Exhaust - all fuels											1595	447
Road transport wear - all fuels			3	3	7	190			10	18		
Sum comparable	389	418	291	351	7	190	299	113	2614	2928	6328	4733

Überarbeitung der Schwermetallkapitel im CORINAIR Guidebook zur Verbesserung der Emissionsinventare und der Berichterstattung im Rahmen der Genfer Luftreinhaltekonvention

2000 Reference vs ESPREME 2000												
Process Name	As TNO	As ESPREM E	Cd TNO	Cd ESPREM E	Cr TNO	Cr ESPREM E	Hg TNO	Hg ESPREM E	Ni TNO	Ni ESPREM E	Pb TNO	Pb ESPREM E
Natural gas comb, in large- and medium-sized instal.												
Hard coal combustion in large and medium-sized combustion plants	50	33	14	6			38	37	100	60	646	152
Liquid fuel comb, in large- and medium-sized instal.	61	10	59	16			18	1	2677	238	106	45
Brown coal combustion in large and medium-sized combustion plants	99	110	62	98			95	7	135	381	915	341
Liquid fuel combustion in small-sized installations	9	106	9	167			1	11	144	2427	29	455
Sintering	8	5	21	1			4	4	148	25	1270	998
Primary lead	1	0	1	0			2	1			199	16
Primary zinc			47	5			5	3			116	32
Primary copper	45	109	19	31			0	0			90	371
Secondary lead	6	4	2	1							117	543
Secondary copper	2	2	2	3							53	144
Cement production	3	32	3	64			81	31	32	318	32	636
Coke production	5	19	13	5			8	2	17	39	56	170
Iron and steel foundries			0	0					1	0	13	0
Pig iron production	28	0	4	0			4	0			944	0
Open hearth furnace steel			12	26							331	9916
Basic oxygen furnace steel	3	87	4	14			1	0	9	29	264	866
Electric arc furnace steel	3	1	22	22			0	6	5	74	95	268
Chlorine production (mercury cell plants)							7	43				
Waste incineration and cremation processes	4	1	9	9			91	12	16	12	89	114
Road transport exhaust – diesel												
Road transport exhaust – gasoline											7896	4114
Road transport wear - all fuels			2	3	7	186			7	16		
Sum comparable	328	520	307	472	7	186	355	159	3291	3620	1326 1	19183