

TEXTE

19/2010

# Papierherstellung

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



UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES  
BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT,  
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT

Förderkennzeichen 3707 42 103/ 01  
UBA-FB 001332/6

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

**Teilbericht Papierherstellung**

von

**Martin Heirich**  
Müller-BBM GmbH

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

**UMWELTBUNDESAMT**

Diese Publikation ist ausschließlich als Download unter [http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/mysql\\_medien.php?anfrage=Kennnummer&Suchwort=3924](http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/mysql_medien.php?anfrage=Kennnummer&Suchwort=3924) verfügbar. Hier finden Sie auch die anderen Teilberichte dieses Forschungsvorhabens.

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

ISSN 1862-4804

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

Redaktion: Fachgebiet III 2.3K Chemische Industrie, Energieerzeugung  
Doreen Heidler

Dessau-Roßlau, März 2010

Berichts-Kennblatt

1. Berichtsnummer UBA-FB 0 0 1 3 3 2 / 6	2.	3.
4. Titel des Berichts <b>Aufbereitung von Daten der Emissionserklärungen gemäß 11. BImSchV aus dem Jahre 2004 für die Verwendung bei der UNFCCC- und UNECE-Berichterstattung – Papierherstellung</b>		
5. Autor(en), Name(n), Vorname(n) <b>Heirich, Martin</b>		8. Abschlussdatum <b>10.06.2009</b>
6. Durchführende Institution (Name, Anschrift)  <b>Müller-BBM GmbH Robert-Koch-Straße 11 82152 Planegg</b>		9. Veröffentlichungsdatum März 2010
		10. UFOPLAN-Nr. <b>3707 42 103/ 01</b>
		11. Seitenzahl <b>45 Seiten</b>
		12. Literaturangaben <b>24</b>
7. Fördernde Institution (Name, Anschrift) <b>Umweltbundesamt Postfach 14 06 06813 Dessau-Rosslau</b>		13. Tabellen und Diagramme <b>28</b>
		14. Abbildungen <b>7</b>
		15. Zusätzliche Angaben <b>Dieser Bericht entstand im Rahmen des F&amp;E-Vorhabens „Aufbereitung von Daten der Emissionserklärungen gemäß 11. BImSchV aus dem Jahre 2004 für die Verwendung bei der UNFCCC- und UNECE-Berichterstattung“ (UFOPLAN FKZ 3707 42 103/ 01) und behandelt die Emissionen aus Anlagen zur Papierherstellung. Die Ergebnisse zu anderen im selben Vorhaben untersuchten Quellgruppen / Industriebranchen werden in getrennten Berichten dargestellt.</b>
16. Zusammenfassung <b>Auf der Grundlage der Emissionserklärungen des Jahres 2004 wurden für Anlagen zur Herstellung von Papier, Karton und Pappe (Papierherstellung) Emissionsfaktoren für die Schadgase Kohlenmonoxid (CO) und Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>) abgeleitet. Bei der Strukturierung der Daten aus den Emissionserklärungsberichten zeigten sich systematische Defizite, deren Ursache in der genehmigungsbasierten Erhebungsmethode der Erklärungen zu sehen ist. Der Bericht diskutiert diesen Zusammenhang und plausibilisiert die berechneten Faktoren anhand des Energiebedarfs des Herstellungsprozesses.</b>		
17. Schlagwörter <b>Emissionserklärungen, 11. BImSchV, Emissionen, Emissionsfaktoren, Papierherstellung, Papiermaschinen, Kohlenmonoxid, Schwefeldioxid, Brennstoffeinsatz, Energiebilanzrechnung</b>		
18. Preis	19.	20.

Report Cover Sheet

1. Report No. UBA-FB 0 0 1 3 3 2 / 6	2.	3.
4. Report Title <b>Evaluation of data from emissions declarations according to 11. BImSchV (11th ordinance to the German Federal Immission Control Act – BImSchG) of 2004 for use with UNFCCC and UNECE reports – Paper Manufacture</b>		
5. Author(s), Family Name(s), First Name(s) <b>Heirich, Martin</b>		8. Report Date <b>2009-06-10</b>
6. Performing Organisation (Name, Address)  <b>Müller-BBM GmbH Robert-Koch-Straße 11 82152 Planegg Germany</b>		9. Publication Date March 2010
		10. UFOPLAN-Ref. No. <b>3707 42 103/ 01</b>
		11. No. of Pages <b>45 Pages</b>
		12. No. of Reference <b>24</b>
7. Funding Agency (Name, Address) <b>Umweltbundesamt (Federal Environment Agency) Postfach 14 06 06813 Dessau-Rosslau Germany</b>		13. No. of Tables, Diagrams <b>28</b>
		14. No. of Figures <b>7</b>
		15. Supplementary Notes <b>This report is a product of the R&amp;D project “Evaluation of data from emissions declarations according to 11. BImSchV (11th ordinance to the German Federal Immission Control Act – BImSchG) of 2004 for use with UNFCCC and UNECE reports” (UFOPLAN FKZ 3707 42 103/ 01) and covers emissions from paper manufacturing plants. Results on other source categories / industrial emissions covered in this R&amp;D project are presented in separate reports.</b>
16. Abstract <b>On the basis of the 2004 emission declarations emission factors for the harmful gases carbon monoxide (CO) and sulphur dioxide (SO<sub>2</sub>) were deduced for facilities for the production of paper, carton and cardboard (paper manufacture). In structuring the data from the emissions declaration reports methodical deficiencies became evident, whose reason must be seen in the declarations’ approval-based survey method. The report discusses this interrelation and ensures the plausibility of the calculated factors by means of the energy required in the manufacturing process.</b>		
17. Keywords <b>Emissions declarations, 11. BImSchV, emissions, 11th ordinance, Federal ImmissionControl Act, emission factors, paper manufacturing, paper machine, carbon monoxide, sulphur dioxide, fuel input, energy balance</b>		
18. Price	19.	20.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Aufgabenstellung</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Anlagen zur Herstellung von Papier</b>	<b>7</b>
2.1	Allgemeine Informationen	7
2.2	Verfahrenstechnik	7
2.3	BVT-Merkblatt	8
<b>3</b>	<b>Produktionsmenge Papier</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>Auswertung der Emissionserklärungen 2004</b>	<b>9</b>
4.1	Anzahl Anlagen in den Emissionserklärungen 2004	10
4.2	Relevante Stoffgruppen in den Emissionserklärungen 2004	11
4.3	Einzelbetrachtung der erklärten Anlagen nach Nr. 6.2	12
4.3.1	Arbeitsstättennummer D-01-(codiert)	12
4.4	Produktionsleistung	15
4.5	Kohlenmonoxid	17
4.5.1	Leistungsbezogene Auswertung der erklärten Anlagendaten	18
4.5.2	Konzentrationsbezogene Auswertung der erklärten Anlagendaten	20
4.5.3	Auswertung der erklärten Jahresfracht an Kohlenmonoxid	21
4.5.4	Berechnung des produktionsmengenbasierten Emissionsfaktors	23
4.5.5	Unsicherheit des Emissionsfaktors CO	23
4.6	Schwefeloxide	24
4.6.1	Leistungsbezogene Auswertung der erklärten Anlagendaten	25
4.6.2	Konzentrationsbezogene Auswertung der erklärten Anlagendaten	26
4.6.3	Auswertung der erklärten Jahresfracht an Schwefeldioxid	28
4.6.4	Berechnung des produktionsmengenbasierten Emissionsfaktors	30
4.6.5	Unsicherheit des Emissionsfaktors SO <sub>2</sub>	30
4.7	Energene und produktstämmige Emissionen aus der Produktion von Papier, Karton oder Pappe im Vergleich	32
4.7.1	Energiebedarf zur Papierherstellung	34
4.7.2	Energene Emissionen aus der Produktion von Papier, Karton oder Pappe	35
4.7.3	Vergleich der energenen und produktstämmigen Emissionen aus der Papierherstellung gemäß Emissionserklärungen 2004	36
4.8	Bewertung der Gültigkeit der Emissionsfaktoren für die Zeitreihe 1990 bis 2010	37

<b>5</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>38</b>
<b>6</b>	<b>Quellenverzeichnis</b>	<b>40</b>

**Anhang:**

Brennstoffspezifischer Emissionsfaktor für die Verbrennung von  
Prozessreststoffen in Papierfabriken

**Abbildungsverzeichnis**

<b>Abbildung 1.</b> Verteilung der Produktionsleistung der Anlagen zur Herstellung von Papier, Karton oder Pappe	16
<b>Abbildung 2.</b> Produktionsleistung der Anlagen zur Herstellung von Papier, Karton oder Pappe die Emissionen von Kohlenmonoxid aus dem Anlagenbetrieb erklärt haben (58 valide Datensätze von 70 Anlagen).	19
<b>Abbildung 3.</b> Kohlenmonoxidkonzentration im Abgas der Anlagen zur Herstellung von Papier, Karton oder Pappe (142 valide Datensätze von 180).	21
<b>Abbildung 4.</b> Emissionsfracht an Kohlenmonoxid der Anlagen zur Herstellung von Papier, Karton oder Pappe die Emissionen von Kohlenmonoxid aus dem Anlagenbetrieb erklärt haben (131 valide Datensätze von 180).	22
<b>Abbildung 5.</b> Produktionsleistung der Anlagen zur Herstellung von Papier, Karton oder Pappe, die Emissionen von Schwefeldioxid aus dem Anlagenbetrieb erklärt haben (41 valide Datensätze von 52).	26
<b>Abbildung 6.</b> Schwefeldioxidkonzentration im Abgas der Anlagen zur Herstellung von Papier, Karton oder Pappe (87 valide Datensätze von 127).	27
<b>Abbildung 7.</b> Emissionsfracht an Schwefeldioxid der Anlagen zur Herstellung von Papier, Karton oder Pappe die Emissionen von Schwefeldioxid erklärt haben (83 valide Datensätze von 127).	29

## Tabellenverzeichnis

<b>Tabelle 1.</b> Untersuchungsumfang im Gesamtprojekt und Gegenüberstellung der CRF-Kategorien und der Einteilung nach Anhang der 4. BImSchV.	6
<b>Tabelle 2.</b> Produktionsmenge (= verwendete Aktivitätsrate zur Bestimmung von Emissionsfaktoren) an Papier, Karton und Pappe insgesamt in 2005, 2006, 2007, 2008 [5]	8
<b>Tabelle 3.</b> Abfrage nach 4. BImSchV für Zellstoff- und Papierherstellung	10
<b>Tabelle 4.</b> Anzahl der Anlagen zur Papierherstellung (inkl. Nebenanlagen)	11
<b>Tabelle 5.</b> Arbeitsstättennummer D-01-(codiert), Anlagen-Nr. 100, Anlage <i>Papierherstellung</i>	12
<b>Tabelle 6.</b> Emissionsverursachende Betriebsvorgänge (EBV) der Arbeitsstättennummer D-01-(codiert), Anlage 100 <i>Papierherstellung</i> , Erklärungsdaten in Tabelle <i>EBV</i> der Emissionserklärungen 2004.	13
<b>Tabelle 7.</b> Arbeitsstättennummer D-01-(codiert), Anlage 100 <i>Papierherstellung</i> , Erklärungsdaten in Tabelle <i>Emissionen</i> der Emissionserklärungen 2004.	13
<b>Tabelle 8.</b> Ermittlung der mittleren Produktionsleistung von Anlagen zur Herstellung von Papier, Karton oder Pappe aus den Emissionserklärungen 2004	17
<b>Tabelle 9.</b> Anzahl der Emissionsmeldungen für CO aus Anlagen/Nebenanlagen zur Papierherstellung	18
<b>Tabelle 10.</b> Ermittlung der mittleren Produktionsleistung von Anlagen zur Herstellung von Papier, Karton oder Pappe aus den Emissionserklärungen 2004	19
<b>Tabelle 11.</b> Ermittlung der mittleren Kohlenmonoxidkonzentration im Abgas der Anlagen zur Herstellung von Papier, Karton oder Pappe aus den Emissionserklärungen 2004	20
<b>Tabelle 12.</b> Zusammenfassung der Kohlenmonoxidfracht aus den Emissionserklärungen 2004 für Anlagen zur Herstellung von Papier, Karton oder Pappe	22
<b>Tabelle 13.</b> Anzahl der Emissionsmeldungen (Stoffgruppen) für SO <sub>2</sub> aus Anlagen/Nebenanlagen zur Zellstoff- und Papierherstellung	25
<b>Tabelle 14.</b> Ermittlung der mittleren Produktionsleistung von Anlagen zur Herstellung von Papier, Karton oder Pappe aus den Emissionserklärungen 2004	25
<b>Tabelle 15.</b> Ermittlung der mittleren Schwefeldioxidkonzentration im Abgas der Anlagen zur Herstellung von Papier, Karton oder Pappe aus den Emissionserklärungen 2004	27

<b>Tabelle 16.</b> Zusammenfassung der Schwefeldioxidfracht aus den Emissionserklärungen 2004 für Anlagen zur Herstellung von Papier, Karton oder Pappe	28
<b>Tabelle 17.</b> Anlagen zur Herstellung von Papier, Karton oder Pappe	32
<b>Tabelle 18.</b> Brennstoffeinsatz an Anlagen zur Herstellung von Papier, Karton oder Pappe	33
<b>Tabelle 19.</b> Erforderlicher Energieeinsatz zur Herstellung von Papier, Karton oder Pappe gemäß BVT-Merkblatt	34
<b>Tabelle 20.</b> Gesamtproduktionsmengen gemäß Papierkompass 2008 (Datenbasis 2006)	34
<b>Tabelle 21.</b> Emissionsfaktoren für Feuerungsanlagen gem. UMEG [10]	35
<b>Tabelle 22.</b> Emissionsfaktoren von Kohlenmonoxid und Schwefeldioxid bei der Herstellung von Papier, Karton oder Pappe	36
<b>Tabelle 23.</b> Spezifische Emissionen von Kohlenmonoxid und Schwefeldioxid bei der Herstellung von Papier, Karton oder Pappe	36
<b>Tabelle 24.</b> Erforderlicher spezifische Energieeinsatz zur Herstellung einer Tonne Papier	37
<b>Tabelle 25.</b> Spezifischer Emissionsfaktor gemäß Emissionserklärung 2004 für Anlagen zur Herstellung von Papier, Karton und Pappe für deren Emissionen an Kohlenmonoxid und Schwefeloxide	37
<b>Tabelle 26.</b> Zusammenfassung der Daten gemäß Emissionserklärung 2004 für Anlagen zur Herstellung von Papier, Karton und Pappe für deren Emissionen an Kohlenmonoxid und Schwefeloxide	38
<b>Tabelle 27.</b> Gegenüberstellung der spezifischen Emissionskenngrößen gemäß den Emissionserklärungen 2004 und dem BVT-Merkblatt, sowie spezifischer Energieeinsatz	39
<b>Tabelle 28.</b> Ergebnisse und Auswertung von Emissionsmessungen an einer Rindenverbrennungsanlage	4

## 1 Aufgabenstellung

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

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

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

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

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

<sup>2)</sup> NMVOC: non methane volatile organic compounds; die Ausschreibungsunterlagen beinhalteten die Stoffe CO und NO<sub>x</sub>. In Absprache mit dem UBA wurden diese ersetzt durch NMVOC und Methan (CH<sub>4</sub>)

Der vorliegende Bericht enthält Auswertungen und Angaben über die Emissionen aus dem Betrieb von Anlagen zur Herstellung von Papier, Karton und Pappe. Der Anlagentyp ist dem Bereich 2.D.1.: Zellstoff- und Papierherstellung zugeordnet.

<sup>1</sup> CRF: Common Reporting Format; Systematik zur Kategorisierung von Emissionen und Quellgruppen gemäß IPCC-Guidelines 1996 (IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change) [7]

<sup>2</sup> Emission (E) = EF × AR

## **2 Anlagen zur Herstellung von Papier**

### **2.1 Allgemeine Informationen**

Anlagen zur Papierherstellung werden in Deutschland an rund 180 Standorten betrieben [3].

Die Jahresproduktion im Jahre 2006 wurde vom Verband deutscher Papierfabriken e.V. mit 22,7 Millionen Tonnen angegeben. Insgesamt werden rund 3.000 verschiedene Papiersorten hergestellt [3].

Rund 47 % der hergestellten Papiermenge sind grafische Papiere von denen wiederum ca. 45 % (entsprechend 4,8 Mio. t) zu gestrichenen Papieren weiterverarbeitet werden.

Rund 41 % der Produktion entfallen auf Papier, Karton und Pappe für Verpackungszwecke.

Der Rest entfällt auf Hygienepapiere und Sonderprodukte.

### **2.2 Verfahrenstechnik**

Die Herstellung von Papier erfolgt durch Aufschlammung von Faserstoffen, die als wässrige Suspension über ein Sieb entwässert und anschließend gepresst und getrocknet werden. Die Faserstoffe werden überwiegend in Form von Holzschliff, Zellulose oder Recyclingpapier in den Prozess eingebracht. Typischerweise erfolgt die Papierbildung in der Siebpartie auf Langsieben; die anschließende Pressung und Trocknung (Press- und Trockenpartie) wird über dampfbeheizte Walzen realisiert.

Durch die Verschiedenartigkeit der hergestellten Produkte ergibt sich ein breites Spektrum an Anlagengrößen, die der Herstellung von Massen- oder Spezialprodukten dienen können. Diese Bandbreite findet ihren Ausdruck in einem sehr unterschiedlichen Grad von Wiedergewinnungs- und Kreislaufprozessen, die in den Anlagen verwirklicht sind. In integrierten Papierfabriken reichen diese von der Herstellung z.B. von Zellstoff mit angeschlossenem Kraftwerk über Reststoffverbrennungsanlagen, Kläranlagen bis zur eigentlichen Papierproduktion. Auf der anderen Seite werden aber gleichermaßen Anlagen erfasst, die Zell- oder Faserstoffe sowie die erforderliche Wärme und Energiemengen zukaufen und ausschließlich den eigentlichen Produktionsprozess betreiben.

Der eigentliche Herstellungsprozess ist mit vergleichsweise geringen stofflichen Emissionen verbunden, da die Trocknung überwiegend konvektiv erfolgt und die für den Prozess erforderliche Energie meist unabhängig vom eigentlichen Herstellungsprozess erzeugt wird.

Bei der Herstellung spezieller Papiere (z.B. gestrichener grafischer Papiere) erfolgt die Weiterverarbeitung des Rohpapiers durch Auftrag einer Suspension, die dann mittels direktbefeuert Aggregate (z.B. Schwebetrockner oder IR-Strahler) getrocknet wird. Hier werden Verbrennungsabgase im Prozess freigesetzt, die diesem direkt zugeordnet werden können.

### 2.3 BVT-Merkblatt

Informationen über die diversen Techniken zur Papierherstellung können dem *BVT-Merkblatt Integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (IVU) - Referenzdokument über die Besten Verfügbaren Techniken in der Zellstoff- und Papierindustrie [7]* entnommen werden, auf das im Folgenden eingegangen wird.

Zum Thema Produktion von Papier sind folgende Kapitel relevant

- Kapitel 6: BVT zur Papierherstellung und verwandte Verfahren

In diesem Kapitel sind verschiedene Herstellungsverfahren und Prozessvarianten beschrieben.

Unter Kapitel 6.2.2.4 wird der Energiebedarf des Produktionsprozesses beschrieben.

Unter Kapitel 6.2.2.7 wird auf die Emissionen aus dem Fertigungsprozess eingegangen. Hier wird dargelegt, dass der im Hinblick auf die Emissionen des Prozesses wesentliche Aspekt die Energiegewinnung in den Anlagenbereichen im Umfeld der eigentlichen Papierproduktion (Kraftwerksbereich, Reststoffverbrennung (z.B. Rindenverbrennung) zu suchen ist. Stoffliche Emissionen aus der Papierproduktion werden hier ausschließlich in Form organischer Verbindungen (VOCs) berichtet.

## 3 Produktionsmenge Papier

Die für die Bildung von Emissionsfaktoren benötigte Aktivitätsrate der Papierherstellung ist festgelegt als die Produktionsmenge an Papier, Karton oder Pappe (in Tonnen pro Jahr). Im Folgenden wird daher für die Aktivitätsrate der Begriff Produktionsmenge verwendet.

Produktionsmengen können über den VDP Verband Deutscher Papierfabriken e.V. [3] bezogen werden.

**Tabelle 2.** Produktionsmenge (= verwendete Aktivitätsrate zur Bestimmung von Emissionsfaktoren) an Papier, Karton und Pappe insgesamt in 2006, 2007, 2008 [5]

Jahr	Produktion [in 1.000 t]
2006	22.656
2007	23.319
2008	22.848

#### 4 Auswertung der Emissionserklärungen 2004

Für Anlagen zur Papierherstellung<sup>3</sup> sind Emissionsfaktoren für die Emissionsparameter Kohlenmonoxid (CO) und Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>) zu bestimmen.

Die zugeordnete Unterkategorie im CRF ist hierbei

2.D.1: Andere Produktionen: Zellstoff- und Papierherstellung

##### **Auswirkung der Anlagenstruktur auf die Datenerfassung**

Die Herstellung von Papier ist ein energieintensiver Prozess, dessen Emissionen an Kohlenmonoxid und Schwefeldioxid zum überwiegenden aus der Verbrennung von Primärenergieträgern stammt. Den Produktionseinrichtungen sind deshalb Feuerungsanlagen beigelegt, deren Emissionen ursächlich dem Herstellungsprozess der jeweiligen Produkte dienen.

In der Praxis zeigt sich jedoch, dass der Prozess der Energiegewinnung häufig in Form eigenständiger Betriebsgesellschaften aus dem Produktionsprozess ausgegliedert wird und die Energiemengen zwischen formal unabhängigen Unternehmen gehandelt werden (Energy Contracting).

Für die Datenbasis der Emissionserklärungen 2004 bedeutet das, dass ein unbekannter Teil der erklärten Anlagen die Emissionen, die aus dem Energiegewinnungsprozess stammen nicht oder nur teilweise gemeinsam mit den Anlagen zur Papierherstellung erklären. Diese Emissionen werden von der jeweiligen Betreibergesellschaft korrekt als Emissionen aus dem Betrieb von Anlagen zur Erzeugung von Wärme und Energie erklärt.

Da der Anteil der auf diese Weise erklärten Emissionen auf der Basis der Daten der Emissionserklärungen 2004 nicht quantifiziert werden kann, andererseits aber zu vermuten ist, dass dessen Anteil an der Gesamtemission erheblich ist, können die Gesamtemissionen (energene und produktstämmige Emissionen) der Anlagen zur Herstellung von Papier und Zellstoff nicht vollständig auf der Basis der Emissionserklärungen 2004 charakterisiert werden.

Die Auswertung der Emissionserklärungen 2004 zielt deshalb auf die Einschränkung der Angaben für die Emissionen aus dem eigentlichen Produktionsprozess. Angaben die einen Hinweis auf den Betrieb von Anlagen zur Energiegewinnung enthalten (z.B. Anlagenteilbezeichnung: „Kessel 3“ oder Leistungsangaben „Feuerungswärmeleistung in MW“ werden von der Auswertung ausgeschlossen.

---

<sup>3</sup> Nummer 6.2 Spalte 1 (Anlagen zur Herstellung von Papier, Karton oder Pappe mit einer Produktionsleistung von 20 Tonnen oder mehr je Tag) und 6.2 Spalte 2 (Anlagen zur Herstellung von Papier, Karton oder Pappe mit einer Produktionsleistung von weniger als 20 Tonnen je Tag, ausgenommen Anlagen, die aus einer oder mehreren Maschinen zur Herstellung von Papier, Karton oder Pappe bestehen, soweit die Bahnlänge des Papiers, des Kartons oder der Pappe bei allen Maschinen weniger als 75 Meter beträgt) des Anhangs zur 4. BImSchV

#### 4.1 Anzahl Anlagen in den Emissionserklärungen 2004

Für die Papierherstellung (Quellgruppe CRF 2 D 1 Zellstoff- und Papierherstellung) wurden in den Emissionserklärungen 2004 Anlagen nach 4. BImSchV gemäß der Tabelle 3 abgefragt:

**Tabelle 3.** Abfrage nach 4. BImSchV für Zellstoff- und Papierherstellung

Nr. gemäß 4. BImSchV	CODE Nr. 4. BImSchV	Lang-Bezeichnung
6.2 Sp. 1	0602.1	Anlagen zur Herstellung von Papier, Karton oder Pappe mit einer Produktionsleistung von 20 Tonnen oder mehr je Tag
6.2 Sp. 2	0602.2	Anlagen zur Herstellung von Papier, Karton oder Pappe mit einer Produktionsleistung von weniger als 20 Tonnen je Tag, ausgenommen Anlagen, die aus einer oder mehreren Maschinen zur Herstellung von Papier, Karton oder Pappe bestehen, soweit die Bahnlänge des Papiers, des Kartons oder der Pappe bei allen Maschinen weniger als 75 Meter beträgt

Verwendet werden hier die Zuordnungen gemäß dem zum Zeitpunkt der Abgabe der Emissionserklärungen 2004 gültigen Stand der 4. BImSchV aus dem Jahre 2004<sup>4</sup>. Zwischenzeitlich wurde die 4. BImSchV novelliert (Neufassung vom 23.10.2007 (BGBl. I S. 2470)). Für die Anlagen nach Nr. 6.2 der 4. BImSchV haben sich dabei jedoch keine Veränderungen ergeben.

Die Abfrage der Emissionserklärungen 2004 für die 16 Bundesländer ergab insgesamt 142 Anlagen oder Anlagenteile (AN) für Nr. 6.1 Spalte 1 und 2 der 4. BImSchV, wobei die überwiegende Mehrzahl als „Spalte 1“ - Anlagen eingestuft ist und lediglich 4 kleinere „Spalte 2“ - Anlagen deklariert werden. Davon sind insgesamt 129 als Haupt-Anlage deklariert, lediglich 13 Datensätze betreffen Anlagenteile (AN)<sup>5</sup>.

Die Verteilung auf die Nummern der 4. BImSchV sowie die einzelnen Bundesländer stellt sich wie folgt dar:

<sup>4</sup> 4. BImSchV In der Fassung der Bekanntmachung vom 14. März 1997, BGBl. I S. 504, zuletzt geändert am 6. Januar 2004, BGBl. I S. 2

<sup>5</sup> Die in den nachfolgenden Tabellen mit „Anlagen ohne AN“ bezeichneten Spalten sind eine Teilmenge der „Anlagen und AN“, da in letzterer auch die Anlagenteile (AN) mit aufgeführt sind.

**Tabelle 4.** Anzahl der Anlagen zur Papierherstellung (inkl. Nebenanlagen)

Bundes- land	Nr. 6.2 Spalte 1 der 4. BImSchV		Nr. 6.2 Spalte 2 der 4. BImSchV	
	Anlagen und AN	Anlagen ohne AN	Anlagen und AN	Anlagen ohne AN
BB	2	2	C	C
BE			C	C
BW	26	16	C	C
BY	22	22	C	C
HB			C	C
HE	11	11	C	C
HH			C	C
MV	1	1	C	C
NI	10	10	C	C
NW	28	28	C	C
RP	12	12	C	C
SH	5	5	C	C
SL			C	C
SN	18	16	C	C
ST	1	1	C	C
TH	2	2	C	C
Gesamt	138	126	4	3

(Datenbank Stand 23.01.2009: DB\_EE2004\_23012009\_MBBM.mdb,

Abfragedatenbank Stand 05.03.2009: EE-Emissionserklärungen\_2009.03.05.mdb;

Tabelle\_relevante\_Anlagen: 0602.1, 0602.2;

Abfrage für Anlagen und AN: 2\_Anlagen\_Anzahl\_relevante\_Anlagen\_Gesamt;

Abfrage für Anlagen: 2b\_Anlagen\_Anzahl\_relevante\_Anlagen\_ohne\_AN)

Die Angaben nach Spalte 2 sind zur Wahrung der Vertraulichkeit aggregiert und in den Zeilen für die Bundesländer mit „C“ für confidential gesperrt.

#### 4.2 Relevante Stoffgruppen in den Emissionserklärungen 2004

Für Anlagen zur Papierherstellung sind folgende Emissionsparameter zu prüfen:

- Kohlenmonoxid
- Schwefeloxide, angegeben als SO<sub>2</sub>

### 4.3 Einzelbetrachtung der erklärten Anlagen nach Nr. 6.2

In den Emissionserklärungen 2004 sind für Anlagen zur Papierherstellung (0602.1 und 0602.2) insgesamt 142 Anlagen ermittelt worden.

Nachfolgend erfolgt eine Einzelfallbetrachtung einer zufällig ausgewählten Anlage.

#### 4.3.1 Arbeitsstättennummer D-01-(codiert)

Unter der Arbeitsstättennummer D-01-(codiert) wird eine als *Papierherstellung* bezeichnete Anlage nach Nr. 6.2 Spalte 1 der 4. BImSchV erklärt.

Neben dieser Anlage (Anlagennummer 100) wird unter derselben Arbeitsstättennummer eine Anlage nach Nr. 1.1 Spalte 1 *Heizkraftwerk* erklärt (Anlagennummer 200). Im Folgenden wird ausschließlich die *Papierherstellung* (Anlagennummer 100) betrachtet.

Angegeben wird eine Anlagenleistung von 445.000 t/a Bruttomaschinenkapazität bei 8.760 Betriebsstunden pro Jahr.

Die Anlage *Papierherstellung* ist in insgesamt 4 Anlagenteile unterteilt:

**Tabelle 5.** Arbeitsstättennummer D-01-(codiert), Anlagen-Nr. 100, Anlage *Papierherstellung*

Anlagenteil-Nr.	Anlagenbezeichnung
110	Schleiferei
120	Papiermaschine PM 5
130	Papiermaschine PM 6
140	Papiermaschine PM 7

(Datenbank Stand 23.01.2009: DB\_EE2004\_23012009\_MBBM.mdb,  
Abfragedatenbank Stand 05.03.2009: EE-Emissionserklärungen\_2009.03.05.mdb;  
Abfrage: 12a\_Anlage\_gewählt

Angaben zu Betriebseinrichtungen sind für diese Anlage nicht erklärt.

#### *Emissionsverursachende Betriebsvorgänge EBV*

In der Emissionserklärungs-Tabelle EBV werden für die Anlage *100 Papierherstellung* insgesamt vier emissionsverursachende Betriebsvorgänge erklärt:

**Tabelle 6.** Emissionsverursachende Betriebsvorgänge (EBV) der Arbeitsstättennummer D-01-(codiert), Anlage 100 Papierherstellung, Erklärungsdaten in Tabelle EBV der Emissionserklärungen 2004.

Quell-Nr.	EBV-Nr.	EBV-Bezeichnung	Volumenstrom [m³/h]
1	110	Herstellung von Holzschliff	0
2	120	Herstellung von Papier PM 5	0
3	130	Herstellung von Papier PM 6	0
4	140	Herstellung von Papier PM 7	0

(Datenbank Stand 23.01.2009: DB\_EE2004\_23012009\_MBBM.mdb, Abfragedatenbank Stand 05.03.2009: EE-Emissionserklärungen\_2009.03.05.mdb; Abfrage: 12d\_EBV\_gewählt)

Diese vier EBV sind insgesamt 4 Quellen zugeordnet; es wird also eine EBV für jede Quelle definiert. Für das Bundesland Baden-Württemberg liegen außer der Quellennummer keine weiteren Angaben über die Quellen vor. Volumenströme sind nicht angegeben. Die Emissionszeiten für diese vier EBV liegen zwischen 7.394 und 8.760 Stunden<sup>6</sup>, es wird somit annähernd kontinuierlicher Volllast-Betrieb erklärt.

#### Emissionen

In der Tabelle *Emissionen* werden für alle vier Quellen der Anlage *Papierherstellung* Emissionen angegeben, insgesamt 33 Datensätze.

**Tabelle 7.** Arbeitsstättennummer D-01-(codiert), Anlage 100 Papierherstellung, Erklärungsdaten in Tabelle *Emissionen* der Emissionserklärungen 2004.

Quell-Nr.	EBV-Nr.	Emissionskomponente	Jahresfracht [kg/a]
1	110	VOC (Kohlenstoff organisch gebunden)	48.125
1	110	Gesamt-C	38.500
1	110	NM VOC (Kohlenstoff organisch gebunden)	48.125
1	110	Feinstaub PM10	270
1	110	Feinstaub PM2,5	140
1	110	Holzstaub	1.400
2	120	Kohlenmonoxid	1.700
2	120	Distickstoffoxid	38,64
2	120	Stickstoffoxide, angegeben als NO2	2.800
2	120	VOC (Kohlenstoff organisch gebunden)	2.625

<sup>6</sup> siehe Datenbank Stand 23.01.2009: DB\_EE2004\_23012009\_MBBM.mdb, Abfragedatenbank Stand 05.03.2009: EE-Emissionserklärungen\_2009.03.05.mdb; Abfrage: 12d\_EBV\_gewählt

Quell-Nr.	EBV-Nr.	Emissionskomponente	Jahresfracht [kg/a]
2	120	Gesamt-C	2.100
2	120	NMVOC (Kohlenstoff organisch gebunden)	2.625
2	120	Feinstaub PM10	1.800
2	120	Feinstaub PM2,5	2.420
2	120	Staub aus Papierverarbeitung	4.400
3	130	Kohlenmonoxid	2.600
3	130	Distickstoffoxid	60,72
3	130	Stickstoffoxide, angegeben als NO2	4.400
3	130	VOC (Kohlenstoff organisch gebunden)	6.375
3	130	Gesamt-C	5.100
3	130	NMVOC (Kohlenstoff organisch gebunden)	6.375
3	130	Feinstaub PM10	1.000
3	130	Feinstaub PM2,5	510
3	130	Staub aus Papierverarbeitung	5.100
4	140	Kohlenmonoxid	2.200
4	140	Distickstoffoxid	51,06
4	140	Stickstoffoxide, angegeben als NO2	3.700
4	140	VOC (Kohlenstoff organisch gebunden)	5.250
4	140	Gesamt-C	4.200
4	140	NMVOC (Kohlenstoff organisch gebunden)	5.250
4	140	Feinstaub PM10	900
4	140	Feinstaub PM2,5	450
4	140	Staub aus Papierverarbeitung	4.500

(Datenbank Stand 23.01.2009: DB\_EE2004\_23012009\_MBBM.mdb,  
 Abfragedatenbank Stand 05.03.2009: EE-Emissionserklärungen\_2009.03.05.mdb;  
 Abfrage: 12e\_Emissionen\_gewählt)

Die hier relevante Komponente Kohlenmonoxid wird dabei erklärt, nicht aber Schwefeloxide.

Obwohl keine Volumenströme für die 4 Quellen deklariert sind, wird für alle Emissionskomponenten eine Jahresemission angegeben. Konzentrationsangaben finden sich dagegen für keinen der obengenannten Stoffe.

Die Emissionen sind teils als „E“, also Schätzung, „C“, also „Rechnung“ sowie als „M“ „Messung“ deklariert.

### *Gehandhabte Stoffe*

In der Tabelle GHS Gehandhabte Stoffe der Emissionserklärungen 2004 sind für die Anlage 100 *Papierherstellung* vier Einträge beinhaltet.

Für die AN 110 (Herstellung von Holzschliff) wird ein Einsatzstoff (Verwendungsart = 1) Holz deklariert, für die drei weiteren AN 120, 130 und 140 (Herstellung von Papier PM 5 /PM 6/ PM 7) wird ein Zwischenprodukt als Einsatzstoff (Verwendungsart 7) mit der Stoffbezeichnung Brutto-Rohpapier angegeben.

Ein Produkt (Verwendungsart = 3) wird nicht angegeben.

#### **4.4 Produktionsleistung**

Die Produktionsleistung an Papier, Karton oder Pappe lässt sich aus den Emissionserklärungsdaten bestimmen. Die Emissionserklärungen 2004 enthalten Angaben zur Produktionsleistung von insgesamt 142 Anlagen, die vor deren statistischer Auswertung auf Validität zu prüfen sind.

##### *Ausschlusskriterien für Datensätze <sup>7</sup>:*

Bei der Auswertung werden einzelne Datensätze nach Einzelprüfung ausgeschlossen nach folgenden Kriterien (Validitätsprüfung):

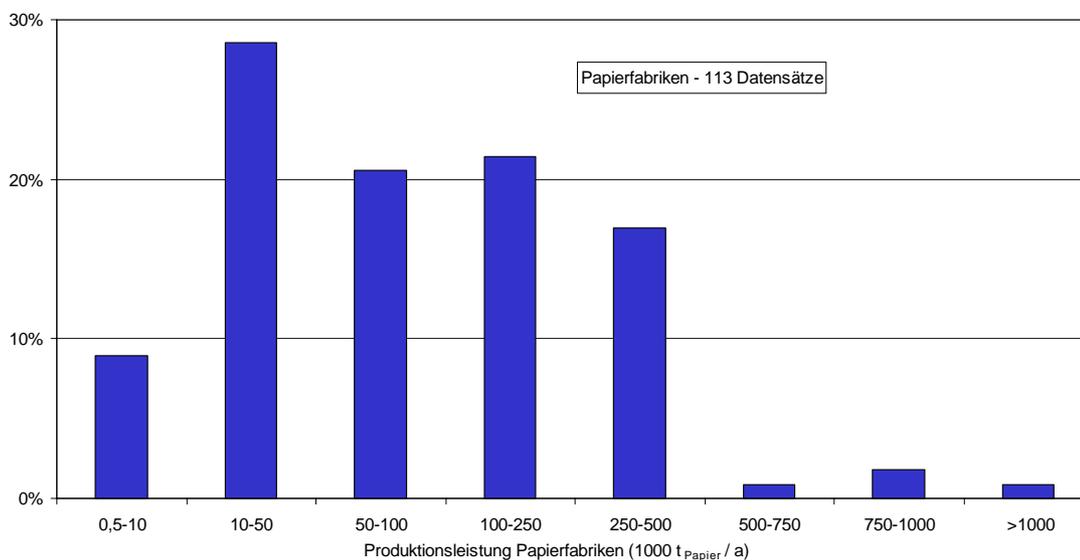
- Offensichtlich unrichtige Eintragungen im Feld „Leistung\_Maßzahl“, insbesondere Eintragungen mit Maßzahl „0“.
- Relevant und gesucht ist die Leistungseinheit t/a, t/d oder t/h, d.h. die Produktionsleistung der Anlage. Unplausible Eintragungen im Feld „Leistung\_Einheit“, hier:
  - „0“
  - m
  - St/a
  - (k.A.)
  - MWwerden daher ausgeschlossen.
- Eine Anlage nach 0602 wurde mit einer Produktionsleistung 2,08 Mio. t p.a. erklärt und als unplausibel verworfen.

Insgesamt wurden so 29 Datensätze für Anlagen nach 0602 ausgeschlossen.

---

<sup>7</sup> Siehe Datei 1\_Papierfabriken\_Produktionsleistung\_2009.10.12.xls

Auf Basis von 113 validen <sup>8</sup> Datensätzen (von insgesamt 142) für Anlagen zur Produktion von Papier, Pappe oder Kartonagen ist die Verteilung der Produktionsleistungen von Papier, Karton oder Pappe pro Jahr in Abbildung 1 dargestellt:



**Abbildung 1.** Verteilung der Produktionsleistung der Anlagen zur Herstellung von Papier, Karton oder Pappe

(Datenbank Emissionserklärungen Stand 23.01.2009: DB\_EE2004\_23012009.mdb,  
Abfragedatenbank Stand 15.06.2009: Zellstoff\_und\_Papier\_2009.06.15.mdb;  
Abfrage: Papierfabriken)  
Auswertung: 2\_Papierfabriken\_Produktionsleistung\_2009.10.12.xls)

Abbildung 1 zeigt die Bandbreite der in Deutschland betriebenen Anlagengrößen zwischen 5.000 t/a und 500.000 t/a Papierproduktion.

Auf der Grundlage von 113 Datensätzen ergibt sich eine mittlere Produktionsleistung von 150.794 t/a Papier, Karton oder Pappe (arithmetischer Mittelwert) bzw. von 71.893 t/a Papier, Karton oder Pappe (Median). Die deutliche Differenz zwischen arithmetischem Mittelwert und Median bei den Produktionsleistungen der Anlagen zur Produktion von Papier, Karton oder Pappe spiegelt die Heterogenität der Anlagengrößen dieses Anlagentyps wieder, welche stark durch die Produktionsausrichtung (Herstellung von Massen- oder Spezialprodukte) geprägt ist.

Die Gesamtjahresproduktion der gemäß Emissionserklärungen 2004 berücksichtigten Anlagen betrug 17,04 Mio. Tonnen im Jahr 2004. Vom Verband der Deutschen Papierfabriken e.V. wurde für das Jahr 2007 eine Produktionsmenge von 23,32 Mio. Tonnen [5] veröffentlicht.

<sup>8</sup> Bei der Bestimmung der mittleren Produktionsleistung aus den Emissionserklärungen sind ungültige Datensätze auszuschließen, z.B. mit der Eintragung einer Produktionsleistung = 0 t/h, oder einer anderen verwendeten Einheit (Produktionsleistung in m oder MW).

Insgesamt erscheint die erfasste Datengrundlage in Bezug auf die erfasste Gesamtjahresproduktion als repräsentativ.

**Tabelle 8.** Ermittlung der mittleren Produktionsleistung von Anlagen zur Herstellung von Papier, Karton oder Pappe aus den Emissionserklärungen 2004

	Emissionserklärungen 2004
Anzahl Datensätze in den Emissionserklärungen 2004 für Anlagen nach 0602.1, 0602.2	142
davon valide Datensätze	113
Mittelwert Produktionsleistung t/a	150.794
Median Produktionsleistung t/a	71.893

(Datenbank Emissionserklärungen Stand 23.01.2009: DB\_EE2004\_23012009.mdb, Abfragedatenbank Stand 15.06.2009: Zellstoff\_und\_Papier\_2009.06.15.mdb; Abfrage: Papierfabriken  
Auswertung: 2\_Papierfabriken\_Produktionsleistung\_2009.10.12.xls)

#### 4.5 Kohlenmonoxid

Kohlenmonoxidemissionen aus Anlagen zur Papierherstellung stammen zum überwiegenden Teil aus der Gewinnung der für die einzelnen Produktionsprozesse erforderlichen Energie (energene Emissionen) durch Verbrennung von Primärenergieträgern in Anlagen die vom eigentlichen Produktionsprozess unabhängig sind. Zum anderen werden in den Produktionsprozessen selbst (z.B. Trocknungsprozesse) produktstämmige Emissionen erzeugt.

Energene Emissionen werden im Rahmen der Emissionserklärungen 2004 zum Teil als Emissionen aus dem Betrieb von Anlagen zur Erzeugung von Wärme und Energie, zum Teil jedoch auch als emissionsverursachender Betriebsvorgang (EBV) der Papierherstellung erklärt. Um Unschärfen bei der Erhebung der Daten hinsichtlich der Zuordnung der Emissionen zu vermindern, erfolgt die Auswertung der Emissionserklärungen 2004 zielgerichtet auf produktstämmige Emissionen. Hierzu werden Angaben, die auf Emissionen aus Anlagen zur Energieerzeugung hinweisen, aus dem Datenkollektiv herausgefiltert<sup>9</sup>.

Zielsetzung ist es dabei, auf der Basis der erklärten Daten Gesamtjahresemissionen und –produktionsleistungen zu ermitteln, auf deren Grundlage dann ein leistungs-basierter Emissionsfaktor für den erklärten Datenbestand berechnet wird.

Die Basis der dabei berücksichtigten Daten der Emissionserklärungen 2004 ist nachfolgend beschrieben.

<sup>9</sup> Die Filterung der Daten nach produktstämmigen Emissionen erfolgt anhand der, in den validen Datensätzen eingetragenen Leistungseinheit (es werden nur Datensätze mit einem Massenbezug (t/a, t/d, t/h) ausgewertet)

#### 4.5.1 Leistungsbezogene Auswertung der erklärten Anlagendaten

Die Struktur der Emissionserklärungsdaten ordnet die Produktionsleistung jeder Anlage der jeweils erklärenden Arbeitsstätte zu.

Die Emissionen jeder Anlage sind den jeweiligen Emissionsquellen zugeordnet. Da eine Anlage über mehrere Emissionsquellen verfügen kann, ist die Anzahl der Datensätze der erklärten Emissionen höher, als die Anzahl der Datensätze zur Produktionsleistung der Anlagen.

In den ausgewerteten Emissionserklärungen 2004 sind für Anlagen zur Papierherstellung (0602.1 und 0602.2) insgesamt 180 Datensätze mit erklärten Emissionen von Kohlenmonoxid (CO) beinhaltet:

**Tabelle 9.** Anzahl der Emissionsmeldungen für CO aus Anlagen/Nebenanlagen zur Papierherstellung

Schadstoff	Anzahl der Emissionsmeldungen		
	nach 0602.1 und 0602.2	nach 0602.1	nach 0602.2
Kohlenmonoxid	180	178	2

(Datenbank Emissionserklärungen Stand 23.01.2009: DB\_EE2004\_23012009.mdb, Abfragedatenbank Stand 15.06.2009: Zellstoff\_und\_Papier\_2009.06.15.mdb; Abfrage: Papiermaschinen CO Emissionen)

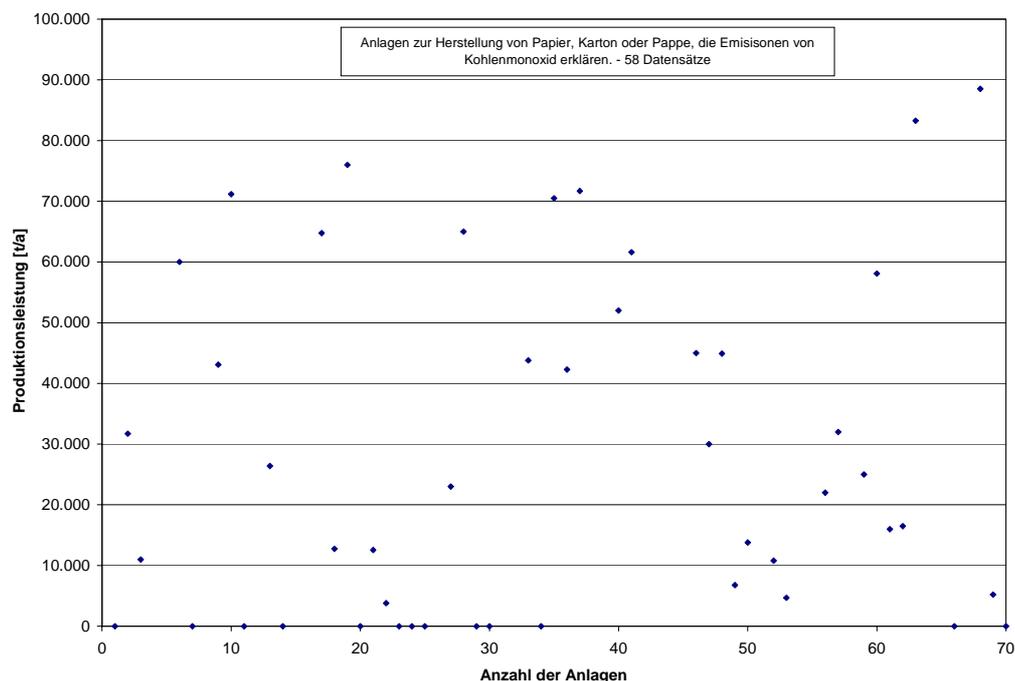
Insgesamt werden von 70 Arbeitsstätten, die Anlagen gemäß 0602 betreiben, 180 Emissionsquellen von Kohlenmonoxid gemeldet. Die Summe der Produktionsleistung dieser Anlagen beträgt 6,93 Mio. t Papier<sup>10</sup> und repräsentiert damit 40,7 % der gesamten Produktionsleistung der in den Emissionserklärungen 2004 erklärten Anlagen (vgl. Kapitel 4.4).

<sup>10</sup> 3\_Papierfabriken\_CO\_Produktionsleistung\_(EE)\_2009.10.12.xls

**Tabelle 10.** Ermittlung der mittleren Produktionsleistung von Anlagen zur Herstellung von Papier, Karton oder Pappe aus den Emissionserklärungen 2004

		Emissions- erklärungen 2004
Anzahl der Anlagen nach 0602 in den Emissionserklärungen 2004 mit erklärten Emissionen von Kohlenmonoxid		70
davon valide Datensätze		58
<b>Mittelwert Produktionsleistung</b>	<b>t/a</b>	<b>119.417</b>
<b>Median Produktionsleistung</b>	<b>t/a</b>	<b>64.883</b>
2,5 %-Perzentil	t/a	4.180
97,5 %-Perzentil	t/a	419.568
Standardabweichung	t/a	139.147
<b>Gesamtproduktionsleistung</b>	<b>t/a</b>	<b>6.926.198</b>

(Datenbank Emissionserklärungen Stand 23.01.2009: DB\_EE2004\_23012009.mdb, Abfragedatenbank Stand 15.06.2009: Zellstoff\_und\_Papier\_2009.06.15.mdb; Abfrage: Papiermaschinen CO Produktionsleistung  
Auswertung: 3\_Papierfabriken\_CO\_Produktionsleistung\_(EE)\_2009.10.12.xls)

**Abbildung 2.** Produktionsleistung der Anlagen zur Herstellung von Papier, Karton oder Pappe die Emissionen von Kohlenmonoxid aus dem Anlagenbetrieb erklärt haben (58 valide Datensätze von 70 Anlagen).

(Datenbank Emissionserklärungen Stand 23.01.2009: DB\_EE2004\_23012009.mdb, Abfragedatenbank Zellstoff\_und\_Papier\_2009.06.15.mdb; Abfrage: Papiermaschinen CO Produktionsleistung  
Auswertung: 3\_Papierfabriken\_CO\_Produktionsleistung\_(EE)\_2009.10.12.xls)

Die statistische Auswertung der Produktionsleistungen der Anlagen, die Emissionen von Kohlenmonoxid erklären, zeigt eine breite Streuung der gemeldeten Daten. Die Angabe von Standardabweichung und Perzentilen beschreibt nicht die Unsicherheit des Mittelwertes, sondern spiegelt die unterschiedliche Produktionsleistung der erklärenden Anlagen wieder. Die grafische Darstellung der Produktionsdaten bestätigt die Breite und homogene Streuung des Datenkollektivs (Abbildung 2).

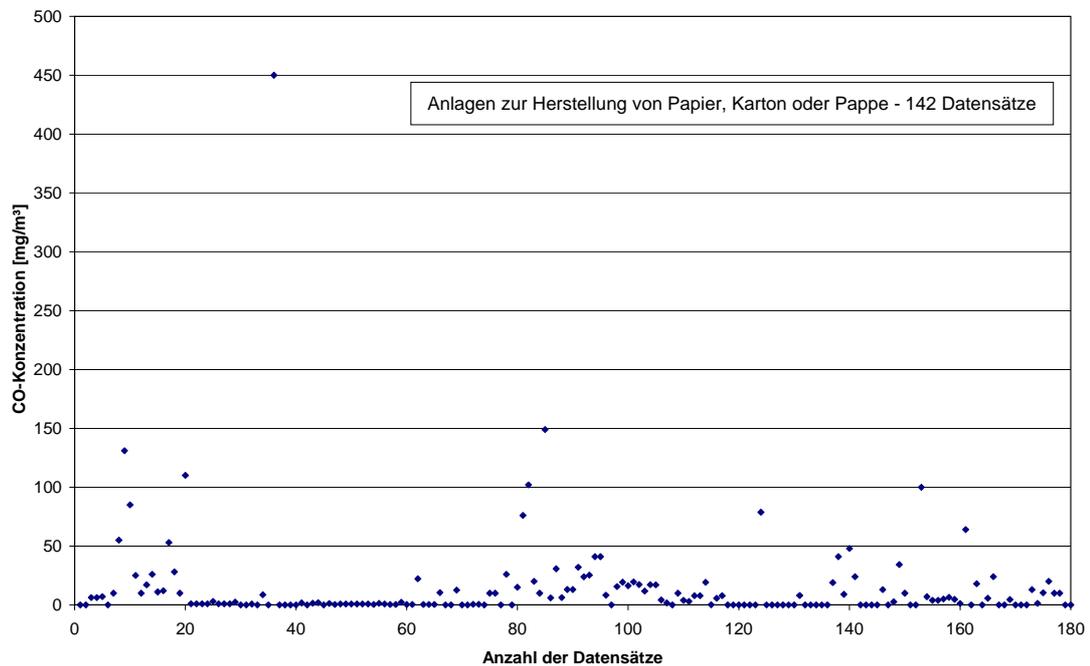
#### 4.5.2 Konzentrationsbezogene Auswertung der erklärten Anlagendaten

Die Anzahl der Datensätze mit Kohlenmonoxidkonzentrationsangaben (142 valide) liegt erwartungsgemäß deutlich über der Anzahl von Datensätzen für die Produktionsleistung (41 valide), da die Gesamtproduktionsleistung für die Papiermaschine erklärt wird, an einer Papiermaschine aber mehrere Quellen mit Emissionen vorhanden sein können.

**Tabelle 11.** Ermittlung der mittleren Kohlenmonoxidkonzentration im Abgas der Anlagen zur Herstellung von Papier, Karton oder Pappe aus den Emissionserklärungen 2004

	<b>Emissions- erklärungen 2004</b>
Anzahl der Datensätze mit erklärten Emissionen von Kohlenmonoxid	180
davon valide Datensätze	142
<b>Mittelwert CO-Konzentration</b> <b>mg/m<sup>3</sup></b>	<b>18</b>
<b>Median CO-Konzentration</b> <b>mg/m<sup>3</sup></b>	<b>7</b>
2,5 %-Perzentil <b>mg/m<sup>3</sup></b>	0
97,5 %-Perzentil <b>mg/m<sup>3</sup></b>	106
Standardabweichung <b>mg/m<sup>3</sup></b>	45

(Datenbank Emissionserklärungen Stand 23.01.2009: DB\_EE2004\_23012009.mdb,  
Abfragedatenbank Stand 15.06.2009: Zellstoff\_und\_Papier\_2009.06.15.mdb;  
Abfrage: Papiermaschinen CO Emission  
Auswertung: 4\_Papierfabriken\_CO\_Konzentration\_(EE)\_2009.10.12.xls)



**Abbildung 3.** Kohlenmonoxidkonzentration im Abgas der Anlagen zur Herstellung von Papier, Karton oder Pappe (142 valide Datensätze von 180).

(Datenbank Emissionserklärungen Stand 23.01.2009: DB\_EE2004\_23012009.mdb, Abfragedatenbank Zellstoff\_und\_Papier\_2009.06.15.mdb; Abfrage: Papierfabriken) Auswertung: 4\_Papierfabriken\_CO\_Konzentration\_(EE)\_2009.10.12.xls)

Die Konzentrationsverteilung zeigt erwartungsgemäß einen Schwerpunkt der Konzentrationen im Bereich unter  $50 \text{ mg/m}^3$  und einer Vielzahl von Quellen mit einer Emissionskonzentration nahe Null.

Dies deckt sich insoweit mit den Erwartungen, als erfahrungsgemäß überwiegend Erdgas als Brennstoff der Aggregate eingesetzt wird, die direkt an den Papiermaschinen betrieben werden und die Verbrennung von Erdgas typischerweise mit geringen Kohlenmonoxidemissionen verbunden ist.

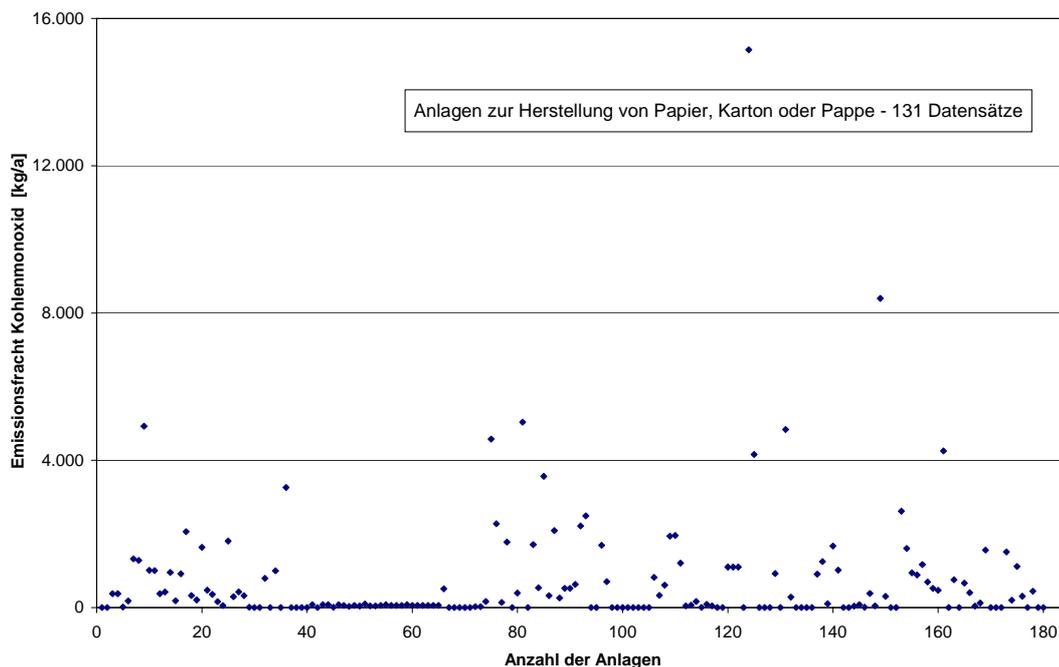
#### 4.5.3 Auswertung der erklärten Jahresfracht an Kohlenmonoxid

Die in den Emissionserklärungen 2004 beinhaltetete Jahresfracht an Kohlenmonoxid für Anlagen zur Herstellung von Papier, Karton oder Pappe ist in der Tabelle 12 zusammengefasst:

**Tabelle 12.** Zusammenfassung der Kohlenmonoxidfracht aus den Emissionserklärungen 2004 für Anlagen zur Herstellung von Papier, Karton oder Pappe

Emissionsfaktor CO aus Emissionserklärungen 2004		Emissions-erklärungen 2004
Anzahl Datensätze		180
davon valide Datensätze		131
<b>Mittelwert Emissionsfracht CO:</b>	<b>kg<sub>CO</sub> / a</b>	<b>996</b>
<b>Median Emissionsfracht CO:</b>	<b>kg<sub>CO</sub> / a</b>	<b>395</b>
<b>Gesamtfracht CO</b>	<b>kg<sub>CO</sub> / a</b>	<b>130.483</b>
2,5 %-Perzentil	kg <sub>CO</sub> / a	6,0
97,5 %-Perzentil	kg <sub>CO</sub> / a	4.901
Standardabweichung	kg <sub>CO</sub> / a	1.792

(Datenbank Emissionserklärungen Stand 23.01.2009: DB\_EE2004\_23012009.mdb,  
Abfragedatenbank Stand 15.06.2009: Zellstoff\_und\_Papier\_2009.06.15.mdb;  
Abfrage: Papiermaschinen CO Emission  
Auswertung: 5\_Papierfabriken\_CO\_E-Faktor\_(EE)\_2009.10.12.xls)



**Abbildung 4.** Emissionsfracht an Kohlenmonoxid der Anlagen zur Herstellung von Papier, Karton oder Pappe die Emissionen von Kohlenmonoxid aus dem Anlagenbetrieb erklärt haben (131 valide Datensätze von 180).

(Datenbank Emissionserklärungen Stand 23.01.2009: DB\_EE2004\_23012009.mdb,  
Abfragedatenbank Zellstoff\_und\_Papier\_2009.06.15.mdb;  
Abfrage: Papiermaschinen CO Produktionsleistung  
Auswertung: 5\_Papierfabriken\_CO\_E-Faktor\_(EE)\_2009.10.12.xls)

#### 4.5.4 Berechnung des produktionsmengenbasierten Emissionsfaktors

Auf der Basis der aus den Daten der Emissionserklärungen 2004 aggregierten Werte für Produktion der Anlagen bzw. Emissionsfracht der den Anlagen zugeordneten Quellen können nachstehende Jahreswerte ermittelt werden.

In der Summe ergibt sich eine Jahresfracht von Kohlenmonoxid für die Anlagen zur Herstellung von Papier, Karton oder Pappe von

**130.483** kg<sub>CO</sub> / a<sub>r</sub> (siehe Tabelle 12)

Basierend auf den Angaben der Anlagen die eine Jahresproduktionsleistungen angegeben haben wurde eine Gesamtproduktionsleistung berechnet zu:

**6.926.198** t<sub>Papier</sub> / a (siehe Tabelle 10)

Aus der Jahresfracht an Kohlenmonoxid sowie der Gesamtproduktionsleistung errechnet sich ein Emissionsfaktor von

**0,019** kg<sub>CO</sub> / t<sub>Papier</sub>

Alternativ zum gewählten Vorgehen können aus den gebildeten Mittelwerten und Medianen gleichfalls Emissionsfaktoren berechnet werden. Diese Möglichkeit wurde allerdings nicht verfolgt, da Produktionsleistung und Emissionsfracht auf unterschiedlichen Grundgesamtheiten basieren. Eine Mittelwertbildung über diese Größen bzw. statistische Auswertungen ist deshalb nicht ohne weiteres möglich.

#### 4.5.5 Unsicherheit des Emissionsfaktors CO

Lediglich 70 der insgesamt 142 Anlagen zur Herstellung von Papier, Karton oder Pappe erklären Emissionen von Kohlenmonoxid aus dem Betrieb von insgesamt 180 Emissionsquellen. Die Auswertung basiert auf der Annahme, dass diese 70 (davon 62 valide) Anlagen repräsentativ sind für die Gesamtheit der erklärten Anlagen. Es scheint jedoch naheliegend, dass es systematische Gründe gibt, weshalb nur rund die Hälfte der Anlagen Kohlenmonoxidemissionen erklären. Die Erklärung der Emissionen einer Anlage zur Papierherstellung kann aufgrund der Emission verschiedener Stoffe angezeigt sein (siehe Kapitel 4.3). Die Emission von Kohlenmonoxid ist aber nur an Anlagen zu erwarten, die direktbefeuerte Heizaggregate betreiben. Die übrigen Anlagen melden dann keine Emissionen, weil dort keine Emissionen auftreten (bzw. wurden im Zuge der Validierung der Daten ausgeschlossen).

Der Emissionsfaktor gilt dann ausschließlich für die berichtenden Anlagen. Dies kann so interpretiert werden, dass überwiegend Anlagen zur Herstellung gestrichener grafischer Papiere Emissionen von Kohlenmonoxid melden, da diese häufig IR-Strahler oder Schwebetrockner im Produktionsprozess einsetzen. Der Vergleich der Produktionsmenge (6.926.198 t<sub>Papier</sub> / a gemäß EE 2004) mit den Angaben nach [6] (Produktionsmenge gestrichener grafischer Papiere im Jahre 2006: 4,76 Mio. t) zeigt eine vergleichbare Größenordnung.

Findet der Emissionsfaktor nach Kapitel 4.3 Anwendung zur Berechnung der Emissionen von Anlagen, die eine andere Technologie einsetzen, so werden deren Emissionen überschätzt.

Unabhängig davon stammen die Daten, die den Emissionserklärungen 2004 zu Grunde liegen überwiegend aus Emissionsmessungen, die im Zuge der Anlagenüberwachung auf der Grundlage der TA Luft durchgeführt werden. Das Konzept der Anlagenüberwachung nach TA Luft fordert die Überwachung der Anlagenemissionen in dem im Hinblick auf den Immissionsschutz ungünstigsten Betriebszustand: Dementsprechend erfolgen Messungen an jeder Quelle (z.B. IR-Strahlerreihen) unter der Prämisse, eine maximale Auslastung zu erreichen. In der Summe muss deshalb eine Überschätzung der Anlagenemissionen unterstellt werden.

In den Emissionserklärungen 2004 sind Kohlenmonoxidkonzentrationen erklärt, die zum Teil deutlich über den entsprechenden Erfahrungswerten liegen. Soweit diese Angaben nicht im Rahmen der Plausibilitätsprüfung eliminiert wurden, führen auch diese zu einer Überschätzung der Anlagenemissionen.

Auch bei der Anwendung des Emissionsfaktors auf Anlagen, die direktbefeuerte Aggregate im Produktionsprozess betreiben, führen die beschriebenen Effekte in der Summe zu einer Überbewertung der Emissionen aus dem Anlagenbetrieb. Der gewählte Ansatz kann insofern als konservativ betrachtet werden.

#### 4.6 Schwefeloxide

Wie unter Kapitel 4.5 analog ausgeführt, stammen auch die Schwefeloxidemissionen der Anlagen zur Papierherstellung zum überwiegenden aus der Gewinnung der für die einzelnen Produktionsprozesse erforderlichen Energie (energene Emissionen) durch Verbrennung von Primärenergieträgern und zum anderen aus den Produktionsprozessen selbst (produktstämmige Emissionen).

Energene Emissionen werden im Rahmen der Emissionserklärungen 2004 zum Teil als Emissionen aus dem Betrieb von Anlagen zur Erzeugung von Wärme und Energie, zum Teil jedoch auch als emissionsverursachender Betriebsvorgang (EBV) der Papierherstellung erklärt. Um Unschärfen bei der Erhebung der Daten hinsichtlich der Zuordnung der Emissionen zu vermindern, erfolgt die Auswertung der Emissionserklärungen 2004 zielgerichtet auf produktstämmige Emissionen. Hierzu wurden Angaben, die auf Emissionen aus Anlagen zur Energieerzeugung hinweisen, aus den erklärten EBV ausgefiltert <sup>11</sup>.

Zielsetzung ist es dabei, auf der Basis der erklärten Daten Gesamtjahresemissionen und –produktionsleistungen (=Aktivitätsraten) zu ermitteln, auf deren Grundlage dann ein leistungsbasierter Emissionsfaktor für den erklärten Datenbestand berechnet wird.

Die Basis der dabei berücksichtigten Daten der Emissionserklärungen 2004 ist nachfolgend beschrieben.

---

<sup>11</sup> Die Filterung der EBV nach produktstämmigen Emissionen erfolgt anhand der, in den validen Datensätzen eingetragenen Leistungseinheit (es werden nur EBV mit einem Massenbezug (t/a, t/d, t/h) ausgewertet) sowie der eingetragenen Gesamtdauer in Stunden (es werden nur EBV mit einer Gesamtdauer > 1 h berücksichtigt).

#### 4.6.1 Leistungsbezogene Auswertung der erklärten Anlagendaten

Die Struktur der Emissionserklärungsdaten ordnet die Produktionsleistung jeder Anlage der jeweils erklärenden Arbeitsstätte zu.

Die Emissionen jeder Anlage sind den jeweiligen Emissionsquellen zugeordnet. Da eine Anlage über mehrere Emissionsquellen verfügen kann, ist die Anzahl der Datensätze der erklärten Emissionen höher, als Anzahl der Datensätze für die Anzahl der Datensätze zur Produktionsleistung der Anlagen.

In den ausgewerteten Emissionserklärungen 2004 sind für Anlagen zur Papierherstellung (0602.1 und 0602.2) insgesamt 127 Datensätze mit erklärten Emissionen von Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>) beinhaltet:

**Tabelle 13.** Anzahl der Emissionsmeldungen (Stoffgruppen) für SO<sub>2</sub> aus Anlagen/Nebenanlagen zur Zellstoff- und Papierherstellung

Schadstoff	Anzahl der Emissionsmeldungen		
	nach 0602.1 und 0602.2	nach 0602.1	nach 0602.2
Schwefeldioxid	127	124	3

(Datenbank Emissionserklärungen Stand 23.01.2009: DB\_EE2004\_23012009.mdb, Abfragedatenbank Zellstoff\_und\_Papier\_2009.06.15.mdb  
Abfrage: Papiermaschinen SO2 Emissionen)

Insgesamt werden von 52 Arbeitsstätten, die Anlagen gemäß 0602 betrieben, Emissionen von Schwefeldioxid gemeldet. Die Summe der Produktionsleistung dieser Anlagen betrug im Jahre 2004 insgesamt 4,66 Mio. t Papier (siehe Tabelle 14) und repräsentiert damit 27,3 % der gesamten Produktionsleistung der in den Emissionserklärungen 2004 erklärten Anlagen (vgl. Kapitel 4.4).

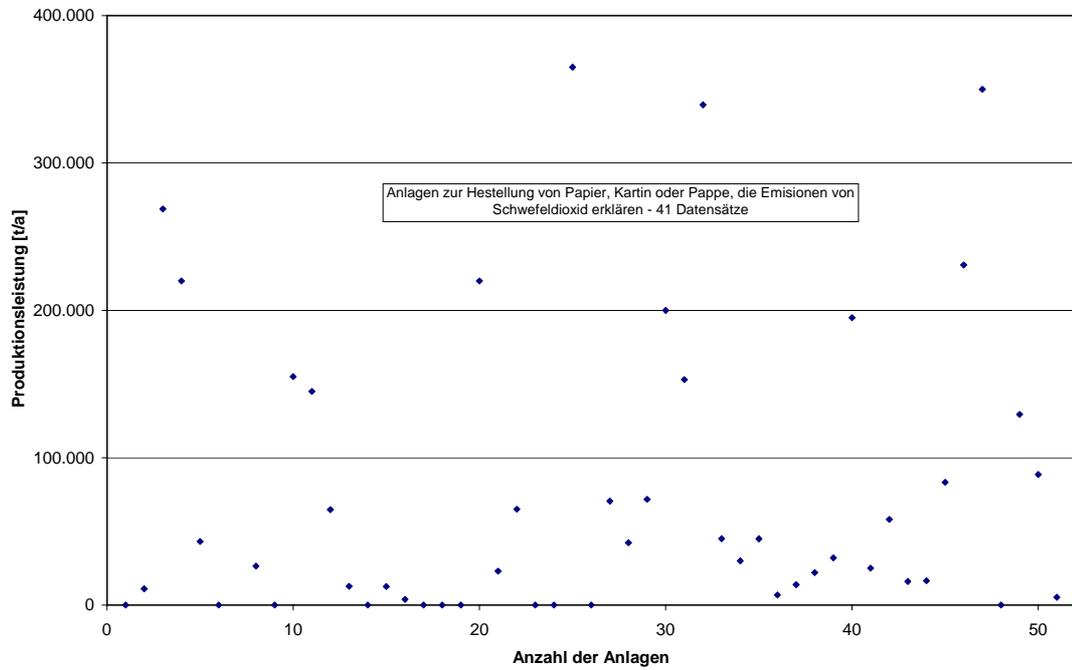
**Tabelle 14.** Ermittlung der mittleren Produktionsleistung von Anlagen zur Herstellung von Papier, Karton oder Pappe aus den Emissionserklärungen 2004

	Emissionserklärungen 2004
Anzahl der Anlagen nach 0602.1, 0602.2 in den Emissionserklärungen 2004 mit erklärten Emissionen von Schwefeldioxid	52
davon valide Datensätze	41
<b>Mittelwert Produktionsleistung</b> t/a	<b>113.544</b>
<b>Median Produktionsleistung</b> t/a	<b>58.090</b>
2,5 %-Perzentil t/a	3.800
97,5 %-Perzentil t/a	365.000
Standardabweichung t/a	144.938
<b>Gesamtproduktionsleistung</b> t/a	<b>4.655.294</b>

(Datenbank Emissionserklärungen Stand 23.01.2009: DB\_EE2004\_23012009.mdb, Abfragedatenbank Stand 15.06.2009: Zellstoff\_und\_Papier\_2009.06.15.mdb;

Abfrage: Papiermaschinen SO2 Produktionsleistung

Auswertung: 6\_Papierfabriken\_SO2\_Produktionsleistung\_(EE)\_2009.10.12.xls)



**Abbildung 5.** Produktionsleistung der Anlagen zur Herstellung von Papier, Karton oder Pappe, die Emissionen von Schwefeldioxid aus dem Anlagenbetrieb erklärt haben (41 valide Datensätze von 52).

(Datenbank Emissionserklärungen Stand 23.01.2009: DB\_EE2004\_23012009.mdb,

Abfragedatenbank Zellstoff\_und\_Papier\_2009.06.15.mdb;

Abfrage: Papiermaschinen SO2 Produktionsleistung

Auswertung: 4\_Papierfabriken\_SO2\_Produktionsleistung (EE)\_2009.10.12.xls)

Die statistische Auswertung der Produktionsleistungen der Anlagen, die Emissionen von Schwefeldioxid erklären, zeigt eine breite Streuung der gemeldeten Daten. Die Angabe von Standardabweichung und Perzentilen beschreibt nicht Unsicherheit des Mittelwertes, sondern spiegelt die unterschiedliche Produktionsleistung der erklärenden Anlagen wieder.

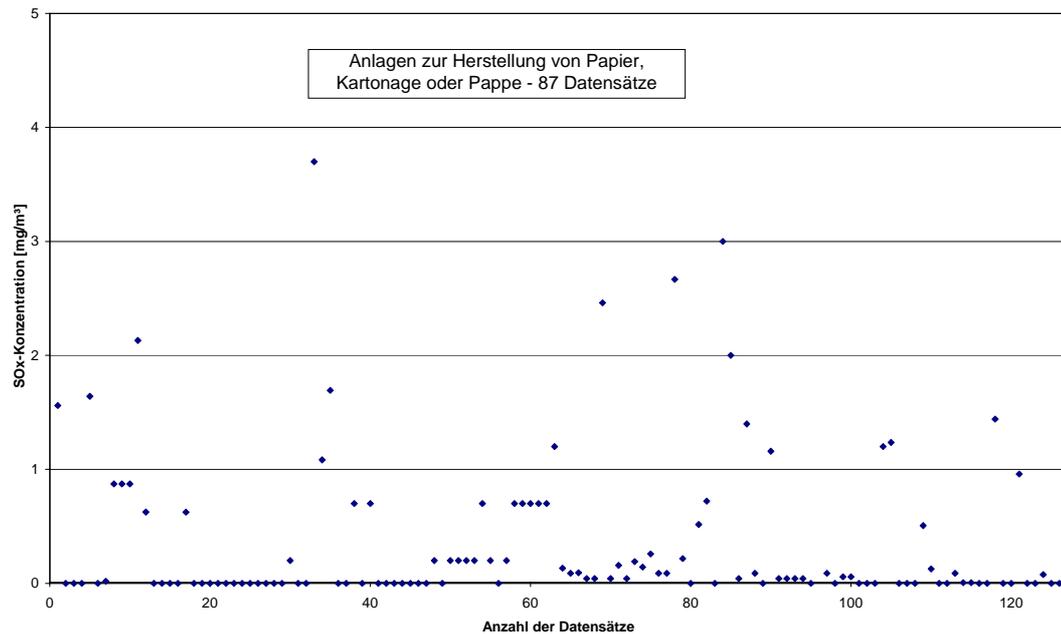
#### 4.6.2 Konzentrationsbezogene Auswertung der erklärten Anlagendaten

Die Anzahl der Datensätze mit Schwefeldioxidkonzentrationsangaben (87 valide) liegt erwartungsgemäß deutlich über der Anzahl von Datensätzen für die Produktionsleistung (41 valide), da die Gesamtproduktionsleistung für die Papiermaschine erklärt wird, an einer Papiermaschine aber mehrere Quellen mit Emissionen vorhanden sein können.

**Tabelle 15.** Ermittlung der mittleren Schwefeldioxidkonzentration im Abgas der Anlagen zur Herstellung von Papier, Karton oder Pappe aus den Emissionserklärungen 2004

		Emissions- erklärungen 2004
Anzahl der Datensätze mit erklärten Emissionen von Schwefeldioxid		127
davon valide Datensätze		87
<b>Mittelwert SO<sub>2</sub>-Konzentration</b>	<b>mg/m<sup>3</sup></b>	<b>1,1</b>
<b>Median SO<sub>2</sub>-Konzentration</b>	<b>mg/m<sup>3</sup></b>	<b>0,2</b>
2,5 %-Perzentil	mg/m <sup>3</sup>	0
97,5 %-Perzentil	mg/m <sup>3</sup>	3
Standardabweichung	mg/m <sup>3</sup>	5

(Datenbank Emissionserklärungen Stand 23.01.2009: DB\_EE2004\_23012009.mdb,  
Abfragedatenbank Stand 15.06.2009: Zellstoff\_und\_Papier\_2009.06.15.mdb;  
Abfrage: Papiermaschinen SO2 Emission  
Auswertung: 7\_Papierfabriken\_SO2\_Konzentration\_(EE)\_2009.10.12.xls)



**Abbildung 6.** Schwefeldioxidkonzentration im Abgas der Anlagen zur Herstellung von Papier, Karton oder Pappe (87 valide Datensätze von 127).

(Datenbank Emissionserklärungen Stand 23.01.2009: DB\_EE2004\_23012009.mdb,  
Abfragedatenbank Zellstoff\_und\_Papier\_2009.06.15.mdb;  
Abfrage: Papiermaschinen SO2 Emission  
Auswertung: 7\_Papierfabriken\_SO2\_Konzentration\_(EE)\_2009.10.12.xls)

Die Konzentrationsverteilung zeigt erwartungsgemäß einen Schwerpunkt der Konzentrationen im Bereich der Nachweisgrenze der gängigen Messmethoden von 1 bis 2 mg/m<sup>3</sup>.

Dies deckt sich insoweit mit den Erwartungen, als erfahrungsgemäß überwiegend praktisch schwefelfreies Erdgas als Brennstoff der Aggregate eingesetzt wird, die direkt an den Papiermaschinen betrieben werden.

#### 4.6.3 Auswertung der erklärten Jahresfracht an Schwefeldioxid

**Tabelle 16.** Zusammenfassung der Schwefeldioxidfracht aus den Emissionserklärungen 2004 für Anlagen zur Herstellung von Papier, Karton oder Pappe

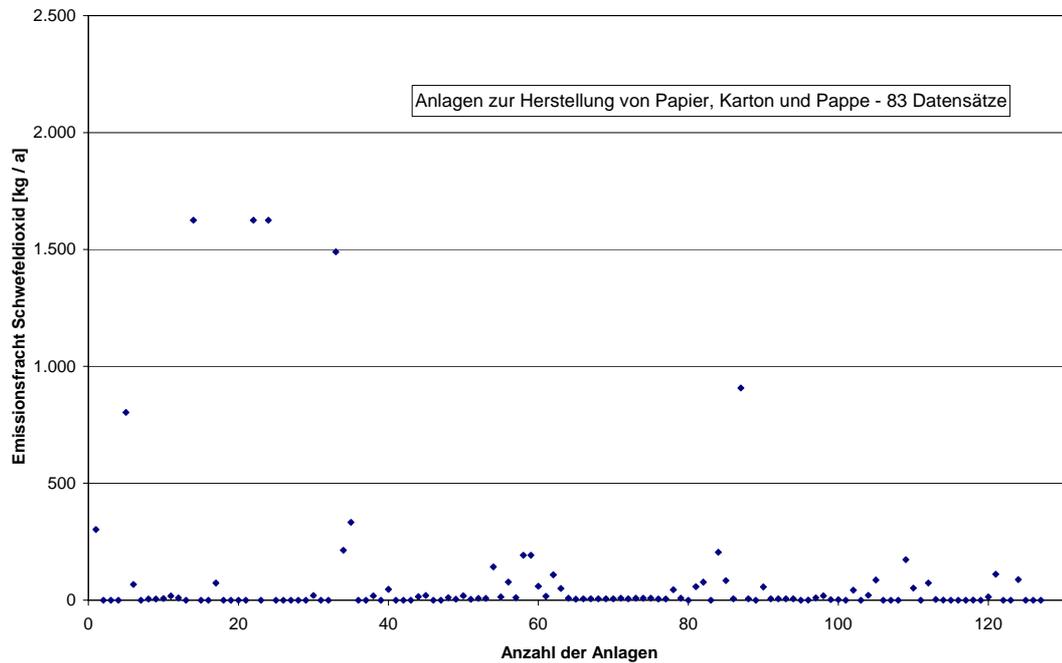
Emission SO <sub>2</sub> aus Emissionserklärungen		Emissions- erklärungen 2004
Anzahl Datensätze		127
davon valide Datensätze		83
<b>Mittelwert Emissionsfracht SO<sub>2</sub>:</b>	<b>kg<sub>SO2</sub> / a</b>	<b>138,8</b>
<b>Median Emissionsfracht SO<sub>2</sub>:</b>	<b>kg<sub>SO2</sub> / a</b>	<b>13,8</b>
<b>Gesamtfracht</b>	<b>kg<sub>SO2</sub> / a</b>	<b>11.517</b>
2,5 %-Perzentil	kg <sub>SO2</sub> / a	0,66
97,5 %-Perzentil	kg <sub>SO2</sub> / a	1.618
Standardabweichung	kg <sub>SO2</sub> / a	358

(Datenbank Emissionserklärungen Stand 23.01.2009: DB\_EE2004\_23012009.mdb,

Abfragedatenbank Stand 15.06.2009: Zellstoff\_und\_Papier\_2009.06.15.mdb;

Abfrage: Papiermaschinen SO2 Emission

Auswertung: 8\_Papierfabriken\_SO2\_E-Faktor\_(EE)\_2009.10.12.xls)



**Abbildung 7.** Emissionsfracht an Schwefeldioxid der Anlagen zur Herstellung von Papier, Karton oder Pappe die Emissionen von Schwefeldioxid erklärt haben (83 valide Datensätze von 127).

(Datenbank Emissionserklärungen Stand 23.01.2009: DB\_EE2004\_23012009.mdb,  
 Abfragedatenbank Zellstoff\_und\_Papier\_2009.06.15.mdb;  
 Abfrage: Papiermaschinen SO2 Emission  
 Auswertung: 8\_Papierfabriken\_SO2\_E-Faktor\_(EE)\_2009.10.12.xls)

Die statistischen Größen 2,5 %-Perzentil, 97,5 %-Perzentil sowie Standardabweichung zeigen die deutliche Streuung der für die einzelnen Emissionsquellen ermittelten Emissionsfrachten. Hieraus erklärt sich auch die Abweichung von Median und Mittelwert. Insbesondere fallen drei vom Betrag her gleiche Werte auf, die die übrigen Angaben um ein Vielfaches übersteigen. Aufgrund der begrenzten Zahl von Einzelwerten prägt deren Einfluss die statistischen Kenngrößen.

#### 4.6.4 Berechnung des produktionsmengenbasierten Emissionsfaktors

Auf der Basis der aus den Daten der Emissionserklärungen 2004 aggregierten Werte für Produktion der Anlagen bzw. Emissionsfracht der den Anlagen zugeordneten Quellen können nachstehende Jahreswerte ermittelt werden.

In der Summe ergibt sich eine Jahresfracht von Schwefeldioxid für die Anlagen zur Herstellung von Papier, Karton oder Pappe von

**11.517 kg<sub>SO2</sub> / a** (siehe Tabelle 16)

Basierend auf den Angaben von Anlagen die eine Gesamtproduktionsleistung gemeldet haben von

**4.655.294 t<sub>Papier</sub> / a** (siehe Tabelle 14)

errechnet sich ein Emissionsfaktor von

**0,0025 kg<sub>SO2</sub> / t<sub>Papier</sub>**

Alternativ zum gewählten Vorgehen können aus den gebildeten Mittelwerten und Medianen gleichfalls Emissionsfaktoren berechnet werden. Diese Möglichkeit wurde allerdings nicht verfolgt, da Produktionsleistung und Emissionsfracht auf unterschiedlichen Grundgesamtheiten basieren. Eine Mittelwertbildung über diese Größen bzw. statistische Auswertungen ist deshalb nicht ohne weiteres möglich.

#### 4.6.5 Unsicherheit des Emissionsfaktors SO<sub>2</sub>

Wie bei der Bewertung der Unsicherheit des Emissionsfaktors für Kohlenmonoxid (Kapitel 4.5.5), gelten hier die gleichen Sachverhalte hinsichtlich der Repräsentativität und systematischen Aspekte der Daten und sind nachstehend nochmals wiedergegeben.

Lediglich 52 der insgesamt 142 Anlagen zur Herstellung von Papier, Karton oder Pappe erklären Emissionen von Schwefeldioxid aus dem Anlagenbetrieb. Die Auswertung basiert auf der Annahme, dass diese 52 Anlagen (davon 41 valide) repräsentativ sind für die Gesamtheit der bestehenden Anlagen. Es scheint jedoch naheliegend, dass es systematische Gründe gibt, weshalb nur rund ein Drittel der Anlagen Schwefeldioxidemissionen erklären. Die Erklärung der Emissionen einer Anlage zur Papierherstellung kann aufgrund der Emission verschiedener Stoffe angezeigt sein (siehe Kapitel 4.3). Die Emission von Schwefeldioxid ist aber nur an Anlagen zu erwarten, die direktbefeuerte Heizaggregate betreiben. Die übrigen Anlagen melden dann keine Emissionen, weil dort keine Emissionen auftreten (bzw. wurden im Zuge der Validierung der Daten ausgeschlossen). Der Emissionsfaktor nach Kapitel 4.6.4 gilt dann ausschließlich für die berichtenden Anlagen. Dies kann so interpretiert werden, dass überwiegend Anlagen zur Herstellung gestrichener grafischer Papiere Emissionen von Schwefeldioxid melden, da diese häufig IR-Strahler oder Schwebetrockner im Produktionsprozess einsetzen.

Der Vergleich der Produktionsmenge (4.655.294 t<sub>Papier</sub> / a gemäß EE 2004) mit den Angaben nach [6] (Produktionsmenge gestrichener grafischer Papiere im Jahre 2006: 4,76 Mio. t) zeigt gute Übereinstimmung.

Findet der Emissionsfaktor nach Kapitel 4.6.4 Anwendung zur Berechnung der Emissionen von Anlagen, die eine andere Technologie einsetzen, so werden deren Emissionen überschätzt.

Unabhängig davon stammen die Daten, die den Emissionserklärungen 2004 zu Grunde liegen überwiegend aus Emissionsmessungen, die im Zuge der Anlagenüberwachung auf der Grundlage der TA Luft durchgeführt werden. Das Konzept der Anlagenüberwachung nach TA Luft fordert die Überwachung der Anlagenemissionen in dem im Hinblick auf den Immissionsschutz ungünstigsten Betriebszustand: Dementsprechend erfolgen Messungen an jeder Quelle (z.B. IR-Strahlerreihen) unter der Prämisse, eine maximale Auslastung zu erreichen. In der Summe muss deshalb eine Überschätzung der Anlagenemissionen unterstellt werden.

In den Emissionserklärungen 2004 sind Schwefeldioxidkonzentrationen erklärt, die zum Teil deutlich über den entsprechenden Erfahrungswerten liegen. Soweit diese Angaben nicht im Rahmen der Plausibilitätsprüfung eliminiert wurden, führen diese hohen Emissionen zu einer Überschätzung der Anlagenemissionen.

Auch bei der Anwendung des Emissionsfaktors auf Anlagen, die direktbefeuerte Aggregate im Produktionsprozess betreiben, führen die beschriebenen Effekte in der Summe zu einer Überbewertung der Emissionen aus dem Anlagenbetrieb. Der gewählte Ansatz kann insofern als konservativ betrachtet werden.

#### 4.7 Energene und produktstämmige Emissionen aus der Produktion von Papier, Karton oder Pappe im Vergleich

Der Herstellungsprozess von Papier, Karton oder Pappe kann im Hinblick auf dessen Emissionen in einen energenen und einen produktstämmigen Bereich unterteilt werden. Wobei die energenen Emissionen auf die Versorgung der Produktionsanlage mit elektrischer Energie (z.B. zum Betrieb der Papiermaschinen, der Pumpen, u.ä.) und Wärmen (insbesondere Dampf zur Beheizung der Trockenwalzen) zurückzuführen sind. Diese Emissionen sind an den Betrieb von kraft- und wärmeerzeugenden Anlagen gekoppelt, die nicht im direkten Zusammenhang mit den Anlagen zur Papierherstellung betrieben werden müssen.

Die produktionsbedingten Emissionen der Papierherstellung stammen im Hinblick auf die Komponenten Schwefeldioxid und Kohlenmonoxid z.B. aus dem Betrieb von IR-Strahlern und Schwebetrocknern, die an den Papiermaschinen betrieben werden und deren Emissionen direkt am Ort der Produktion auftreten.

**Tabelle 17.** Anlagen zur Herstellung von Papier, Karton oder Pappe

	Emissionserklärungen 2004
Anzahl Arbeitsstätten nach 0602.1, 0602.2	142
davon valide Datensätze	113
Anzahl Arbeitsstätten nach 0602.1, 0602.2 mit Emissionen von Kohlenmonoxid	70
davon valide Datensätze	62
Anzahl Arbeitsstätten nach 0602.1, 0602.2 mit Emissionen von Schwefeldioxid	52
davon valide Datensätze	41
Anzahl Arbeitsstätten nach 0602.1, 0602.2 die den Einsatz von Brennstoff für den Anlagenbetrieb melden	97
davon valide Datensätze	70

(Datenbank Emissionserklärungen Stand 23.01.2009: DB\_EE2004\_23012009.mdb,

Abfragedatenbank Stand 15.06.2009: Zellstoff\_und\_Papier\_2009.06.15.mdb;

Abfrage: Papierfabriken

Auswertung: 1\_Papierfabriken\_Brennstoffeinsatz\_2009.10.12.xls

2\_Papierfabriken\_Produktionsleistung\_2009.10.12.xls

3\_Papierfabriken\_CO\_Produktionsleistung\_(EE)\_2009.10.12.xls

6\_Papierfabriken\_SO2\_Produktionsleistung\_(EE)\_2009.10.12.xls)

Die Tatsache, dass nur 68,3 % ( $97 / 142 = 68,3 \%$ ) der Anlagen, für die Emissionen erklärt wurden, den Einsatz von Brennstoffen erklären, kann mit den unterschiedlichen Anlagenkonzepten erklärt werden die im Bereich der Papierherstellung zu Einsatz kommen. Bereinigt um die Angaben, die keine Produktionsanlagen betreffen, verbleiben 70 valide Datensätze, die Primärenergieeinsatz an der Produktionsanlage erklären.

**Tabelle 18.** Brennstoffeinsatz an Anlagen zur Herstellung von Papier, Karton oder Pappe

		Emissions- erklärungen 2004
Anzahl Arbeitsstätten nach 0602.1, 0602.2 die den Einsatz von Brennstoff für den Anlagenbetrieb melden		97
davon valide Datensätze:		70
Gesamtenergieeinsatz:	GJ/a	21.163.156
davon Erdgas:	GJ/a	20.552.500
in % des Gesamtenergieeinsatzes	%	97,1
davon Heizöl EL:	GJ/a	610.656
in % des Gesamtenergieeinsatzes	%	2,9
Produktionsleistung der erklärten Anlagen	t <sub>Papier</sub> / a	6.685.057

(Datenbank Emissionserklärungen Stand 23.01.2009: DB\_EE2004\_23012009.mdb,  
Abfragedatenbank Stand 15.06.2009: Zellstoff\_und\_Papier\_2009.06.15.mdb;  
Abfrage: Papierfabriken  
Auswertung: 1\_Papierfabriken\_Brennstoffeinsatz\_2009.10.12.xls)

Aus der Auswertung der Angaben der Emissionserklärungen 2004 zum Energieeinsatz in den Anlagen zur Papierproduktion können folgende Aussagen abgeleitet werden.

97,1 % (siehe Tabelle 18) der im Bereich der Produktionsanlagen eingesetzten Energie wird aus der Verbrennung von Erdgas gewonnen.

Die Anlagen, die Primärenergieeinsatz bei der Papierproduktion erklären, geben einen spezifischen Energieeinsatz von 3,2 GJ/ t<sub>Papier</sub> an.

Diese Ergebnisse können so interpretiert werden, dass 39,2 % der erklärten Papierproduktion (z.B. die Herstellung gestrichener grafischer Papiere) unter Einsatz von 3,2 GJ/ t<sub>Papier</sub> (überwiegend erzeugt aus der Verbrennung von Erdgas) erfolgt.

#### 4.7.1 Energiebedarf zur Papierherstellung

Im BVT-Merkblatt „Referenzdokument über die Besten Verfügbaren Techniken in der Zellstoff- und Papierindustrie“<sup>12</sup> werden Angaben über den erforderlichen Energieeinsatz zur Herstellung von Papier, Karton oder Pappe im nicht integrierten Produktionsprozess gemacht (Tabelle 19).

**Tabelle 19.** Erforderlicher Energieeinsatz zur Herstellung von Papier, Karton oder Pappe gemäß BVT-Merkblatt

Prozessschritt	Prozesswärme [GJ/t]	Energie <sup>1)</sup> [MWh/t] Δ [GJ/t] <sup>2)</sup>	Gesamtenergie <sup>1)</sup> [GJ/t]	Mittelwert [GJ/t]
Produktion von ungestrichenem Feinpapier	7,0 - 7,5	0,6 – 0,7 / 2,2 – 2,5	9,2 – 10,0	9,6
Produktion von gestrichenem Feinpapier	7,0 - 8,0	0,7 – 0,9 / 2,5 – 3,2	9,5 – 11,2	10,4
Produktion Tissue aus Frischfasern	5,5 - 7,5	0,6 - 1,1 / 2,2 – 4,0	7,7 – 11,5	9,6

<sup>1)</sup> Elektrische und mechanische Energie

<sup>2)</sup> Umrechnung der Angaben nach BVT- Merkblatt [MWh/t] in [GJ/t]

**Tabelle 20.** Gesamtproduktionsmengen gemäß Papierkompass 2008 (Datenbasis 2006)

Prozessschritt	Produktionsmenge [Mio. t/ a]	Energie <sup>1)</sup> [PJ/a]
Papiere, Karton, Pappe	9,3	89,8
Grafische Papiere	10,6	109,5
Hygienepapiere und Sonstige	2,8	27,1
Gesamtmenge	22,7	225,4
Mittlerer spezifischer Energieverbrauch	10,0 GJ/t	

<sup>1)</sup> Produkt aus Produktionsmenge und mittleren spezifischen Energieverbrauch aus Tabelle 19

<sup>12</sup> Dem BVT Merkblatt [7] ist eine deutsche Zusammenfassung vorangestellt, auf deren Seite XIV o.g. Werte angegeben sind. Die Werte liegen unter den entsprechenden Angaben des BVT Merkblattes (vg.. Ziffer 6.2.2.6 Energy demand: 10,8 GJ/t bzw. 14,4 GJ/t unter Berücksichtigung des Wirkungsgrades der Erzeugung von elektrischer Energie) und stellen insofern eine konservative Annäherung Bewertung der Emissionen aus dem Produktionsprozess dar.

Gemäß Tabelle 20 ergibt sich ein gewichteter mittlerer spezifischer Gesamtenergiebedarf zur Herstellung einer Tonne Papier, Karton oder Pappe von 10,0 GJ/t<sup>13</sup>.

Hierbei wurde für die Erzeugung der erforderlichen elektrischen Energie ein Wirkungsgrad von 1 angenommen. Dies unterstellt, dass die entsprechenden Energiemengen in Kraft-Wärmekopplung erzeugt wurden. Auf Basis dieser Annahme ist eine Unterbewertung der erforderlichen Gesamtenergiemenge zu erwarten, woraus ggf. eine Unterbewertung der energienen Emissionen gegenüber den produktstämmigen Emissionen resultiert.

#### 4.7.2 Energene Emissionen aus der Produktion von Papier, Karton oder Pappe

Die Energie zur Produktion von Papier, Karton oder Pappe wird von Anlagen zur Energiezeugung, in Form von Dampf und elektrischer oder mechanischer Energie, bereitgestellt. Diese sind entweder integrierter Bestandteil des Produktionsstandortes oder als externe Energieversorgungseinrichtung mit dem Produktionsbetrieb verbunden. Die Emissionen entsprechender Anlagen sind sehr gut untersucht und in Form von Emissionsfaktoren charakterisiert.

**Tabelle 21.** Emissionsfaktoren für Feuerungsanlagen gem. UMEG [10]

Schadstoff	Heizöl EL	Erdgas	Energiemix Papierproduktion <sup>1)</sup>
	kg/TJ	kg/TJ	kg/TJ
Kohlenmonoxid	9	4,5	4,6
Schwefeldioxid	85	0,5	3,0

<sup>1)</sup> 97,1 % Erdgas und 2,9 % Heizöl EL

Die Berechnung der energienen Emissionen erfolgt unter der Annahme, das zu 97,1 % der Energieträger Erdgas und 2,9 % Heizöl EL zur Energiegewinnung eingesetzt wird; die Zuordnung der Energieträger entsprechend den Ergebnissen unter Kapitel 4.7 <sup>14</sup>.

Auf der Grundlage dieser Vorgehensweise ergeben sich für die Bereitstellung von Wärme und Energie in der Papierproduktion die folgenden spezifischen Emissionen.

<sup>13</sup> Die Gewichtung des mittleren spezifischen Energiebedarfs wurde auf Basis der Annahme vorgenommen, das Papier, Karton und Pappe für Verpackungszwecke mit ungestrichenen Papieren, grafische Papiere mit gestrichenen Papieren und sonstige Papiere (z.B. Hygiene-Papiere) mit Tissue aus Frischfasern gleichgesetzt werden können. Diese Aufteilung bildet die tatsächlichen Verhältnisse nur annähernd ab. Aufgrund der begrenzten Streubreite der Angaben im BVT-Merkblatt ist diese Vorgehensweise für eine Abschätzung des gewichteten mittleren spezifischen Gesamtenergiebedarfs zur Herstellung einer Tonne Papier jedoch hinreichend genau.

<sup>14</sup> Energieträger, die insbesondere bei der integrierten Papierherstellung zum Einsatz kommen (Rinde, Holzabfälle, Deinkingschlämme, Spuckstoffe oder Rejekte ...) bleiben im Rahmen dieser Annahme unberücksichtigt, da deren Einsatz direkt an den Produktionsanlagen nicht zu erwarten ist.

**Tabelle 22.** Emissionsfaktoren von Kohlenmonoxid und Schwefeldioxid bei der Herstellung von Papier, Karton oder Pappe

Schadstoff	Emissionsfaktoren
	kg / t <sub>Papier</sub>
Kohlenmonoxid	0,046
Schwefeldioxid	0,030

#### 4.7.3 Vergleich der energien und produktstämmigen Emissionen aus der Papierherstellung gemäß Emissionserklärungen 2004

Die in den Emissionserklärungen 2004 erklärten Emissionen für Kohlenmonoxid und Schwefeldioxid und die auf der Grundlage der erklärten Energieverbräuche berechneten spezifischen Emissionen sind nachstehend gegenübergestellt.

**Tabelle 23.** Spezifische Emissionen von Kohlenmonoxid und Schwefeldioxid bei der Herstellung von Papier, Karton oder Pappe

Schadstoff	Emissionsfaktoren, berechnet aus dem Gesamt- energieeinsatz	Emissionsfaktoren, aus den Emissions- erklärungen 2004
	kg / t <sub>Papier</sub>	kg / t <sub>Papier</sub>
Kohlenmonoxid	0,046	0,019 <sup>1)</sup>
Schwefeldioxid	0,020	0,0025 <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Emissionsfaktor gemäß Kapitel 4.5;

<sup>2)</sup> Emissionsfaktor gemäß Kapitel 4.6

Die Gegenüberstellung zeigt, dass trotz der konservativen Annahmen die bei der Berechnung der Emissionsfaktoren von Kohlenmonoxid und Schwefeldioxid für den Gesamtenergieeinsatz getroffen wurden, die spezifischen Emissionen aus den Emissionserklärungen 2004 erkennbar geringer ausfallen. Dies entspricht insoweit den Erwartungen, als die erklärten Emissionen nur den Teil der Emissionen beinhalten, die auf dem Energieeinsatz des eigentlichen Produktionsprozesses basieren.

Entsprechend dem in den Emissionserklärungen 2004 erklärten Energieeinsatzes wäre ein Emissionsverhältnis von 1:3 zu erwarten gewesen.

**Tabelle 24.** Erforderlicher spezifische Energieeinsatz zur Herstellung einer Tonne Papier

	<b>Energieeinsatz gemäß BVT – Merkblatt <sup>1)</sup></b>	<b>Energieeinsatz gemäß Emis- sionserklärung 2004</b>
	<b>GJ/t</b>	<b>GJ/t</b>
Spezifischer Energiebedarf	10,0	3,2

1) Gewichteter Mittelwert gemäß Kapitel 4.7.1

Die Ergebnisse der Gegenüberstellung des erforderlichen spezifischen Energieeinsatzes zur Herstellung einer Tonne Papier gemäß BVT – Merkblatt und gemäß Emissionserklärung 2004 (Tabelle 24) können so interpretiert werden, dass die Emissionserklärungen 2004 im wesentlichen für Anlagen mit direktbefeuerten Aggregaten abgegeben wurden, aus deren Betrieb tatsächlich Emissionen auftreten. Die Bereinigung des Datenpools, um Anlagen der Energieerzeugung hat zusätzlich dazu geführt, dass die erklärten Anlagen nicht mehr den gesamten Anlagenbestand in der Bundesrepublik repräsentieren. Stattdessen beinhalten die Emissionserklärungen die Emissionen der Anlagen zur Herstellung gestrichener grafischer Papiere, deren Herstellung mit der direkten Trocknung des gestrichenen Papiers unter Einsatz von Erdgas erfolgt. Hierbei erfolgt etwa die Erzeugung von einem Drittel der Gesamtenergie zur Papierherstellung innerhalb des Produktionsprozesses, wobei mit ähnlichen Emissionen (bezogen auf die eingesetzte Energiemenge) zu rechnen ist wie bei der Energieerzeugung im Kraftwerk.

#### 4.8 Bewertung der Gültigkeit der Emissionsfaktoren für die Zeitreihe 1990 bis 2010

Die Auswertung der Daten der Emissionserklärungen 2004 liefert folgende Daten (vgl. die Zusammenfassung in Kapitel 5):

**Tabelle 25.** Spezifischer Emissionsfaktor gemäß Emissionserklärung 2004 für Anlagen zur Herstellung von Papier, Karton und Pappe für deren Emissionen an Kohlenmonoxid und Schwefeloxide

<b>Schadstoff</b>	<b>Kohlenmonoxid</b>	<b>Schwefeloxide</b>
Spezifischer Emissionsfaktor	0,019 kg <sub>CO</sub> / t <sub>Papier</sub>	0,0025 kg <sub>SO<sub>2</sub></sub> / t <sub>Papier</sub>

Unter Berücksichtigung der Unsicherheit sind die Änderungen des CO bzw. des SO<sub>2</sub>-Emissionsfaktors insgesamt statistisch nicht signifikant.

Daher wird empfohlen, für den Zeitraum 1990 bis 2010 die o.a. Emissionsfaktoren unverändert anzusetzen.

## 5 Zusammenfassung

Für Anlagen zur Papierherstellung (Nr. 6.2 Spalte 1 und 2 der 4. BImSchV) sind Emissionsfaktoren für die Emissionskomponenten Kohlenmonoxid und Schwefeloxide zu bestimmen.

Basis dieser Auswertungen sind die Daten zur Emissionserklärung aus dem Jahre 2004, in denen insgesamt 142 Arbeitsstätten Emissionen aus dem Betrieb von Anlagen zur Herstellung von Papier, Karton und Pappe erklären.

Die Auswertung der Daten der Emissionserklärungen 2004 liefert folgenden Daten:

**Tabelle 26.** Zusammenfassung der Daten gemäß Emissionserklärung 2004 für Anlagen zur Herstellung von Papier, Karton und Pappe für deren Emissionen an Kohlenmonoxid und Schwefeloxide

Schadstoff	Kohlenmonoxid	Schwefeloxide
Anzahl an Arbeitsstätten die Emissionen erklären	70 (62) <sup>1)</sup>	52 (41)
Produktionsleistung der Arbeitsstätten die Emissionen erklären	6.926.198 t <sub>Papier</sub> / a	4.655.294 t <sub>Papier</sub> / a
Anzahl der Quellen bzw. EBV's für die Emissionen angegeben wurden	180 (142)	127 (83)
Jahresemissionen der Arbeitsstätten, die Emissionen erklären	130.483 kg <sub>CO</sub> / a <sub>r</sub>	11.517 kg <sub>SO2</sub> / a <sub>r</sub>
Spezifischer Brennstoffeinsatz	3,2 GJ/t	
Spezifischer Emissionsfaktor	0,019 kg <sub>CO</sub> / t <sub>Papier</sub>	0,0025 kg <sub>SO2</sub> / t <sub>Papier</sub>

<sup>1)</sup> Die jeweils in Klammern angegebenen Werte beziffern die Anzahl an validen Datensätzen die in die Auswertung eingegangen sind.

Der Vergleich der aus den Emissionserklärungen 2004 abgeleiteten Werte für den spezifischen Energieeinsatz und der im BVT-Merkblatt [7] gemachten Angaben zeigt, dass die auf der Basis der Emissionserklärungen 2004 ermittelten Ergebnisse die des BVT-Merkblattes deutlich unterschreiten (Tabelle 27).

**Tabelle 27.** Gegenüberstellung der spezifischen Emissionskenngrößen gemäß den Emissionserklärungen 2004 und dem BVT-Merkblatt, sowie spezifischer Energieeinsatz

	<b>Spezifischer Energieeinsatz</b>	<b>Emissionsfaktor Kohlenmonoxid</b>	<b>Emissionsfaktor Schwefeldioxid</b>
<b>Einheit</b>	<b>GJ/t<sub>Papier</sub></b>	<b>kg/t<sub>Papier</sub></b>	<b>kg/t<sub>Papier</sub></b>
Emissionserklärung 2004	3,2	0,019	0,0025
BVT-Merkblatt	10,0	0,044	0,028

Die Datenbasis der erklärten Emissionen von Kohlenmonoxid und Schwefeldioxid aus dem Betrieb von Anlagen im Jahre 2004 legt den Schluss nahe, dass diese überwiegend Anlagen beschreibt, die direktbefeuerte Aggregate zur Trocknung der Papierbahn einsetzen. Die Kriterien zur Validierung der erklärten Daten wurden deshalb so gewählt, dass sie die Tendenz unterstützen, also explizit alle Anlagen aus dem Kollektiv eliminiert wurden deren Emissionen nicht direkt am Produktionsprozess erfolgen (z.B. Kessel zur Dampferzeugung). Im Datenkollektiv verblieben sind mutmaßlich die Anlagen, die direktbefeuerte Aggregate zur Trocknung der Papierbahn einsetzen (z.B. IR-Strahler oder Schwebetrockner). Da auch hier zusätzlich extern erzeugte Energie (Elektrisch und Wärme) zur Trocknung zum Einsatz kommt, unterschreitet die hierfür erforderliche spezifische Energie (in GJ/t<sub>Papier</sub>) den Gesamtenergiebedarf um den Faktor 3.

Das gleiche Verhältnis bildet sich näherungsweise auch bei den Emissionsfaktoren ab, wobei hier weitere Effekte das Verhältnis der Energiemengen überlagern. Einerseits führt die Art der Messung von Emissionen an Anlagen mit mehreren Quellen systematisch zu einer Überbewertung der Emissionen. Zum anderen ist zu erwarten, dass es bei der direkten Trocknung gestrichener Papiere zur Einbindung von Schwefeldioxid kommt, was die dortigen Emissionen mindert.

Hinsichtlich der ermittelten Emissionsfaktoren bedeutet dies, dass deren Anwendung auf Anlagen beschränkt ist, die zur Trocknung direktbefeuerte Aggregate an der Produktionsanlage einsetzen. Deren Anwendung auf andere Anlagen führt zu einer deutlichen Überbewertung der Emissionen.

Eine Umrechnung auf die gesamte Menge von Papier, Karton und Pappe ist nur unter Berücksichtigung des Verhältnisses der jeweils eingesetzten Produktionstechniken möglich.

## 6 Quellenverzeichnis

### *Gesetzliche Grundlagen*

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

### *Verbandsinformationen*

- [3] VDP Verband Deutscher Papierfabriken e.V. (<http://www.vdp-online.de/papierindustrie.html>)
- [4] Verein der Zellstoff- und Papier-Chemiker und -Ingenieure (Verein ZELLCHEMING) ([http://www.zellcheming.com/fachausschuesse/content\\_uebersicht.php](http://www.zellcheming.com/fachausschuesse/content_uebersicht.php))
- [5] Kennzahlen ([http://www.vdp-online.de/JPK/JPK09\\_Zahlen2009.pdf](http://www.vdp-online.de/JPK/JPK09_Zahlen2009.pdf))
- [6] Kompassdeutsch2009.pdf (<http://www.vdp-online.de>)

### *Literatur*

- [7] Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories
- [8] Integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (IVU) - Referenzdokument über die Besten Verfügbaren Techniken in der Zellstoff- und Papierindustrie mit ausgewählten Kapiteln in deutscher Übersetzung, Umweltbundesamt, <http://www.bvt.umweltbundesamt.de>
- [9] Daten aus Emissionsmessungen der Müller-BBM GmbH an Anlagen zur Papierherstellung
- [10] Emissionsfaktoren-Handbuch Emissionserklärung 2004 der UMEG, Bericht Nr. 4-02/2005
- [11] IPCC 2006 Guidelines: Eggleston, H. S.; Buendia, L.; Miwa, K., et al. (Hg.) (2006): 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Japan

*Verwendete Datenbanken*

- [12] Datenbank Emissionserklärungen Stand 23.01.2009:  
DB\_EE2004\_23012009.mdb
- [13] Abfragedatenbank Stand 05.03.2009:  
EE-Emissionserklärungen\_2009.03.05.mdb
- [14] Zellstoff\_und\_Papier\_2009.06.15.mdb
- [15] EE\_Kodierungen.MDB

*Verwendete Excel-Auswertungen*

- [16] 1\_Papierfabriken\_Brennstoffeinsatz\_2009.10.12.xls
- [17] 2\_Papierfabriken\_Produktionsleistung\_2009.10.12.xls
- [18] 3\_Papierfabriken\_CO\_Produktionsleistung\_(EE)\_2009.10.12.xls
- [19] 4\_Papierfabriken\_CO\_Konzentration\_(EE)\_2009.10.12.xls
- [20] 5\_Papierfabriken\_CO\_E-Faktor\_(EE)\_2009.10.12.xls
- [21] 6\_Papierfabriken\_SO2\_Produktionsleistung\_(EE)\_2009.10.12.xls
- [22] 7\_Papierfabriken\_SO2\_Konzentration\_(EE)\_2009.10.12.xls
- [23] 8\_Papierfabriken\_SO2\_E-Faktor\_(EE)\_2009.10.12.xls
- [24] 9\_Brennstoffspezifische\_Emissionen\_aus\_Reststoffverbrennung.xls

## **Anhang**

### **Brennstoffspezifischer Emissionsfaktor für die Verbrennung von Prozessreststoffen in Papierfabriken**

Unabhängig von der Untersuchung der Emission von Kohlenmonoxid und Schwefeldioxid durch Auswertung der Emissionserklärungen 2004 besteht die Möglichkeit der Bestimmung von Emissionsfaktoren aus Messwerten, die im Zuge der Anlagenüberwachung gemäß BImSchG erfolgt. Als Ergänzung zum vorliegenden Bericht, sind nachfolgend Ergebnisse von Emissionsmessungen zusammengestellt, die die Berechnung eines energiebasierten Emissionsfaktors für ein Brennstoffgemisch aus Rind, Papierfaserreststoffen, Vorklärschlamm und Erdgas ermöglichen.

### **Spezifische Emissionen aus der Verbrennung von Reststoffen in der Papierindustrie**

Bei der Herstellung von Papier, Karton oder Pappe und insbesondere bei der Herstellung der hierfür erforderlichen Faserstoffe fallen prozessbedingt Reststoffströme an. Diese Reststoffe oder daraus gewonnene Energieträger werden prozessintegriert einer thermischen Verwertung zugeführt. Die Verbrennung erfolgt häufig gemeinsam und wird mit Erdgas oder Heizöl gestützt.

Reststoffe die solch einer thermischen Verwertung zugeführt werden sind z.B. Lauge, Rinde, Rejekte und Restfaserschlämme und daraus gewonnene Energieträger wie Biogas.

### **Produktionsbedingte Entstehungsprozesse der Reststoffe**

#### *Rinde:*

Bei der Herstellung von Zellstoff findet überwiegend Holz Verwendung, dass vor seiner Verarbeitung entrindet wird. Die Rindenschnitzel werden in Silos zwischengelagert und anschließend verbrannt. Die erzeugte Wärmeenergie wird dem Produktionsprozess zugeführt

#### *Rejekte:*

Als Rejekte oder Spuckstoffe, bezeichnet man die bei der Altpapieraufbreitung nach dem Pulper anfallenden Stoffe. Sie sind sehr grob strukturiert und haben einen Kunststoffanteil zwischen 70 und 80 %. Weitere Inhaltsstoffe sind Metalle, Steine, Gummiteile, Sand sowie Hausmüllbestandteile aller Art. Sie werden mechanisch entwässert und fallen mit einer Restfeuchte von 25 bis 45 % in loser Schüttung an.

#### *Restfaserschlämme:*

Die faserigen, wasserhaltigen Schlämme enthalten Kurzfasern und Füllstoffe, sogenannte Fangstoffe aus dem Papierverarbeitungsprozess, sowie z. T. Beimengungen wie z.B. Farb-, Pigment- und Klebstoffpartikel. Die Konsistenz liegt je nach Eindickungsgrad zwischen wässrig bis schlammig.

#### *Biogas:*

Im Verarbeitungsprozess der Papierherstellung fällt Überschussschlamm aus einer biologischen Kläranlage an. Der anfallende Schlamm kann als Gärrohstoff für die Biogaserzeugung eingesetzt werden.

### **Ergebnisse von Emissionsmessungen an einer Anlage zur thermischen Verwertung von Reststoffen aus einer Papierfabrik Emissionsmessungen Müller-BBM aus den Jahren 2000 bis 2004**

Die Verbrennung von Reststoffströmen innerhalb des Herstellungsprozesses von Papier ist ein wesentlicher Aspekt der Energieeffizienz moderner Produktionsanlagen und erfolgt typischerweise in eigenständig genehmigten Anlagen, deren Ausstattung den speziellen Anforderung an die Verbrennung dieser Reststoffe Rechnung trägt. An die betreffenden Anlagen werden die Anforderungen nach 17. BImSchV gestellt.

Aufgrund der Spezifik der jeweiligen Anlagenkonzeption können auf der Basis von Messwerten keine allgemeinverbindlichen Aussagen abgeleitet werden. Jedoch zeigen beispielhafte Ergebnisse, in welcher Größenordnung mit Emissionen zu rechnen ist.

#### **Beschreibung der untersuchten Anlage**

Die untersuchte Anlage ist die Rindenverbrennungsanlage einer Papierfabrik und gemäß Ziffer 1.3, Spalte 1 gemäß dem Anhang der 4. BImSchV genehmigt.

Es handelt sich dabei um einen Etagenofen mit nachgeschaltetem Abhitzekeessel und einem Radialstromwäscher zur Rauchgasreinigung.

Als Brennstoff dienen Rindenabfall und Papierschlamm. Je nach Anfall in der Fertigung können - bezogen auf die Trockenmasse - bis zu 1,4 t/h Rinde (atro) und 0,8 t/h Papierschlamm (atro) gemeinsam oder getrennt verfeuert werden.

Entsprechend dem Genehmigungsbescheid ist der Etagenofen so zu betreiben, dass das Abgas, das den Etagenofen verlässt, eine Mindesttemperatur von 750 °C aufweist. Um dies über die gesamte Betriebszeit zu gewährleisten, ist der Ofen mit einer Stütz- oder Zusatzfeuerung ausgerüstet, die mit Erdgas gespeist wird. Der maximale Erdgaseinsatz beträgt 370 m<sup>3</sup>/h.

Der Etagenofen besteht aus 8 Herden, wobei die obersten drei Herde zum Trocknen der eingefahrenen Rinde und des Papierschlammes dienen. Auf den darunterliegenden 4 Herden findet die Verbrennung statt. Die Stützfeuerung befindet sich in Höhe des 6. Herdes. Der unterste 8. Herd dient als Kühlzone für die anfallende Asche.

**Technische Daten**

- Verbrennungsöfen

Bauart:	Etagenöfen
max. Feuerungswärmeleistung:	9,2 MW
Anzahl der Herde:	8

- Dampfkesselanlage

Bauart:	Abhitzekeßel
Herstell-Nr.:	3285
Baujahr:	1981
Leistung:	9,0 t/h Dampf
Betriebsüberdruck:	49 bar

**Ergebnisse von Emissionsmessungen an einer Rindenverbrennungsanlage**

Die nachstehenden Ergebnisse wurden im Laufe mehrerer Jahre einer Anlage zur Papierherstellung ermittelt.

**Tabelle 28.** Ergebnisse und Auswertung von Emissionsmessungen an einer Rindenverbrennungsanlage

Anzahl ausgewerteter Messreihen		12
Mittlere Brennstoffzusammensetzung		
Rinde	%	52,5
PFRS <sup>1)</sup>	%	10,2
Biomech. Reststoff	%	5,8
Erdgas	%	31,4
(prozentualer Anteil an der Gesamtfeuerungswärmeleistung)		
Mittlere Feuerungswärmeleistung	<b>GJ/h</b>	22,2
<b>Mittlerer Emissionsmassenstrom SO<sub>2</sub></b>	<b>kg/h</b>	<b>0,024</b>
<b>Spezifischer Emissionsfaktor SO<sub>2</sub></b>		
<b>Arithmetischer Mittelwert</b>	<b>kg SO<sub>2</sub>/GJ</b>	<b>0,0105</b>
<b>Median</b>	<b>kg SO<sub>2</sub>/GJ</b>	<b>0,00078</b>

<sup>1)</sup> PFRS = Papierfaserreststoffe

(Auswertung: 9\_Brennstoffspezifische\_Emissionen\_aus\_Reststoffverbrennung.xls)