



# Emissionen des Schienen- verkehrs in Sachsen

Schriftenreihe, Heft 2/2012



# Entwicklung und Anwendung einer Methode zur Ermittlung der Emissionen aus dem Rangierbetrieb und dem Schienen- personenfern- und -güterverkehr

Dr. Falk Richter, Wolfram Schmidt, Peter Wolf

<b>1</b>	<b>Zielstellung</b> .....	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Aktualisierung der Geodaten</b> .....	<b>8</b>
2.1	Flutschäden im sächsischen Schienennetz 2002 .....	8
2.2	Neubaustrecken im sächsischen Schienennetz.....	9
<b>3</b>	<b>Aktualisierung der Emissionen des SPFV und SGV</b> .....	<b>10</b>
3.1	Schienenpersonenfernverkehr (SPFV) .....	11
3.1.1	Erhebung streckenfeiner Zugkilometer und Fahrzeugdaten .....	12
3.1.2	Emissionsfaktoren.....	14
3.1.2.1	Motorbedingte Emissionsfaktoren.....	14
3.1.2.2	Nicht motorbedingte Emissionsfaktoren.....	15
3.1.3	Emissionsbilanz des Schienenpersonenfernverkehrs 2010 .....	17
3.2	Schienengüterverkehr (SGV) .....	19
3.2.1	Emissionsdaten des DB Umweltzentrums .....	19
3.2.2	Emissionsbilanz des Schienengüterverkehrs 2010.....	23
<b>4</b>	<b>Lage und Emissionen der Rangierbahnhöfe</b> .....	<b>25</b>
<b>5</b>	<b>Datenfortschreibung</b> .....	<b>27</b>
5.1	Relevanzbetrachtungen .....	28
5.2	Fortschreibung auf Basis strecken- bzw. anlagenspezifischer Daten .....	33
5.3	Fortschreibung auf Basis von Fortschreibungsfaktoren .....	34
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>36</b>
<b>7</b>	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>38</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Flutschäden an sächsischen Bahnanlagen durch das Augusthochwasser 2002.....	9
Abbildung 2:	Ergänzte Neubaustrecken im GIS des sächsischen Schienennetzes .....	10
Abbildung 3:	Methodik der Emissionsberechnung SPFV im sächsischen Emissionskataster [5].....	12
Abbildung 4:	Vergleich SPFV-Strecken im bisherigen Emissionskataster (Stand 2008) zu SPFV-Strecken nach Fahrplan 2010.....	14
Abbildung 5:	PM2.5-, PM10-Emissionen aus Abriebsprozessen DB AG 2006 [10], [14].....	16
Abbildung 6:	Emissionen des SPFV in Sachsen 2010 nach Traktionsart (t/a) .....	17
Abbildung 7:	Vergleich Fahrleistungen, Emissionsmengen SPFV 2008/2010.....	18
Abbildung 8:	Streckenspezifische NO <sub>x</sub> -Emissionen im SPFV 2010 .....	18
Abbildung 9:	Vergleich SGV-Strecken im bisherigen Emissionskataster (Stand 2008) zu SGV-Strecken nach BUZ 2010.....	21
Abbildung 10:	Anteil NE-Bahnen an der SGV-Verkehrsleistung (tkm) in Deutschland [11].....	22
Abbildung 11:	SGV-Gesamtemissionen (t/a) Sachsen 2010 .....	23
Abbildung 12:	Vergleich Emissionsmengen SGV 2008/2010 .....	24
Abbildung 13:	Streckenspezifische NO <sub>x</sub> -Emissionen im SGV 2010.....	25
Abbildung 14:	Motorbedingte Emissionen der sächsischen Rangierbahnhöfe 2010 [BUZ].....	26
Abbildung 15:	Lage der Rangierbahnhöfe im sächsischen Emissionskataster.....	27
Abbildung 16:	Schieneverkehrsemissionen (t/a) in Sachsen nach Emittenten 2008/2010 .....	29
Abbildung 17:	Gesamtverkehrsemissionen (t/a) in Sachsen nach Emittenten 2008/2010 .....	29
Abbildung 18:	Lokaler Einfluss des Rbh Dresden auf die verkehrlichen NO <sub>x</sub> -Emissionen .....	30
Abbildung 19:	Lokaler Einfluss des Rbh Engelsdorf auf die verkehrlichen NO <sub>x</sub> -Emissionen.....	30
Abbildung 20:	Lokaler Einfluss des Rbh Riesa auf die verkehrlichen NO <sub>x</sub> -Emissionen.....	31
Abbildung 21:	Lokaler Einfluss des Rbh Zwickau auf die verkehrlichen NO <sub>x</sub> -Emissionen.....	31
Abbildung 22:	Verkehrliche NO <sub>x</sub> -Emissionen (t/a) in den Rasterfeldern der Rangierbahnhöfe nach Verkehrsart .....	32
Abbildung 23:	Verkehrliche PM10-Emissionen (t/a) in den Rasterfeldern der Rangierbahnhöfe nach Verkehrsart .....	32
Abbildung 24:	Entwicklung der Verkehrsleistung im SGV und SPFV in Deutschland [11], [15].....	34
Abbildung 25:	Entwicklung der Verkehrsleistung im SGV in Sachsen und Deutschland [11], [15], [16].....	35

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Datenlage zu Emissionen des Schienenverkehrs im DB Umweltzentrum .....	11
Tabelle 2:	Kursbuchstrecken des SPFV in Sachsen 2010 nach Traktionsart [6] .....	13
Tabelle 3:	Fahrzeugeinsatz im sächsischen SPFV 2010 nach Traktionsart [6] .....	13
Tabelle 4:	Emissionsfaktoren der SPFV-Dieseltriebwagen in Sachsen und im bundesdeutschen Mittel [7], [8].....	15
Tabelle 5:	Anteil der PM10-Fraktion am Gesamtabrieb nach Abriebsquelle [9], [14].....	15
Tabelle 6:	Emissionsfaktoren für PM2.5- sowie PM10-Abrieb in g/Zugkilometer 2006 [10].....	16
Tabelle 7:	Verwendete Daten des BUZ im SGV .....	19
Tabelle 8:	Beispieldatensatz Streckennummer 6207 Emissionskataster BUZ 2010.....	20
Tabelle 9:	Streckenstilllegungen im sächsischen Schienennetz seit 2001 [12] .....	21
Tabelle 10:	Nicht motorbedingte Emissionen der sächsischen Rangierbahnhöfe 2010 [BUZ] .....	26

## Abkürzungsverzeichnis

BR	Baureihe
BUZ	Bahn-Umweltzentrum
DB AG	Aktiengesellschaft Deutsche Bahn
Dk	Dieselmotorkraftstoff
ESTW	Elektronisches Stellwerk
EU	Europäische Union
GIS	Geographisches Informationssystem
KBS	Kursbuchstrecke
Mio.	Millionen
Mrd.	Milliarden
NE-Bahnen	Nichtbundeseigene Eisenbahnunternehmen
Pkm	Personenkilometer
Rbh	Rangierbahnhof
SGV	Schienengüterverkehr
SPFV	Schienenpersonenfernverkehr
SPNV	Schienenpersonennahverkehr
STRN	Streckennummer
Tfz	Triebfahrzeug
tkm	Tonnenkilometer
VVO	Verkehrsverbund Oberelbe
ZVON	Zweckverband Verkehrsverbund Oberlausitz-Niederschlesien

# 1 Zielstellung

Das Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) ist für die Führung des Emissionskatasters und die Veröffentlichung der Emissionsberichte zuständig. Der Schienenverkehr gehört zum Teil Verkehr, der insgesamt die Luftqualität in Sachsen entscheidend beeinflusst. Die Emissionen aus lokalen Verbrennungsprozessen werden im Emissionskataster streckenfein für die Diesel- und Dampftraktion für alle Eisenbahnstrecken des öffentlichen Verkehrs ausgewiesen. Bahnen des nichtöffentlichen Verkehrs (Werks- und Industriebahnen) sowie Straßenbahnen werden nicht berücksichtigt. Für die Berechnung der PM10-Emissionen aus Abrieb und Aufwirbelung wird darüber hinaus auch die Fahrleistung der Elektrotraktion erhoben.

Die Berechnung der jährlichen Emissionen erfolgt getrennt nach den Arten

- Schienen-Personen-Nah-Verkehr (SPNV)
- Schienen-Personen-Fern-Verkehr (SPFV)
- Schienen-Güter-Verkehr (SGV)

auf Basis der Jahresfahrleistungen sowie spezifischer Emissionsfaktoren.

Die jährliche Fortschreibung der Emissionen erfolgt prinzipiell entweder mittels absoluter aktueller Daten oder über Fortschreibungsfaktoren für jede Schienenverkehrsart separat. Seit Erarbeitung des Schienenverkehrsmoduls im Emissionskataster 1999 erfolgte eine Fortschreibung auf Basis absoluter Daten lediglich für den Schienenpersonennahverkehr. Dazu werden von den sächsischen Verkehrsverbänden Daten zu den gefahrenen Zug-Kilometern unter Angabe des Triebwagentyps auf den einzelnen Linien erhoben. Die Aktualisierung der Fahrleistungsdaten für den SPFV könnte prinzipiell mit hohem manuellen Aufwand anhand der aktuellen Kursbücher vorgenommen werden, die Daten zu den eingesetzten Fahrzeugen müssten dazu allerdings bei der DB AG abgefragt werden.

Problematisch ist zurzeit besonders die Fortschreibung der Daten für den SGV, weil sich seit 1999 hier viele Veränderungen ergeben haben. Während in der Vergangenheit im Wesentlichen die DB AG im SGV aktiv war, ist in den letzten Jahren der Anteil nicht staatlicher Eisenbahnunternehmen deutlich gestiegen. Die Daten zum Schienenpersonenfern- und Schienengüterverkehr sind somit veraltet, der Rangierbetrieb wird bisher nicht berücksichtigt. Sachgerechte Stellungnahmen und Datenlieferungen erfordern aber aktuelle Daten.

Die Daten bilden die Grundlage für Stellungnahmen des LfULG zu Verursacheranteilen an Luftschadstoffbelastungen, z. B. für Luftreinhaltepläne. Sie dienen zur Ermittlung von Vorbelastungswerten für Planungsvorhaben der jeweiligen Vorhabensträger, zur Erfüllung von Berichtspflichten von Städten bei EU-Förderprojekten und als Eingangsgrößen in Forschungsvorhaben.

Ziel des Projektes ist deshalb die Aktualisierung bzw. Erweiterung der Datengrundlage zur Berechnung und Fortschreibung der Schienenverkehrsemissionen im Bereich des Güterverkehrs und des Schienenpersonenfernverkehrs sowie deren georeferenzierter Abbildung im GIS unter Einbeziehung der Emissionen des Rangierbetriebs. Die Beschreibung des Ist-Zustandes bezieht sich dabei auf das Jahr 2010.

Um Aussagen zu den emissionsseitigen Auswirkungen der Datenaktualisierung bzgl. der bestehenden Datenlage im SPFV und SGV des sächsischen Emissionskatasters treffen zu können, erfolgen vergleichende Betrachtungen der Emissionsbilanzen der beiden Datenstände. Zur künftigen Fortschreibung der Emissionen werden in Abhängigkeit von Relevanz und Datenverfügbarkeit verschiedene Möglichkeiten aufgezeigt und diskutiert. Dementsprechend ergeben sich folgende Arbeitsschritte:

- Arbeitsschritt 1: Aktualisierung der Geodaten
- Arbeitsschritt 2: Aktualisierung Emissionen Schienenpersonenfern- und Schienengüterverkehr
- Arbeitsschritt 3: Lage und Emissionen der Rangierbahnhöfe
- Arbeitsschritt 4: Datenfortschreibung

## 2 Aktualisierung der Geodaten

Zur georeferenzierten Abbildung der streckenspezifischen Emissionen im sächsischen Emissionskataster ist eine Aktualisierung des derzeitigen sächsischen Schienennetzes im GIS notwendig. Der Schwerpunkt liegt dabei einerseits in der Überprüfung der Strecken, die durch das Augusthochwasser 2002 beschädigt und in Folge dessen temporär nicht befahren wurden, andererseits in der Recherche relevanter Neubaustrecken, die noch nicht im GIS enthalten sind.

### 2.1 Flutschäden im sächsischen Schienennetz 2002

Im August 2002 kam es durch das Hochwasser der Elbe sowie deren südlicher Nebenflüsse in Sachsen an folgenden Bereichen der Bahnanlagen zu betriebsbeeinträchtigenden Zerstörungen [1]:

- Zwei Brücken östlich Riesas auf der Bahnstrecke Leipzig-Dresden, Abschnitt Röderau  
(wiederhergestellt: Ende Oktober 2002<sup>1</sup>)
- Beschädigung Dresden-Tharandt-Klingenberg-Colmnitz
- Elektronisches Stellwerk (ESTW) Pirna  
(Wiederhergestellt: Oktober 2002)
- Leipzig-Cottbus: Muldenbrücke bei Eilenburg
- vier Strecken im Netz der Erzgebirgsbahn
- Flöhatalbahn  
(wiederhergestellt: 29. Januar 2005 Chemnitz-Olbernhau, 5. November 2005 Olbernhau-Olbernhau-Grünthal<sup>2</sup>)
- Meißen-Leipzig unterbrochen
- Müglitztalbahn Heidenau-Glashütte beschädigt  
(wiederhergestellt: 11. Dezember 2002)
- Dresden-Hauptbahnhof beschädigt
- Schmalspurbahn Weißeritztalbahn: Freital-Hainsberg-Kipsdorf.  
(wiederhergestellt: Freital-Hainsberg-Dippoldiswalde 14. Dezember 2008<sup>3</sup>)

Bis auf die Zerstörung im Bereich der Weißeritztalbahn sind die aufgeführten Schäden an den sächsischen Bahnanlagen wieder behoben.

Der Verkehr der Weißeritztalbahn führte bis August 2002 von Freital-Hainsberg nach Kipsdorf. Ende 2008 wurde lediglich der nördliche Abschnitt bis Dippoldiswalde wieder für den Verkehr freigegeben. Der südliche Abschnitt von Kipsdorf nach Dippoldiswalde ist derzeit noch nicht wieder befahrbar.

Abbildung 1 zeigt die Lage der Flutschäden im Schienennetz des sächsischen Emissionskatasters. Danach sind sämtliche von Flutschäden betroffenen Strecken im GIS enthalten. Es erfolgte demnach nach 2002 im Emissionskataster keine Änderung in der Digitalisierung des Schienennetzes, die temporäre Einstellung des Schienenverkehrs auf den betroffenen Strecken wurde lediglich durch entsprechend geänderte Zuweisungen der Fahrleistungsdaten berücksichtigt. Dieses Vorgehen ist zur Abbildung der berechneten Schienenverkehrsemissionen korrekt. Aus diesem Grunde wurde auch der noch nicht wieder befahrbare südliche Abschnitt der Weißeritztalbahn von Kipsdorf nach Dippoldiswalde nicht aus dem GIS gelöscht, diesem Abschnitt werden lediglich keine Fahrleistungen und somit keine Emissionen zugewiesen.

<sup>1</sup> <http://www.pro-bahn.de/mitteldeutschland/archiv/akt-02-4.htm>

<sup>2</sup> [http://www.pressrelations.de/new/standard/result\\_main.cfm?r=209828&sid=&aktion=jour\\_pm&print=1&pdf=1](http://www.pressrelations.de/new/standard/result_main.cfm?r=209828&sid=&aktion=jour_pm&print=1&pdf=1)

<sup>3</sup> [http://www.bvo-annaberg.de/dokumente/pdf/HK\\_PL\\_210808.pdf](http://www.bvo-annaberg.de/dokumente/pdf/HK_PL_210808.pdf), [http://www.igweisseritztalbahn.de/pdf/HK\\_PL\\_081006\\_Tarif.pdf](http://www.igweisseritztalbahn.de/pdf/HK_PL_081006_Tarif.pdf)

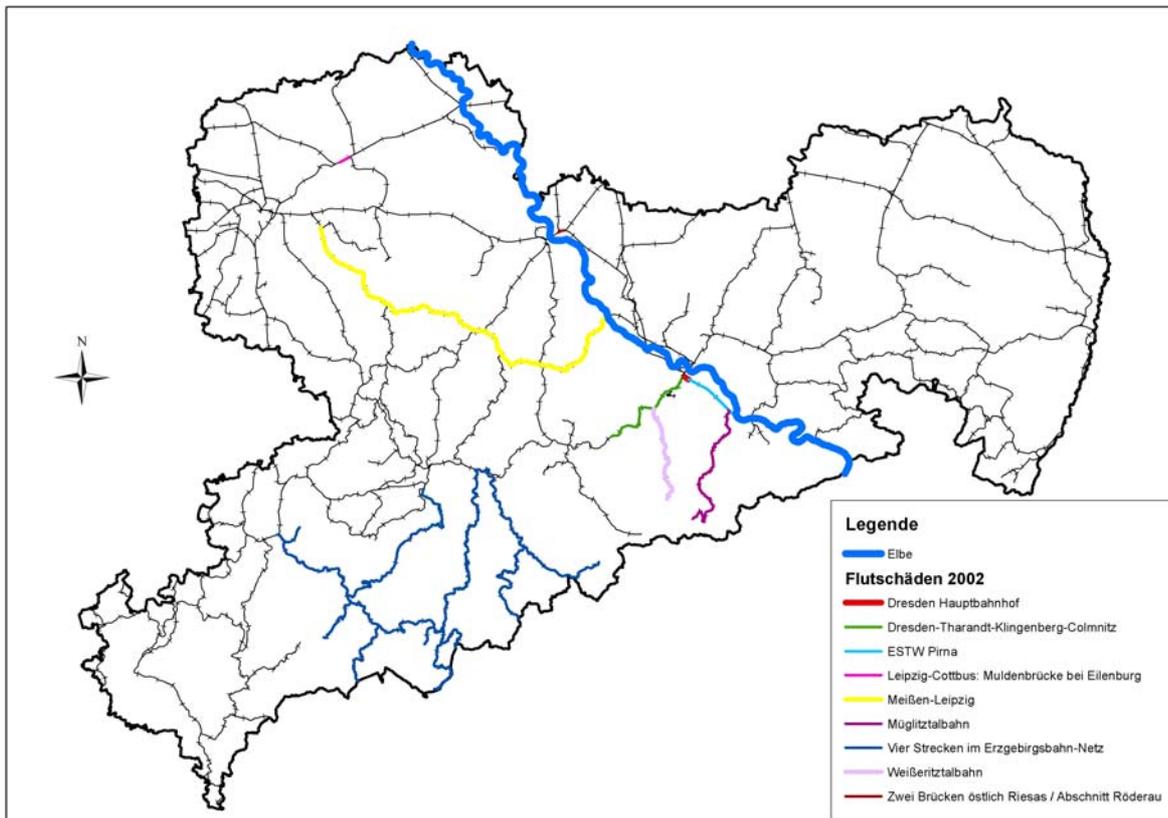


Abbildung 1: Flutschäden an sächsischen Bahnanlagen durch das Auguthochwasser 2002

## 2.2 Neubaustrecken im sächsischen Schienennetz

Ein Vergleich des Schienennetzes des sächsischen Emissionskatasters mit dem aktuellen Schienennetz zeigt zwei relevante Neubaustrecken [2]:

- von Leipzig nach Gröbers mit dem neuen Leipziger Flughafenbahnhof
- Arnsdorfer Kurve

Die Strecke von Leipzig nach Gröbers ist Teil des Verkehrsprojektes Deutsche Einheit Nr.8: Nürnberg-Erfurt-Halle/Leipzig-Berlin. Im April 1998 wurde mit den Bauarbeiten für die 123 km lange Neubaustrecke Erfurt-Leipzig/Halle begonnen. Fertig gestellt und in Betrieb ist seit Juni 2003 der 23 km lange Abschnitt von Leipzig nach Gröbers mit den Einbindungen und dem neuen Leipziger Flughafenbahnhof. Die außerhalb Sachsens liegende Reststrecke soll im Dezember 2015 in Betrieb genommen werden [3].

Die Bauarbeiten zum Neubau der Arnsdorfer Kurve begannen im April 2009, die Inbetriebnahme erfolgte im Oktober 2009. Dadurch werden direkte Zugfahrten von Dresden nach Kamenz ermöglicht, weil der Halt in Arnsdorf mit Fahrtrichtungswechsel sowie das Warten auf den Gegenzug entfallen [4].

Die beiden Neubaustrecken wurden im Schienennetz des sächsischen Emissionskatasters auf Basis des Eisenbahnatlas Deutschland [2] digitalisiert (siehe Abbildung 2).

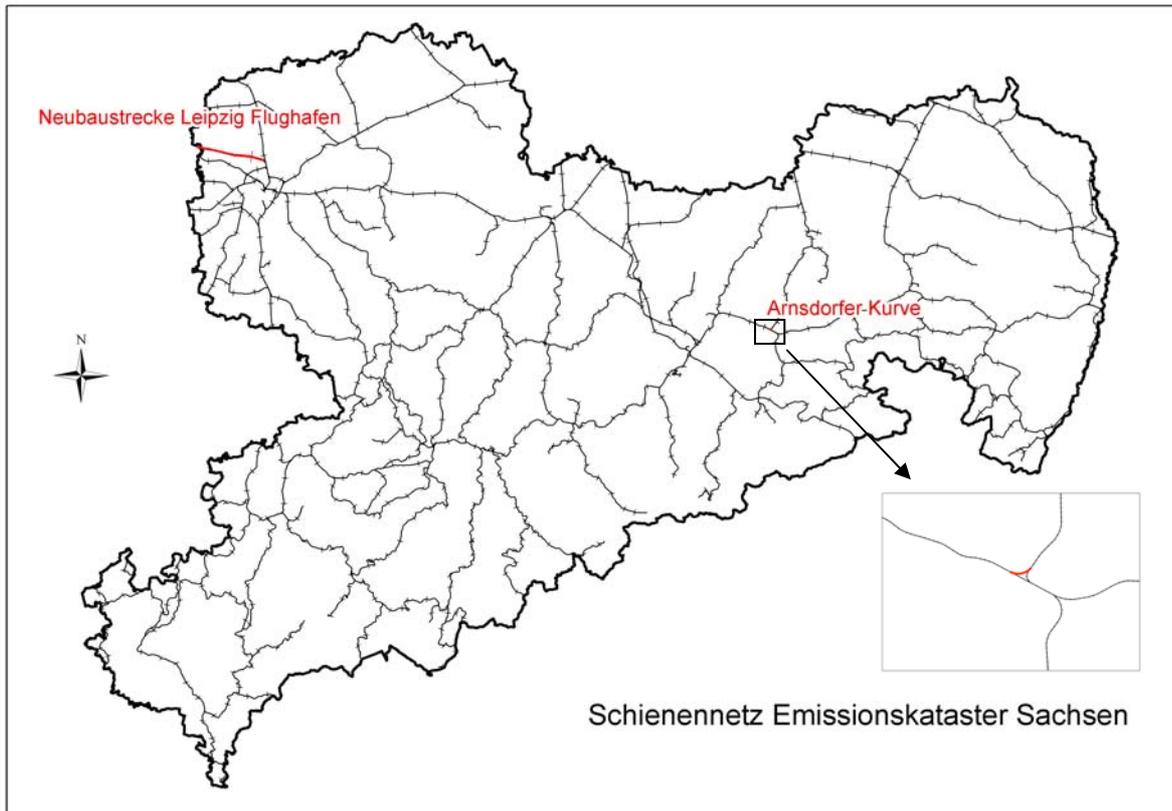


Abbildung 2: Ergänzte Neubaustrecken im GIS des sächsischen Schienennetzes

### 3 Aktualisierung der Emissionen des SPFV und SGV

Die Berechnung der Schienenpersonenfern- und Schienengüterverkehrsemissionen erfolgt im bisherigen sächsischen Emissionskataster auf Basis der Zugzahlen der Deutschen Bahn (DB AG) sowie streckenspezifischer Emissionsfaktoren.

Eine wichtige Datenquelle zur Aktualisierung der Schienenverkehrsemissionen ist das Emissionskataster des DB Umweltzentrum (BUZ). Darin werden die jährlichen Emissionen des Schienenverkehrs der DB AG getrennt nach den Unternehmensbereichen Schienenpersonennah- und -fernverkehr, Güterverkehr sowie Leer- und Rangierfahrten berechnet.

Neben den Emissionen der DB AG werden vom BUZ weiterhin die Emissionen der nicht bundeseigenen Eisenbahnunternehmen (NE-Bahnen) abgeschätzt, weil der Anteil der NE-Bahnen in den vergangenen Jahren insbesondere im Güterverkehr kontinuierlich gestiegen ist<sup>4</sup>. Weil die Strecken der NE-Bahnen im Fahrplan enthalten sind, wurden die Fahrleistungen im Schienenpersonenfernverkehr im bisherigen Emissionskataster mit erfasst. Im Güterverkehr wurden bisher jedoch lediglich die durch die DB AG verursachten Emissionen berücksichtigt. Im Emissionskataster des BUZ werden die Emissionen der DB AG streckenfein ausgewiesen, die Emissionen der NE-Bahnen liegen nur als Gesamtsumme für Sachsen vor<sup>5</sup>.

<sup>4</sup> [http://mofair.de/content/20110519\\_wettbewerber-report-eisenbahn-2010-2011.pdf](http://mofair.de/content/20110519_wettbewerber-report-eisenbahn-2010-2011.pdf)

<sup>5</sup> Internes Schreiben Andreas Löchter, DB Umweltzentrum, 07.02.2011

**Tabelle 1: Datenlage zu Emissionen des Schienenverkehrs im DB Umweltzentrum**

Unternehmensbereich		Motorbedingte Emissionen <sup>1)</sup>	nicht motorbedingte Emissionen <sup>2)</sup>
SPNV	DB AG	Dieseltraktion streckenfein	Diesel- und Elektrotraktion streckenfein
	NE-Bahnen	als Gesamtwert SPFV, SPNV für Sachsen	keine Angaben
SPFV	DB AG	Dieseltraktion streckenfein	Diesel- und Elektrotraktion streckenfein
	NE-Bahnen	als Gesamtwert SPFV, SPNV für Sachsen	keine Angaben
SGV	DB AG	Dieseltraktion streckenfein	Diesel- und Elektrotraktion streckenfein
	NE-Bahnen	als Gesamtwert SGV für Sachsen	keine Angaben
Leerfahrten/Rangierfahrten	DB AG	Dieseltraktion streckenfein	Diesel- und Elektrotraktion streckenfein

<sup>1)</sup> Verbrauch, CO<sub>2</sub>, NMHC, CO, NO<sub>x</sub>, PM10, CH<sub>4</sub>, SO<sub>2</sub>

<sup>2)</sup> PM10

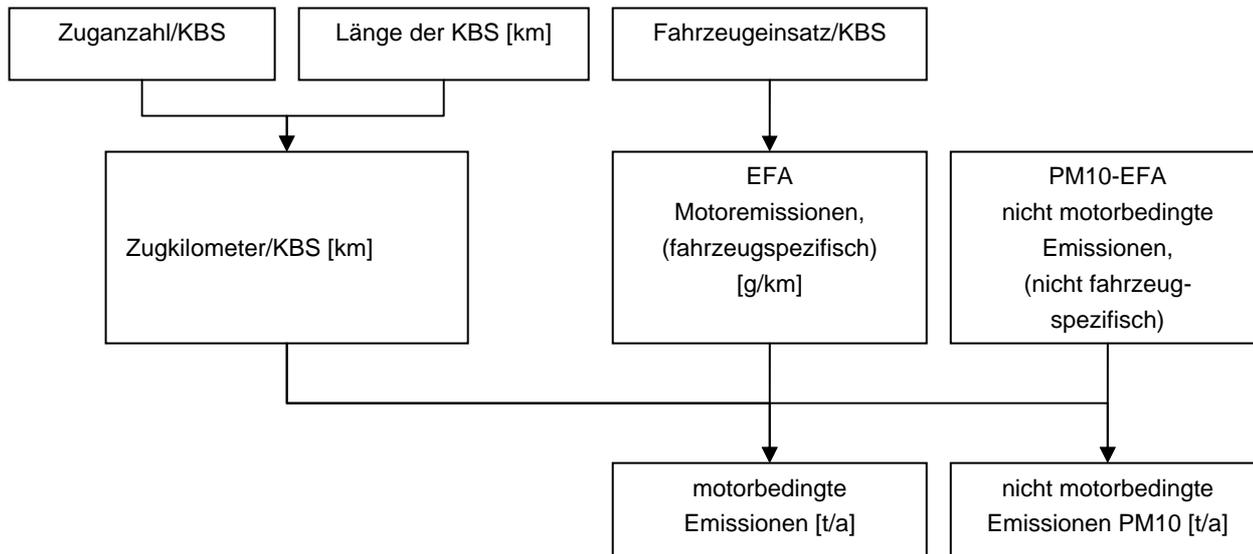
Zu der aufgezeigten Datenlage wurden vom BUZ folgende Anmerkungen gemacht:

- Zugfahrten als Rohdaten werden vom BUZ grundsätzlich nicht herausgegeben, um Diskussionen im Zusammenhang mit der Liberalisierung im Eisenbahnverkehr sowie schalltechnischen Untersuchungen zu vermeiden.
- Die Berechnung der NE-Bahnen erfolgt in Anlehnung an die Grunddaten der DBAG und ist als grobe Schätzung zu betrachten. Abstimmungen mit NE-Bahnen gibt es nicht. Deshalb nimmt das BUZ auch Abstand von einer streckenabschnittsfeinen Darstellung, weil dies eine zu hohe Genauigkeit suggerieren würde. Eingeflossen sind aber die fahrplanmäßigen Zugfahrten der Dritten auf dem Netz der DB AG und eine angenommene Pauschalmotorisierung. Eine Unterteilung nach Personen- und Güterverkehr ist möglich.
- Der Abrieb enthält neben dem Oberleitungs- und Bremsabrieb auch den Rad/Schiene-Abrieb. Die zugrunde gelegten Abriefaktoren berücksichtigen bahninterne Verschleißkenngrößen, systematische Untersuchungen liegen nicht vor.
- Emissionsfaktoren je Baureihe veröffentlicht das BUZ grundsätzlich nicht.

Die Daten des BUZ sowie die Nutzung des GIS-Netzes sind kostenpflichtig. Eine Implementierung des GIS-Netzes des BUZ in das sächsische Emissionskataster stand zudem im Rahmen des vorliegenden Projektes außer Frage, weil die kompletten Auswertelgorithmen des Emissionskatasters umgestellt werden müssten. Aus diesem Grunde wurde von der Nutzung des GIS-Netzes des BUZ kein Gebrauch gemacht. Die Emissionsdaten des BUZ wurden in den Fällen erworben, wo die Emissionen nicht aus frei zugänglichen Quellen berechnet werden konnten.

### 3.1 Schienenpersonenfernverkehr (SPFV)

Die Berechnung der streckenspezifischen Emissionen des SPFV erfolgt im sächsischen Emissionskataster nach der in Abbildung 3 dargestellten Methodik. Zur Abbildung der Emissionen im GIS liegt eine Zuordnung der Kursbuchstrecken (KBS) zu den Streckenabschnitten im GIS vor.



**Abbildung 3: Methodik der Emissionsberechnung SPFV im sächsischen Emissionskataster [5]**

Nach der dargestellten Methodik werden die Aktivitätsdaten in Form von Zugkilometern nach Kursbuchstrecke erhoben. Die streckenspezifischen Emissionsfaktoren für die motorbedingten Emissionen werden über den Fahrzeugeinsatz auf den Kursbuchstrecken und die entsprechenden Emissionsfaktoren der jeweils eingesetzten Fahrzeuge ermittelt. Die Faktoren der nicht motorbedingten PM10-Emissionen liegen nicht fahrzeugspezifisch, sondern lediglich pro Zugkilometer vor. Durch Multiplikation von Aktivitätsdaten und Emissionsfaktoren lässt sich die absolute Emissionsmenge berechnen.

Diese Methodik ist prinzipiell zielführend, sodass sie in der vorliegenden Untersuchung zur Aktualisierung der SPFV-Emissionen beibehalten wurde. Allerdings wurden im Gegensatz zum bisherigen Vorgehen auch die Fahrleistungen der Elektrotraktion streckenfein erhoben. Durch die Elektrotraktion werden zwar keine lokalen Emissionen aus Verbrennungsprozessen wie bei der Dieseltraktion verursacht, sie tragen jedoch gleichermaßen zur Emission von nicht motorbedingtem PM10 bei.

Aus der beschriebenen Methodik und Zielstellung heraus ergaben sich für die Aktualisierung der SPFV-Emissionen folgende Schwerpunkte für die Erhebung der Eingangsdaten:

- streckenfeine Zugkilometer
- streckenfeiner Fahrzeugeinsatz
- motorbedingte Emissionsfaktoren
- nicht motorbedingte Emissionsfaktoren

Für die Darstellung im GIS musste eine Aktualisierung bzw. Ergänzung der Zuordnung der Kursbuchstrecken zu den Netzabschnitten im GIS vorgenommen werden.

### 3.1.1 Erhebung streckenfeiner Zugkilometer und Fahrzeugdaten

Die Erhebung der streckenfeinen Zugkilometer sowie der eingesetzten Fahrzeuge erfolgte auf der Basis des Kursbuchs 2010/2011 der DB AG [6]. Dabei wurden folgende Daten erfasst:

- Fahrtage
- Entfernung
- Fahrzeug
- Wagenreihung bzw. -anzahl

In Tabelle 2 sind als Ergebnis die Zugkilometer (Zugkm) der sächsischen SPFV-Kursbuchstrecken getrennt nach Diesel- und Elektrotraktion für das Jahr 2010 dargestellt. Es zeigt sich, dass die Fahrleistung der Elektrotraktion ca. doppelt so hoch ist wie

die der Dieseltraktion. Die auf den sächsischen SPFV-Strecken eingesetzten Fahrzeuge sind getrennt nach Traktionsart in Tabelle 3 dargestellt.

**Tabelle 2: Kursbuchstrecken des SPFV in Sachsen 2010 nach Traktionsart [6]**

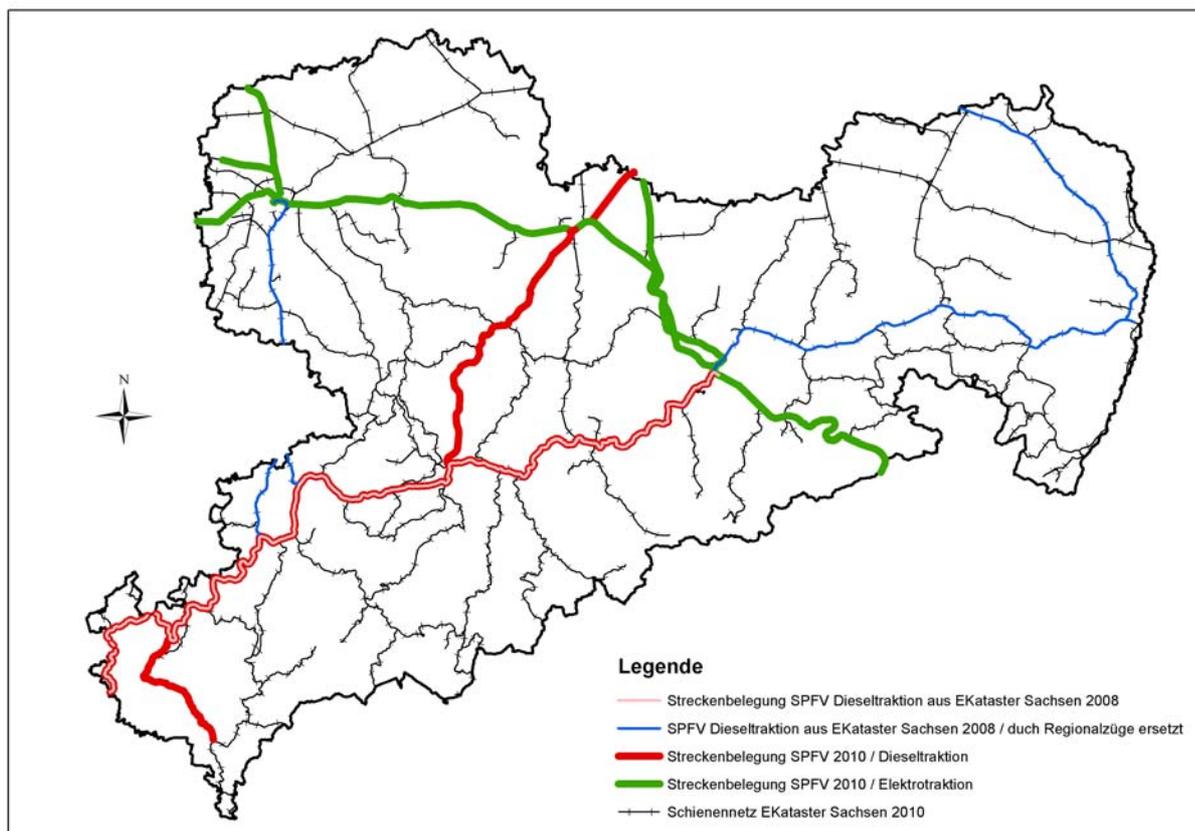
Strecke	KBS	von	nach	Traktion	Zugkm
6255	520	Chemnitz	Riesa	Diesel	48.255
6258	510	Werdau	Chemnitz	Diesel	41.430
6270	510	Adorf	Plauen	Diesel	24.014
6273	520	Zeithain	Elsterwerda	Diesel	14.681
6362	510	Plauen	Werdau Bogendreieck	Diesel	29.288
6258, 6362	510	Dresden Hbf	Landesgrenze - (Hof)	Diesel	1.067.154
6258, 6362	512	Chemnitz	Landesgrenze - (Hof)	Diesel	68.840
				<b>Diesel gesamt</b>	<b>1.293.661</b>
5919	504	Leipzig Hbf	Halle/Leipzig Flughafen	Elektro	214.946
6240	245	Dresden Hbf	Dresden Neustadt	Elektro	70.097
6240	241.1	Bad Schandau Grenze	Dresden Hbf	Elektro	222.411
6248	225	Dresden Hbf	Elsterwerda	Elektro	236.432
6363	245	Dresden Neustadt	Radebeul West	Elektro	149.763
6363	500	Radebeul West	Leipzig Hbf	Elektro	1.104.543
6363	544	Riesa	Zeithain	Elektro	2.694
6367	582	Großlehna	Leipzig Hbf	Elektro	389.454
6411	250	Leipzig Hbf	Delitzsch	Elektro	264.212
				<b>Elektro gesamt</b>	<b>2.654.553</b>

**Tabelle 3: Fahrzeugeinsatz im sächsischen SPFV 2010 nach Traktionsart [6]**

Traktion	Fahrzeug
Diesel	BR 612
Diesel	BR 642
Elektro	BR 101
Elektro	BR 101/180
Elektro	BR 120
Elektro	BR 146
Elektro	ICE 1
Elektro	ICE T5
Elektro	ICE T7

In Abbildung 4 ist vergleichend die Streckenbelegung des SPFV in der bisherigen Form (Stand 2008) und die Streckenbelegung, die sich nach der Einarbeitung der SPFV-Kursbuchstrecken 2010 in das GIS ergibt, dargestellt. Dabei ist zu beachten, dass das Bezugsjahr 2008 nur das letzte Aktualisierungsjahr des Schienenverkehrs im sächsischen Emissionskataster ist. Die für 2008 dargestellte Streckenbelegung ist lediglich die derzeitige Grundlage zur georeferenzierten Abbildung der SPFV-Emissionen im GIS und entspricht nicht der tatsächlichen Streckenbelegung des Jahres 2008.

Danach zeigt sich, dass im Fahrplan 2010/2011 lediglich die KBS 510 bzw. 512 von Dresden-Hbf bzw. Chemnitz nach Hof noch als Interregioexpress-Strecke bedient wird. Die übrigen, in der Abbildung blau gekennzeichneten Strecken, wurden weitestgehend durch Regionalzüge ersetzt und werden im SPNV erfasst. Die KBS 220 Cottbus-Görlitz-Breslau wird nicht mehr in der Form bedient, weil die Fernverkehrszüge nunmehr von Cottbus über Forst nach Breslau fahren. Die KBS 230 von Dresden nach Görlitz wird als Regionalexpress vom VVO und ZVON bedient. Hinzugekommen sind in der Dieseltraktion im Wesentlichen die KBS 520 von Chemnitz nach Elsterwerda und die KBS 510 von Adorf nach Plauen. Hier verkehrt seit Juni 2005 mit dem Vogtlandexpress zwischen Adorf und Berlin ein NE-Fernverkehrszug. Die Fahrleistungen der Elektrotraktion werden vor allem auf den Strecken von Dresden in Richtung Leipzig (KBS 245, KBS 500) und in Richtung Bad Schandau (KBS 241.1) erbracht.



**Abbildung 4: Vergleich SPFV-Strecken im bisherigen Emissionskataster (Stand 2008) zu SPFV-Strecken nach Fahrplan 2010**

### 3.1.2 Emissionsfaktoren

#### 3.1.2.1 Motorbedingte Emissionsfaktoren

Wie in Kap. 3.1 beschrieben, werden im Emissionskataster prinzipiell nur lokale Emissionen abgebildet. Aus diesem Grunde werden zur Berechnung der motorbedingten Emissionen nur die Fahrzeuge der Dieseltraktion berücksichtigt. Die Emissionen durch die Stromerzeugung der Elektrotraktion werden im Emissionskataster den Kraftwerken zugeordnet.

In Tabelle 3 sind die im sächsischen SPFV 2010 eingesetzten Fahrzeuge dargestellt. Im Bereich der Dieseltraktion werden demnach Triebwagen der Baureihen 612 und 642 eingesetzt. Diese Triebwagen sind ursprünglich für den Einsatz im Schienenpersonennahverkehr (SPNV) konstruierte Fahrzeuge. So wurden laut der Ökobilanz des Verkehrsverbundes Oberelbe (VVO) im Jahre 2007 ca. 50 % der Fahrzeugkilometer im SPNV durch Triebwagen dieser beiden Baureihen erbracht [7]. Zur Emissionsberechnung werden in der Ökobilanz deshalb auch detailliert Emissionsfaktoren für diese Triebwagen ausgewiesen.

Die Berechnung der Emissionsfaktoren für die Dieseltriebwagen erfolgt in Abhängigkeit vom Dieselverbrauch. Dieser steigt mit zunehmender Bespannung proportional an. Die Emissionsfaktoren der Schadstoffkomponenten werden in g/kg verbrauchtem

Diesel berechnet (siehe Tabelle 4). Das Niveau der kraftstoffspezifischen Emissionsfaktoren liegt bei den im sächsischen SPFV eingesetzten Triebwagen unter den bundesdeutschen Mittelwerten.

**Tabelle 4: Emissionsfaktoren der SPFV-Dieseltriebwagen in Sachsen und im bundesdeutschen Mittel [7], [8]**

Fahrzeug / Bespannung <sup>6</sup>	Jahr	Verbrauch kgDk/Fzgkm	CO <sub>2</sub>	CO	HC	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	PM10 Motor
			g/kgDk					
612 / einfach	2007	1,03	3092,52	3,13	1,01	0,02	36,23	0,44
612 / doppelt	2007	1,85	3092,52	3,13	1,01	0,02	36,23	0,44
612 / dreifach	2007	2,68	3092,52	3,13	1,01	0,02	36,23	0,44
612 / vierfach	2007	3,5	3092,52	3,13	1,01	0,02	36,23	0,44
612 / fünffach	2007	4,32	3092,52	3,13	1,01	0,02	36,23	0,44
642 / einfach	2007	0,7	3092,52	2,27	1,55	0,02	31,84	0,64
642 / doppelt	2007	1,19	3092,52	2,27	1,55	0,02	31,84	0,64
642 / dreifach	2007	1,69	3092,52	2,27	1,55	0,02	31,84	0,64
642 / vierfach	2007	2,18	3092,52	2,27	1,55	0,02	31,84	0,64
642 / fünffach	2007	2,67	3092,52	2,27	1,55	0,02	31,84	0,64
SPFV D-mittel	2008	-	-	4,5	1,8	-	42,3	0,6

### 3.1.2.2 Nicht motorbedingte Emissionsfaktoren

Die nicht motorbedingten Emissionen betreffen ausschließlich Partikelemissionen aus mechanischen Abriebsprozessen. In der gesetzlichen Grenzwertregelung wird dabei nach den Partikelgrößen PM2.5 und PM10 unterschieden [13].

Die Grundlage für die Berechnung der nicht motorbedingten Emissionen bilden Schweizer Untersuchungen, in denen die Anteile der einzelnen Abriebsquellen für PM10 bzgl. des Gesamtabriebs und für PM2.5 bzgl. PM10 empirisch abgeleitet wurden. Die nicht motorbedingten PM10-Emissionen des Schienenverkehrs umfassen die Emissionen aus verschiedenen Abriebsquellen, wobei der PM10-Anteil an den Gesamtabrieben der einzelnen Quellen unterschiedlich ist (siehe Tabelle 5). Der Gebrauch von Lokstreusand, der bei schlechten Witterungsverhältnissen zur Verbesserung der Haftreibung eingesetzt wird, wird als Abriebsquelle nicht berücksichtigt.

**Tabelle 5: Anteil der PM10-Fraktion am Gesamtabrieb nach Abriebsquelle [9], [14]**

Abriebsquelle	Anteil PM10 am Gesamtabrieb	Anteil PM2.5 an PM10
Bremsen	15%	20%
Räder	90%	10%
Schiene	90%	10%
Fahrdraht	100%	20%

Auf Basis der für die einzelnen Abriebsquellen ermittelten Mengen und der PM2.5- bzw. PM10-Anteile ergeben sich für die einzelnen Verkehrsarten im DB-Schienenverkehr 2006 die in Abbildung 5 dargestellten PM10- bzw. PM2.5-Emissionsmengen.

<sup>6</sup> Im Gegensatz zum SGV werden im SPFV in Sachsen keine Diesellokomotiven, sondern Dieseltriebwagen eingesetzt, von denen jeder über einen separaten Antrieb verfügt. Es können mehrere Fahrzeuge zu einem Zugverband zusammengekuppelt werden.

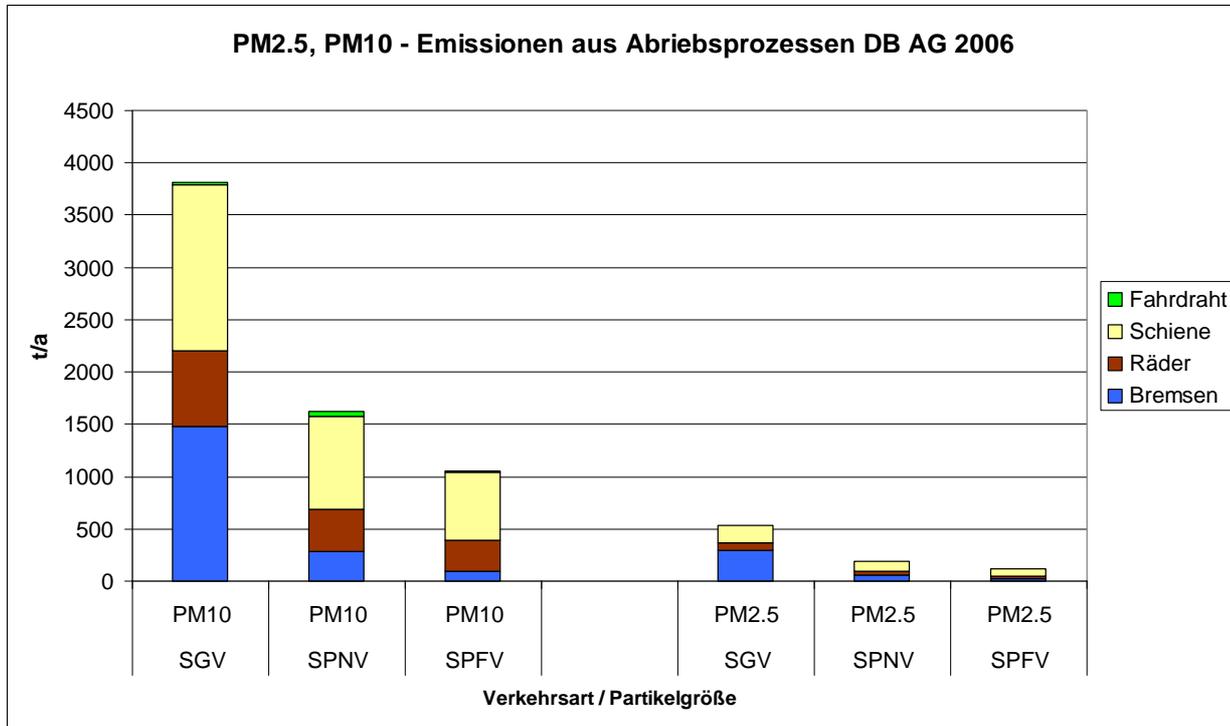


Abbildung 5: PM2.5-, PM10-Emissionen aus Abriebsprozessen DB AG 2006 [10], [14]

Bezogen auf die entsprechende Jahresfahrleistung ergeben sich, unter der Annahme gleichmäßiger Emissionen entlang der Strecke, für die drei Verkehrsarten die in Tabelle 6 dargestellten Emissionsfaktoren für den Abrieb aller betrachteten Quellen je Zugkilometer.

Tabelle 6: Emissionsfaktoren für PM2.5- sowie PM10-Abrieb in g/Zugkilometer 2006 [10]

Verkehrsart	PM10-EFA (g/Zkm)	PM2.5-EFA (g/Zkm)
SGV	23,1	3,22
SPNV	3,1	0,37
SPFV	8,6	0,95

Sowohl die absoluten Emissionsmengen als auch die fahrleistungsbezogenen Emissionsfaktoren sind beim Güterverkehr deutlich höher als die des Personenverkehrs. Dies liegt zunächst in dem verhältnismäßig hohen Gewicht der Güterverkehrszüge, was sich auf die Rad- und Schienenabriebsemissionen auswirkt.

Die Höhe der Bremsabriebsmenge hängt vor allem von der Geschwindigkeit, der Bremshäufigkeit und der Fahrzeugmasse ab. Beim Güterverkehr ist der Anteil des Bremsabriebs mit ca. 40 % deutlich höher als beim SPFV (ca. 10 %). Die Ursachen hierfür liegen einerseits wiederum in dem hohen Zuggewicht des Güterverkehrs und andererseits in der unterschiedlichen Ausführung der Bremsen. Während die Güterverkehrszüge überwiegend mit Klotzbremsen ausgerüstet sind, kommen im Personenverkehr vorrangig Scheibenbremsen zum Einsatz. Der spezifische Abriebsfaktor der Grauguss-Klötze ist mit 80 mg/km und Bremsklotz tendenziell höher als der Abriebsfaktor der Scheibenbremsen mit 30-100 mg/km und Scheibenpaar [10].

Die in Tabelle 6 dargestellten Emissionsfaktoren sind prinzipiell bezugsjahresabhängig, weil sowohl die mittleren jährlichen Abriebsmengen als auch die mittlere Jahresfahrleistung nicht konstant sind. So nimmt vor allem beim Güterverkehr die Menge des Bremsabriebs durch den zunehmenden Einsatz von verschleißfesteren Kunstharz-Verbundwerkstoffen leicht ab. Im Personenverkehr ist der Anteil des Bremsabriebs auf Grund der oben beschriebenen Bremskonstruktion deutlich geringer, sodass die Unterschiede hier nicht so relevant sind und eine Verwendung der Daten aus 2006 im Rahmen des Emissionskatasters vertretbar ist.

### 3.1.3 Emissionsbilanz des Schienenpersonenfernverkehrs 2010

Entsprechend der Daten aus Kap. 3.1.1 und 3.1.2 wurden die Emissionen des SPFV auf den einzelnen Kursbuchstrecken als spezifische Emissionen in t/km\*a sowie als absolute Emissionen in t/a berechnet und in das GIS des sächsischen Emissionskatasters übernommen.

In Abbildung 6 ist die Emissionsbilanz des SPFV in Sachsen nach Traktionsart dargestellt. Wie in Kap. 3.1.2.1 beschrieben, wird bei den motorbedingten Emissionen nur der Beitrag der Dieseltraktion berücksichtigt. Auf Grund dessen, dass die Emissionsfaktoren für nicht motorbedingtes PM10 nicht fahrzeugspezifisch, sondern nur pro Zugkilometer vorliegen, entspricht das Verhältnis der Emissionsbeiträge der Diesel- und Elektrotraktion dem in Tabelle 2 dargestellten Fahrleistungsverhältnis.

Auf Grund der in Kap. 3.1.1 aufgezeigten Änderungen in der Gesamtfahrleistung des SPFV sowie des veränderten Fahrzeugeinsatzes kommt es im Vergleich der Emissionsbilanzen des Emissionskatasters 2008 mit den nunmehr aktualisierten Emissionen 2010 zu teilweise deutlichen Unterschieden. In Abbildung 7 sind die Fahrleistungen sowie die absoluten Emissionsmengen des SPFV 2008 und 2010 gegenübergestellt. Weil in der Bilanz 2008 lediglich die Dieseltraktion berücksichtigt wird, beziehen sich wegen der Vergleichbarkeit die nicht motorbedingten Emissionen des Jahres 2010 auch nur auf die Dieseltraktion. Bei der Darstellung der übrigen Schadstoffkomponenten ist der Einfluss der Elektrotraktion irrelevant.

So zeigt sich, dass einerseits durch die um ca. 20 % gesunkene Fahrleistung, vor allem aber durch die gegenüber der 2008 angenommenen Diesellokomotive der BR 234 niedrigeren Emissionsfaktoren der Triebwagen der BR 612 und BR 642, die motorbedingten Gesamtemissionen um ca. 90 % sinken. Die prozentuale Reduktion der nicht motorbedingten Emissionen ist auf Grund der gleichen Emissionsfaktoren identisch mit der Fahrleistungsreduktion.

In Abbildung 8 sind die streckenspezifischen Emissionen des SPFV im Jahre 2010 in t/km\*a exemplarisch für die NO<sub>x</sub>-Emissionen dargestellt. Die Stickoxide werden auf den in Abbildung 4 dargestellten Strecken, die durch Dieseltraktion bedient werden, emittiert. Entsprechend der deutlich höheren Fahrleistungen auf der Strecke Dresden-Hof werden dort deutlich höhere Emissionen verursacht als auf den weniger befahrenen SPFV-Strecken wie z. B. Plauen-Adorf oder Zeithain-Elsterwerda.

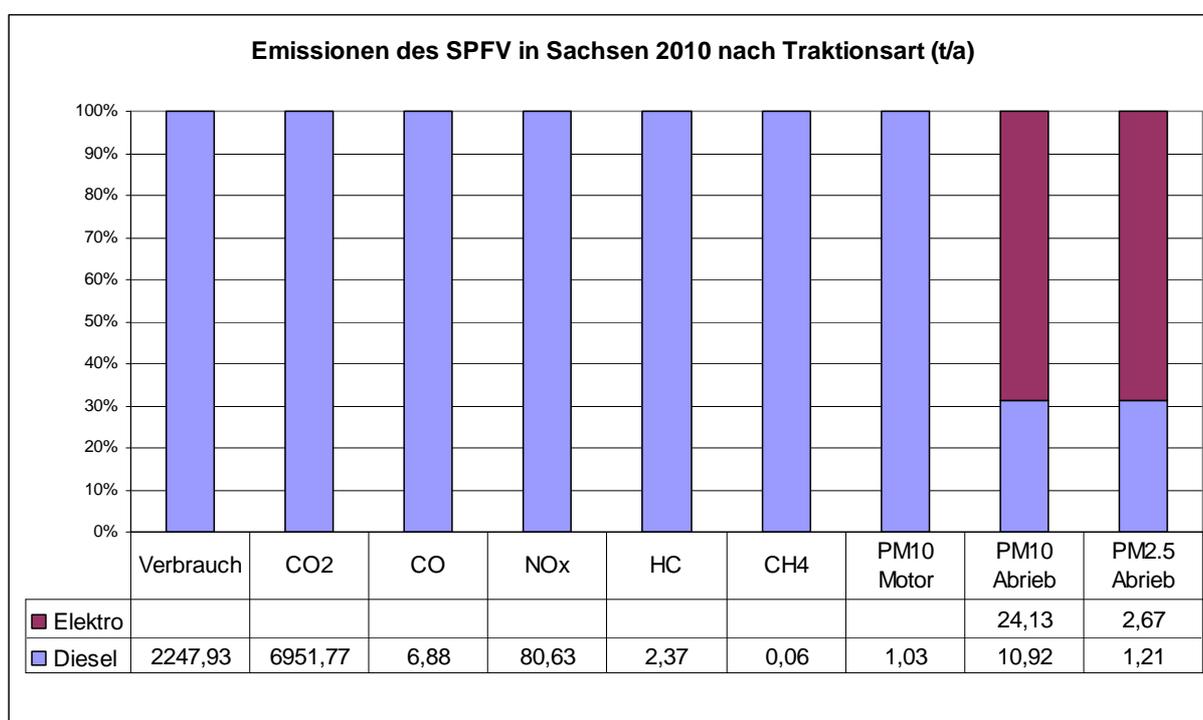


Abbildung 6: Emissionen des SPFV in Sachsen 2010 nach Traktionsart (t/a)

### Vergleich Fahrleistung, Emissionen SPFV 2008 zu 2010

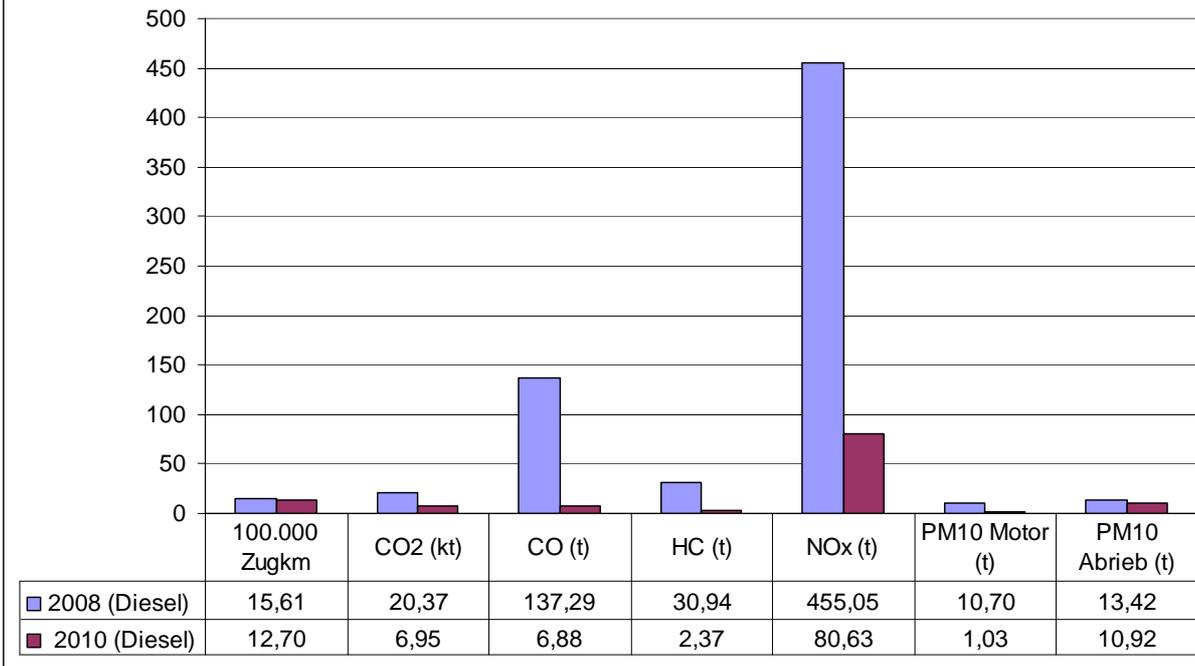


Abbildung 7: Vergleich Fahrleistungen, Emissionsmengen SPFV 2008/2010

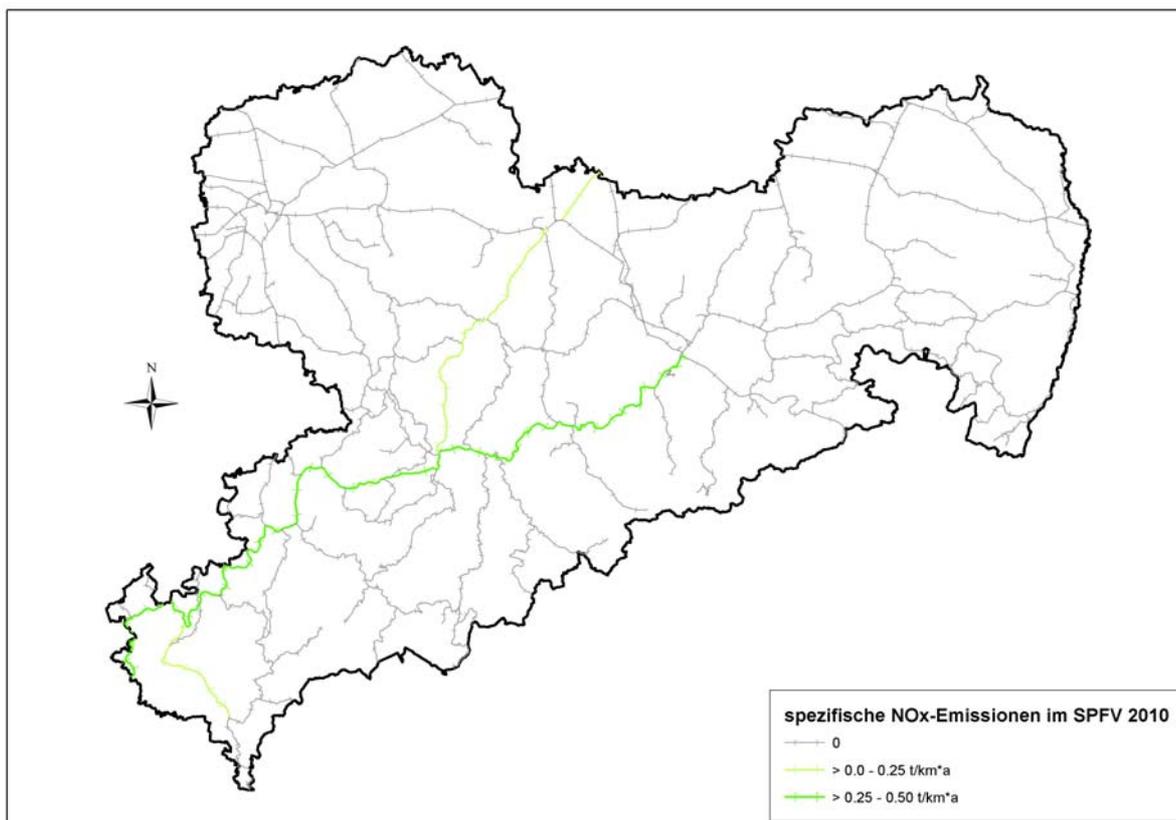


Abbildung 8: Streckenspezifische NO<sub>x</sub>-Emissionen im SPFV 2010

## 3.2 Schienengüterverkehr (SGV)

Die Berechnung der streckenspezifischen Emissionen des SGV erfolgt im sächsischen Emissionskataster prinzipiell nach der gleichen Methodik wie in Abbildung 3 für den SPFV dargestellt. Der Unterschied liegt lediglich in der Form der Aktivitätsdaten. Diese werden im Gegensatz zum SPFV nicht nach Kursbuchstrecken, sondern nach Güterverkehrsrelationen erhoben.

Daraus ergaben sich für die Aktualisierung der SGV-Emissionen analoge Schwerpunkte für die Erhebung der Eingangsdaten:

- streckenfeine Zugkilometer
- streckenfeiner Fahrzeugeinsatz
- motorbedingte Emissionsfaktoren
- nicht motorbedingte Emissionsfaktoren

### 3.2.1 Emissionsdaten des DB Umweltzentrums

Nach den angestellten Recherchen sind keine Daten zu streckenspezifischen Zugkilometern und eingesetzten Fahrzeugen im sächsischen SGV aus frei zugänglichen Quellen verfügbar.

Aus diesem Grunde wurden für den SGV Daten aus dem Emissionskataster des BUZ erworben. Wie in Tabelle 1 dargelegt, sind die Daten dort allerdings nicht in der oben beschriebenen Eingangsdatenform verfügbar, sondern nur als spezifische Emissionen pro Relation in kg/km\*a.

Für die vorliegende Untersuchung wurden vom BUZ die durch die DB AG verursachten streckenspezifischen motorbedingten Emissionen der Dieseltraktion sowie die nicht motorbedingten Emissionen der Diesel- und Elektrotraktion nach Fahrplan 2010 verwendet (siehe Tabelle 7). Entgegen der bisherigen Vorgehensweise wurden darüber hinaus auch die Emissionen der Leer- und Rangierfahrten abgefragt und im sächsischen Emissionskataster in die Bilanz des SGV einbezogen, weil diese lokal einen relativ großen Einfluss haben können.

**Tabelle 7: Verwendete Daten des BUZ im SGV**

Unternehmensbereich		Motorbedingte Emissionen <sup>1)</sup>	nicht motorbedingte Emissionen <sup>2)</sup>
SGV	DB AG	Dieseltraktion streckenfein	Diesel- und Elektrotraktion streckenfein
Leerfahrten/Rangierfahrten	DB AG	Dieseltraktion streckenfein	Diesel- und Elektrotraktion streckenfein

<sup>1)</sup> Verbrauch, CO<sub>2</sub>, NMHC, CO, NO<sub>x</sub>, PM10, CH<sub>4</sub>, SO<sub>2</sub>

<sup>2)</sup> PM10

Die Emissionsdaten werden im BUZ als Streckenattribute im GIS verwaltet. Weil eine Übernahme des GIS-Netzes nicht vorgesehen war, erfolgte die Datenübergabe in Tabellenform. Darin waren für die einzelnen Abschnitte einer Strecke die Emissionen in kg/km\*a aufgelistet. In Tabelle 8 ist exemplarisch der Datensatz für die Abschnitte der Strecke 6207 für motorbedingtes und nicht motorbedingtes PM10 dargestellt.

Nicht motorbedingte PM2.5-Emissionen werden vom BUZ nicht ausgewiesen. Die Berechnung erfolgte deshalb auf Basis der PM10-Emissionen und dem Verhältnis der in Tabelle 6 dargestellten Emissionsfaktoren des Güterverkehrs für PM10 und PM2.5.

**Tabelle 8: Beispieldatensatz Streckennummer 6207 Emissionskataster BUZ 2010**

STRN	Bezeichnung Anfang	Bezeichnung Ende	Länge (km)	nicht motorbedingtes PM10 <sup>1)</sup>		motorbedingtes PM10 <sup>2)</sup>	
				SGV	Leer-/Rangierfahrten	SGV	Leer-/Rangierfahrten
6207	Horka Grenze	Horka Gbf	7,743	164,1	0,0	30,1	0,000
6207	Horka Gbf	Särichen	2,745	182,7	1,5	39,7	0,595
6207	Särichen	Niesky	3,886	177,8	1,5	39,8	0,595
6207	Niesky	Mücka	9,061	184,6	1,5	40,0	0,595
6207	Mücka	Klitten	8,987	183,3	1,5	40,0	0,595
6207	Klitten	Uhyst	6,167	179,7	1,5	40,0	0,595
6207	Uhyst	Lohsa	8,393	182,9	1,5	40,0	0,595
6207	Lohsa	Knappenrode	4,746	180,3	1,5	40,0	0,595
6207	Knappenrode	Hoyerswerda	7,613	272,8	9,1	31,7	0,812
6207	Hoyerswerda	Hoyerswerda W 6	1,905	252,6	0,4	22,4	0,162
6207	Hoyerswerda W 6	Schwarzkollm	5,015	255,7	4,9	22,4	0,760
6207	Schwarzkollm	Lauta (NI) LGr	5,685	259,7	4,9	22,5	0,760

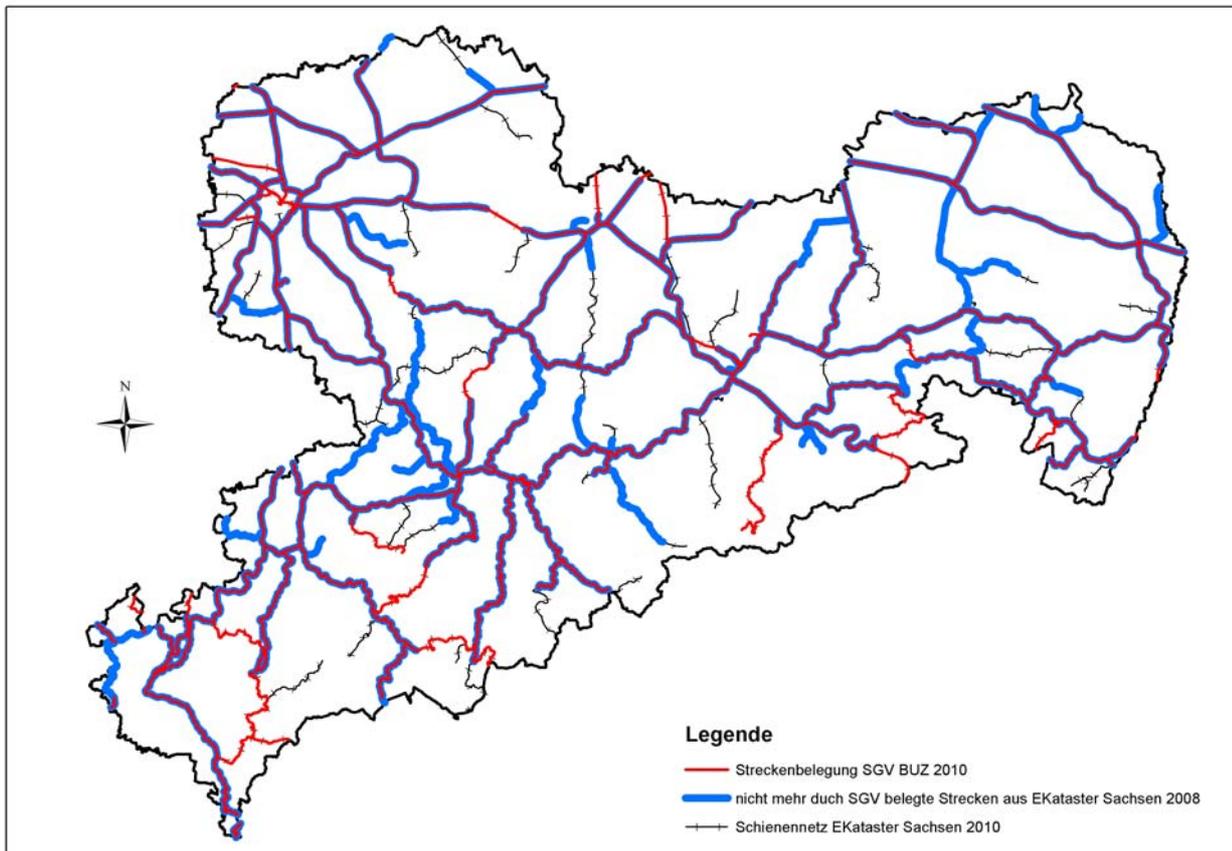
<sup>1)</sup> Summe Diesel- und Elektrotraktion (kg/km\*a)

<sup>2)</sup> nur Dieseltraktion (kg/km\*a)

Entsprechend der verbalen Beschreibung der Abschnittsgrenzen erfolgte die Einarbeitung in das GIS des sächsischen Emissionskatasters.

In Abbildung 9 ist vergleichend die Streckenbelegung des SGV in der bisherigen Form (Stand 2008) und die Streckenbelegung, die sich nach der Einarbeitung der BUZ-Daten 2010 in das GIS ergibt, dargestellt. Aus der Datenlage des BUZ kann keine Differenzierung nach Traktionsarten vorgenommen werden.

Bei der Darstellung ist zu beachten, dass das Bezugsjahr 2008 nur das letzte Aktualisierungsjahr des Schienenverkehrs im sächsischen Emissionskataster ist. Die für 2008 dargestellte Streckenbelegung ist lediglich die derzeitige Grundlage zur georeferenzierten Abbildung der SGV-Emissionen im GIS und entspricht nicht der tatsächlichen Streckenbelegung des Jahres 2008.



**Abbildung 9: Vergleich SGV-Strecken im bisherigen Emissionskataster (Stand 2008) zu SGV-Strecken nach BUZ 2010**

Der Vergleich der Streckenbelegungen zeigt, dass eine Vielzahl der Strecken nicht mehr bedient werden bzw. stillgelegt worden sind. Tabelle 9 zeigt die Liste der Strecken in Sachsen, die in den vergangenen 10 Jahren stillgelegt worden sind. Im Gegenzug dazu sind 2010 auch Strecken neu hinzugekommen, auf denen bisher keine Güterverkehrsleistungen erbracht wurden.

**Tabelle 9: Streckenstilllegungen im sächsischen Schienennetz seit 2001 [12]**

STRN	Strecke	Länge (km)	stillgelegt
6606	Königsbrück-Straßgräbchen-Bernsdorf (Oberl)	20,0	01.08.2001
6620	Roßwein-Hainichen	19,0	30.09.2001
6218/6219	Spreewitz - km 13,35 und von km 18,2 bis km 30,4 - (Abzw Sornoer Buden West)	18,0	31.05.2002
6221/6579	Abzw Stiebitz-Knappenrode Süd-Knappenrode	31,0	31.05.2002
6633	Wechselburg-Chemnitz-Glösa	20,0	31.12.2002
6214	Herrnhut-Niedercunnersdorf	8,0	28.02.2003
6636	Limbach (Sachs)-Wittgensdorf ob Bf	6,0	31.08.2003
6640	Lugau-Wüstenbrand	10,0	31.12.2003
6633	Chemnitz-Glösa-Küchwald	2,0	01.04.2004
6615	Freiberg (Sachs)-Freiberg (Sachs) Ost	2,0	10.05.2004
6635	Küchwald-Wüstenbrand	14,0	30.09.2004
6825	Lüptitz-Eilenburg	14,0	01.10.2005
6657	Schönberg (Vogtland) - km 1,4 - (Anst Rettenmeier)	1,4	01.09.2006

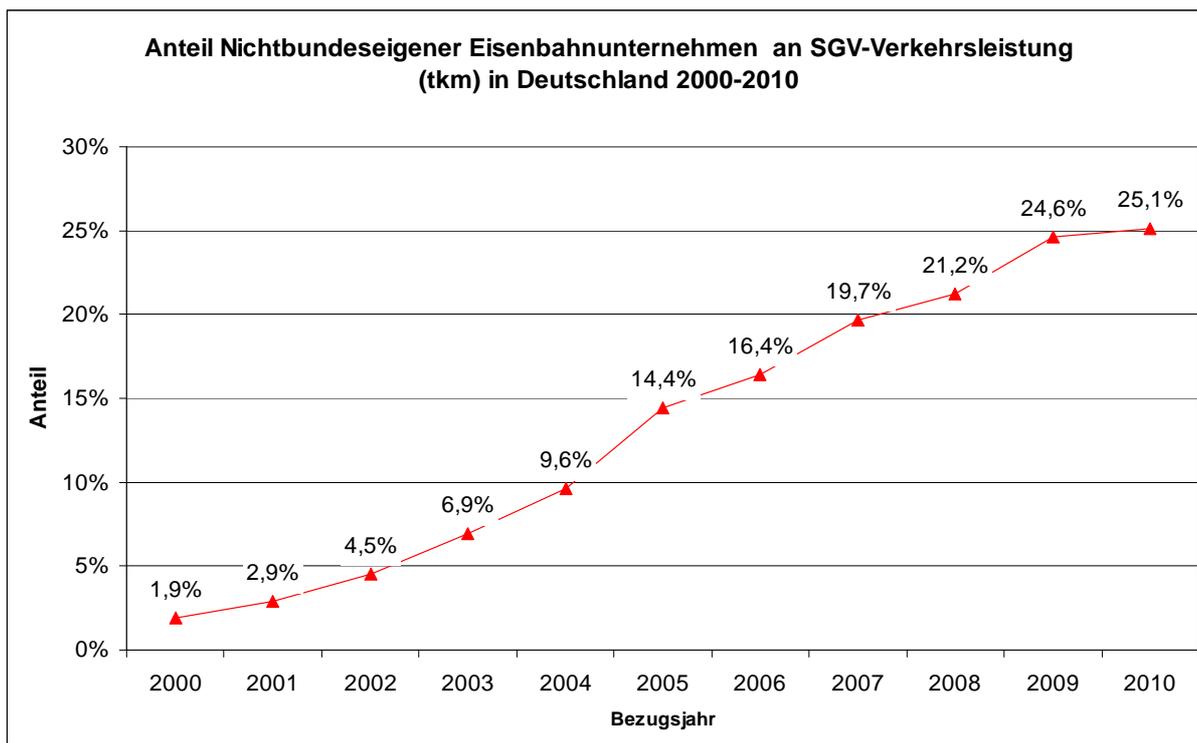
STRN	Strecke	Länge (km)	stillgelegt
6200	Arnsdorf (b. Dresden)-Dürrröhrsdorf	6,9	31.01.2007
6216	Bautzen-Wilthen	12,8	16.06.2007
6613	Riesa-Awanst Rhäsa Werkbahnhof	28,8	31.12.2007

Die bisherige Methodik zur Ermittlung der SGV-Emissionen im sächsischen Emissionskataster beinhaltete lediglich den durch die DB AG erbrachten Verkehr. Nicht bundeseigene Eisenbahnunternehmen (NE-Bahnen) wurden nicht berücksichtigt. Dieses Vorgehen war in der Vergangenheit vertretbar, weil der Anteil der NE-Bahnen am Gesamt-Güterverkehrsaufkommen relativ gering war.

Die Abbildung 10 zeigt jedoch, dass der Anteil der NE-Bahnen am SGV in den vergangenen 10 Jahren deutlich gestiegen ist. So werden im Jahre 2010 ca. 25 % der Verkehrsleistungen im SGV durch NE-Bahnen erbracht.

Im Emissionskataster des BUZ liegen die Emissionen der NE-Bahnen lediglich als grobe Schätzwerte der Gesamtsumme, d. h. nicht getrennt nach Personen- und Güterverkehr und nicht strecken- und traktionspezifisch vor.

Aus diesem Grunde wurden die Emissionen der NE-Bahnen im vorliegenden Projekt auf Basis des in Abbildung 10 dargestellten Anteils der NE-Bahnen unter Bezug der absoluten Emissionen der DB AG berechnet und entsprechend der Fahrleistungsverteilung des SGV der DB AG auf die Strecken umgelegt. Der Anteil der NE-Bahnen wurde dabei auf die Emissionen des SGV der DB AG bezogen, weil sich der Anteil auf die Verkehrsleistung in tkm bezieht. Die Emissionen der Leer- und Rangierfahrten wurden deshalb nicht in die Basis zur Berechnung der NE-Bahn-Emissionen einbezogen.



**Abbildung 10: Anteil NE-Bahnen an der SGV-Verkehrsleistung (tkm) in Deutschland [11]**

Durch die vorliegende Datenstruktur des BUZ können die Emissionen des SGV nicht über die vorhandenen Nutzerschnittstellen in das sächsische Emissionskataster eingegeben werden, weil diese die Eingabe der relationsspezifischen Zugkilometer und Fahrzeugeinsätze verlangen. Um die vorhandenen Schnittstellen dennoch nutzen zu können, ist die Berechnung einer theoretischen Fahrleistung durch Division der streckenspezifischen Emissionen durch einen angenommenen Emissionsfaktor notwendig. Im derzeitigen Emissionskataster wird zur Berechnung des SGV angenommen, dass die gesamte Verkehrsleistung durch

Lokomotiven der Baureihe 234 erbracht wird. Diese Annahme kann zur Berechnung der theoretischen Fahrleistung beibehalten werden, weil sie lediglich einen Rechenwert beinhaltet, über den die vorliegenden Emissionen des BUZ in das sächsische Emissionskataster übernommen werden.

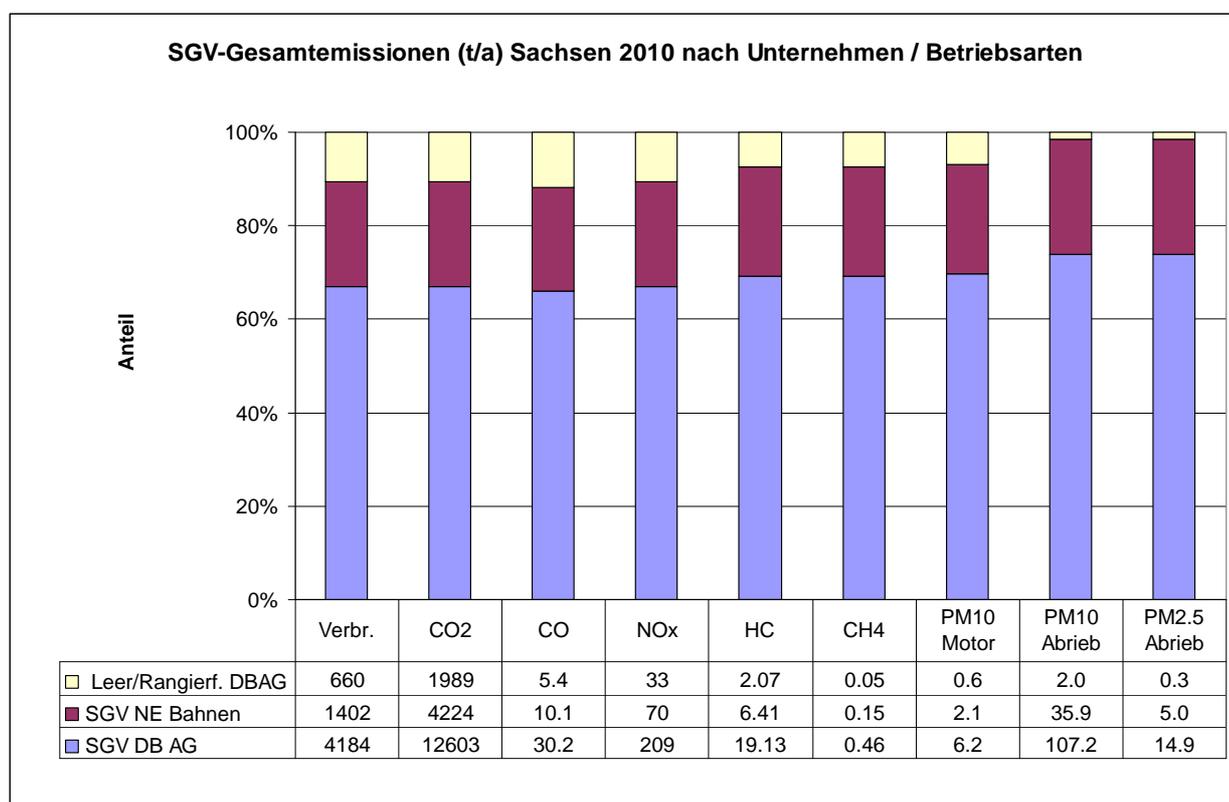
### 3.2.2 Emissionsbilanz des Schienengüterverkehrs 2010

Die Bilanz der streckenspezifischen Emissionen der DB AG aus SGV und Leer- und Rangierfahrten sowie der Emissionen der NE-Bahnen ergibt die in Abbildung 11 dargestellte Gesamtemissionsbilanz des SGV in Sachsen 2010.

Darin zeigt sich, dass der Anteil der Leer- und Rangierfahrten ca. 7-12 % an den Gesamtemissionen beträgt. Lediglich bei den nicht motorbedingten PM10-Emissionen ist dieser Anteil nur ca. 1 %, weil die Abriebsemissionsfaktoren bei Leer- und Rangierfahrten auf Grund des geringeren Zuggewichtes deutlich niedriger sind als im SGV.

Der prozentuale Anteil von ca. 25 %, mit dem die Emissionen der NE-Bahnen abgeschätzt wurden, beinhaltet bei den motorbedingten Emissionen eine konservative Betrachtung, weil er von der Annahme ausgeht, dass sämtliche Verkehrsleistungen der NE-Bahnen in Dieseltraktion erbracht werden. Weil jedoch weder im BUZ Daten zu den Traktionsanteilen vorliegen, noch von den NE-Bahn-Betreibern Angaben dazu veröffentlicht werden, muss diese Annahme getroffen werden.

Bei der Berechnung der nicht motorbedingten PM10-Emissionen ist dieses Vorgehen korrekt, weil die Emissionsfaktoren dafür traktionsunabhängig sind.

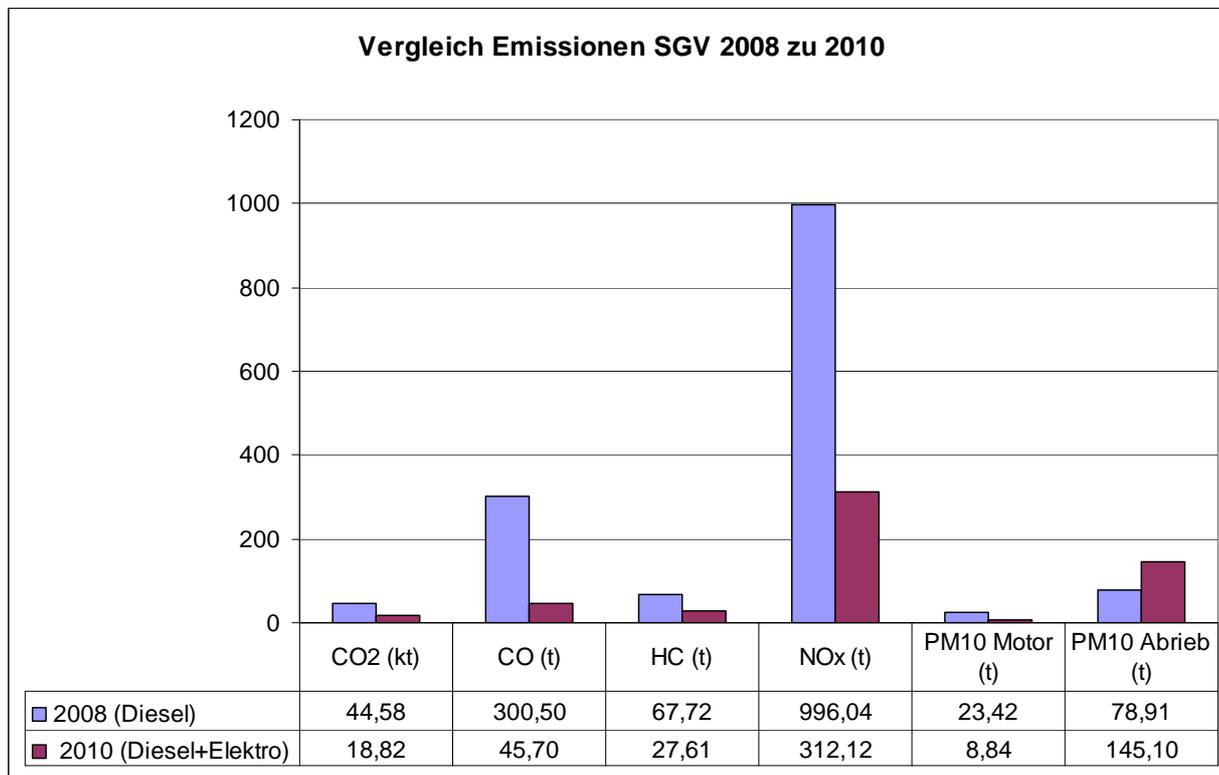


**Abbildung 11: SGV-Gesamtemissionen (t/a) Sachsen 2010**

In Abbildung 12 sind die absoluten Emissionsmengen des SGV aus dem Emissionskataster 2008 denen des BUZ 2010 gegenübergestellt. Bei diesem Vergleich ist zu beachten, dass die dargestellten Emissionen des Jahres 2008 lediglich die der Dieseltraktion der DB AG berücksichtigen. Die Emissionen 2010 umfassen die in Abbildung 11 dargestellten Anteile der DB AG, der NE-Bahnen sowie die Emissionen der Leer- und Rangierfahrten. Weil in der Bilanz 2008 lediglich die Dieseltraktion berücksichtigt wird, ist der Vergleich der nicht motorbedingten Emissionen nur bedingt aussagekräftig, weil vom BUZ die nicht motorbedingten Emissionen als Summe der Diesel- und Elektrotraktion ausgewiesen werden.

Es zeigt sich, dass die motorbedingten Gesamtemissionen gegenüber 2008 um ca. 60 bis 85 % sinken. Auf Grund der beschriebenen Datenlage des BUZ lassen sich keine Aussagen zur Fahrleistungsentwicklung der Dieseltraktion treffen. Somit lassen sich auch keine Betrachtungen zur Entwicklung der mittleren Emissionsfaktoren anstellen. In der Emissionsberechnung für das Jahr 2008 wurden auf allen Strecken Fahrzeuge der BR 234 angenommen.

Der Anstieg der nicht motorbedingten Emissionen um ca. 85 % zeigt, dass die bilanzierte Gesamtfahrleistung 2010 gegenüber 2008 gestiegen ist, weil die Emissionsfaktoren hierfür traktionsunabhängig sind. Dieser Anstieg liegt vor allem in der Einbeziehung der Elektrotraktion im Jahre 2010 begründet. Aussagen zur Fahrleistungsentwicklung der Dieseltraktion lassen sich daraus, wie oben beschrieben, nicht ableiten.



**Abbildung 12: Vergleich Emissionsmengen SGV 2008/2010**

Die Abbildung 13 zeigt die Darstellung der streckenspezifischen Emissionen in g/km\*a des SGV im Jahre 2010 exemplarisch für die NO<sub>x</sub>-Emissionen. Die Emissionen liegen auf den meisten Strecken auf dem Niveau der streckenspezifischen NO<sub>x</sub>-Emissionen des SPFV (vgl. Abbildung 8). Lediglich auf der Relation Horka-Knappenrode-Lauta liegen die Emissionen deutlich darüber.

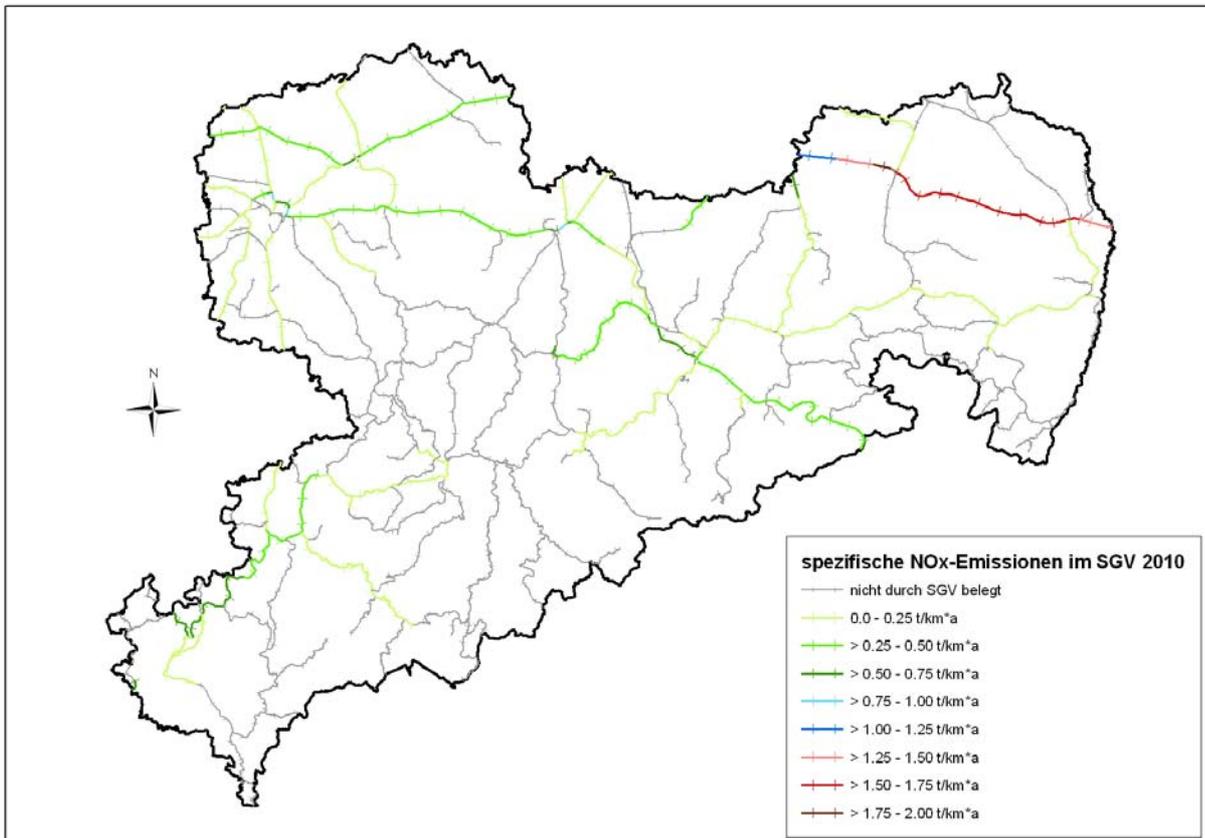
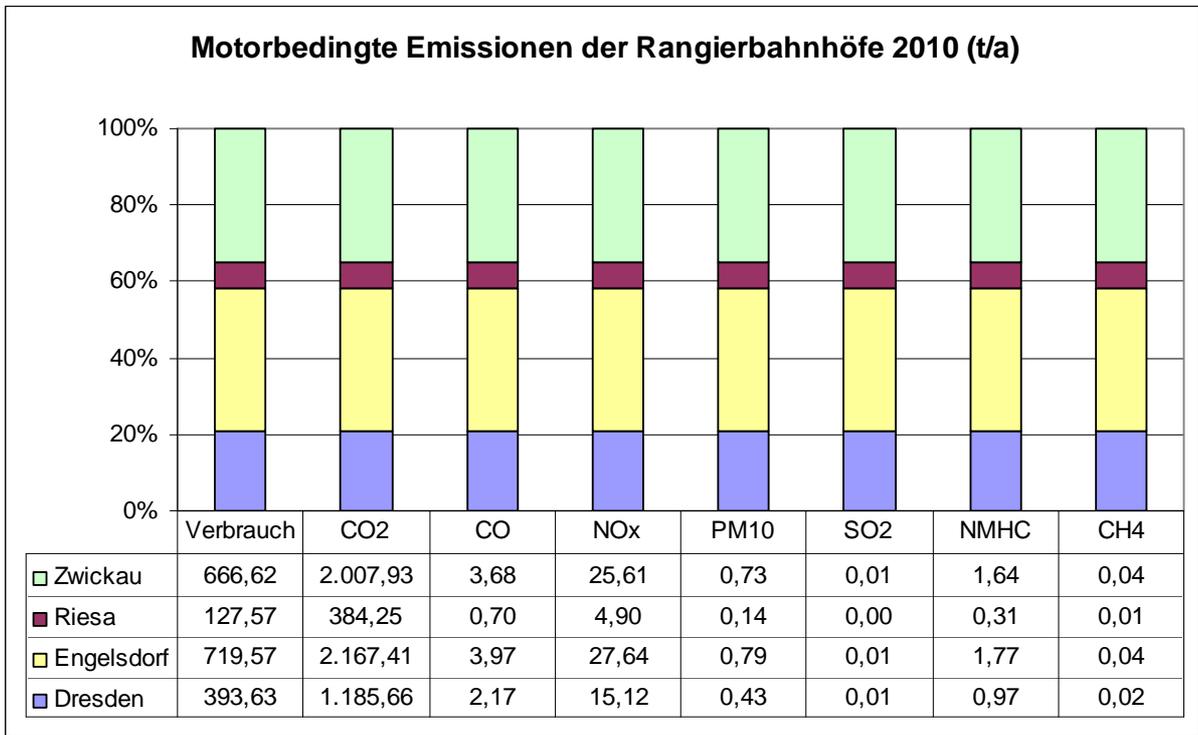


Abbildung 13: Streckenspezifische NO<sub>x</sub>-Emissionen im SGV 2010

## 4 Lage und Emissionen der Rangierbahnhöfe

Nach den angestellten Recherchen sind für einzelne Rangierbahnhöfe keine Daten zu Fahrleistungen, Verbrauch oder Emissionsfaktoren aus frei zugänglichen Quellen verfügbar. Aus diesem Grunde wurden für die Erhebung der Emissionen der sächsischen Rangierbahnhöfe im vorliegenden Projekt Daten aus dem Emissionskataster des BUZ erworben.

Die Datenübergabe erfolgte in Tabellenform mit Angabe der Koordinaten der Lage der Rangierbahnhöfe. Abbildung 14 zeigt die motorbedingten Emissionen der sächsischen Rangierbahnhöfe für das Bezugsjahr 2010 aus dem Emissionskataster des BUZ. Danach zeigt sich, dass das Emissionsniveau der Rangierbahnhöfe in Zwickau und Engelsdorf in der gleichen Größenordnung liegt. Die Emissionen des Dresdner Rangierbahnhofs sind im Vergleich dazu um ca. 50 % geringer. Der Rangierbahnhof in Riesa weist die geringsten Emissionen auf.



**Abbildung 14: Motorbedingte Emissionen der sächsischen Rangierbahnhöfe 2010 [BUZ]**

Die Berechnung der nicht motorbedingten PM10-Emissionen erfolgte auf Basis der in den Rangierbahnhöfen erbrachten Zugkilometer und einem PM10-Abriebsfaktor für Rangierverkehr. Die Daten dazu wurden vom BUZ zur Verfügung gestellt.

Die Zugkilometer der einzelnen Rangierbahnhöfe konnten entsprechend der rangierbahnhofspezifischen Rangier-Stunden und der Gesamtangierkilometer relativ verlässlich berechnet werden. Unsicherheiten gibt es jedoch bei dem Emissionsfaktor für Abrieb im Rangierverkehr. Wie in Tabelle 6 dargestellt, liegt der Emissionsfaktor im SGV bei 23,1 g/km, der Abriebs-Emissionsfaktor für Leer- und Rangierfahrten im Netz jedoch nur bei 0,03 g/km. Dieser geringe Wert liegt in der geringen mittleren Zuglänge von ca. 20 m begründet.

Über die mittlere Länge der rangierten Züge in den Rangierbahnhöfen liegen jedoch keine Angaben vor, sodass hier mit der mittleren Länge der Leer- und Rangierzüge im Netz und dementsprechend mit demselben Emissionsfaktor gerechnet wurde.

Weil der angenommene PM10-Abriebs-Emissionsfaktor für Leer- und Rangierfahrten nur als Gesamtwert und nicht nach Abriebsquellen vorliegt, erfolgte die Berechnung der nicht motorbedingten PM2.5-Emissionen auf Basis der PM10-Abriebsmissionen und dem Verhältnis der in Tabelle 6 dargestellten Emissionsfaktoren des Güterverkehrs für PM10 und PM2.5.

**Tabelle 10: Nicht motorbedingte Emissionen der sächsischen Rangierbahnhöfe 2010 [BUZ]**

Rangierbahnhof	Tfz-km	EFA Abrieb (g/km)		Emissionen Abrieb (kg/a)	
		PM10	PM2.5	PM10	PM 2.5
Dresden	508.413	0,03	0,0042	15,3	2,1
Engelsdorf	956.236	0,03	0,0042	28,7	4,0
Riesa	256.502	0,03	0,0042	7,7	1,1
Zwickau	1.058.070	0,03	0,0042	31,7	4,4

Entsprechend der vom BUZ zur Verfügung gestellten Koordinaten zur Lage der Rangierbahnhöfe wurden diese als Punktemissionsquellen in das sächsische Emissionskataster übernommen (siehe Abbildung 15).

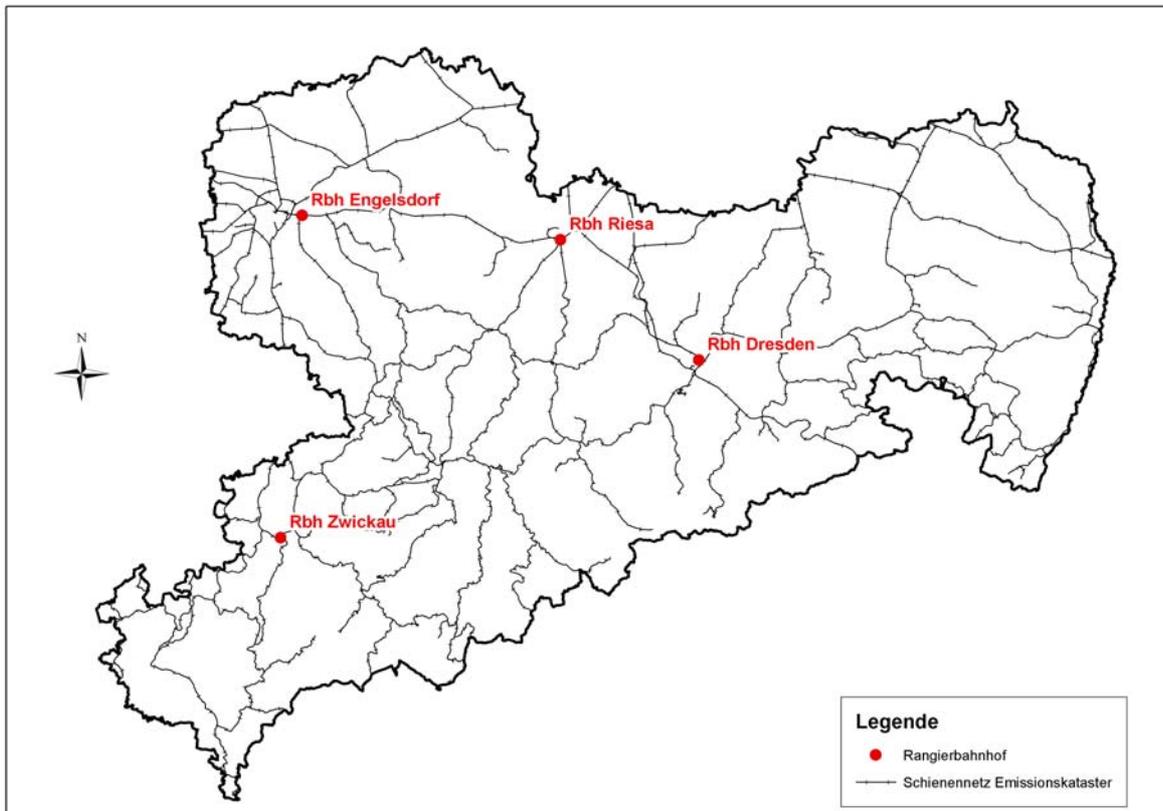


Abbildung 15: Lage der Rangierbahnhöfe im sächsischen Emissionskataster

## 5 Datenfortschreibung

Die Berechnung der Emissionen des Schienengüter- und Schienenpersonenfernverkehrs sowie der Rangierbahnhöfe erfolgte im vorliegenden Projekt für das Bezugsjahr 2010. Im Verkehrsmodul des sächsischen Emissionskatasters werden die Emissionen der einzelnen Verkehrsarten jährlich fortgeschrieben, wobei das Bezugsjahr der Aktualisierung gegenüber dem aktuellen Jahr in der Regel zwei Jahre zurückliegt. Die Art der Fortschreibung bzw. der Erhebungsaufwand richtet sich neben der Datenverfügbarkeit auch nach der Relevanz der einzelnen Verkehrsarten bzgl. der sächsischen Gesamtemissionsbilanz sowie bzgl. des lokalen Einflusses.

Im Schienenverkehr erfolgt die Fortschreibung derzeit entweder über die Erhebung streckenspezifischer Aktivitätsdaten und Emissionsfaktoren oder über Fortschreibungsfaktoren. In Auswertung der im Rahmen des vorliegenden Projektes recherchierten Datenquellen werden im Folgenden Vorschläge zur Fortschreibung der berechneten Emissionen erarbeitet. Dazu erfolgt zunächst eine Betrachtung der emissionsseitigen Relevanz der verschiedenen Verkehrsarten sowohl in Bezug auf den Gesamtverkehr als auch innerhalb der Schienenverkehrsarten. Zur Beurteilung des Einflusses der Rangierbahnhöfe werden lokale Untersuchungen angestellt.

## 5.1 Relevanzbetrachtungen

Im Verkehrsmodul des sächsischen Emissionskatasters werden die Verkehrsarten

- Straßenverkehr,
- Schienenverkehr,
- Flugverkehr und
- Binnenschifffahrt

berücksichtigt.

Der Schienenverkehr wiederum umfasst derzeit die Emissionen des

- Schienenpersonennahverkehrs (SPNV),
- Schienenpersonenfernverkehrs (SPFV) sowie des
- Güterverkehrs (SGV).

Darüber hinaus werden als Ergebnis des vorliegenden Projektes ab dem Bezugsjahr 2010 im Schienenverkehr auch die Emissionen der Rangierbahnhöfe (Rbh) berücksichtigt.

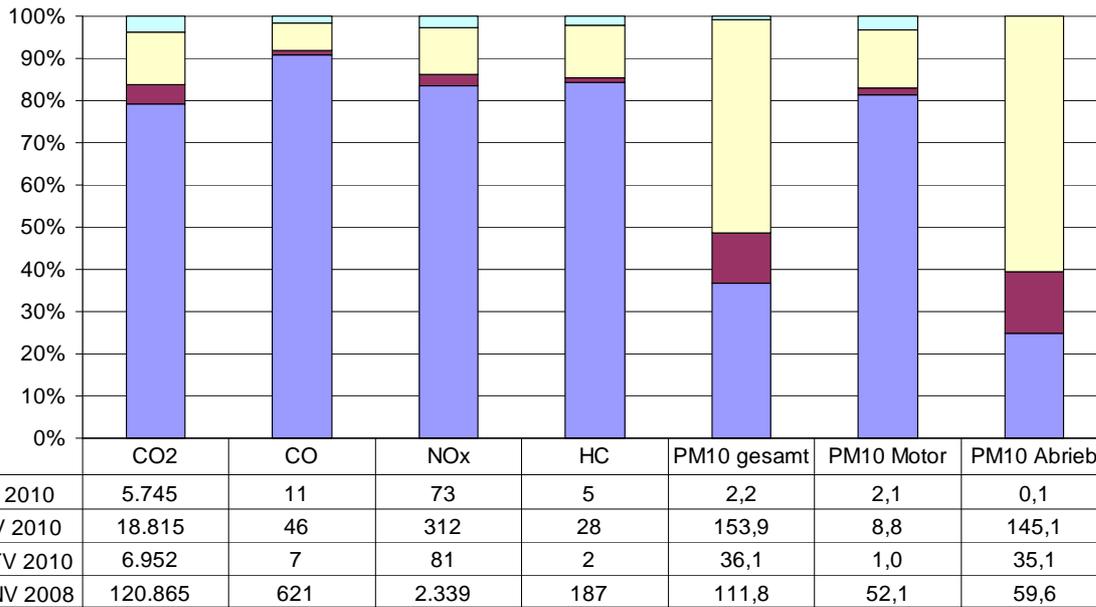
Die derzeitige Datenlage im Emissionskataster bezieht sich auf das Jahr 2008. Zur Einordnung der für das Jahr 2010 berechneten Emissionen des SPFV und SGV sowie der Rangierbahnhöfe in das Emissionsniveau des sächsischen Gesamtverkehrs können deshalb für die übrigen Verkehrsarten lediglich die Emissionen mit Bezugsjahr 2008 verwendet werden. Die in Abbildung 7 und Abbildung 12 dargestellten großen Unterschiede in den Emissionsmengen der Bezugsjahre 2008 und 2010 beim SGV und SPFV sind jedoch beim SPNV nicht zu erwarten, da die Fortschreibung der SPNV-Emissionen im Emissionskataster derzeit auf der Basis linienspezifischer Fahrleistungen und nicht wie beim SGV und SPFV über Fortschreibungsfaktoren erfolgt.

Abbildung 16 zeigt die Schienenverkehrsemissionen in Sachsen nach Emittenten für die Bezugsjahre 2010 bzw. beim SPNV für das Bezugsjahr 2008. Danach werden die motorbedingten Emissionen mit einem Anteil von 80-90 % auf Grund der höheren Fahrleistungen zum überwiegenden Teil vom SPNV verursacht. Der Anteil der Rangierbahnhöfe beträgt bei den motorbedingten Emissionen zwischen 2 und 4 % an den gesamten Schienenverkehrsemissionen Sachsens. Auf Grund der hohen PM10-Abriebsemissionen des SGV ist der SPNV-Anteil bei der Betrachtung der PM10-Gesamtemissionen mit ca. 30 % deutlich geringer.

Der Anteil des Schienenverkehrs an den Gesamtemissionen des Verkehrs in Sachsen ist in Abbildung 17 dargestellt. Danach werden ca. 8 % der PM10- und 10 % der NO<sub>x</sub>-Emissionen durch den Schienenverkehr verursacht. Bei den übrigen Schadstoffen beträgt der Schienenverkehrsanteil zwischen 1 % und 2 %.

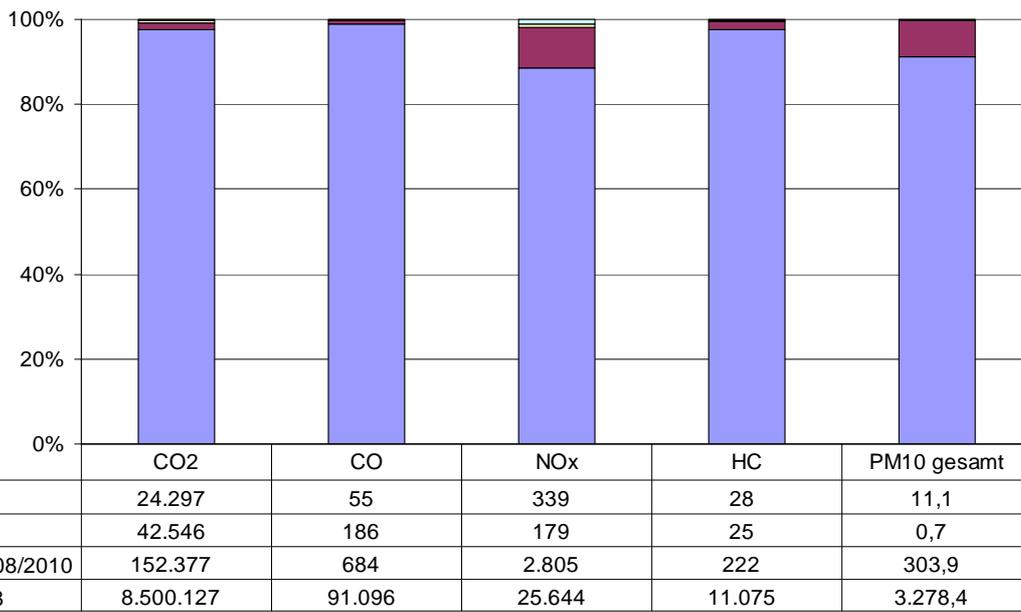
Der Anteil der Rangierbahnhöfe an den Gesamtverkehrsemissionen ist zwar mit maximal 0,25 % bei den Stickoxidemissionen relativ gering, weil diese jedoch als Punktemissionsquellen im Emissionskataster abgebildet werden, ist der lokale Anteil durchaus relevant.

**Schieneverkehrsemissionen (t/a) in Sachsen nach Emittenten 2008 / 2010**



**Abbildung 16: Schieneverkehrsemissionen (t/a) in Sachsen nach Emittenten 2008/2010**

**Gesamtverkehrsemissionen (t/a) in Sachsen nach Emittenten 2008 / 2010**



**Abbildung 17: Gesamtverkehrsemissionen (t/a) in Sachsen nach Emittenten 2008/2010**

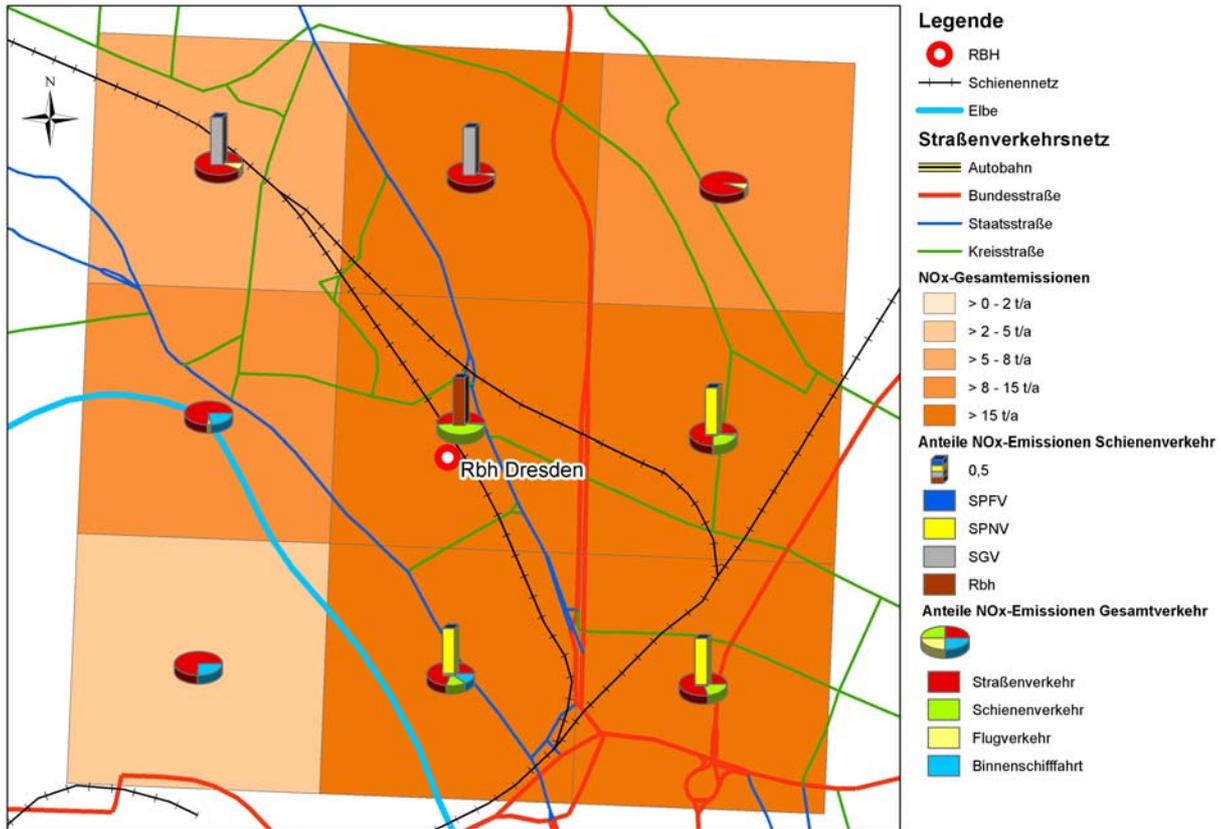


Abbildung 18: Lokaler Einfluss des Rbh Dresden auf die verkehrlichen NO<sub>x</sub>-Emissionen

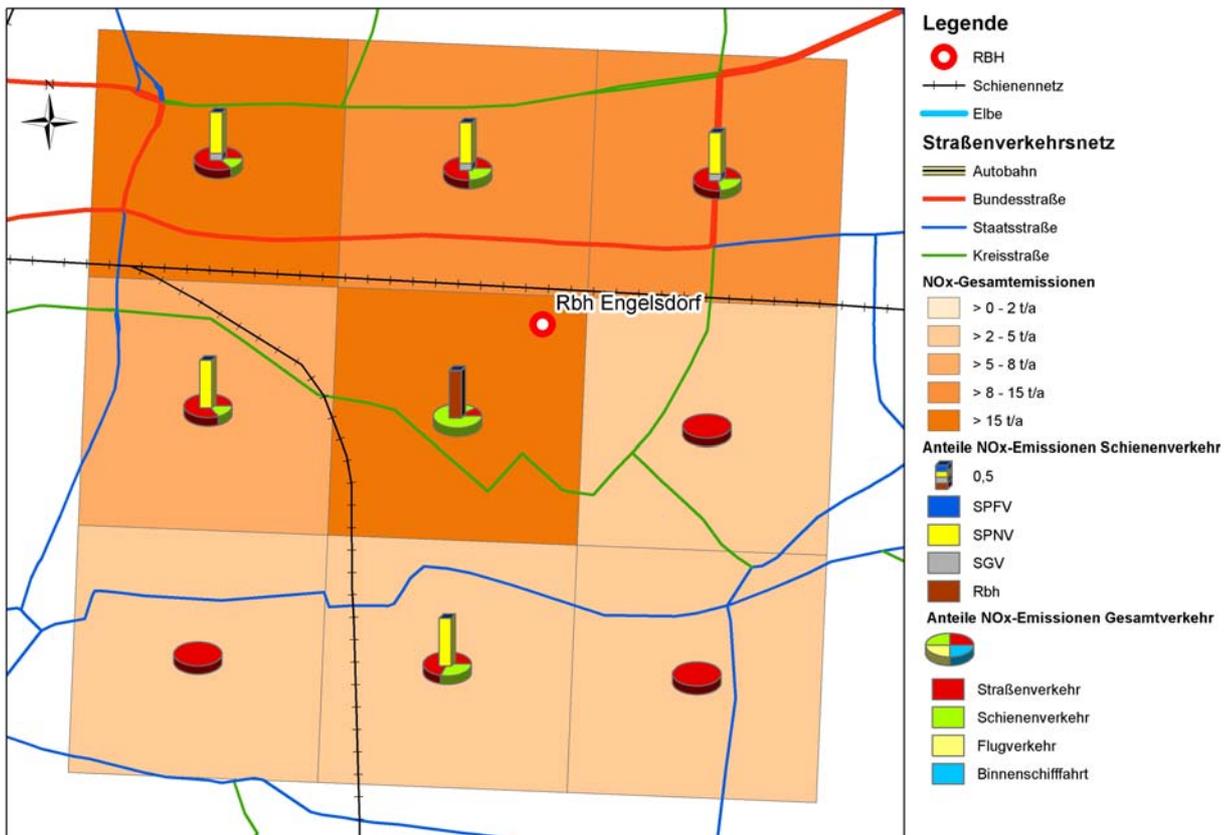


Abbildung 19: Lokaler Einfluss des Rbh Engelsdorf auf die verkehrlichen NO<sub>x</sub>-Emissionen

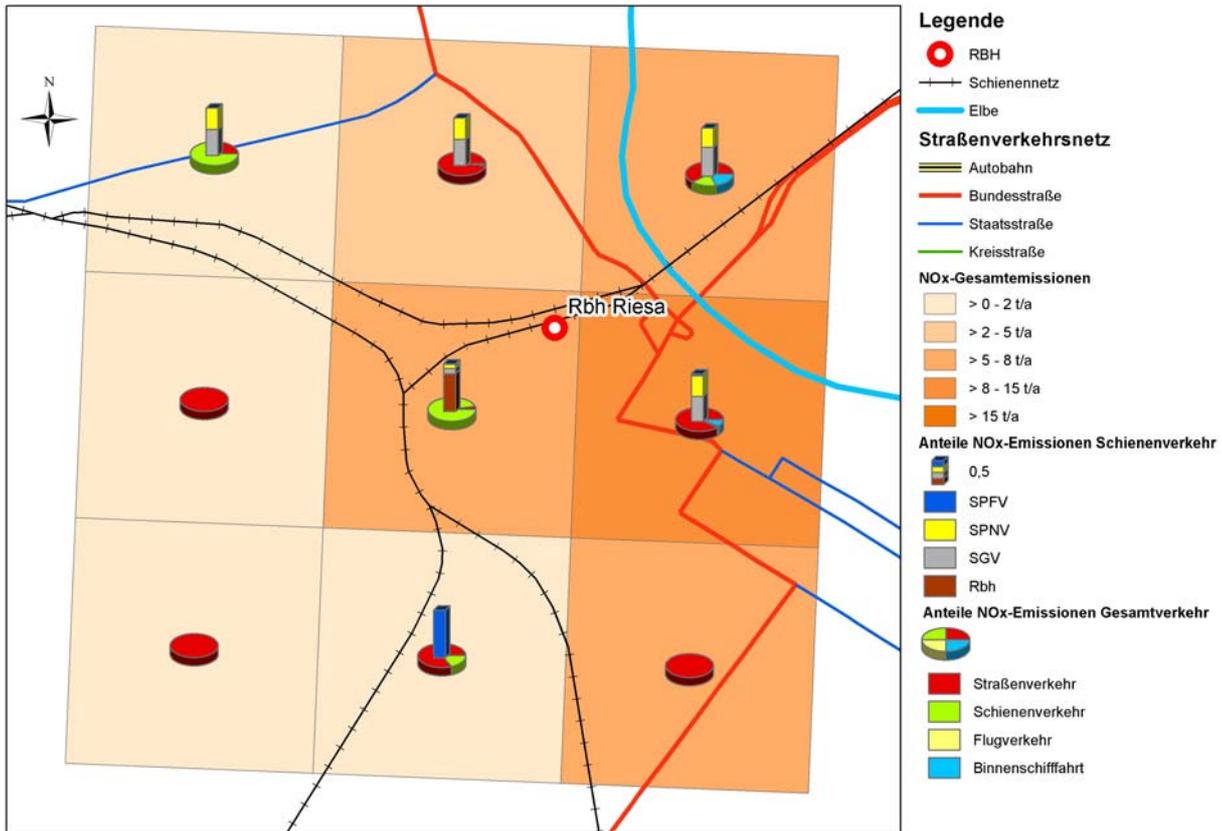


Abbildung 20: Lokaler Einfluss des Rbh Riesa auf die verkehrlichen NO<sub>x</sub>-Emissionen

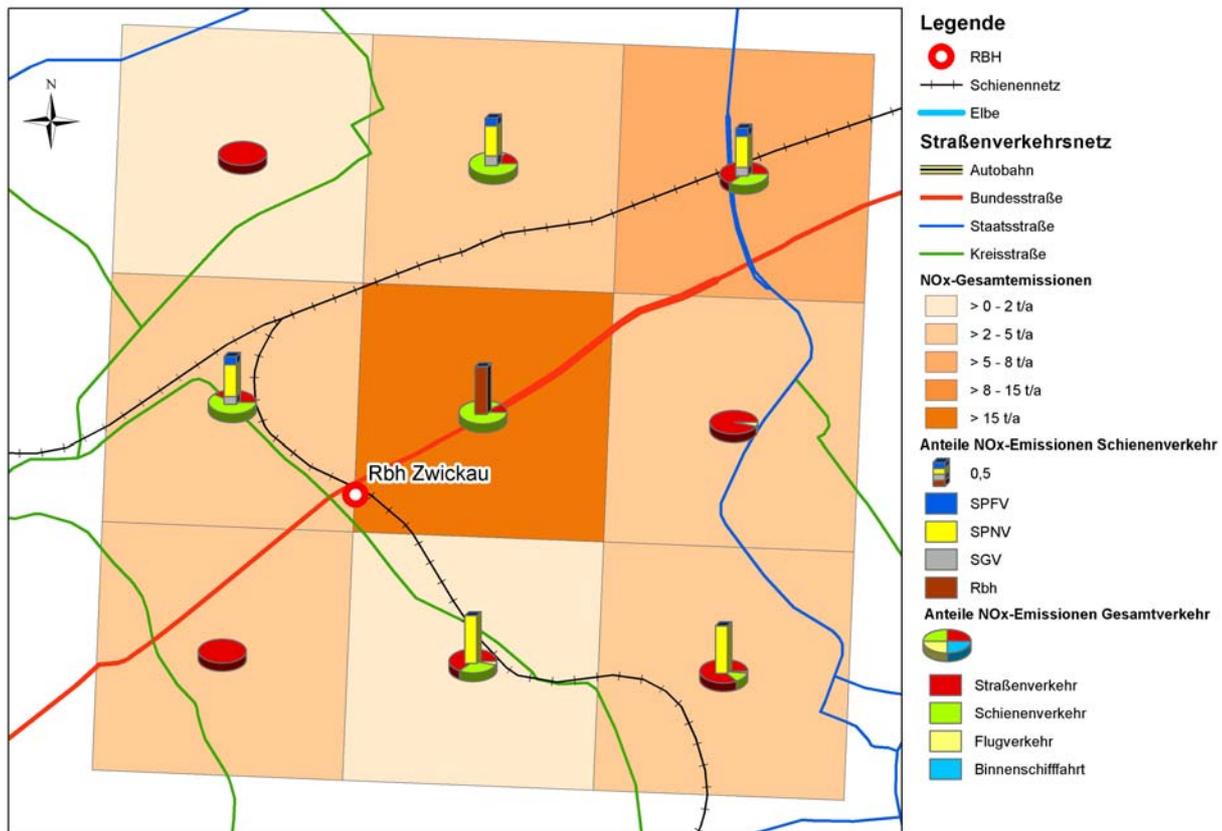
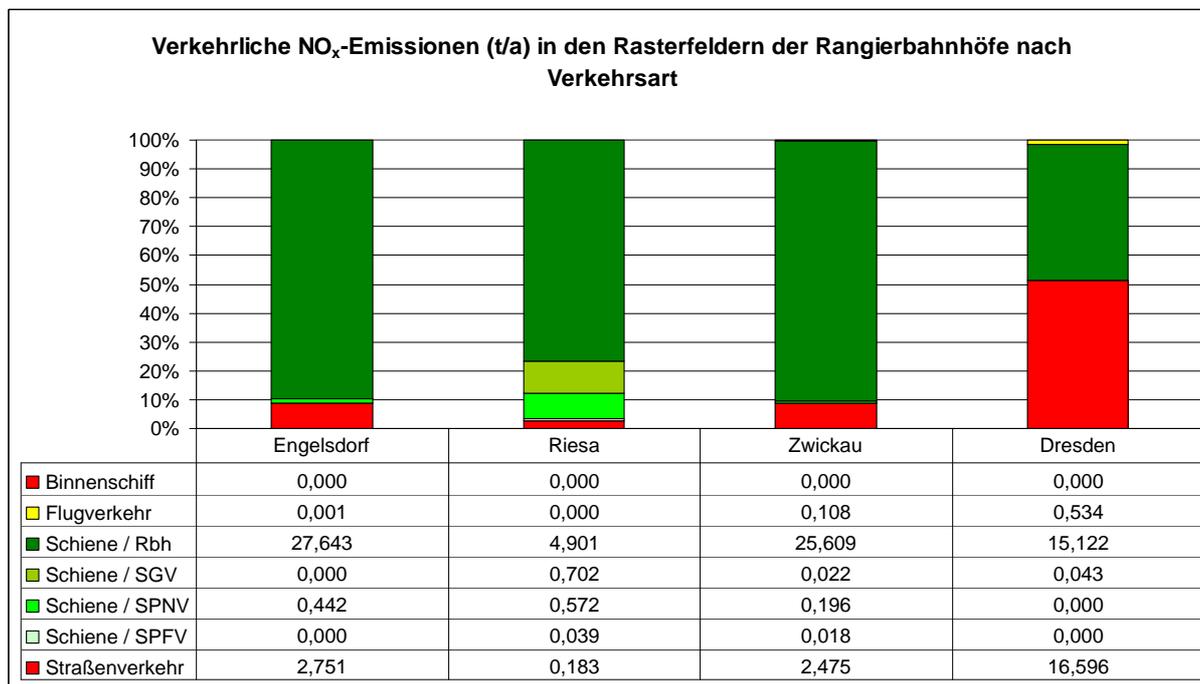
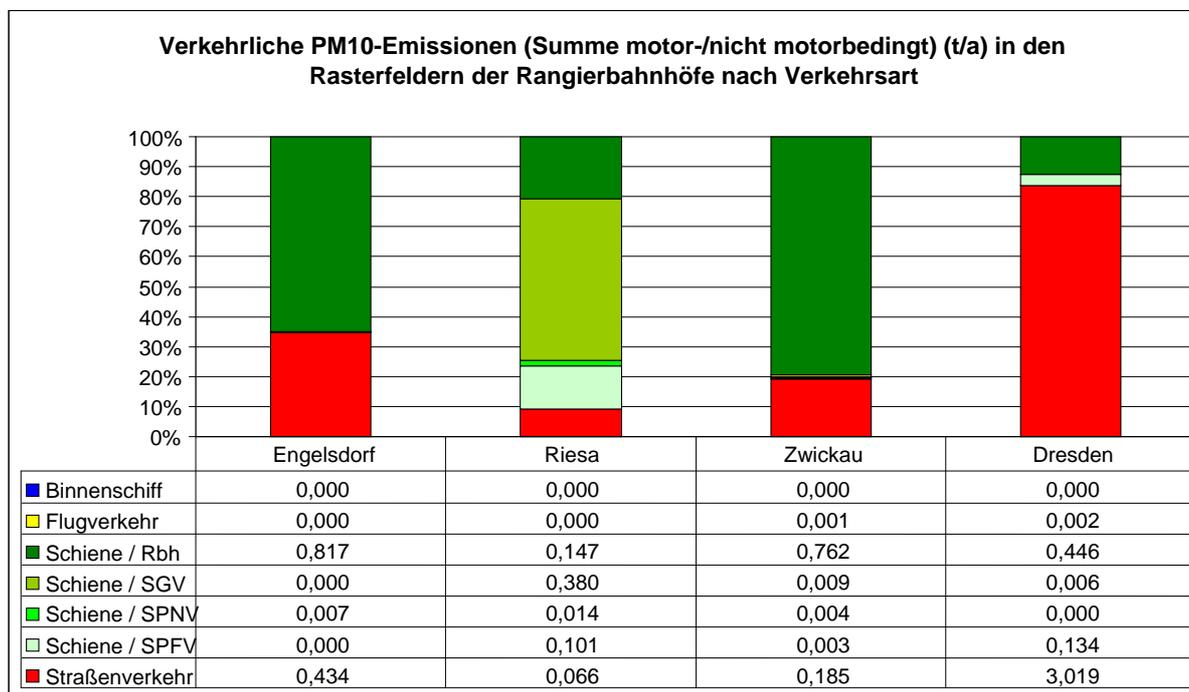


Abbildung 21: Lokaler Einfluss des Rbh Zwickau auf die verkehrlichen NO<sub>x</sub>-Emissionen

Die Darstellungen in Abbildung 18 bis Abbildung 21 zeigen den lokalen Einfluss der vier sächsischen Rangierbahnhöfe auf die Emissionen des Gesamtverkehrs in der unmittelbaren Umgebung des Rasterfeldes, in dem sich die Rangierbahnhöfe befinden. Danach zeigt sich, dass die NO<sub>x</sub>-Emissionen im Rasterfeld durch den Emissionseintrag der Rangierbahnhöfe je nach Ausgangsniveau um den Faktor 2 (Dresden) bis zu Faktor 10 (Engelsdorf und Zwickau) steigen (siehe Abbildung 22).



**Abbildung 22: Verkehrliche NO<sub>x</sub>-Emissionen (t/a) in den Rasterfeldern der Rangierbahnhöfe nach Verkehrsart**



**Abbildung 23: Verkehrliche PM10-Emissionen (t/a) in den Rasterfeldern der Rangierbahnhöfe nach Verkehrsart**

Die in Abbildung 23 dargestellten PM10-Emissionen der Rangierbahnhof-Rasterfelder zeigen eine Erhöhung zwischen 15 % in Dresden und ca. Faktor 5 in Zwickau.

## 5.2 Fortschreibung auf Basis strecken- bzw. anlagenspezifischer Daten

Eine detaillierte Fortschreibung der Emissionen durch die Erhebung strecken- bzw. anlagenspezifischer Daten auf der Basis derzeit frei zugänglicher Quellen ist lediglich für den SPFV möglich. Wie in Kap. 3.1 beschrieben, können Zugkilometer und Bespannung aus dem Kursbuch des betreffenden Bezugsjahres entnommen werden. Die Datenaufbereitung erfordert jedoch einen beträchtlichen manuellen Aufwand.

Daten zu streckenspezifischen Emissionen des Güterverkehrs der DB AG sind im Emissionskataster des BUZ enthalten. Sie werden jährlich aktualisiert und können kostenpflichtig erworben werden. Die Emissionen der NE-Bahnen können unter den in Kap. 3.2 beschriebenen Annahmen auf die Strecken umgelegt werden.

Das Problem bei der Datenübernahme des BUZ besteht jedoch in den unterschiedlichen Netzen, auf denen die Schienenverkehrsemissionen im BUZ und im sächsischen Emissionskataster im GIS abgebildet werden. Im Rahmen dieses Projektes wurde zwar eine Schlüsselbrücke zwischen den beiden Netzen zur Datenübernahme erstellt, nach Auskunft des BUZ wird dort das Netz jedoch ständig aktualisiert bzw. präzisiert, sodass die Identifizierung der GIS-Strecken nicht konstant und die Nutzung der vorliegenden Schlüsselbrücke für künftige Jahre nicht möglich ist. Eine jährliche Aktualisierung der Schienenverkehrsemissionen durch die Daten des BUZ wäre demnach nur sinnvoll, wenn auch das GIS-Netz des BUZ in das sächsische Emissionskataster übernommen würde. Dafür müssten allerdings sämtliche schienenverkehrsrelevanten Auswertalgorithmen im sächsischen Emissionskataster angepasst werden.

Die Emissionen der Rangierbahnhöfe sind ebenfalls nur kostenpflichtig vom BUZ erhältlich. Für die Entwicklung der Rangierleistungen und dementsprechend für die Emissionen der Rangierbahnhöfe gibt es keinen verlässlichen Indikator aus frei zugänglichen Quellen. So wird beispielsweise von der DB AG derzeit öffentlich diskutiert, die Rangierleistungen des Rbh Dresden demnächst weitestgehend nach Engelsdorf zu verlagern. Derartige Entwicklungen sind betriebsinternen ökonomischen Überlegungen geschuldet und lassen sich nicht über allgemeine Güterverkehrsstatistiken prognostizieren. Eine Übernahme der BUZ-Daten zu den Rangierbahnhöfen in das sächsische Emissionskataster ist problemlos möglich.

In Anbetracht der in Kap. 5.1 aufgezeigten Relevanz der Emissionen des Schienengüter- und Schienenfernverkehrs sowie der Rangierbahnhöfe im Rahmen des sächsischen Emissionskatasters ist jedoch auch ein längerer Aktualisierungsturnus der strecken- bzw. anlagenspezifischen Emissionen vorstellbar. So wird der größte Teil der Schienenverkehrsemissionen im Netz durch den SPNV verursacht. Die Emissionen des SPNV werden im Emissionskataster jährlich durch Anfragen bei den sächsischen Verkehrsverbänden ermittelt. Damit wird der Gesamtbeitrag des Schienenverkehrs an den sächsischen Verkehrsemissionen relativ gut fortgeschrieben.

Die Aktualisierung der Straßenverkehrsemissionen erfolgt zwar jährlich unter Verwendung der aktuellen Emissionsfaktoren und Flottenzusammensetzungen, eine Aktualisierung der streckenspezifischen Fahrleistungen erfolgt jedoch nur im Fünf-Jahres-Turnus, weil zur Kalibrierung der Verkehrsmodellierung die Daten der alle fünf Jahre veröffentlichten Straßenverkehrszählung verwendet werden.

Die Emissionen des Flugverkehrs und der Binnenschifffahrt werden jährlich aktualisiert.

Falls eine jährliche Aktualisierung der strecken- bzw. anlagenspezifischen Emissionen des Schienengüter- und Schienenfernverkehrs sowie der Rangierbahnhöfe nicht möglich sein sollte, wäre ein Aktualisierungsturnus von fünf Jahren sinnvoll. Das Aktualisierungsjahr sollte identisch sein mit dem Aktualisierungsjahr der Straßenverkehrsmengen, sodass alle fünf Jahre eine zuverlässige Bestandsaufnahme der sächsischen Emissionen vorliegen würde.

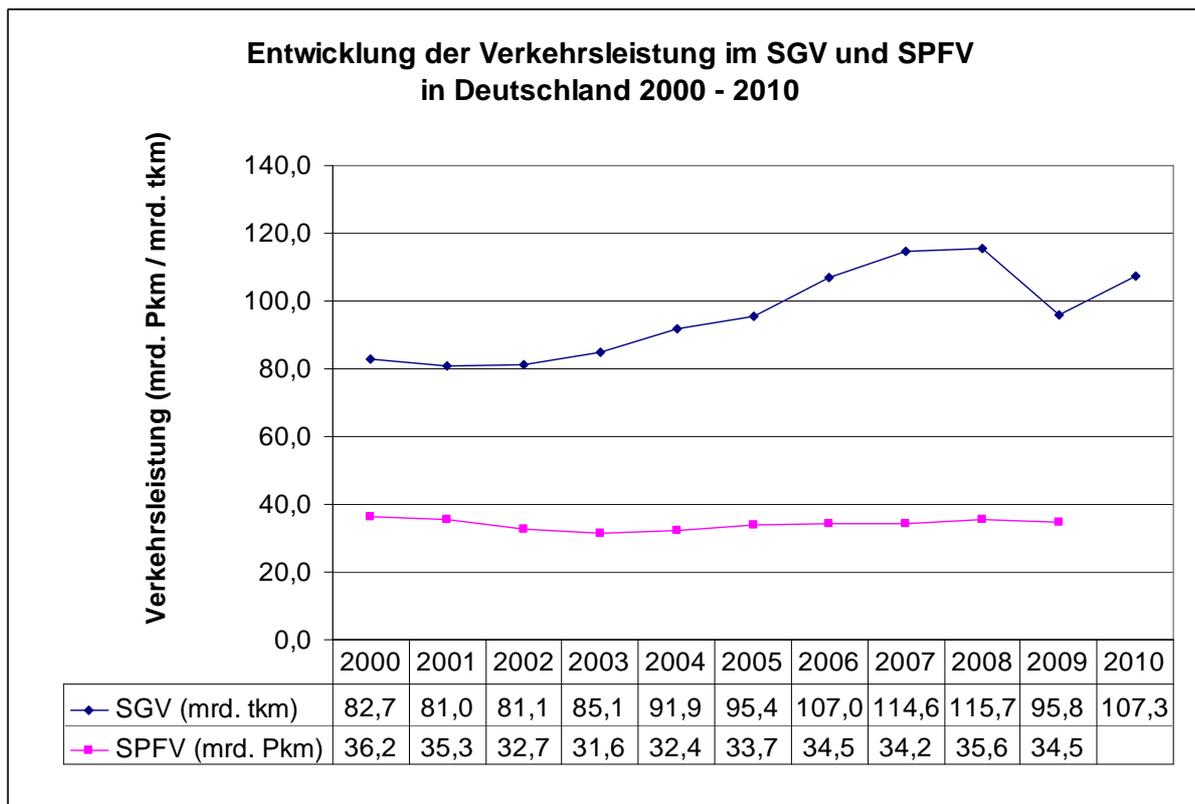
Innerhalb dieses Zeitraumes ist eine Fortschreibung auf der Basis von Fortschreibungsfaktoren möglich.

## 5.3 Fortschreibung auf Basis von Fortschreibungsfaktoren

Die Fortschreibung auf der Basis von Fortschreibungsfaktoren unterstellt eine pauschale Entwicklung, die im Einzelfall stark von der Realität abweichen kann. Als Indikator für die Emissionsentwicklung können Statistiken zur Entwicklung der Verkehrsleistung verwendet werden.

Abbildung 24 zeigt die Entwicklung der Verkehrsleistung der letzten 10 Jahre im SGV und SPFV in Deutschland. Darin zeigt sich beim SGV ein kontinuierlicher Anstieg der Verkehrsleistung in den Jahren 2002-2008, der im Jahre 2009 durch die Auswirkungen der Finanzkrise unterbrochen wurde. Im Jahre 2010 ist die Verkehrsleistung im SGV wieder im Aufstieg begriffen. Der in Abbildung 25 dargestellte Vergleich mit der Schienengüterverkehrsentwicklung in Sachsen zeigt einen ähnlichen Verlauf.

Die Verkehrsleistung im SPFV ist in den vergangenen 10 Jahren in Deutschland relativ konstant geblieben.



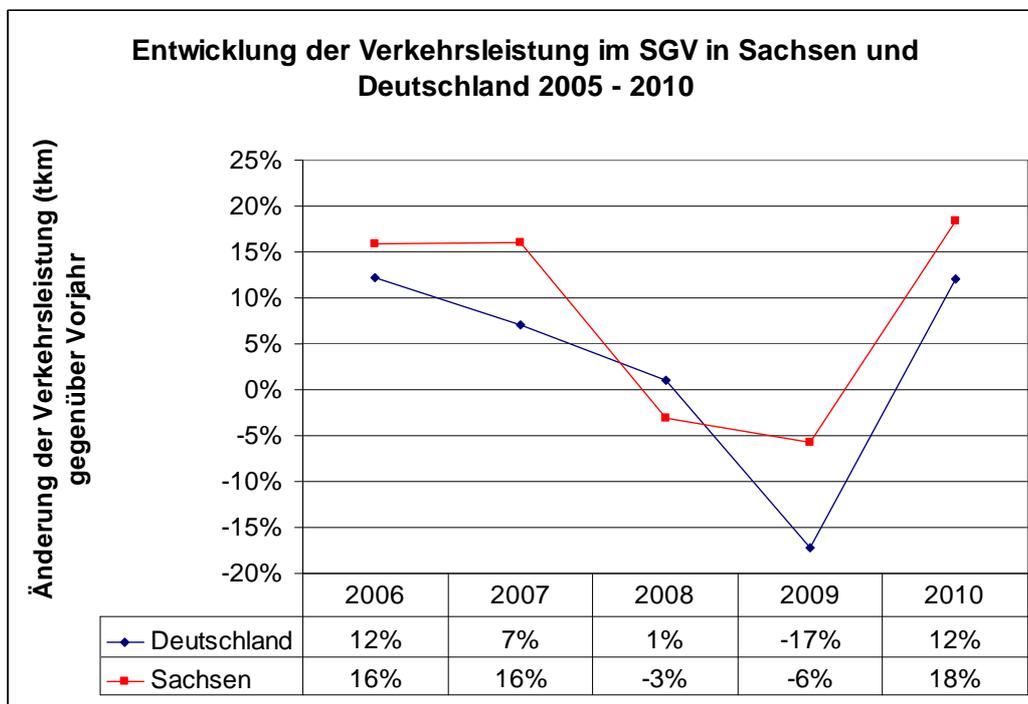
**Abbildung 24: Entwicklung der Verkehrsleistung im SGV und SPFV in Deutschland [11], [15]**

Die Fortschreibung der Emissionen auf Basis der Entwicklung der Verkehrsleistung lässt jedoch die Entwicklung in der Fahrzeugtechnik bzw. im Fahrzeugeinsatz unberücksichtigt. Weil es keine geeigneten Statistiken zur mittleren Entwicklung des Fahrzeugeinsatzes gibt, muss die Emissionsfortschreibung unter der Annahme eines gleichbleibenden Fahrzeugeinsatzes erfolgen.

Wie in Abbildung 7 und Abbildung 12 dargestellt, ist die Entwicklung der Emissionen jedoch sehr stark vom Fahrzeugeinsatz abhängig. So ist die Emissionsmenge des Güterverkehrs stark zurückgegangen, wohingegen die Verkehrsleistung tendenziell gestiegen ist. Ebenso ist beim SPFV ein deutlicher Rückgang der Emissionen zu verzeichnen, obwohl die Verkehrsleistungen in den letzten 10 Jahren relativ konstant geblieben sind.

Neben der Modernisierung der Dieseltreibfahrzeuge und der damit verbundenen Reduzierung des streckenspezifischen Emissionsfaktors hat vor allem die zunehmende Streckenelektrifizierung großen Einfluss auf das Emissionsniveau, weil durch den Einsatz von Elektrotriebwagen die lokalen motorbedingten Emissionen entfallen.

Aus diesem Grunde ist die Fortschreibung der Emissionen im Netz über die Entwicklung der Verkehrsleistung zwar die einzig praktikable Möglichkeit, bei Vernachlässigung des Fahrzeugeinsatzes ist sie allerdings mit großen Unsicherheiten verbunden. Deshalb sollten bei der Fortschreibung mittels Faktoren jährlich zumindest evtl. neu elektrifizierte Strecken berücksichtigt und dementsprechend die Traktionsart geändert werden. Mittelfristig geplante Streckenelektrifizierungen in Sachsen sind z. B. die Strecken von Reichenbach/Vogtland in Richtung Hof<sup>7</sup> oder von Knappenrode nach Horka<sup>8</sup>. Quellen zu fertig gestellten Streckenelektrifizierungen sind z. B. die Pressemeldungen der DB AG.



**Abbildung 25: Entwicklung der Verkehrsleistung im SGV in Sachsen und Deutschland [11], [15], [16]**

Die Fortschreibung der Emissionen der Rangierbahnhöfe über Fortschreibungsfaktoren ist nicht sinnvoll, weil es hierfür keine verlässlichen Kriterien gibt. Falls die Fortschreibung der Rangierbahnhöfe nicht jährlich durch den Erwerb der Daten des BUZ erfolgen kann, sollte zumindest die evtl. Schließung bzw. Zusammenlegung einzelner Rangierbahnhöfe berücksichtigt werden. So wird sich z. B. der Ausbau des Rangierbahnhofs Halle zum zentralen Rangierbahnhof für Mitteldeutschland auf die Standorte in Sachsen auswirken. Mitteilungen dazu werden z. B. ebenfalls in den Pressemeldungen der DB AG veröffentlicht.

<sup>7</sup> Deutsche Bahn AG; Presseinformation v. 30.09.2010

<sup>8</sup> [http://www.deutschebahn.com/site/shared/de/dateianhaenge/infomaterial/bauprojekte/projektflyer\\_\\_knappenrode\\_\\_horka.pdf](http://www.deutschebahn.com/site/shared/de/dateianhaenge/infomaterial/bauprojekte/projektflyer__knappenrode__horka.pdf)

# 6 Zusammenfassung

Ziel des Projektes ist die Aktualisierung bzw. Erweiterung der Datengrundlage zur Berechnung und Fortschreibung der Schienenverkehrsemissionen im Bereich des Güterverkehrs und des Schienenpersonenfernverkehrs sowie deren georeferenzierte Abbildung im GIS unter Einbeziehung der Emissionen des Rangierbetriebs. Die Beschreibung des Ist-Zustandes bezieht sich dabei auf das Jahr 2010.

Betrachtet wurden folgende Komponenten:

- Dieselverbrauch
- CO<sub>2</sub>
- CO
- HC
- SO<sub>2</sub>
- NO<sub>x</sub>
- CH<sub>4</sub>
- N<sub>2</sub>O
- NMHC
- Benzol
- motorbedingtes PM10
- nicht motorbedingtes PM10
- nicht motorbedingtes PM2.5

Die Emissionen wurden streckenspezifisch in t/km\*a sowie absolut in t/a berechnet und auf das GIS des sächsischen Emissionskatasters übertragen. Die Ergebnisse liegen in Tabellenform sowie im Shape-Format vor.

In einem ersten Schritt wurde dazu das Schienennetz im GIS des sächsischen Emissionskatasters aktualisiert. Die durch das August-Hochwasser 2002 beschädigten Bahnanlagen sind alle wieder in Betrieb und werden auch als Strecke im GIS abgebildet. Einzige Ausnahme ist die Weißeritztalbahn. Diese Strecke führte vor dem Hochwasser von Freital über Dippoldiswalde nach Kipsdorf. Derzeit ist jedoch lediglich der Abschnitt zwischen Freital und Dippoldiswalde wieder in Betrieb. Als Neubaustrecken wurde die Strecke von Leipzig nach Gröbers sowie die Arnsdorfer Kurve digitalisiert und in das GIS übernommen.

Die Aktualisierung der Emissionen des SPFV erfolgte auf Basis der Fahrleistungen sowie der entsprechend des aktualisierten Fahrzeugeinsatzes ermittelten Emissionsfaktoren. Zur Abbildung der nicht motorbedingten Emissionen wurde neben der Fahrleistung der Dieseltraktion auch die der Elektrotraktion erhoben.

Der Vergleich mit den Daten des derzeitigen Standes im sächsischen Emissionskataster zeigt einen Rückgang der Fahrleistungen der Dieseltraktion um ca. 20 %. In Kombination mit dem geänderten Fahrzeugeinsatz sinken die motorbedingten Emissionen um über 90 %.

Die Aktualisierung der Emissionen des SGV erfolgte unter Verwendung der Daten des Emissionskatasters des BUZ. Darin liegen die Emissionen der DB AG streckenfein für Schienengüterverkehr sowie für Leer- und Rangierfahrten vor. Zur Berechnung der nicht motorbedingten Partikel-Emissionen werden neben der Dieseltraktion auch die Fahrleistungen der Elektrotraktion berücksichtigt.

Das Problem bei der Datenübernahme des BUZ bestand in den unterschiedlichen Netzen auf denen die Schienenverkehrsemissionen im BUZ und im sächsischen Emissionskataster im GIS abgebildet werden, sodass dafür eigens eine Schlüsselbrücke erstellt wurde.

Aufgrund des deutlich gestiegenen Anteils der NE-Bahnen am SGV von ca. 25 % im Jahre 2010 wurden neben den Verkehrsleistungen der DB AG auch die der NE-Bahnen berücksichtigt.

Die Emissionsbilanz des SGV des Jahres 2010 zeigt einen Anteil der Leer- und Rangierfahrten von 7 bis 12 % bei den motorbedingten Emissionen. Der Vergleich mit den Daten des derzeitigen Standes der Emissionen des SGV im sächsischen Emissionskataster zeigt einen Rückgang der motorbedingten Emissionen um ca. 60-85 %.

Die Daten zu Lage und Emissionen der Rangierbahnhöfe wurden ebenfalls aus dem Emissionskataster des BUZ übernommen. Auf Basis der Lagekoordinaten wurden die Rangierbahnhöfe als Punkt-Shape in das sächsische Emissionskataster übernommen.

Obwohl der Emissionsbeitrag der sächsischen Rangierbahnhöfe bezüglich der Gesamtschienenverkehrsemissionen bzw. der Gesamtverkehrsemissionen relativ gering ist, ist der lokale Einfluss durchaus relevant. So werden die Gesamtverkehrsemissionen der Rasterfelder, in denen sich die Rangierbahnhöfe befinden bis zu Faktor 10 bei  $\text{NO}_x$  bzw. bis zu Faktor 5 bei  $\text{PM}_{10}$  erhöht.

Die Fortschreibung der Emissionen kann auf Basis der strecken- bzw. anlagenspezifischen Daten erfolgen. Als wesentliche Quelle für den SPFV kann das Kursbuch der DB AG genutzt werden. Datenquelle für den SGV sowie die Rangierbahnhöfe ist das Emissionskataster des BUZ. Die Daten des BUZ sind jedoch nicht kostenfrei verfügbar. Eine jährliche Aktualisierung der Schienenverkehrsemissionen durch die Daten des BUZ wäre darüber hinaus nur sinnvoll, wenn auch das GIS-Netz des BUZ in das sächsische Emissionskataster übernommen würde.

Auf Grund der Relevanz der Emissionsbeiträge des Schienenpersonenfern- und Schienengüterverkehrs ist jedoch auch ein Aktualisierungsturnus von fünf Jahren vertretbar. Die Fortschreibung für die dazwischen liegenden Jahre kann über Fortschreibungsfaktoren auf Basis der Verkehrsleistungsentwicklung erfolgen. Dabei ist zu beachten, dass die Fortschreibungsmethodik die Entwicklung im Fahrzeugeinsatz unberücksichtigt lässt. Weil der Fahrzeugeinsatz jedoch stark das Emissionsniveau beeinflusst, sollten jährlich zumindest evtl. neu elektrifizierte Strecken berücksichtigt und dementsprechend die Traktionsart angepasst werden.

Die Fortschreibung der Emissionen der Rangierbahnhöfe über Fortschreibungsfaktoren ist nicht sinnvoll, weil es hierfür keine verlässlichen Kriterien gibt. Falls die Fortschreibung der Rangierbahnhöfe nicht jährlich durch den Erwerb der Daten des BUZ erfolgen kann, sollte zumindest die evtl. Schließung bzw. Zusammenlegung einzelner Rangierbahnhöfe berücksichtigt werden.

# 7 Literaturverzeichnis

- [1] Eisenbahnrevue International 4/03, 10/03, Verlag Minirex AG Luzern (Schweiz)
- [2] Eisenbahnatlas Deutschland 2009/2010, Schweers+Wall Verlag GmbH
- [3] <http://www.vde8.de/>
- [4] Oberelbetakt, Kundenzeitschrift des VVO Ausgabe II/2008, S. 3
- [5] TU Dresden, Lehrstuhl für Verkehrsökologie, Grundlegende Überarbeitung der Emissionsberechnung für die Verkehrsarten Schienenverkehr, Luftverkehr und Binnenschifffahrt im Dynamisierten Emissionskataster für Sachsen; Untersuchung im Auftrag des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie, 2002
- [6] <http://kursbuch.bahn.de/hafas/kbview.exe>
- [7] TU Dresden, Lehrstuhl für Verkehrsökologie, Bewertung des ÖPNV im Nahverkehrsraum Oberelbe aus ökologischer Sicht, Untersuchung im Auftrag des VVO, 2008
- [8] IFEU Heidelberg GmbH, Fortschreibung und Erweiterung "Daten- und Rechenmodell: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2030" (TREMODO, Version 5), Im Auftrag des Umweltbundesamtes 2010
- [9] INFRAS Bern, PM10-Emission Verkehr/Teil Schienenverkehr, Studie im Auftrag des BAFU, 2007
- [10] LÖCHTER, A., Modellsystem zur Berechnung des Abriebs und anderer luftgetragenen Schadstoffe des Schienenverkehrs, Immissionsschutz 2007 - Zeitschrift für Luftreinhaltung, Lärmschutz, Anlagensicherheit, Abfallverwertung und Energienutzung, Erich Schmidt Verlag
- [11] Wettbewerber-Report 2010/11 mofair, Netzwerk Privatbahnen, [http://mofair.de/content/20110519\\_wettbewerber-report-eisenbahn-2010-2011.pdf](http://mofair.de/content/20110519_wettbewerber-report-eisenbahn-2010-2011.pdf)
- [12] [http://www.eba.bund.de/nn\\_204514/DE/Fachthemen/Infrastruktur/Stilllegung/stilllegung\\_\\_node.html?\\_\\_nnn=true](http://www.eba.bund.de/nn_204514/DE/Fachthemen/Infrastruktur/Stilllegung/stilllegung__node.html?__nnn=true)
- [13] EG-Richtlinie 2008/50/EG (2008): Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21.05.2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft vom 11.06.2008, Nr. L152/1. (2. Tochterrichtlinie)
- [14] BUWAL (2003): Modelling of PM10 and PM2.5 ambient concentrations in Switzerland 2000 and 2010. Environmental Documentation No. 169, Air. Published by the Swiss Agency for the Environment, Forests and Landscape SAEFL, Berne 2003.
- [15] Verkehr in Zahlen 2010/2011, Herausgeber: BMVBS, 2011
- [16] Statistisches Bundesamt, Statistik 46131-0013: Beförderungsleistung (Eisenbahngüterverkehr): Deutschland, Jahre, Versandregion, Empfangsregion, Güterhauptgruppen, 2011

**Herausgeber:**

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)  
Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden  
Telefon: + 49 351 2612-0  
Telefax: + 49 351 2612-1099  
E-Mail: [lfulg@smul.sachsen.de](mailto:lfulg@smul.sachsen.de)  
[www.smul.sachsen.de/lfulg](http://www.smul.sachsen.de/lfulg)

**Autoren:**

Dr. Falk Richter, Wolfram Schmidt, Peter Wolf  
Technische Universität Dresden/Institut für Verkehrsplanung und Straßenverkehr  
Lehrstuhl für Verkehrsökologie  
Gerhart-Pothhoff-Bau, Hettnerstr.1, 01062 Dresden  
Telefon: + 49 351 463-36563  
Telefax: + 49 351 463-37718  
E-Mail: [Falk.Richter@tu-dresden.de](mailto:Falk.Richter@tu-dresden.de)

**Redaktion:**

Ute Schreiber  
LfULG, Abteilung Klima, Luft, Lärm, Strahlen/Referat Luftqualität  
Söbrigener Str. 3a, 01326 Dresden  
Telefon: + 49 351 2612-5108  
Telefax: + 49 351 2612-5199  
E-Mail: [ute.schreiber@smul.sachsen.de](mailto:ute.schreiber@smul.sachsen.de)

**Foto:**

Ferry Quast

**Redaktionsschluss:**

31.08.2011

**ISSN:**

1867-2868

**Hinweis:**

Die Broschüre steht nicht als Printmedium zur Verfügung, kann aber als PDF-Datei unter <http://www.smul.sachsen.de/lfulg/6447.htm> heruntergeladen werden.

**Verteilerhinweis**

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern im Zeitraum von sechs Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen.

Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe an Dritte zur Verwendung bei der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die vorliegende Druckschrift nicht so verwendet werden, dass dies als Parteinahme des Herausgebers zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

Diese Beschränkungen gelten unabhängig vom Vertriebsweg, also unabhängig davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Informationsschrift dem Empfänger zugegangen ist. Erlaubt ist jedoch den Parteien, diese Informationsschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.