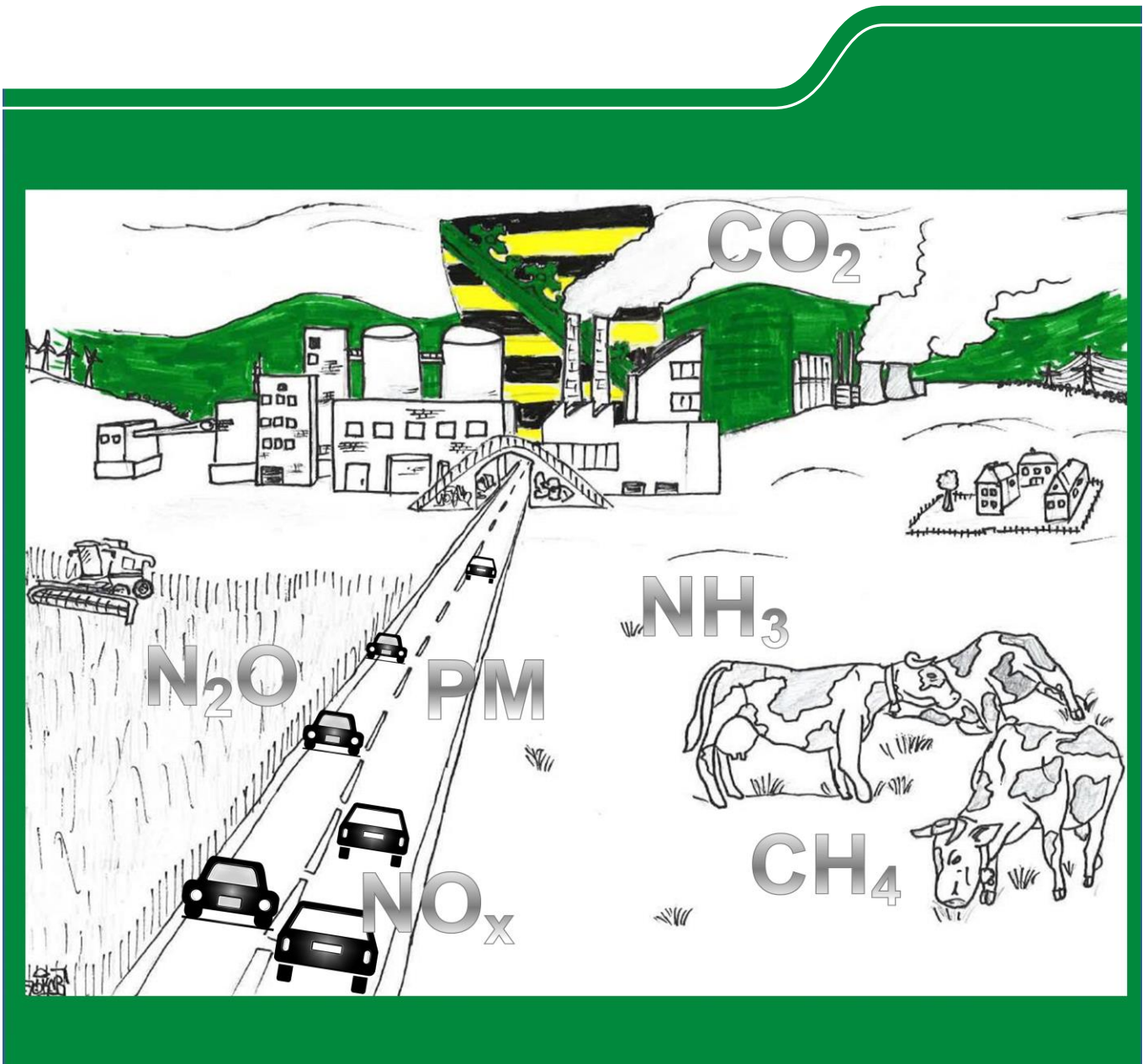


# Luftschadstoff- und Treibhausgasemissionen in Sachsen

Jahresbericht 2012



# Luftschadstoff- und Treibhausgas- emissionen in Sachsen

## Jahresbericht 2012

Ute Schreiber

	<b>Auf einen Blick – Emissionen in Sachsen.....</b>	<b>11</b>
<b>1</b>	<b>Das Emissionskataster Sachsen – Inhalt und Methodik.....</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>Basisdaten Sachsen.....</b>	<b>18</b>
2.1	Lage, Verwaltungsgliederung und Bevölkerung .....	18
2.2	Verkehr.....	21
2.3	Industrie und Energiegewinnung .....	25
2.4	Landwirtschaft .....	30
<b>3</b>	<b>Emissionsinventar Sachsen.....</b>	<b>33</b>
3.1	Treibhausgase.....	33
	Kohlendioxid (CO <sub>2</sub> ).....	33
	Distickstoffmonoxid (N <sub>2</sub> O) .....	34
	Methan (CH <sub>4</sub> ).....	34
	Fluorierte Treibhausgase.....	35
	Minderung der THG-Emissionen – Strategien und Ziele des Freistaates Sachsen.....	37
3.2	Klassische Luftschadstoffe .....	38
	Stickstoffoxide (NO <sub>x</sub> ) .....	39
	Ammoniak (NH <sub>3</sub> ).....	39
	Schwefeldioxid (SO <sub>2</sub> ).....	40
	Flüchtige organische Verbindungen ohne Methan (NMVOC).....	40
	Kohlenmonoxid (CO).....	41
	Staub/Feinstaub .....	42
	TSP .....	42
	PM10.....	42
	PM2.5 .....	42
3.3	Schwermetalle.....	44
	Arsen.....	44
	Blei .....	44
	Cadmium .....	44
	Chrom.....	44
	Kupfer.....	44
	Nickel.....	45
	Quecksilber .....	45
	Zink.....	45
3.4	Persistente organische Luftschadstoffe.....	46
	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe/Benzo-a-pyren (PAK/BaP).....	46
	Polychlorierte Dibenzo-p-dioxine und Dibenzofurane (PCDD, PCDF).....	47
<b>4</b>	<b>Emittenten Sachsen .....</b>	<b>50</b>
4.1	Emissionserklärungspflichtige Anlagen .....	50
4.2	Großfeuerungsanlagen (GFA).....	52
4.3	Kleinfeuerungsanlagen (KFA) .....	59
4.4	Landwirtschaft .....	62
4.5	Verkehr.....	68
4.6	Sonstige .....	73
<b>5</b>	<b>Ein Blick über die Grenzen von Sachsen .....</b>	<b>74</b>
5.1	Klassische Luftschadstoffe – Emissionen und Höchstmengen in Deutschland .....	75
5.2	Treibhausgas-Emissionen und Klimaschutz-Ziele in Deutschland .....	82
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>88</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Entwicklung der Emissionen ausgewählter Luftschadstoffe und Treibhausgase in Sachsen .....	11
Abbildung 2: Inhalt des Emissionskatasters Sachsen – Stoffe, Verursacher, Datenherkunft .....	15
Abbildung 3: Lage und Verwaltungsgliederung Sachsen .....	18
Abbildung 4: Bevölkerungsdichte in Sachsen nach Gemeinden (Stand 31.12.2012) [8].....	20
Abbildung 5: Güterumschlag 2012 der sächsischen Binnenhäfen [14] .....	22
Abbildung 6: Verkehrswege und -plätze 2012 in Sachsen [11] .....	23
Abbildung 7: Kraftfahrzeug-Bestandszahlen 2012 in Sachsen nach Gemeinden [10].....	23
Abbildung 8: Durchschnittlicher täglicher Verkehr (DTV) von PKW in Kfz pro 24 h [11].....	24
Abbildung 9: Durchschnittlicher täglicher Verkehr (DTV) von LKW in Kfz pro 24 h [11] .....	24
Abbildung 10: Emissionserklärungspflichtige Anlagen 2012 in Sachsen - 4. BImSchV, Anhang 1, Nr. 1 [16].....	25
Abbildung 11: Emissionserklärungspflichtige Anlagen 2012 in Sachsen - 4. BImSchV, Anhang 1, Nr. 2 [16].....	26
Abbildung 12: Emissionserklärungspflichtige Anlagen 2012 in Sachsen - 4. BImSchV, Anhang 1, Nr. 3 [16].....	26
Abbildung 13: Emissionserklärungspflichtige Anlagen 2012 in Sachsen - 4. BImSchV, Anhang 1, Nr. 4 [16].....	27
Abbildung 14: Emissionserklärungspflichtige Anlagen 2012 in Sachsen - 4. BImSchV, Anhang 1, Nr. 5 [16].....	27
Abbildung 15: Emissionserklärungspflichtige Anlagen 2012 in Sachsen - 4. BImSchV, Anhang 1, Nr. 6 [16].....	28
Abbildung 16: Emissionserklärungspflichtige Anlagen 2012 in Sachsen - 4. BImSchV, Anhang 1, Nr. 7 [16].....	28
Abbildung 17: Emissionserklärungspflichtige Anlagen 2012 in Sachsen - 4. BImSchV, Anhang 1, Nr. 8 [16].....	29
Abbildung 18: Emissionserklärungspflichtige Anlagen 2012 in Sachsen - 4. BImSchV, Anhang 1, Nr. 9 und 10 [16].....	29
Abbildung 19: Anteile der Nutzungsarten an der sächsischen Landesfläche 2012 [18] .....	30
Abbildung 20: Acker- und Grünlandflächen 2012 in Sachsen [19] .....	30
Abbildung 21: Genehmigungsbedürftige Tierhaltungsanlagen 2012 in Sachsen [16] .....	31
Abbildung 22: Quellen von THG-Emissionen und ihre Anteile an den Gesamtemissionen .....	35
Abbildung 23: Verwendung von Fluorkohlenwasserstoffen 2012 in Sachsen [22] .....	36
Abbildung 24: Verwendung von Fluorkohlenwasserstoffen 2012 in Sachsen nach Einsatzbereichen und Wirtschaftszweigen [22] .....	36
Abbildung 25: Klimaschutz-Ziele Sachsen bis 2020 [23].....	37
Abbildung 26: Quellen von Luftschadstoff-Emissionen und ihre Anteile an den Gesamtemissionen .....	41
Abbildung 27: Quellen von Staub-Emissionen und ihre Anteile an den Gesamtemissionen .....	43
Abbildung 28: Quellen von Schwermetall-Emissionen und ihre Anteile an den Gesamtemissionen .....	45
Abbildung 29: Quellen von POP-Emissionen und ihre Anteile an den Gesamtemissionen .....	47
Abbildung 30: Gebiete mit Anhaltspunkten oder Belegen für großflächige schädliche stoffliche Bodenveränderungen in Sachsen (Stand 02/2014).....	49
Abbildung 31: Anteile der einzelnen Anlagenkategorien an den Emissionen 2012 der Emissionserklärungspflichtigen Anlagen (ohne GFA und Tierhaltungsanlagen) in Sachsen [16] .....	51
Abbildung 32: Entwicklung der Braunkohle-Fördermengen in Sachsen [27].....	54
Abbildung 33: Primärenergieverbrauch 2012 nach Energieträgern in Deutschland und Sachsen [27] .....	54
Abbildung 34: Anteile der Primärenergieträger zur Stromerzeugung in Kraftwerken der Energieversorgungsunternehmen 2012 [27] .....	55
Abbildung 35: Entwicklung der Stromerzeugung in Sachsen [27] .....	55
Abbildung 36: Nutzung erneuerbarer Energieträger zur Stromerzeugung – 2012 und Potenziale [23].....	56
Abbildung 37: Entwicklung des Primärenergieverbrauches bei den erneuerbaren Energieträgern in Sachsen [27].....	57
Abbildung 38: Endenergieverbrauch in Sachsen und Deutschland 2012 nach Energieträgern [27] .....	58
Abbildung 39: Endenergieverbrauch in Sachsen und Deutschland 2012 nach Sektoren [27].....	58
Abbildung 40: Anzahl der messpflichtigen Ölfeuerungsanlagen nach 1. BImSchV in Sachsen 2012 nach Errichtungszeiträumen und Nennwärmeleistungsbereichen [28].....	60
Abbildung 41: Anzahl der messpflichtigen Ölfeuerungsanlagen nach 1. BImSchV in Sachsen 2012 nach Errichtungszeiträumen bis zum 02.10.1990 und Nennwärmeleistungsbereichen [28] .....	61
Abbildung 42: Entwicklung des Verbrauchs fossiler Energieträger durch Haushalte und Kleinverbraucher in Sachsen [27] .....	61

Abbildung 43: Energieträgereinsatz in den Sektoren Haushalte und Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher 2012 in Sachsen [27] .....	62
Abbildung 44: Anteile von Pflanzenbau und Tierhaltung an den THG-Emissionen 2012 aus der Landwirtschaft in Sachsen [21] .....	63
Abbildung 45: Anteile von Pflanzenbau und Tierhaltung an den NH <sub>3</sub> -Emissionen 2012 aus der Landwirtschaft in Sachsen [21] .....	64
Abbildung 46: Anteile der Tierarten an den CH <sub>4</sub> - und NH <sub>3</sub> -Emissionen 2012 aus der Landwirtschaft in Sachsen [21] .....	64
Abbildung 47: THG- und NH <sub>3</sub> -Emissionen 2012 aus der Landwirtschaft in Deutschland nach Bundesländern [21] .....	65
Abbildung 48: Landwirtschaftlich genutzte Flächen 2012 in Deutschland nach Bundesländern [21] .....	65
Abbildung 49: Tierzahlen 2012 in Deutschland nach Bundesländern [21] .....	66
Abbildung 50: Entwicklung der Tierzahlen in Sachsen [21] .....	66
Abbildung 51: Entwicklung der Emissionsfaktoren für die Tierhaltung (Rinder) [21] .....	67
Abbildung 52: Entwicklung der Emissionsfaktoren für die Tierhaltung (Schweine) [21] .....	67
Abbildung 53: NO <sub>x</sub> -Emissionen 2012 in Sachsen nach Gemeinden .....	69
Abbildung 54: Anteile der Euro-Normen an den PKW 2012 in Sachsen und Deutschland [29] .....	70
Abbildung 55: Anteile der Euro-Normen an den Nutzfahrzeugen 2012 in Sachsen [29] .....	71
Abbildung 56: Entwicklung der Fahrleistungen in Sachsen [11] .....	71
Abbildung 57: Anteile der Fahrzeugklassen an der Gesamtfahrleistung sowie den NO <sub>x</sub> - und PM <sub>10</sub> -Emissionen des Straßenverkehrs 2012 in Sachsen [11] .....	72
Abbildung 58: Anteile der Fahrzeugklassen an der Gesamtfahrleistung sowie den NO <sub>x</sub> - bzw. Partikel-Emissionen des Straßenverkehrs [10] .....	72
Abbildung 59: Anteile der Antriebsarten von PKW an den NO <sub>x</sub> - bzw. Partikel-Emissionen des Straßenverkehrs .....	73
Abbildung 60: Einhaltung bzw. Nichteinhaltung der jeweiligen Emissionshöchstmengen nach Anhang II der NEC-RL durch die EU-27 Mitgliedsstaaten im Jahr 2012 [30] .....	76
Abbildung 61: Anteile der NFR-Kategorien an den Luftschadstoff-Emissionen in Deutschland (Quelle: German Informative Inventory Report, UBA) [31] .....	81
Abbildung 62: Anteile der NFR-Kategorien an den Luftschadstoff-Emissionen 2012 in Sachsen (Quelle: Emissionskataster Sachsen, LfULG) .....	81
Abbildung 63: Anteile der NFR-Kategorien an den Treibhausgas-Emissionen 2012 in Deutschland (Quelle: German Informative Inventory Report, UBA) [31] .....	86
Abbildung 64: Anteile der NFR-Kategorien an den Treibhausgas-Emissionen 2012 in Sachsen (Quelle: Emissionskataster Sachsen, LfULG) .....	86
Abbildung 65: Globale CO <sub>2</sub> -Emissionen 2013 in Mio. t und t/Kopf und deren Entwicklung im Vergleich zum Jahr 1990 [33] .....	87

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Fläche, Einwohner und Beschäftigte in Sachsen 2012 nach Kreisen und kreisfreien Städten [6] .....	19
Tabelle 2: Wohnverhältnisse in Sachsen und Deutschland (Stand: 01.01.2013) [6] .....	20
Tabelle 3: Bestand an Kfz in Sachsen nach Kreisen und kreisfreien Städten (Stand: 01.01.2013) [10].....	21
Tabelle 4: Tierbestände 2012 in Sachsen und Deutschland [21] .....	32
Tabelle 5: Überschreitungen von Umweltqualitätsnormen in sächsischen Oberflächenwasserkörpern (OWK) [25] .....	48
Tabelle 6: Emissionen der Emissionserklärungspflichtigen Anlagen (ohne GFA) 2012 in Sachsen [16].....	50
Tabelle 7: Emissionen aus Großfeuerungsanlagen 2012 in Sachsen .....	52
Tabelle 8: Emissionen aus Kleinfeuerungsanlagen 2012 in Sachsen .....	59
Tabelle 9: Emissionen aus der Landwirtschaft 2012 in Sachsen.....	63
Tabelle 10: Emissionen aus dem Verkehr 2012 in Sachsen .....	68
Tabelle 11: THG-Emissionen der sonstigen Quellen 2012 in Sachsen .....	73
Tabelle 12: NMVOC-Emissionen aus der Lösemittelanwendung 2012 in Sachsen .....	74
Tabelle 13: Luftschadstoff-Emissionen 2012/2013 in Deutschland [31] .....	79
Tabelle 14: Luftschadstoff-Emissionen 2012 in Sachsen .....	80
Tabelle 15: Treibhausgas-Emissionen 2012/2013 in Deutschland [31].....	84
Tabelle 16: Treibhausgas-Emissionen 2012 in Sachsen.....	85

## Abkürzungsverzeichnis

### Stoffe

As	Arsen
BaP	Benzo-a-pyren
Cd	Cadmium
CO	Kohlenmonoxid
CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid
Cr	Chrom
Cu	Kupfer
FKW	voll- oder perfluorierte Kohlenwasserstoffe
H-FKW	wasserstoffhaltige Fluorkohlenwasserstoffe
Hg	Quecksilber
NH <sub>3</sub>	Ammoniak
Ni	Nickel
NMVOG	Non Methane Volatile Organic Compounds (= leicht flüchtige organische Verbindungen ohne Methan)
NO	Stickstoffmonoxid
NO <sub>2</sub>	Stickstoffdioxid
NO <sub>x</sub>	Stickstoffoxide
N <sub>2</sub> O	Distickstoffmonoxid (Lachgas)
PAK	Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe
Pb	Blei
PCDD/F	Polychlorierte Dibenzo-p-dioxine und Dibenzofurane
PM	Particulate Matter
PM2.5	lungengängiger Feinstaub (im Gesamtstaub enthaltene Partikel, deren aerodynamischer Durchmesser <2,5 Mikrometer ist)
PM10	inhalierbarer Feinstaub (im Gesamtstaub enthaltene Partikel, deren aerodynamischer Durchmesser <10 Mikrometer ist)
POP	Persistent Organic Pollutants (persistente organische Luftschadstoffe)
SF <sub>6</sub>	Schwefelhexafluorid
SO <sub>2</sub>	Schwefeldioxid
SO <sub>x</sub>	Schwefeloxide
THG	Treibhausgase
TSP	Total Suspended Particles (Gesamtstaub)
VOC	Volatile Organic Compounds (leicht flüchtige organische Verbindungen)
Zn	Zink

### Einheiten

Länge und Fläche:

km	Kilometer
km <sup>2</sup>	Quadratkilometer
ha	Hektar (1 ha = 10 <sup>2</sup> km <sup>2</sup> )

#### Masse:

mg	Milligramm
g	Gramm
kg	Kilogramm
t	Tonnen
kt	Kilotonnen ( $10^6 \text{ mg} = 10^3 \text{ g} = 1 \text{ kg} = 10^{-3} \text{ t} = 10^{-6} \text{ kt}$ )

#### Leistung und Energie:

kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde
PJ	Petajoule
TJ	Terajoule ( $1 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^{-6} \text{ TJ} = 3,6 \cdot 10^{-9} \text{ PJ}$ )

#### **Gesetze, Verordnungen, Richtlinien**

BlmSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
1. BlmSchV	Erste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen)
4. BlmSchV	Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen)
11. BlmSchV	Elfte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Emissionserklärungen)
13. BlmSchV	Dreizehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Großfeuerungs- und Gasturbinenanlagen)
39. BlmSchV	Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes- Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen)

#### Richtlinien des Europäischen Parlaments und des Rates:

IVU-RL = RL 2008/1/EG	über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung
RL 2000/60/EG	zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (Wasserrahmenrichtlinie)
RL 2001/81/EG	über nationale Emissionshöchstmengen für bestimmte Luftschadstoffe (NEC-RL)
RL 2008/50/EG	über Luftqualität und saubere Luft für Europa
RL 2008/105/EG	über Umweltqualitätsnormen im Bereich der Wasserpolitik
RL 2013/39/EU	zur Änderung der Richtlinien 2000/60/EG und 2008/105/EG in Bezug auf prioritäre Stoffe im Bereich der Wasserpolitik

#### **Bundesländer**

BB	Brandenburg
BW	Baden-Württemberg
BY	Bayern
HE	Hessen
MV	Mecklenburg-Vorpommern
NI	Niedersachsen
NW	Nordrhein-Westfalen
RP	Rheinland-Pfalz



SH	Schleswig-Holstein
SL	Saarland
SN	Sachsen
ST	Sachsen-Anhalt
StSt	Stadtstaaten
TH	Thüringen

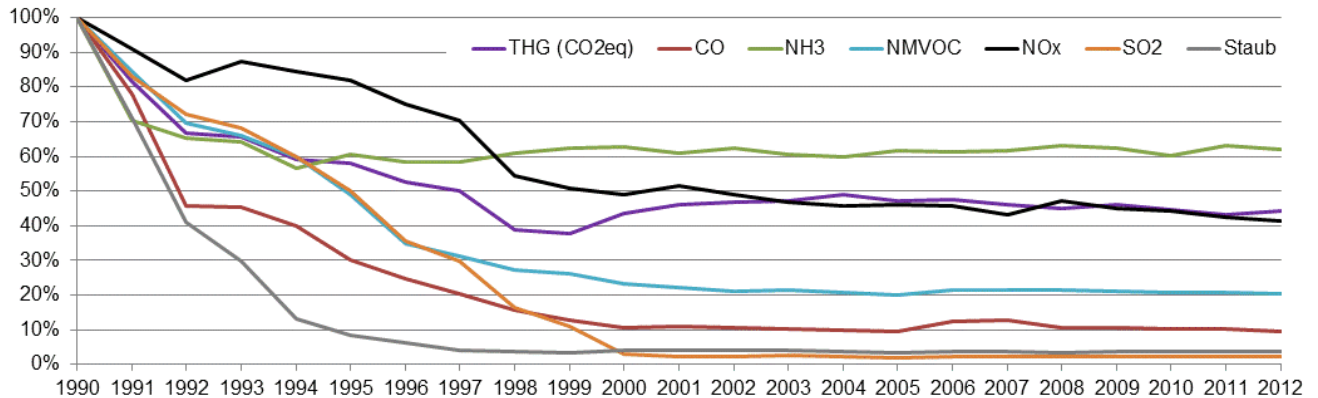
### **Sonstige**

a	Jahr
A	Autobahn
AG	Aktiengesellschaft
BMELV	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
CLRTAP	Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution
CO <sub>2</sub> eq	CO <sub>2</sub> -Äquivalent
D	Deutschland
DB	Deutsche Bahn
DTV	durchschnittlicher täglicher Verkehr
EEA	European Environment Agency
EEpflicht	Emissionserklärungspflicht
EG	Europäische Gemeinschaft
EMEP	European Monitoring and Evaluation Programme
EU	Europäische Union
EW	Einwohner
GFA	Großfeuerungsanlage
GHD	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher
HBEFA	Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs
IIR	Informative Inventory Report
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
KFA	Kleinfeuerungsanlagen
Kfz	Kraftfahrzeug
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
LfULG	Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
LKW	Lastkraftwagen
LNF	Leichte Nutzfahrzeuge
LZ	Lastzüge
LULUC	land-use and land-use change (Landnutzung, Landnutzungsänderung)
mbH	mit beschränkter Haftung
MIBRAG	Mitteldeutsche Braunkohlengesellschaft mbH
Mio.	Million
Mrd.	Milliarde
NEC	National Emissions Ceilings
NERC	National Emission Reduction Commitments
NFR	Nomenclature for reporting
NN	Normal Null
ODS	Ozone Depleting Substances (= die Ozonschicht schädigende Stoffe)
OWK	Oberflächenwasserkörper

PKW	Personenkraftwagen
pl	Platz
SPNV	Schienenpersonennahverkehr
SZ	Sattelzüge
TI	Johann Heinrich von Thünen-Institut
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
VDI	Verein Deutscher Ingenieure

# Auf einen Blick – Emissionen in Sachsen

Von 1990 bis 2012 reduzierten sich die Emissionen von Luftschadstoffen und Treibhausgasen (THG) im Freistaat Sachsen erheblich. Beteiligt war hieran die wirtschaftliche Umstrukturierung in Ostdeutschland während der 1990er-Jahre, insbesondere die Änderung landwirtschaftlicher Praktiken und die Schließung stark Umwelt verschmutzender Anlagen im Energie- und Industriesektor. Betrachtet man allerdings ausschließlich die Entwicklungen der letzten zehn Jahre, sind nur noch geringe Minderungen erkennbar (Abbildung 1).



**Abbildung 1: Entwicklung der Emissionen ausgewählter Luftschadstoffe und Treibhausgase in Sachsen**

Die THG-Emissionen (bestehend aus Kohlendioxid: CO<sub>2</sub>, Distickstoffmonoxid: N<sub>2</sub>O und Methan: CH<sub>4</sub>) verminderten sich von 1990 bis 2012 um ca. 55 %. Die Reduktion der letzten 10 Jahre (2003 bis 2012) lag bei knapp 5 %. Während sich die CO<sub>2</sub>- und N<sub>2</sub>O-Emissionen in der letzten Dekade eher schwankend entwickelten, nahmen die CH<sub>4</sub>-Emissionen weiterhin kontinuierlich ab. Dies ist insbesondere dem Abfallbereich (Verbot der Deponierung unbehandelter Abfälle) zuzuordnen.

Mit einem Anteil von 92 % trägt CO<sub>2</sub> zu den THG-Emissionen bei. Diese entstammen vor allem dem Energiesektor.

Eine umweltverträglichere Gestaltung des Energiesystems erfordert wesentliche Investitionen und regulatorische Änderungen. Auf der Versorgungsseite ist eine starke Verpflichtung zur Steigerung der Energieeffizienz, zum Einsatz erneuerbarer Energien sowie zur fortlaufenden Klima- und Umweltprüfung von Energieprojekten unerlässlich. Auf Seite des Bedarfs müssen grundlegende Veränderungen bei dem Energienutzungsverhalten der Gesellschaft stattfinden. Intelligente Messinstrumente, geeignete Marktanreize, Finanzierungsmöglichkeiten für Haushalte, energiesparende Geräte und hohe Effizienzkriterien für Gebäude können zu diesem Ziel beitragen.

Erneuerbare Energien wurden im Freistaat Sachsen ausgebaut und auch die Energieeffizienz wurde verbessert. In Bezug auf den Energiemix ist Sachsen aber nach wie vor stark abhängig von fossilen Brennstoffen, insbesondere Braunkohle.

Auch bei den klassischen Luftschadstoffen können über die letzten zehn Jahre keine relevanten Minderungseffekte mehr festgestellt werden.

Insbesondere die Emissionen von Ammoniak (NH<sub>3</sub>) und Stickstoffoxiden (NO<sub>x</sub>) liegen noch auf einem viel zu hohen Niveau und tragen so zum übermäßigen Eintrag von Stickstoff in unsere Ökosysteme bei.

Zusätzlich zu dieser „Überdüngung“ (Eutrophierung) gehören NH<sub>3</sub> und NO<sub>x</sub> neben Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>) auch zu den säurebildenden Luftschadstoffen, die eine Versauerung von Böden und Gewässern bewirken. Wegen

der bedeutend stärkeren Emissionsminderung bei SO<sub>2</sub> stieg der Anteil von NH<sub>3</sub> und NO<sub>x</sub> am Versauerungspotenzial dieser drei Schadstoffe auf zusammen 75 % an. Dies ist überwiegend der Landwirtschaft zuzuschreiben, die in Sachsen 94 % der NH<sub>3</sub>-Emissionen und auch 7 % der NO<sub>x</sub>-Emissionen verursacht.

Die Höhe der Emissionen aus der Landwirtschaft (von Bedeutung sind hier auch die THG-Emissionen N<sub>2</sub>O und CH<sub>4</sub>) wird nicht zuletzt durch unser Konsumverhalten bestimmt. Eine bewusste Ernährung und die Vermeidung von Lebensmittelabfällen können ganz erheblich zur Emissionsminderung beitragen.

Die übrigen NO<sub>x</sub>-Emissionen entstammen dem Verkehr (43 %), Groß- (31 %) und Kleinfeuerungsanlagen (6 %) sowie dem industriellen Bereich (13 %). Vor allem in den sächsischen Ballungsgebieten sind die dort lebenden Menschen erhöhten NO<sub>x</sub>-Konzentrationen in der Luft ausgesetzt. Diese können direkt zu gesundheitlichen Schäden führen. Darüber hinaus trägt NO<sub>x</sub> auch zur Bildung von bodennahem Ozon bei. Erhöhte Ozonkonzentrationen sind für Menschen, Pflanzen und die Biodiversität schädlich.

EU-Maßnahmen wie die IVU-Richtlinie (integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung) und zugehörige Richtlinien haben eine wichtige Rolle bei der Begrenzung nachteiliger Umweltauswirkungen der industriellen Produktion gespielt. In jüngerer Zeit wurden die Verpflichtungen der Industrie unter der Richtlinie über Industrieemissionen zusammengefasst, in der Anforderungen für große industrielle Anlagen festgelegt sind, um Emissionen und Abfall zu vermeiden oder zu minimieren.

Hinsichtlich der Klimaschutzpolitik besteht die wichtigste Maßnahme in Verbindung mit der Industrie im Emissionshandelssystem der EU.

Auch wenn dadurch Industrieemissionen sinken, gibt es weiterhin Handlungsbedarf zur Minderung der Umweltbelastung durch diese Emittentengruppe.

Der Verkehr, der auch Emissionen aus dem internationalen Transport beinhaltet, verursacht vor allem in den Ballungsräumen gesundheitsgefährdende Luftbelastungen, wie z. B. mit Stickstoffoxiden (NO<sub>x</sub>) und Feinstaub. Zwar haben sich die Fahrzeuge hinsichtlich Kraftstoffeffizienz und Emissionseigenschaften stetig verbessert, dem entgegen wirkt jedoch die wachsende Zahl von Fahrzeugen und gefahrenen Kilometer.

Zusammen mit dem erhöhten Verkehrsaufkommen trägt auch die Förderung von Dieselfahrzeugen zu den Luftqualitätsproblemen bei, denn Dieselfahrzeuge emittieren zwar weniger CO<sub>2</sub>, jedoch mehr Feinstaub und NO<sub>x</sub> als Benzinfahrzeuge. Zudem überschreiten die NO<sub>x</sub>-Emissionen von Dieselfahrzeugen unter realistischen Fahrbedingungen häufig die in den europäischen Abgasnormen festgelegten Testgrenzwerte – ein Problem, das auch die offiziellen Werte zu Kraftstoffverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen betrifft.

Schädliche Gesundheits- und Umweltbelastungen durch das Verkehrswesen können auf drei Arten reduziert werden: unnötigen Verkehr vermeiden, notwendigen Verkehr von umweltschädlichen auf umweltfreundlichere Beförderungsarten verlagern und die Umweltleistung aller Beförderungsarten verbessern, was auch die effiziente Nutzung von Infrastrukturen mit einschließt.

Durch die Entwicklung von Fahrzeugen, die mit alternativen Kraftstoffen betrieben werden, könnte die durch das Verkehrssystem verursachte Umweltbelastung mit Sicherheit gesenkt werden. Jedoch werden hierzu große Investitionen in die Infrastruktur notwendig sein (sowohl im Verkehrs- als auch im Energiesektor).

Der Aufbau eines nachhaltigen Verkehrssystems wird eine schnellere Einführung von Kontrollmaßnahmen für Umweltbelastungen erfordern.

Effizienzverbesserungen allein sind nicht ausreichend, um eine Senkung der Umweltbelastung garantieren zu können. Es sind weitere, grundlegende Veränderungen der Art und Weise, wie Personen und Güter befördert werden, erforderlich.

Die Emissionssituation im Jahr 2012 lässt sich wie folgt zusammenfassen.

### Treibhausgase (THG)

Die **Treibhausgasemissionen** betragen **52.278 kt CO<sub>2</sub>-Äquivalente (CO<sub>2</sub>eq)**.

Daran hatte **Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>)** einen Anteil von 92 % (**48.227 kt**). Es wurden **2.601 kt CO<sub>2</sub>eq Methan (CH<sub>4</sub>)** und **1.451 kt CO<sub>2</sub>eq Distickstoffmonoxid (N<sub>2</sub>O...Lachgas)** emittiert.

Hauptverursacher der CO<sub>2</sub>-Emissionen sind Großfeuerungsanlagen. Deponien und Altablagerungen sind gemeinsam mit der landwirtschaftlichen Tierhaltung die bedeutendsten Quellen für CH<sub>4</sub>-Emissionen. Hauptemittent der N<sub>2</sub>O-Emissionen ist der Pflanzenbau in der Landwirtschaft.

### Versauernd und eutrophierend wirkende Luftschadstoffe

Die Versauerung wird vorrangig durch nasse oder trockene Deposition der Luftschadstoffe Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>), Stickstoffoxid (NO<sub>x</sub>) und Ammoniak (NH<sub>3</sub>) sowie ihrer atmosphärischen Reaktionsprodukte bewirkt.

Eutrophierung nennt man den übermäßigen Eintrag von Stickstoff in Ökosysteme (Überdüngung). Sie kann durch die Luftschadstoffe NO<sub>x</sub> und NH<sub>3</sub> verursacht werden.

Die **Schwefeldioxid-Emissionen (SO<sub>2</sub>)** lagen bei **31 kt**.

Hauptverursacher der SO<sub>2</sub>-Emissionen sind Großfeuerungsanlagen.

Die **Stickstoffoxid-Emissionen (NO<sub>x</sub>)** betragen **67 kt**.

Verantwortlich für die NO<sub>x</sub>-Emissionen sind vor allem der Verkehr und Großfeuerungsanlagen.

Die **Ammoniak-Emissionen (NH<sub>3</sub>)** lagen bei **24 kt**.

Hauptemittent der NH<sub>3</sub>-Emissionen ist die Landwirtschaft.

### Ozonvorläufersubstanzen

Zu den Ozonvorläufersubstanzen zählen vor allem flüchtige organische Verbindungen (VOC) und Stickstoffoxide (NO<sub>x</sub>). Auch Kohlenmonoxid trägt zur Ozonbildung bei.

Die **NMVOC-Emissionen** (= flüchtige organische Verbindungen ohne Methan) betragen **45 kt**.

NMVOC-Emissionen werden vorrangig durch Lösemittelanwendung und den Verkehr erzeugt.

Benzol gehört zur Gruppe der NMVOC, wird aber aufgrund seiner toxikologischen Bedeutung extra angeführt.

Die **Benzol-Emissionen (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)** betragen **0,6 kt**.

Sie stammen vorrangig aus dem Verkehrssektor.

Die **Kohlenmonoxid-Emissionen (CO)** lagen bei **128 kt**.

Hauptverantwortlich für die CO-Emissionen sind Kleinf Feuerungsanlagen und der Verkehr.

### Schwebstaub

Es wurden **11 kt Gesamtstaub (TSP= Total Suspended Particles)**, **9 kt Feinstaub PM10** bzw. **4 kt Feinstaub PM2.5** emittiert.

Hauptverantwortlich für die TSP-Emissionen sind Industrieanlagen und der Verkehr.

Neben dem Verkehr stellen Kleinf Feuerungsanlagen und auch landwirtschaftliche Prozesse wesentliche Quellen für Feinstaub-Emissionen dar.

### Persistente organische Verbindungen (POP)

Persistente organische Verbindungen (POP) gelangten in folgenden Maßen in die Umwelt:

**Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK als Stoffgruppe): 92 kt**

davon **Benzo(a)pyren (BaP): 2 kt**

**Polychlorierte Dibenzop-dioxine und Dibenzofurane (PCDD/F): 23 g**

Hauptverursacher der Emissionen von POP sind Kleinf Feuerungsanlagen für Festbrennstoffe.

### Schwermetalle

Schwermetalle wurden in folgendem Umfang emittiert:

<b>Arsen (As):</b>	<b>435 kg</b>
<b>Blei (Pb):</b>	<b>935 kg</b>
<b>Cadmium (Cd):</b>	<b>339 kg</b>
<b>Chrom (Cr):</b>	<b>961 kg</b>
<b>Kupfer (Cu):</b>	<b>1.066 kg</b>
<b>Nickel (Ni):</b>	<b>2.486 kg</b>
<b>Quecksilber (Hg):</b>	<b>801 kg</b>
<b>Zink (Zn):</b>	<b>3.490 kg</b>

Hauptquellen sind je nach Schwermetall der Verkehr (für As, Cd, Ni), Industrie- oder Großfeuerungsanlagen (für Pb, Cr, Cu, Hg) und Kleinf Feuerungsanlagen (für Zn).

# 1 Das Emissionskataster Sachsen – Inhalt und Methodik

Die Emissionen von Luftschadstoffen und Treibhausgasen (THG) werden für den Freistaat Sachsen vom Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) jährlich in einem Emissionskataster erfasst. Grundlage für das Emissionskataster ist das Bundes-Immissionsschutzgesetz (§ 46 BImSchG). Zweck dieses Gesetzes ist es, Menschen, Tiere und Pflanzen, den Boden, das Wasser, die Atmosphäre sowie Kultur- und sonstige Sachgüter vor schädlichen Umwelteinwirkungen zu schützen und dem Entstehen schädlicher Umwelteinwirkungen vorzubeugen (§ 1 Abs.1 BImSchG).

Das Emissionskataster liefert Datengrundlagen für Emittenten bezogene Ursachenanalysen, Immissionsmodellierungen und -prognosen sowie die Aufstellung von Luftreinhalteplänen und landesweiten Zielen. Es dient als Entscheidungshilfe bei Regional- und Umweltplanungen und insbesondere zur Ableitung von Maßnahmen zur Reduktion von luftverunreinigenden Stoffen und THG. Die Erkenntnisse aus dem Emissionskataster werden zur Information für die Bevölkerung und zur Unterstützung der öffentlichen Meinungsbildung verwendet. Im Emissionskataster des LfULG werden nur anthropogene Emissionen dargestellt. Die Auswertung erfolgt nach dem Prinzip der Quellenbilanz, d. h. dass die Emissionen dort erfasst werden, wo sie entstehen – unabhängig vom Ort des Endverbrauches.

Entsprechende Daten liegen ab dem Jahr 1990 vor. Je nach Fragestellung können sie räumlich (z. B. für einzelne Gemeinden), nach Verursachergruppen und in ihrer zeitlichen Entwicklung näher untersucht werden.

Abbildung 2 gibt einen Überblick über die im Emissionskataster des LfULG erfassten Stoffe und Verursacher.

	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	NH <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	PM:			CO	NMVOC	Benzol	Schwermetalle:						PCDD/F	PAK	BaP		
							TSP	PM10	PM2.5				As	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni				Hg	Zn
Großfeuerungsanlagen	X	X	X					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Emissionserklärungspflichtige Anlagen (nach Anlagenarten)																							
Verkehr:																							
Straße	X	X	X	X																			
Schiene																							
Flug	X	X		X				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Schiff	X	X		X				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
landwirtschaftlicher Verkehr	X	X	X	X																			
Kleinfeuerungsanlagen:																							
Haushalte	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher (GHD)	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Lösemittelanwendung:																							
Haushalte										X													
GHD										X													
Krankenhäuser										X													
Hochschulen										X													
Landwirtschaft:																							
Pflanzenbau	X	X	X	X	X			X	X	X	X												
Tierhaltung	X	X	X	X	X			X	X	X	X												
Deponien/ Altablagerungen		X																					
Erdgasverbrauch		X																					
Abwasserbehandlung	X	X	X	X																			
Kompostierung	X	X	X	X																			
Braunkohleförderung		X																					

  Betreiberangaben im Rahmen von Emissionserklärungspflichten    
  Berechnungen des LfULG aus Betreiberangaben zum Energieverbrauch  
  Übernahme der Berechnungsergebnisse der jeweiligen Umweltzentren (hier: der Flughäfen Dresden und Leipzig-Halle, eigene Berechnungen für die Flugplätze)  
  Berechnungen des LfULG  
  Übernahme der Berechnungsergebnisse des Johann Heinrich von Thünen Institutes im Rahmen der Nationalen Berichterstattung an die EU

**Abbildung 2: Inhalt des Emissionskatasters Sachsen – Stoffe, Verursacher, Datenherkunft**

Das Kataster unterliegt einer ständigen Aktualisierung, zum einen bedingt durch die Aufnahme weiterer relevanter Stoffe, zum anderen durch Erkenntnisgewinne hinsichtlich der Ermittlung von Emissionsmengen und deren Genauigkeit. Die dargestellten Emissionsdaten ersetzen deshalb die publizierten Daten früherer Berichte.

Die Emissionen werden nach folgenden Methoden ermittelt:

- Übernahme der durch die zuständigen Behörden geprüften Angaben der Betreiber genehmigungsbedürftiger Anlagen, die einer Emissionserklärungspflicht unterliegen
- Übernahme von Daten, die zuverlässig durch andere Stellen sachsenspezifisch berechnet werden (z. B. von den Umweltzentren der Flughäfen oder auch Daten, die im Rahmen der internationalen Berichterstattung berechnet werden)
- eigene Berechnung des LfULG nach dem Prinzip

$$\text{Emission} = \text{Aktivität} \cdot \text{Emissionsfaktor}$$

Für letztere Methode werden – sofern sie vorliegen - sachsenspezifische oder ansonsten deutschlandweit gültige Emissionsfaktoren verwendet. Die entsprechenden Aktivitätsdaten werden aus diversen Statistiken jährlich fortgeschrieben.

Für die einzelnen Verursacher werden folgende Datengrundlagen verwendet.

### Emissionserklärungspflichtige Anlagen

Gemäß § 27 Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) in Verbindung mit der 11. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (11. BImSchV = Emissionserklärungsverordnung) sind die Betreiber bestimmter genehmigungsbedürftiger Anlagen verpflichtet, die von diesen Anlagen ausgehenden Emissionen zu erklären.

Immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftig sind solche Anlagen, die in besonderem Maße geeignet sind, schädliche Umwelteinwirkungen hervorzurufen oder in anderer Weise die Nachbarschaft zu gefährden, erheblich zu benachteiligen oder zu belästigen. Die einzelnen Anlagen sind im Anhang 1 zur 4. BImSchV aufgelistet. Erklärungspflichtig sind die Betreiber dieser genehmigungsbedürftigen Anlagen, mit Ausnahme der Anlagen, die in § 1 der 11. BImSchV aufgeführt sind.

Die Emissionserklärung ist alle 4 Jahre (letztes Erklärungsjahr: 2012) bei der zuständigen Behörde abzugeben. Der Anlagenbetreiber kann die Emissionen durch Messungen, Berechnungen oder Schätzungen ermitteln.

Gemäß § 6 der 11. BImSchV kann der Betreiber auf Antrag von der Pflicht zur Abgabe einer Emissionserklärung befreit werden, wenn von der Anlage nur in geringem Umfang Luftverunreinigungen ausgehen.

Die durch die zuständigen Behörden geprüften Daten der Betreiber aller emissionserklärungspflichtigen Anlagen werden in das Emissionskataster Sachsen übernommen.

### Großfeuerungsanlagen (GFA)

Großfeuerungsanlagen (GFA) fallen auch unter die „Emissionserklärungspflichtigen Anlagen“, unterliegen darüber hinaus jedoch noch weiteren Berichtspflichten. Sie werden wegen ihrer besonderen Bedeutung im Emissionskataster extra ausgewiesen.

Es sind Feuerungsanlagen einschließlich Gasturbinen- und Gasmotoranlagen (auch zum Antrieb von Arbeitsmaschinen) mit einer Feuerungswärmeleistung von 50 Megawatt oder mehr für den Einsatz fester, flüssiger oder gasförmiger Brennstoffe. Diese Anlagen erzeugen bei Verbrennungsprozessen große Mengen an Luft verunreinigenden Stoffen wie Schwefeloxide (SO<sub>x</sub>), Stickstoffoxide (NO<sub>x</sub>) und Staub.

Gemäß der 13. BImSchV haben die Anlagenbetreiber neben der Emissionserklärung nach der 11. BImSchV auch jährlich für jede einzelne Anlage die Emissionen der drei o. g. Luftschadstoffe sowie den Brennstoffeinsatz zu berichten.

Die geprüften Daten der Anlagenbetreiber zu den SO<sub>x</sub>- (als SO<sub>2</sub>), NO<sub>x</sub>- und Staub-Emissionen werden in das Emissionskataster übernommen. Für alle anderen relevanten Schadstoffe werden die Emissionen aus den Betreiberangaben zum Brennstoffeinsatz berechnet. Diese Berechnungsergebnisse werden nach Vergleich mit den Angaben in den Emissionserklärungen und dem Europäischem Schadstofffreisetzung- und -verbringungsregister (E-PRTR = European Pollutant Release and Transfer Register) auch für die Jahre, in denen Emissionserklärungen vorliegen, verwendet.

### Kleinfeuerungsanlagen (KFA)

Unter Kleinfeuerungsanlagen versteht man die Feuerungsanlagen, die nicht unter den Geltungsbereich des Anhangs der 4. BImSchV fallen (nicht genehmigungsbedürftige Feuerungsanlagen). Es handelt sich dabei sowohl um Einzelraumfeuerungsanlagen als auch um zentrale Heizungsanlagen für den Einsatz von Öl, Gas und Festbrennstoffen (Scheitholz, Holzpellets und Hackschnitzel sowie noch in geringem Umfang Kohle). Einzelraumfeuerungsanlagen sind oft als Zusatzheizung zu zentralen Öl- und Gasheizungen aufgestellt. Diese Anlagen unterliegen der Verordnung über kleinere und mittlere Feuerungsanlagen (1. BImSchV).

Die Emissionen, die durch Kleinfeuerungsanlagen entstehen, werden aus den vom Statistischen Landesamt Sachsen erhobenen Daten zum Energieverbrauch der privaten Haushalte und der Kleinverbraucher im Sektor „Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher“ für die unterschiedlichen Energieträger be-



rechnet. Der Einsatz von Holz ist aus einer Erhebung im Auftrag des LfULG aus den Jahren 2008/2009 abgeschätzt [1].

### Verkehr

Dieser Sektor umfasst die Verkehrsträger Straßen-, Schienen- und Luftverkehr sowie die Binnenschifffahrt. Auch der landwirtschaftliche Verkehr ist hier zugeordnet. Letzterer wird aus dem geschätzten Dieserverbrauch der landwirtschaftlichen Maschinen ermittelt.

Die Berechnungen der motorbedingten Emissionen der Verkehrsträger Straße, Schiene und Schiff erfolgen auf Grundlage sehr detaillierter Fortschreibungsdaten zu Fahrleistungen bzw. Kraftstoffverbrauch, Motorisierungen und Schadstoffklassen. Die Daten zum Kraftfahrzeugbestand werden den Statistiken des Kraftfahrtbundesamtes entnommen. Es werden die Emissionsfaktoren für den Straßenverkehr aus dem Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (für 2012 --> HBEFA, Version 3.2) angewendet.

Die Emissionen des Luftverkehrs werden von den Umweltzentren der beiden großen sächsischen Flughäfen übernommen bzw. für die Flugplätze vom LfULG aus der Anzahl der Flugbewegungen berechnet.

Für die verkehrsbedingten Feinstaub-Emissionen werden neben den motorbedingten auch Emissionen aus Aufwirbelung und Abrieb berücksichtigt. Entsprechende Emissionsfaktoren wurden hier in speziell dafür in Auftrag gegebenen Forschungsberichten ermittelt [2, 3].

### Landwirtschaft

Im Rahmen der nationalen Emissionsberichterstattung zur Landwirtschaft für die Klimarahmenkonvention wurde vom zuständigen Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) das Johann Heinrich von Thünen-Institut (TI) mit der Durchführung beauftragt. Die landwirtschaftlichen Emissionen werden beim TI detailliert für jedes Bundesland berechnet und können somit direkt in das sächsische Emissionskataster übernommen werden. Die Anforderungen an die Erstellung von Emissionsinventaren sowie die Emissionsberichterstattung werden in Handreichungen innerhalb des Genfer Luftreinhalteabkommens (Convention on Long-range Transboundary Air Pollution – CLRTAP, 2005) im Emission Inventory Guidebook (EMEP/EEA, 2009), innerhalb der Klimarahmenkonvention (UNFCCC, 2005) in IPCC Guidelines and Good Practice Guidance (IPCC, 1996, 2000) sowie in IPCC (2006) dargestellt [4]. Entsprechend diesen Vorgaben werden als Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft nur die Emissionen aus den bewirtschafteten Nutzflächen und der Tierhaltung selbst und die unmittelbar auf sie zurückzuführenden indirekten Emissionen als Emissionen aus der Landwirtschaft bezeichnet.

### Sonstige

Eine jährliche Abschätzung der Emissionen erfolgt auch für folgende weitere Verursacher:

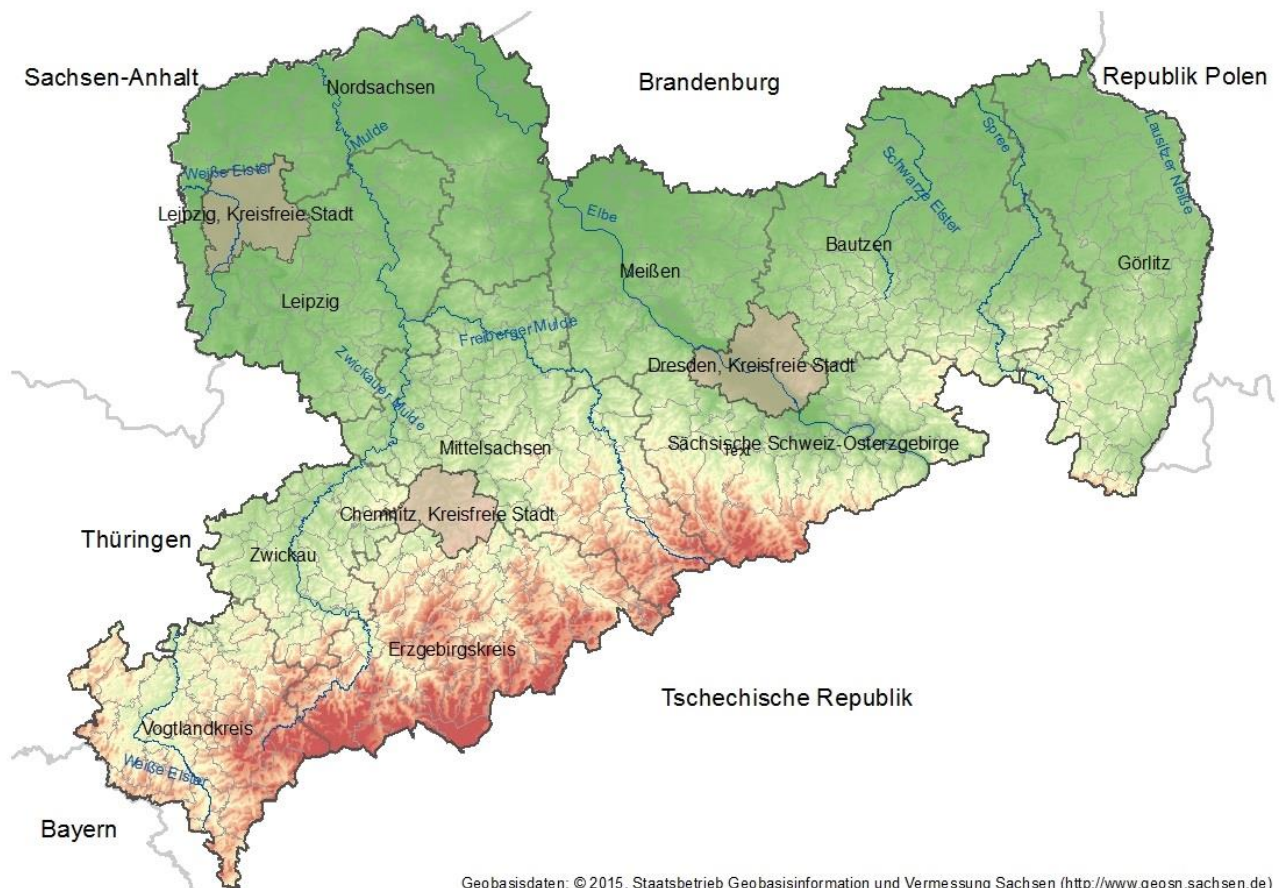
- Deponien und Altablagerungen (Gasprognosemodell in Anlehnung an das Modell aus der VDI 3790 Blatt 2)
- Abwasserbehandlung (über Einwohnerwerte für häusliches Abwasser)
- Kompostierung (über die Mengen kompostierter organischer Abfälle und Klärschlämme)
- Erdgasverbrauch (über den Primärenergieverbrauch an Erdgas aus der Energiebilanzierung des Statistischen Landesamtes Sachsen)
- Braunkohleförderung (über die geförderten Mengen im Lausitzer und Mitteldeutschen Revier durch die Vattenfall Europe Mining AG und die Mitteldeutsche Braunkohlengesellschaft mbH (MIBRAG))
- Lösemittelanwendung in Haushalten (über verwendete Mengen pro Einwohner aus Haushaltsbefragungen)
- Lösemittelanwendung in Hochschulen und Krankenhäusern (über Anzahl eingeschriebener Studenten und Krankenhausbetten)
- Lösemittelanwendung durch Industrie, Gewerbe, Dienstleistungen (über Beschäftigtenzahlen mit Hilfe einer (älteren) Erhebung im Untersuchungsgebiet und Hochrechnung auf Sachsen).

# 2 Basisdaten Sachsen

## 2.1 Lage, Verwaltungsgliederung und Bevölkerung

Der Freistaat Sachsen ist mit 18.455 km<sup>2</sup> das viertkleinste Flächenland Deutschlands. Es hat mit 4 Bundesländern sowie mit der Tschechischen Republik und der Republik Polen gemeinsame Grenzen in einer Gesamtlänge von 1.340 km und erstreckt sich in einer Höhenlage von 73 m über NN an der Elbe bis 1.215 m über NN auf dem Fichtelberg im Erzgebirge. [5]

Sachsen ist in 10 Landkreise und die drei kreisfreien Städte Dresden, Leipzig und Chemnitz gegliedert. Am 01.01.2013 bestanden in Sachsen 438 Gemeinden (darunter die drei kreisfreien Städte). [6]



**Abbildung 3: Lage und Verwaltungsgliederung Sachsen**

Am 31. Dezember 2012 wurden 4.050.204 Einwohner im Freistaat Sachsen registriert. Ungefähr jeder dritte Einwohner lebte in den kreisfreien Städten Dresden, Leipzig oder Chemnitz. [7]

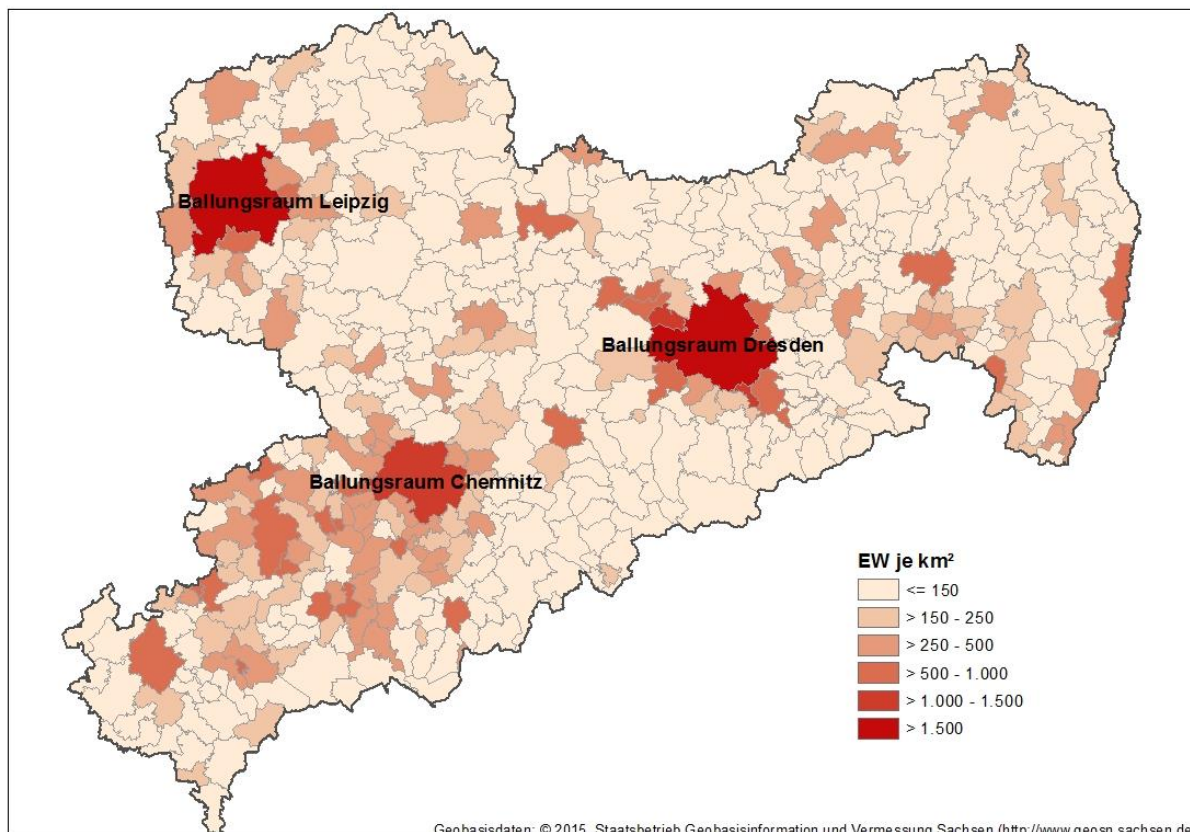
Mit einer Bevölkerungsdichte von 220 Einwohnern je km<sup>2</sup> nimmt Sachsen im bundesdeutschen Vergleich einen mittleren Platz ein.

Fast jeder vierte Einwohner in Sachsen ist 65 Jahre und älter.

47,1 % der Bevölkerung waren 2012 erwerbstätig. 1 % der Erwerbstätigen arbeiteten in der Land- und Forstwirtschaft bzw. Fischerei, ca. 19 % im Produzierenden bzw. Verarbeitenden Gewerbe, 8 % im Baugewerbe und 71 % im Dienstleistungsbereich. [6]

**Tabelle 1: Fläche, Einwohner und Beschäftigte in Sachsen 2012 nach Kreisen und kreisfreien Städten [6]**

Kreisfreie Stadt/ Landkreis	Gemeinden	Fläche in km <sup>2</sup>	Einwohner (EW)	EW/ km <sup>2</sup>	Sozialversicherungspflichtige Beschäftigte						
					Wohnort	Arbeitsort	Auspendler		Einpender		
							in andere Kreise in Sachsen	in andere Bundesländer	aus anderen Kreisen in Sachsen	aus anderen Bundesländern	aus dem Ausland
Chemnitz, Stadt	1	221	241.210	1.092	84.387	108.037	19.619	5.431	44.296	4.236	160
Erzgebirgskreis	63	1.828	355.275	194	132.801	109.094	30.166	7.463	12.148	1.554	211
Mittelsachsen	54	2.113	317.204	150	121.686	107.226	31.878	6.870	21.806	2.388	84
Vogtlandkreis	40	1.412	236.227	167	87.861	77.911	8.238	13.134	6.353	4.729	330
Zwickau	33	949	330.294	348	123.052	119.931	23.118	10.044	23.041	6.918	74
Dresden, Stadt	1	328	525.105	1.599	195.284	233.540	34.675	12.806	74.792	10.584	325
Bautzen	59	2.391	310.898	130	117.342	104.207	24.270	11.921	18.365	4.445	242
Görlitz	54	2.106	264.673	126	88.990	78.881	10.558	8.048	5.994	1.934	562
Meißen	31	1.452	244.717	168	91.845	82.712	26.927	6.428	19.432	4.743	45
Sächsische Schweiz- Osterzgebirge	37	1.654	245.927	149	92.850	71.683	34.726	4.679	16.804	1.272	160
Leipzig, Stadt	1	297	520.838	1.751	186.116	222.949	25.678	24.338	55.838	30.608	378
Leipzig	34	1.647	259.207	157	97.682	70.811	38.638	11.618	17.694	5.631	54
Nordsachsen	30	2.020	198.629	98	76.328	66.833	23.747	10.283	15.675	8.759	96
<b>Sachsen</b>	<b>438</b>	<b>18.455</b>	<b>4.050.204</b>	<b>220</b>	<b>1.496.224</b>	<b>1.453.815</b>		<b>133.063</b>		<b>87.801</b>	<b>2.721</b>



**Abbildung 4: Bevölkerungsdichte in Sachsen nach Gemeinden (Stand 31.12.2012) [8]**

Im Jahr 2012 gab es in Sachsen ca. 2,19 Mio. Privathaushalte. In über der Hälfte der Haushalte in den drei Ballungsräumen leben nur jeweils 1 Person und in 16 % 3 und mehr Personen. In den Landkreisen bestehen die Haushalte in 21 % der Fälle aus 3 und mehr Personen und in 39 % der Fälle aus einer Person. Ca. 63 % der sächsischen Haushalte bewohnen Drei- und Mehrfamilienhäuser. Im Durchschnitt betrug 2012 die Wohnfläche pro Person in Sachsen 42,9 m<sup>2</sup> (2014: 43,2 m<sup>2</sup>). [6]

**Tabelle 2: Wohnverhältnisse in Sachsen und Deutschland (Stand: 01.01.2013) [6]**

Wohnverhältnis	Sachsen	Deutschland
Haushalte insgesamt (1.000)	2.194	40.032
Einfamilienhaus	26,9 %	33,1 %
Zweifamilienhaus	8,0 %	11,1 %
Wohngebäude drei und mehr Wohnungen	62,9 %	53,9 %
Sonstige Gebäude	2,2 %	2,0 %

Das Wohnverhalten der Sachsen hat Einfluss auf den Energieverbrauch und die damit verbundenen Emissionen. Altersstruktur sowie Beschäftigung und die damit verbundene Mobilität bestimmen beispielsweise Faktoren, wie den durchschnittlichen täglichen Verkehr in Sachsen, wesentlich mit.

## 2.2 Verkehr

Ein Überblick über Verkehrswege und -plätze wird mit der Abbildung 6 gegeben.

Der Freistaat Sachsen besitzt ein dichtes und weit verzweigtes Straßennetz mit 13.496 km Gesamtlänge (davon 530 km Bundesautobahnen, 2.420 km Bundesstraßen, 4.750 km Staatsstraßen). Das entspricht einer Netzdichte von 738 m/km<sup>2</sup>. Die sächsischen Werte, ausgenommen sind Bundesautobahnen, liegen damit über dem Bundesdurchschnitt. [9]

Der Kraftfahrzeugbestand lag mit Stand 01.01.2013 bei 2.478.285 amtlich zugelassenen Fahrzeugen (2.084.165 PKW, 170.492 LKW, 54.560 Zugmaschinen, 150.560 Motorräder, 3.785 Busse und 14.723 sonstige Fahrzeuge) und 94.225 Mofa [10]. Die Abbildung 7 zeigt die Anzahl von Kfz nach Gemeinden.

In den Landkreisen von Sachsen verfügt jeder zweite Einwohner über einen PKW zur privaten Nutzung; in den Städten Leipzig und Dresden etwa jeder dritte.

**Tabelle 3: Bestand an Kfz in Sachsen nach Kreisen und kreisfreien Städten (Stand: 01.01.2013) [10]**

Kreisfreie Stadt/Landkreis	Kfz	darunter				
		PKW	darunter gewerbliche Halter	LKW	Zugmaschinen	darunter Land-/Forstwirtschaft
Chemnitz, Stadt	138.396	120.514	15.682	8.981	996	501
Erzgebirgskreis	243.377	202.041	15.229	16.264	5.929	4.126
Mittelsachsen	219.350	179.559	15.396	15.615	7.191	5.063
Vogtlandkreis	163.082	134.840	12.258	11.599	5.388	3.632
Zwickau	217.789	182.756	15.805	15.377	4.662	2.670
Dresden, Stadt	243.723	213.041	28.124	15.295	970	478
Bautzen	215.068	178.511	14.490	15.615	6.152	4.400
Görlitz	169.772	142.563	12.017	10.769	4.734	3.383
Meißen	159.537	132.502	9.894	12.104	4.143	2.704
Sächsische Schweiz- Osterzgebirge	164.429	136.283	12.013	11.578	4.083	3.199
Leipzig, Stadt	230.691	203.571	22.539	13.570	978	415
Leipzig	176.782	146.525	12.650	13.078	4.862	3.185
Nordsachsen	136.289	111.459	8.221	10.647	4.472	2.900
<b>Sachsen</b>	<b>2.478.285</b>	<b>2.084.165</b>	<b>194.318</b>	<b>170.492</b>	<b>54.560</b>	<b>36.656</b>

Innerhalb des Freistaates erbringt das Straßennetz mit ca. 92 % den Hauptanteil der Gütertransportleistung, ca. 8 % entfallen auf die Schiene. Bei den Straßen stehen an erster Stelle die Bundesautobahnen. [9] Während die Bundesstraßen im Jahr 2012 einen Schwerlastanteil von durchschnittlich 9 % aufwiesen, lag er bei den Autobahnen bei 20 %. Auf der A 17 bei Dresden lag dieser sogar bei 28 % (siehe Fachinformationssystem Umwelt und Verkehr des LfULG). [11] Dies unterstreicht die Bedeutung Sachsens als Transitland. Abbildung 8 und die Abbildung 9 zeigen die Verkehrsbelegungen von PKW bzw. LKW auf dem Hauptstraßennetz Sachsens.

Das öffentliche Eisenbahnnetz im Freistaat Sachsen umfasst ca. 2.500 km (Stand Ende 2011). Davon entfallen rund 1.000 km auf das überregionale und rund 1.400 km auf das regionale normalspurige Eisenbahnnetz sowie rund 90 km auf die Schmalspurbahnen. Die öffentlich nutzbare Eisenbahninfrastruktur im Freistaat



Sachsen steht überwiegend im Eigentum der DB AG. Im Bereich der regionalen Eisenbahninfrastruktur befinden sich zahlreiche Strecken, teilweise aber auch Verkehrsstationen im Besitz nichtbundeseigener Eisenbahninfrastrukturunternehmen. [9]

Trotz umfangreicher Investitionen in die Eisenbahninfrastruktur seit 1991 dünnte die DB AG das einstmalige umfangreiche Schienenpersonenfernverkehrsnetz im Freistaat Sachsen unter Verweis auf mangelnde Wirtschaftlichkeit sukzessive aus. Im Schienenpersonennahverkehr (SPNV) ist in den Ballungszentren grundsätzlich eine positive Entwicklung zu verzeichnen. Eine Besonderheit im sächsischen SPNV stellen die fünf teilweise dampfbetriebenen Schmalspurbahnen dar.

Mit der Anbindung und den modernen Flughafeninfrastrukturen haben sich Leipzig/Halle und Dresden am Markt etabliert. Sie bieten im Passagierverkehr überwiegend nationale und europäische Linien- und Tourismusverbindungen an. Im Jahr 2012 nutzten ca. 4,2 Mio. Passagiere die Flughäfen.

Der Flughafen Leipzig/Halle ist der zweitgrößte Frachtflughafen in Deutschland. 846.094 t Luftfracht und -post wurden dort im Jahr 2012 aus- und eingeladen.

Insgesamt wurden 98.741 Flugbewegungen registriert (davon Leipzig/ Halle: 63 %, Dresden: 27 %) [12, 13]

Außerdem stehen in Sachsen 22 Verkehrs- und Sonderlandeplätze sowie ein Segelfluggelände zur Verfügung. Damit ist Sachsen flächendeckend für den Luftverkehr erschlossen.

Die Bundeswasserstraße Elbe ist Bestandteil des Transeuropäischen Verkehrsnetzes. Damit ist Sachsen an die norddeutschen Seehäfen und den internationalen Handel per Schiff angebunden.

Die drei sächsischen Binnenhäfen in Dresden, Riesa und Torgau sind Schnittstellen der Verkehrsträger Binnenschiff, Eisenbahn und LKW. Der Gesamtumschlag der Häfen betrug 2012 2.004.796 t, wovon der Schiffsumschlag 10 % ausmachte (siehe Abbildung 5). [14]

Die Fahrgastschifffahrt findet in Sachsen überwiegend von Bad Schandau bis Diesbar-Seußlitz auf einem ca. 100 km langen Fahrtgebiet auf der Elbe statt.

Zudem gibt es in Sachsen 19 Fährverbindungen über die Elbe, die von der Oberelbischen Verkehrsgesellschaft, den Dresdner Verkehrsbetrieben bzw. von Kommunen betrieben werden. Auch auf sächsischen Talsperrungen wird Fahrgastschifffahrt angeboten. In den Anfängen befindet sich die Fahrgastschifffahrt in den Seengebieten der Bergbaufolgelandschaften, die derzeit in der Lausitz und in Mitteldeutschland entstehen.

Im Emissionskataster Sachsen wird derzeit nur die Schifffahrt auf der Elbe (ohne Fähren) berücksichtigt.

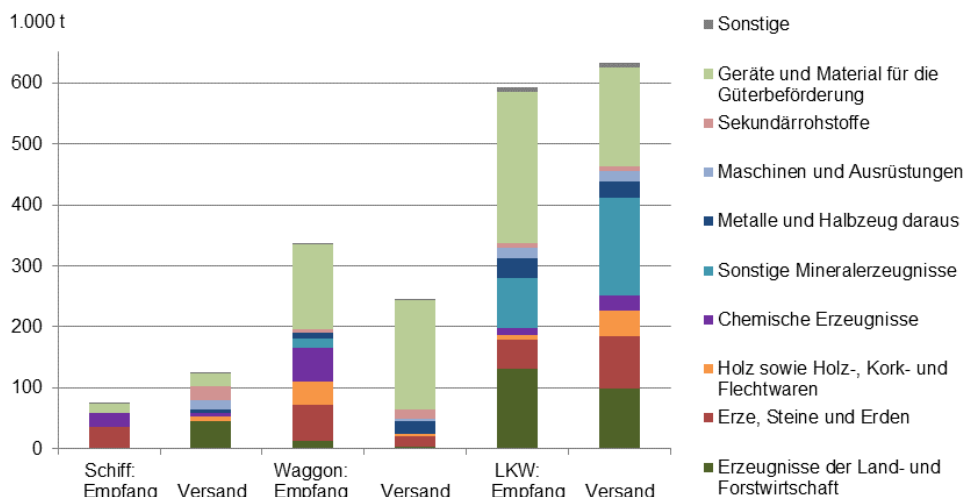


Abbildung 5: Güterumschlag 2012 der sächsischen Binnenhäfen [14]

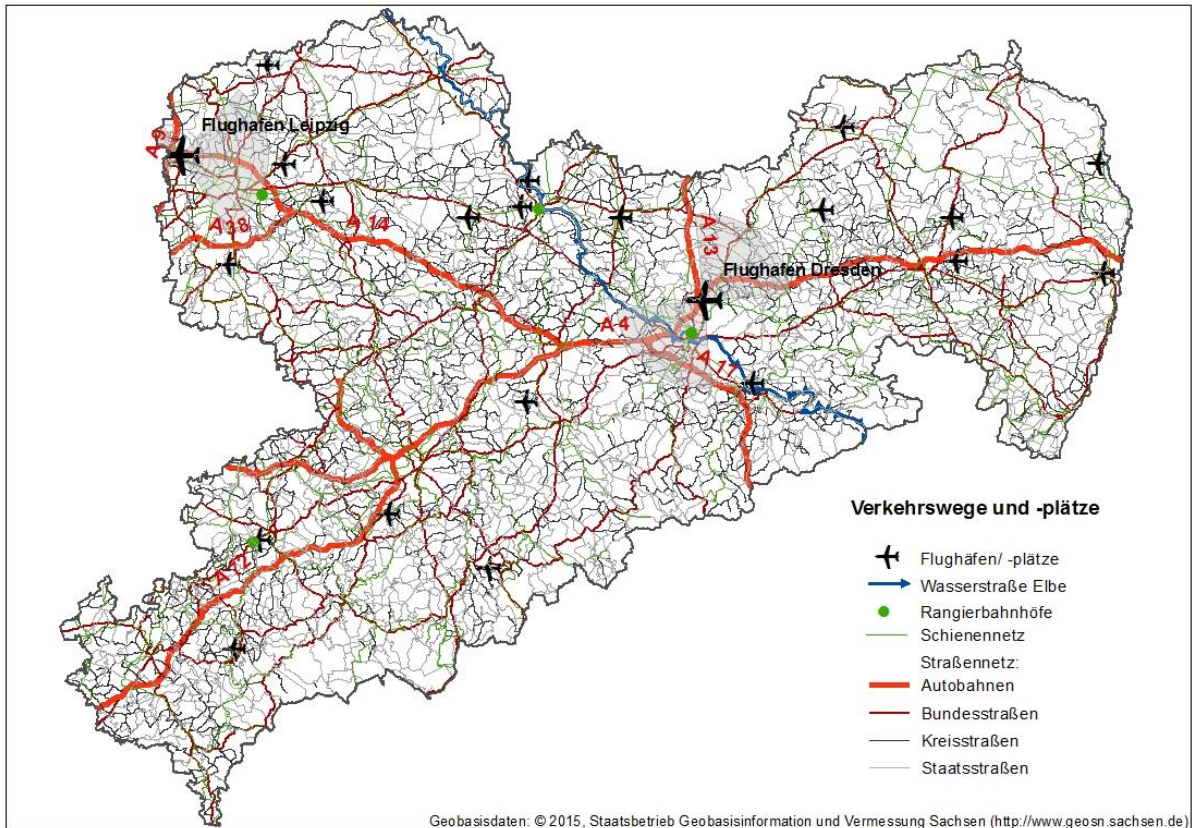


Abbildung 6: Verkehrswege und -plätze 2012 in Sachsen [11]

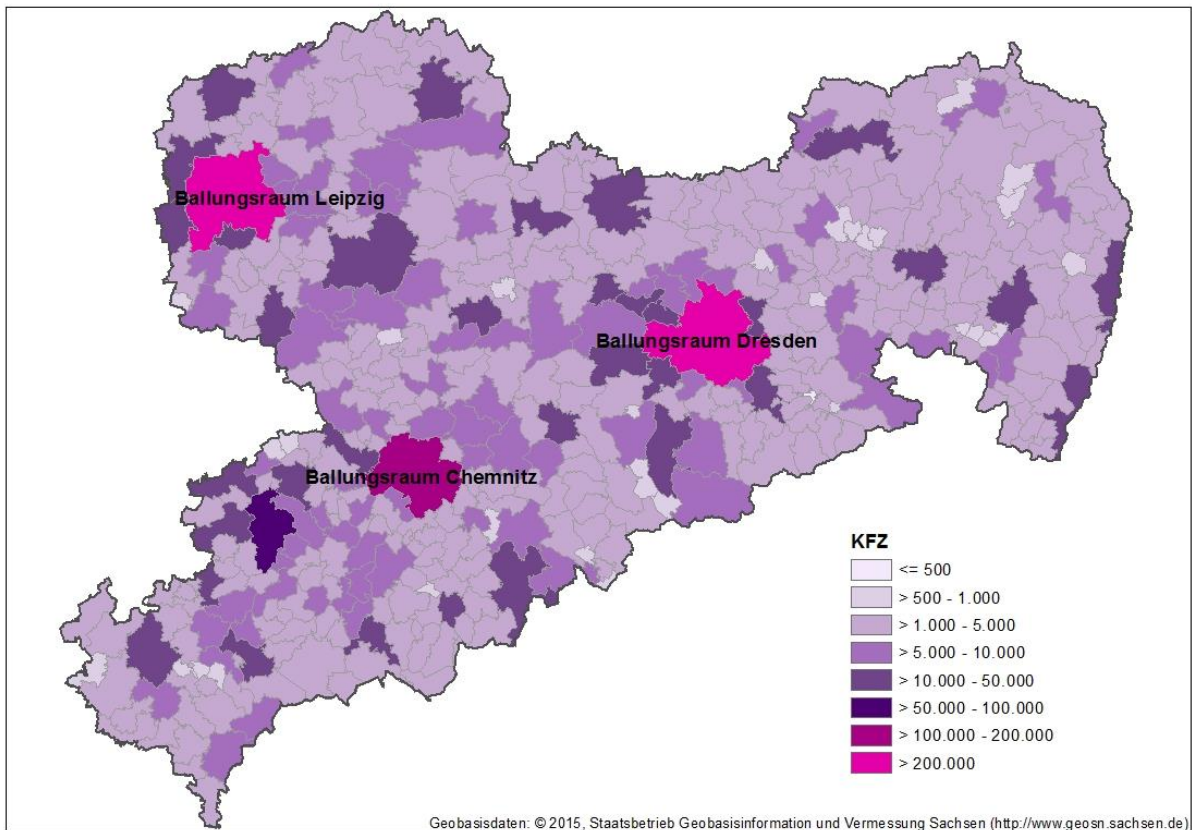


Abbildung 7: Kraftfahrzeug-Bestandszahlen 2012 in Sachsen nach Gemeinden [10]



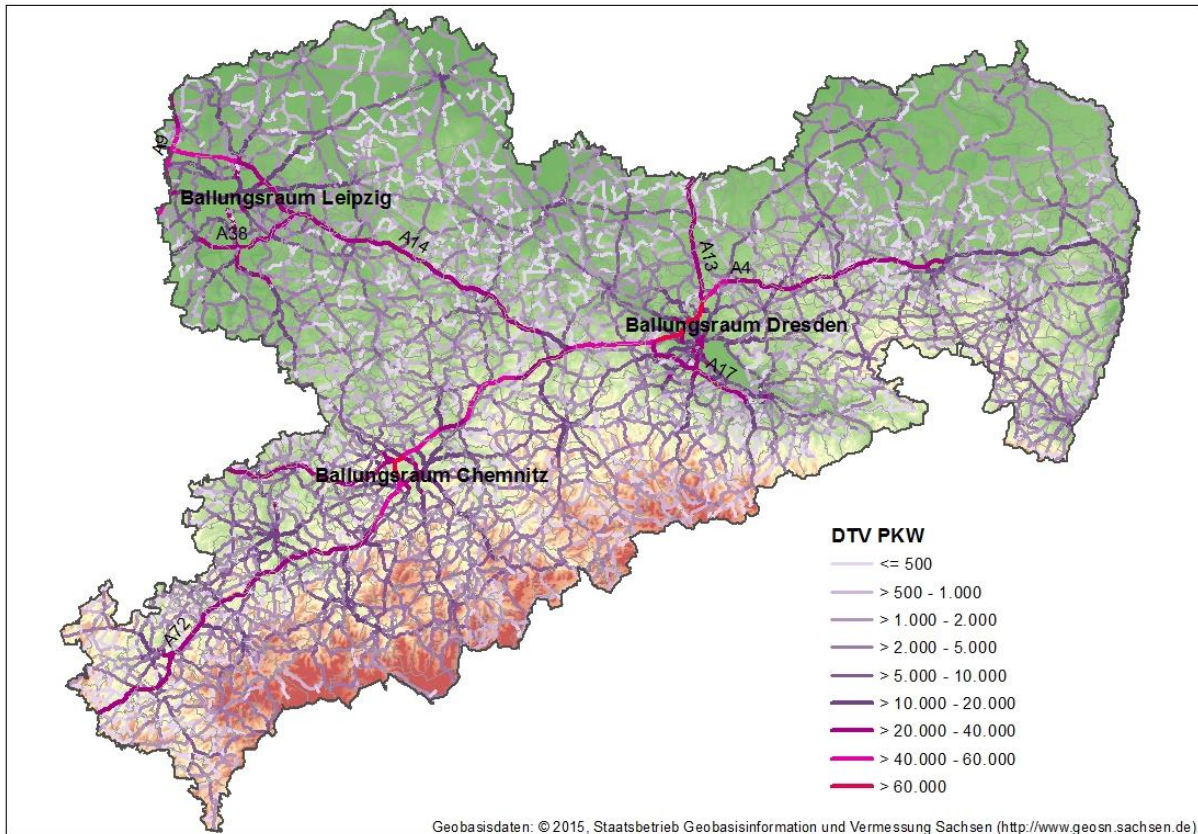


Abbildung 8: Durchschnittlicher täglicher Verkehr (DTV) von PKW in Kfz pro 24 h [11]

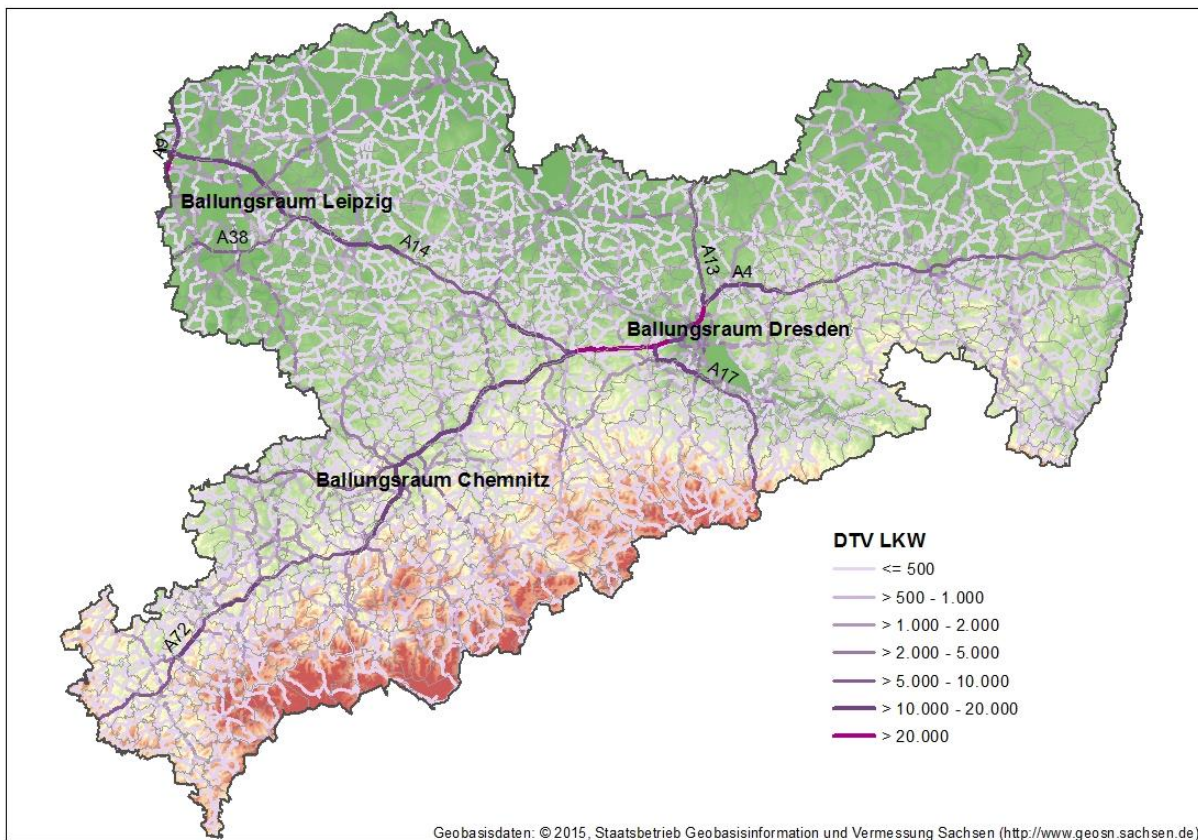


Abbildung 9: Durchschnittlicher täglicher Verkehr (DTV) von LKW in Kfz pro 24 h [11]



## 2.3 Industrie und Energiegewinnung

Sachsen ist ein wettbewerbsfähiger Industriestandort. Die bedeutendsten industriellen Wirtschaftszweige sind Metall-, Maschinen- und Fahrzeugbau sowie Elektronische Industrie [5].

Die Braunkohleindustrie hat in Sachsen stark investiert.

Braunkohle hat für Sachsen als Energieträger eine große Bedeutung, weil das Land sowohl Anteil am Lausitzer als auch am Mitteldeutschen Braunkohlenrevier hat. Förderstätten sind die Tagebaue Nochten und Reichwalde im Nordosten Sachsens sowie Vereinigtes Schleenhain im Nordwesten. Im Jahr 2012 wurden in Deutschland 185 Mio. t Braunkohle gefördert, davon reichlich 19 Mio. t in Mitteldeutschland (sächsischer Anteil: 10 Mio. t) und gut 62 Mio. t in der Lausitz (sächsischer Anteil: 25 Mio. t). Die geologischen Vorräte an Braunkohle betragen im Lausitzer Revier rund 12 Mrd. t, davon gelten 3,5 Mrd. t als wirtschaftlich gewinnbare Vorräte. Für das Mitteldeutsche Revier sind es 10 Mrd. t geologische und 2 Mrd. t wirtschaftlich gewinnbare Vorräte. [15] Die beiden sächsischen Braunkohlekraftwerke Boxberg und Lippendorf liegen in unmittelbarer Nähe der Tagebaue.

Industrielle Anlagen, die die Umwelt in besonderem Maße mit Emissionen belasten, bedürfen einer immissionsschutzrechtlichen Genehmigung. Diese Anlagen sind im Anhang 1 zur 4. BImSchV aufgelistet.

Die Betreiber bestimmter genehmigungsbedürftiger Anlagen sind gesetzlich verpflichtet, alle 4 Jahre eine Emissionserklärung nach der 11. BImSchV abzugeben, die Angaben zu Schadstoffemissionen enthält, sofern diese eine bestimmte Mengenschwelle überschreiten. Für Großfeuerungsanlagen existieren darüber hinaus jährliche Berichtspflichten nach der 13. BImSchV.

Die folgenden Abbildungen zeigen die Verteilung der emissionserklärungspflichtigen Anlagen in Sachsen getrennt nach Anlagenart entsprechend Anhang 1 zur 4. BImSchV.

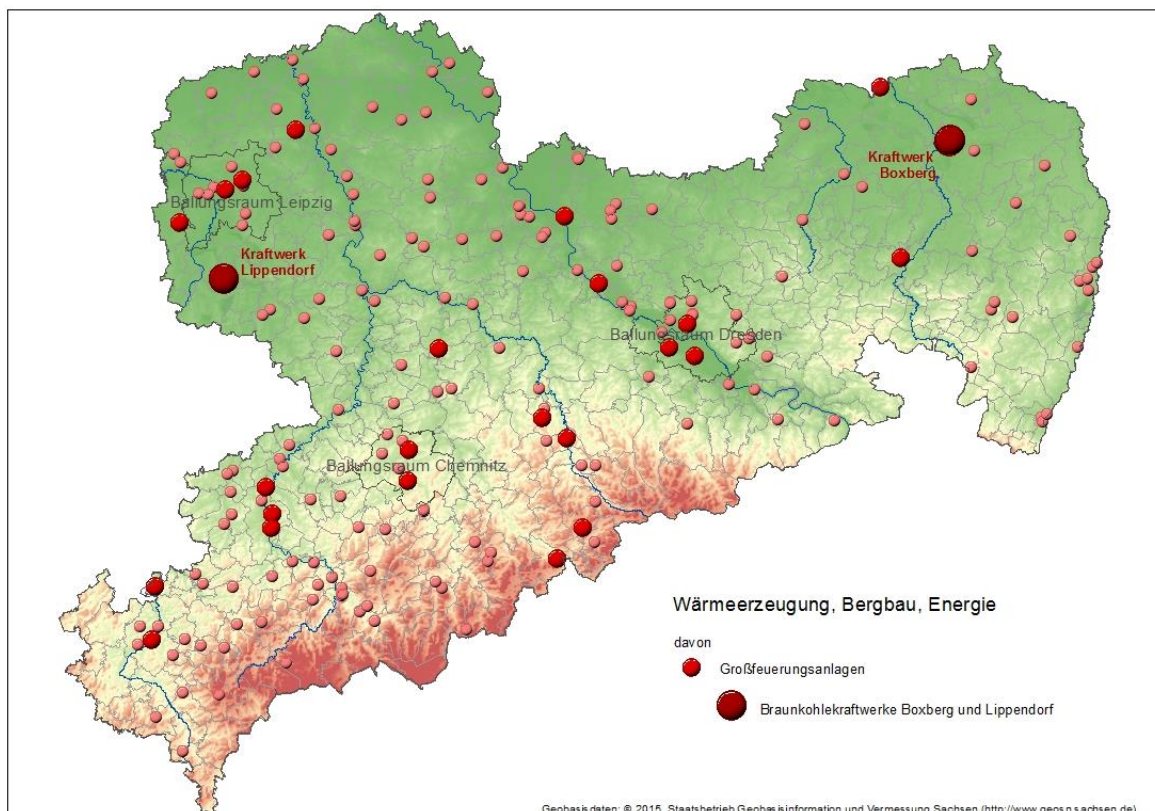


Abbildung 10: Emissionserklärungspflichtige Anlagen 2012 in Sachsen – 4. BImSchV, Anh. 1, Nr. 1 [16]

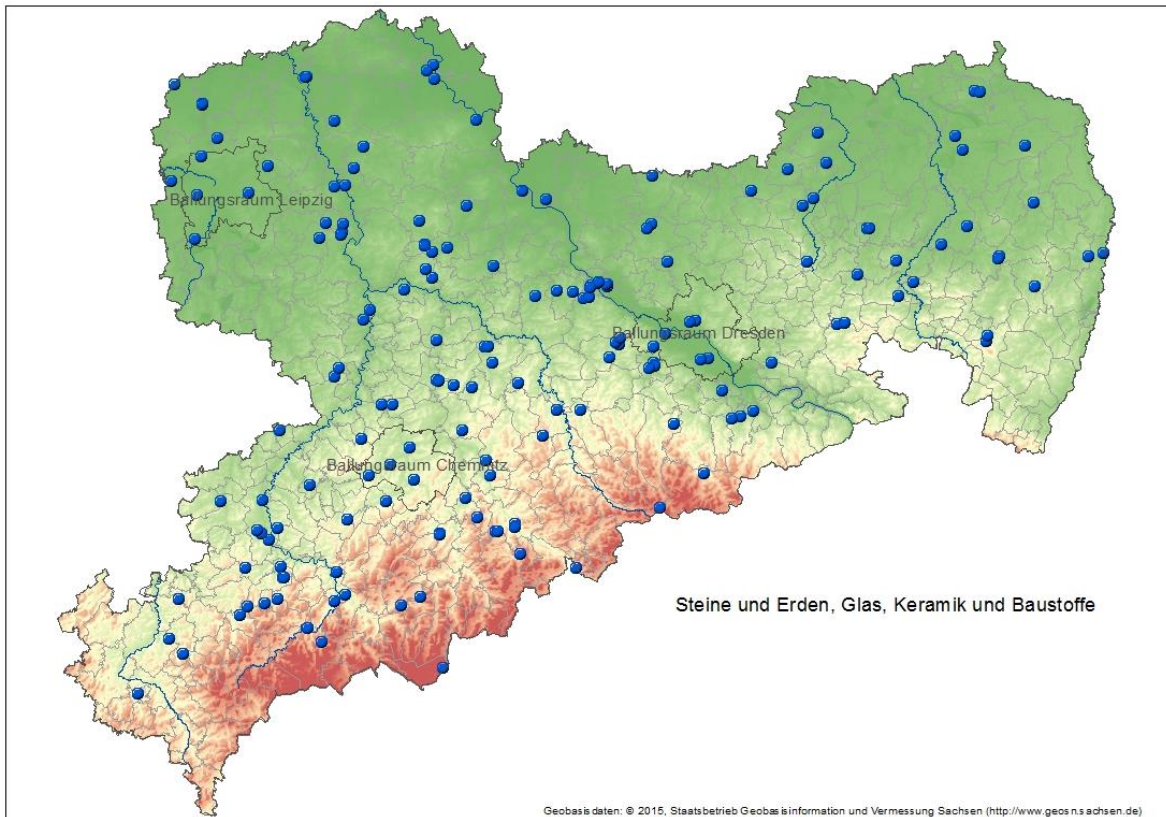


Abbildung 11: Emissionserklärungspflichtige Anlagen 2012 in Sachsen – 4. BImSchV, Anh. 1, Nr. 2 [16]

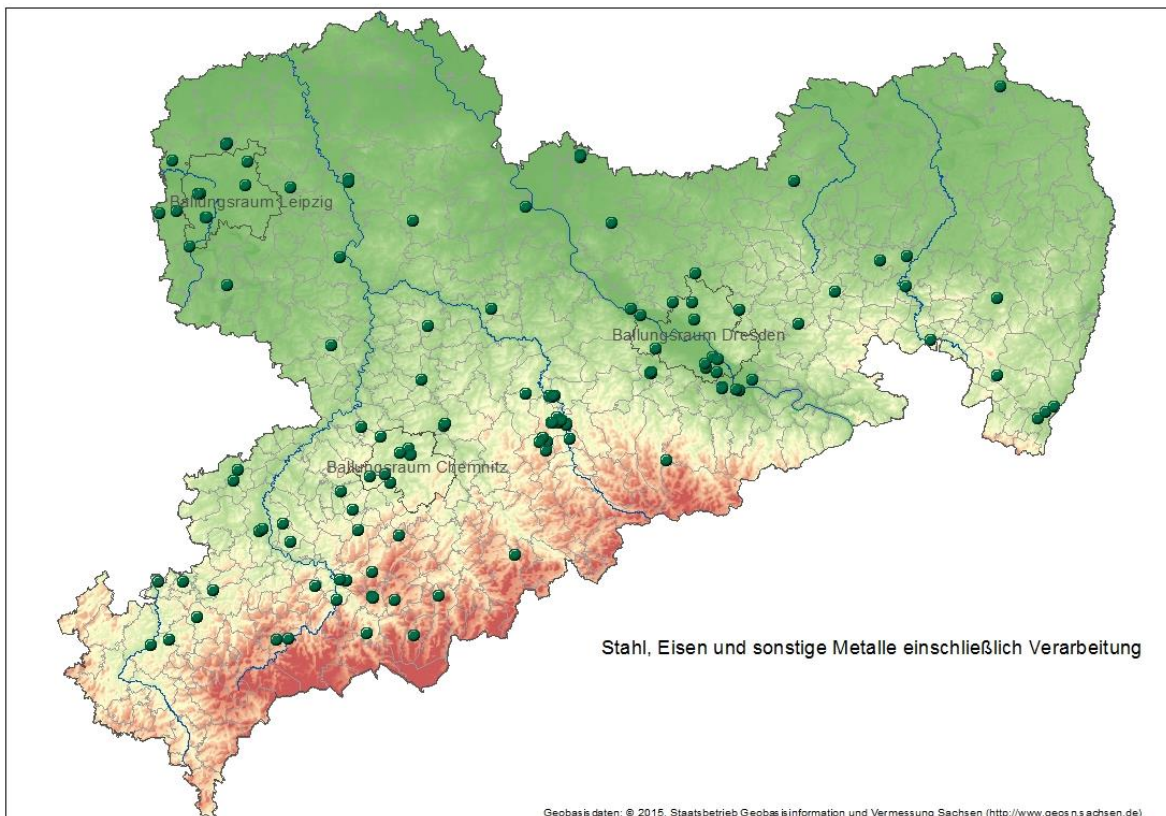
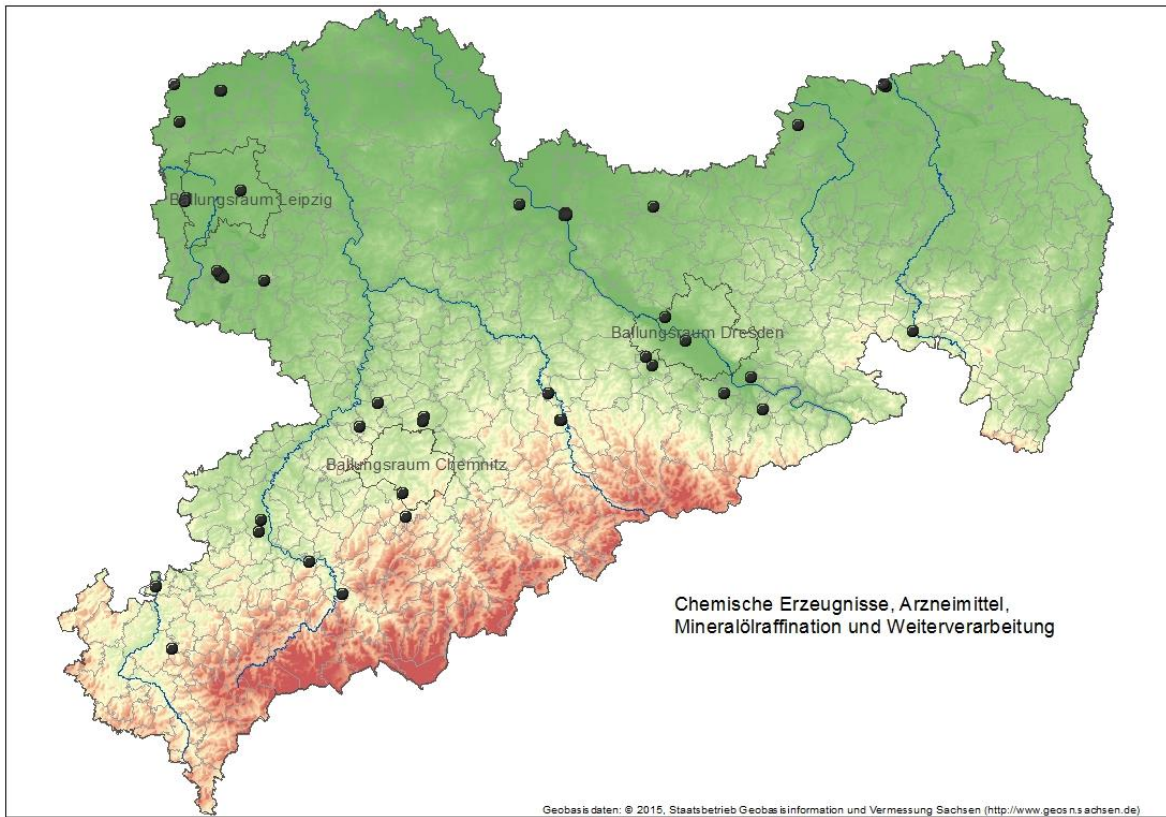
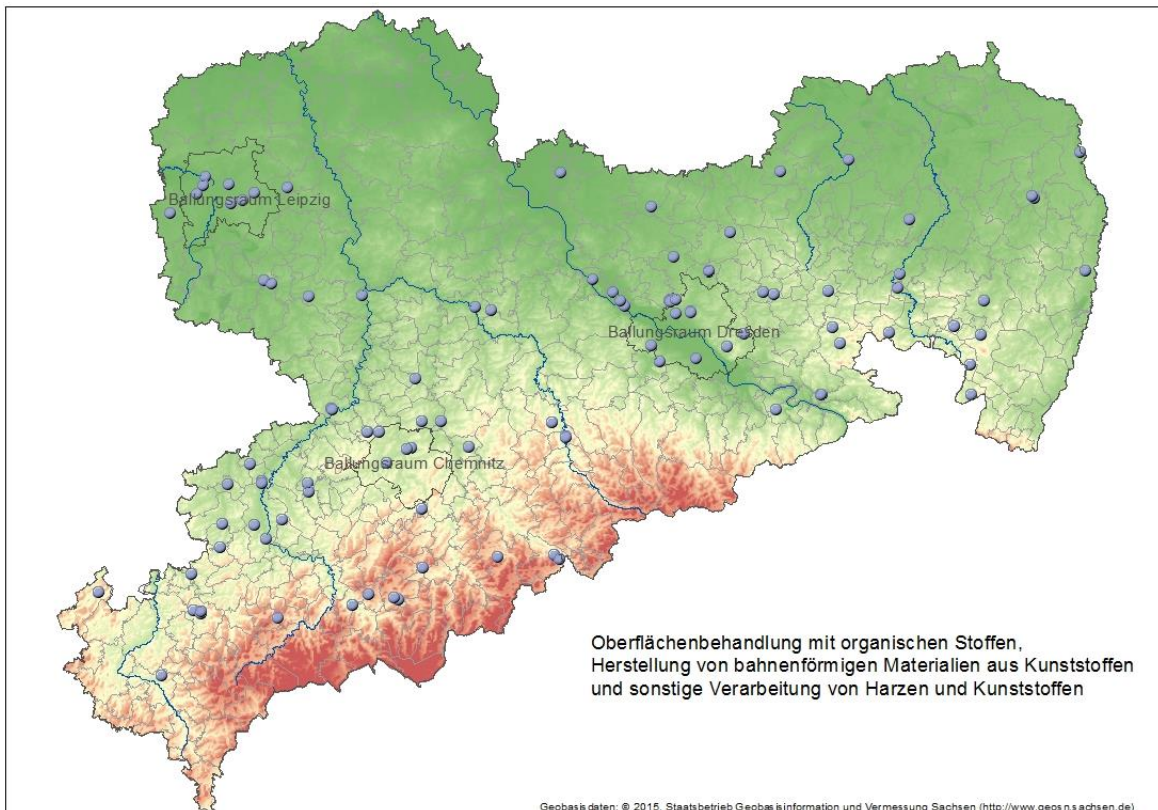


Abbildung 12: Emissionserklärungspflichtige Anlagen 2012 in Sachsen – 4. BImSchV, Anh. 1, Nr. 3 [16]





**Abbildung 13: Emissionserklärungspflichtige Anlagen 2012 in Sachsen – 4. BImSchV, Anh. 1, Nr. 4 [16]**



**Abbildung 14: Emissionserklärungspflichtige Anlagen 2012 in Sachsen – 4. BImSchV, Anh. 1, Nr. 5 [16]**

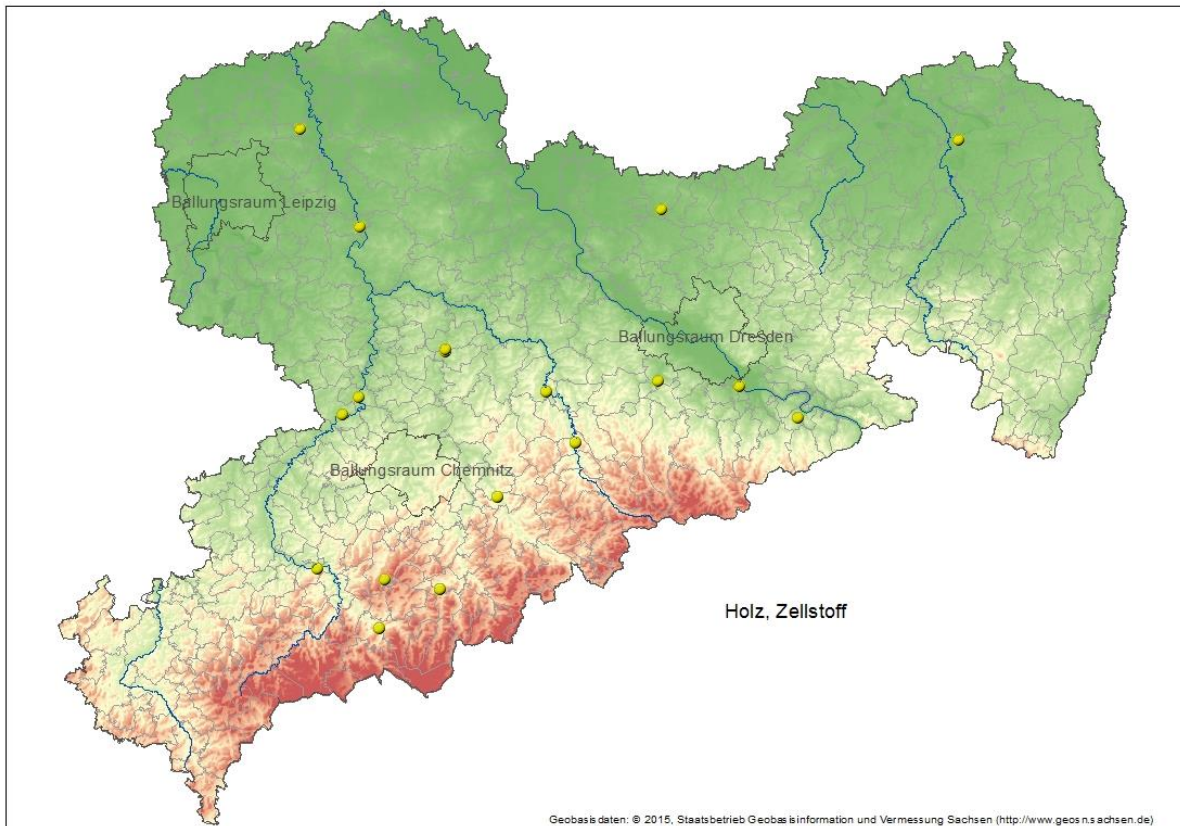


Abbildung 15: Emissionserklärungspflichtige Anlagen 2012 in Sachsen – 4. BImSchV, Anh. 1, Nr. 6 [16]

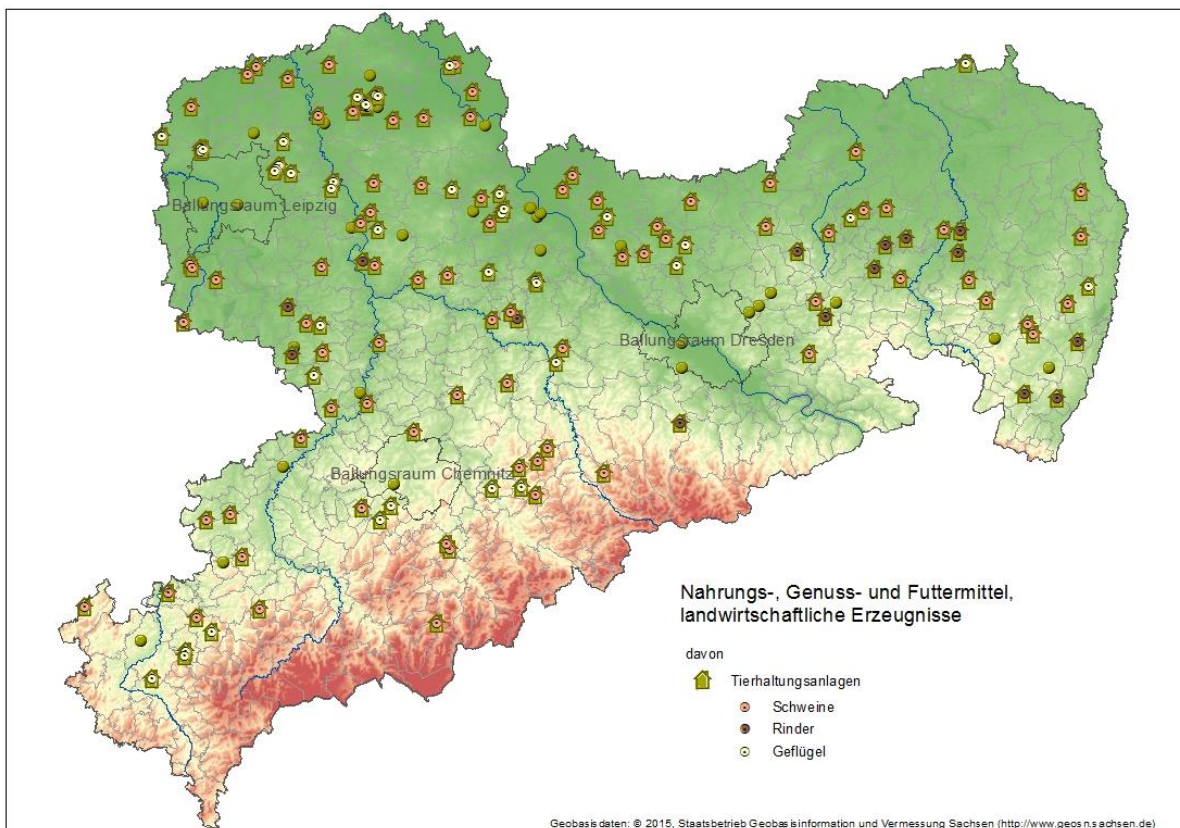


Abbildung 16: Emissionserklärungspflichtige Anlagen 2012 in Sachsen – 4. BImSchV, Anh. 1, Nr. 7 [16]



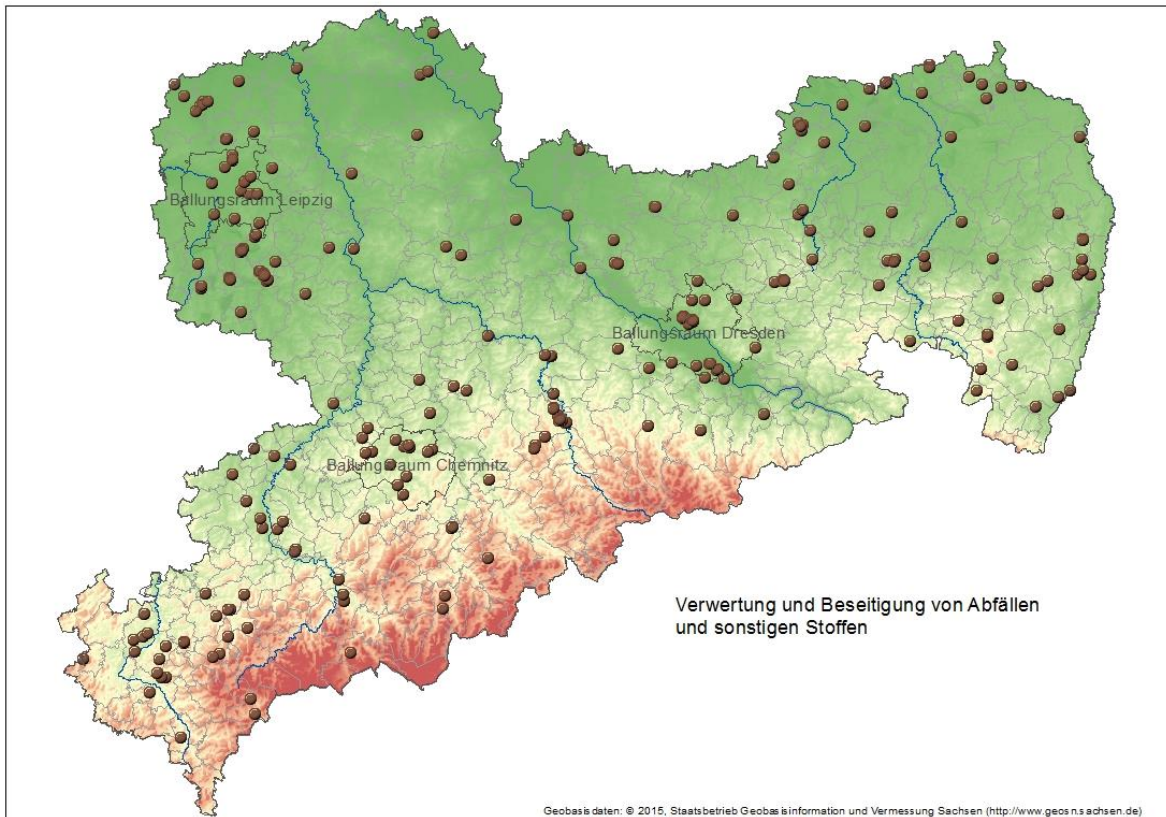


Abbildung 17: Emissionserklärungspflichtige Anlagen 2012 in Sachsen – 4. BImSchV, Anh. 1, Nr. 8 [16]

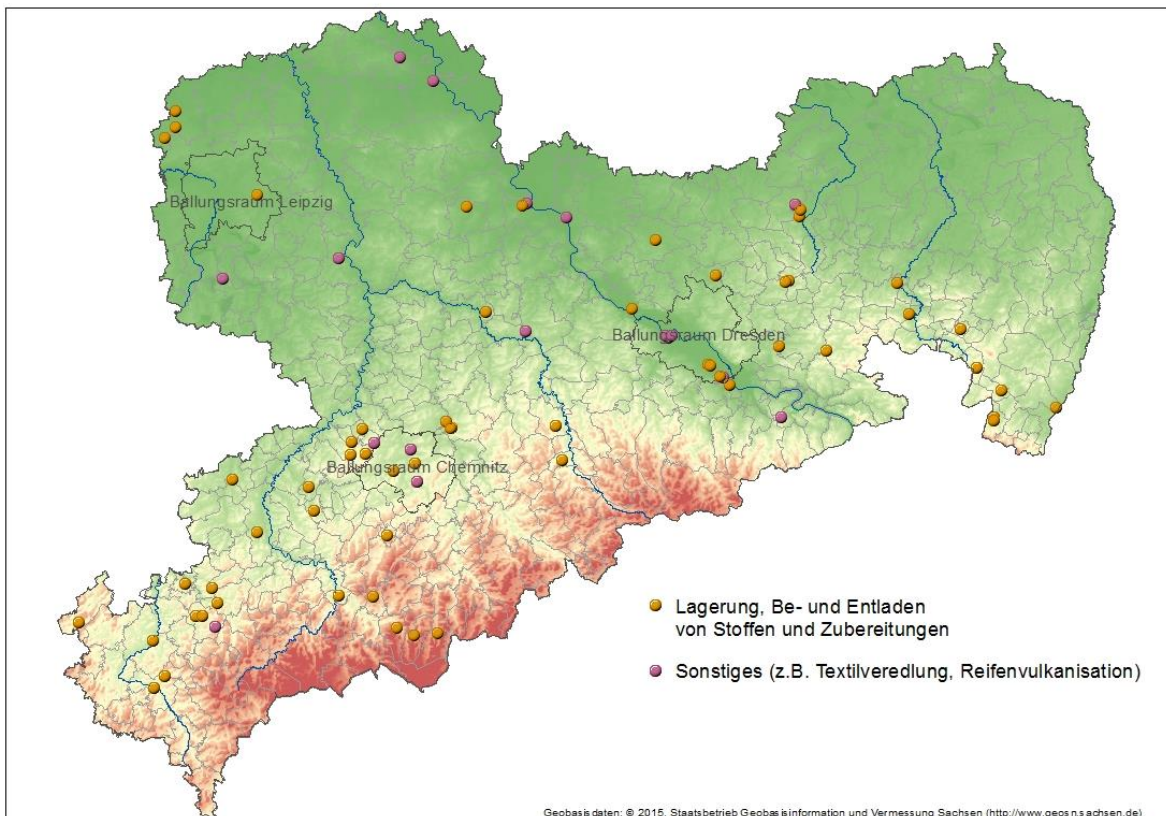


Abbildung 18: Emissionserklärungspflichtige Anlagen 2012 in Sachsen – 4. BImSchV, Anh. 1, Nr. 9 und 10 [16]

## 2.4 Landwirtschaft

Mehr als die Hälfte der Fläche Sachsens wird landwirtschaftlich genutzt.

2012 wurden 719.070 ha als Ackerland und 184.222 ha als Grünland ausgewiesen.

Der Grünlandanteil liegt in Sachsen bei 20 % der Landwirtschaftsfläche und nur in Regionen über 350 m NN (Mittel- und Vorgebirgslagen) darüber. Damit liegt er unter dem Bundesdurchschnitt. [17]

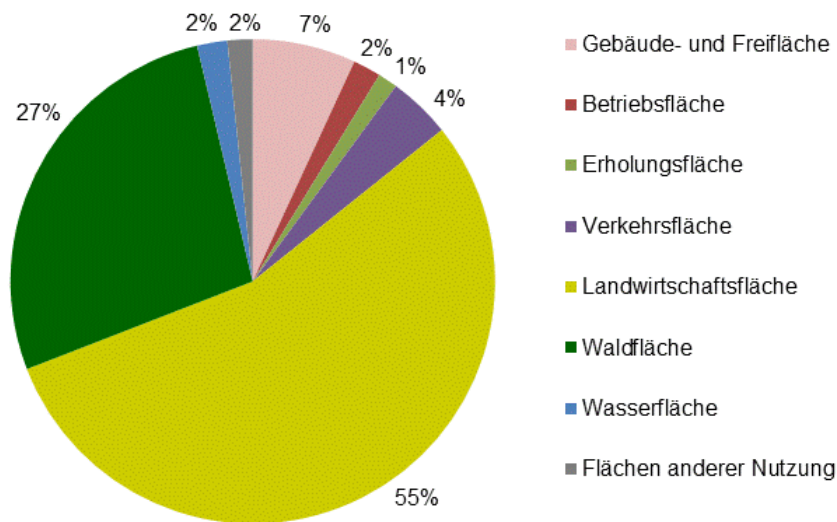


Abbildung 19: Anteile der Nutzungsarten an der sächsischen Landesfläche 2012 [18]

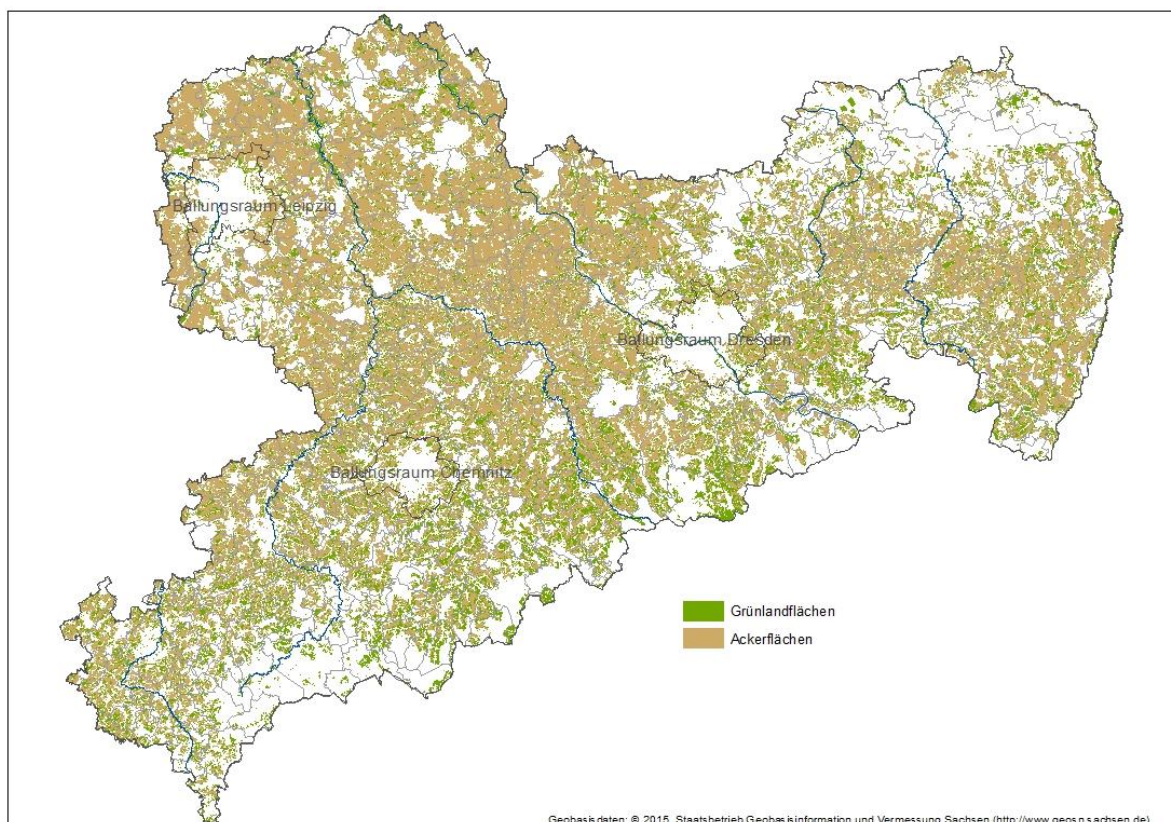


Abbildung 20: Acker- und Grünlandflächen 2012 in Sachsen [19]



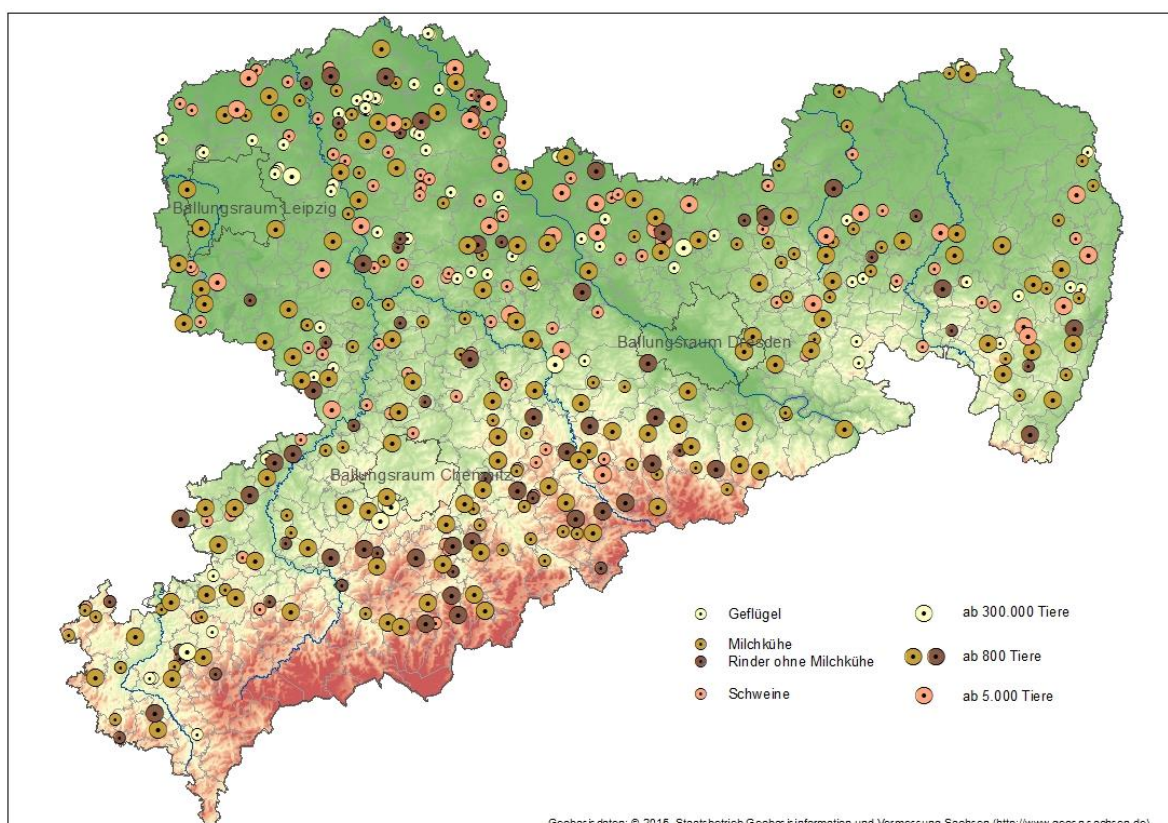
Die Ackerflächen wurden zu 56 % für den Anbau von Getreide, zu 19 % für Ölfrüchte und 19 % für Futterpflanzen genutzt. [17]

2012 gab es in Sachsen 6.134 landwirtschaftliche Betriebe. Rund 79 % dieser Betriebe beschäftigten sich mit Tierhaltung. In den Vorgebirgslagen sowie in den Kammlagen des Erzgebirges sind es sogar mehr als 91 %. [20]

Der Berechnung der Emissionen aus der sächsischen Tierhaltung lagen die in Tabelle 4 aufgeführten Tierzahlen zu Grunde. [4] Eine genaue regionale Zuordnung dieser Tierzahlen innerhalb Sachsens ist im Rahmen des Emissionskatasters nicht möglich.

Abbildung 21 zeigt die Verteilung genehmigter Tierhaltungsanlagen in Sachsen.

Im vorliegenden Zusammenhang ist Nr. 7 des Anhangs zur 4. BImSchV von Bedeutung, also Nahrungs- Genuss- und Futtermittel, landwirtschaftliche Erzeugnisse. Konkret unterwirft Nr. 7.1 Anlagen zum Halten oder zur Aufzucht von Geflügel, Pelztieren, Rindern oder Schweinen der immissionsschutzrechtlichen Genehmigungspflicht, wenn bestimmte Schwellenwerte überschritten sind (Intensivtierhaltung). Nr. 7.1 des Anhangs zur 4. BImSchV stellt auf die Zahl der Plätze ab, nicht auf die Zahl der tatsächlich gehaltenen Tiere.



**Abbildung 21: Genehmigungsbedürftige Tierhaltungsanlagen 2012 in Sachsen [16]**

**Tabelle 4: Tierbestände 2012 in Sachsen und Deutschland [21]**

Tierart	Anzahl Sachsen	Anzahl Deutschland
<b>Rinder</b>	<b>499.349</b>	<b>12.509.603</b>
Milchkühe	186.686	4.190.485
Rinder ohne Milchkühe	312.663	8.319.118
Kälber	48.143	1.334.193
Färsen	174.966	4.130.830
Männliche Mastrinder	44.473	2.099.089
Mutterkühe	41.645	675.091
Männliche Rinder > 2 Jahre	3.436	79.915
<b>Schweine</b>	<b>511.002<sup>1)</sup> (643.100)<sup>2)</sup></b>	<b>23.648.225<sup>1)</sup> (28.332.541)<sup>2)</sup></b>
Sauen	74.100	2.117.911
Saugferkel <sup>3)</sup>	132.098	4.684.236
Aufzuchtferkel	130.956	5.202.319
Mastschweine	305.246	16.301.467
Eber	700	26.528
<b>Schafe</b>	<b>97.315</b>	<b>1.965.919</b>
Erwachsene Schafe	61.114	1.234.596
Mutterschafe	58.000	1.171.688
Lämmer	36.201	731.323
<b>Pferde</b>	<b>11.458</b>	<b>461.463</b>
Großpferde	8.593	351.095
Kleinpferde und Ponys	2.865	110.368
<b>Hühner</b>	<b>9.967.581</b>	<b>145.220.276</b>
Legehennen	3.696.060 <sup>1)</sup> (3.398.308) <sup>2)</sup>	44.232.419 <sup>1)</sup> (43.753.744) <sup>2)</sup>
Masthähnchen und -hühnchen	5.081.407	86.745.218
Junghennen	1.190.114 <sup>1)</sup> (1.487.866) <sup>2)</sup>	14.242.638 <sup>1)</sup> (14.721.314) <sup>2)</sup>
<b>Gänse</b>	<b>24.135</b>	<b>447.742</b>
<b>Enten</b>	<b>35.012</b>	<b>2.894.800</b>
<b>Puten</b>	<b>195.560</b>	<b>12.617.628</b>
Puten-Hähne	108.945	7.029.154
Puten-Hennen	86.615	5.588.474

<sup>1)</sup> im Inventar verwendet    <sup>2)</sup> offizielle Statistik    <sup>3)</sup> nicht im Inventar verwendet



# 3 Emissionsinventar Sachsen

## 3.1 Treibhausgase

Im Emissionskataster Sachsen werden die drei bedeutenden Treibhausgase (THG) Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Distickstoffmonoxid (N<sub>2</sub>O), auch als Lachgas bezeichnet, und Methan (CH<sub>4</sub>) erfasst. Die wichtigste Bedeutung dieser Stoffe liegt darin, dass sie die durch das Sonnenlicht an der Erdoberfläche entstehende Wärmestrahlung absorbieren und damit eine Erwärmung der Erdoberfläche bewirken (Treibhauseffekt).

Weil ihre Wirkung auf die Strahlungsbilanz unterschiedlich ist, werden Treibhauspotenzial-Äquivalenzfaktoren verwendet, die auf die Wirksamkeit von CO<sub>2</sub> und einen Wirkzeitraum von 100 Jahren bezogen sind. In diesem Bericht wird davon ausgegangen, dass CH<sub>4</sub> 25-mal und N<sub>2</sub>O 298-mal so wirksam ist wie CO<sub>2</sub>.

Für Sachsen im Jahr 2012 wurde eine Summe dieser THG von ca. 52.278 kt CO<sub>2</sub>eq ermittelt. Kohlendioxid hatte dabei einen Anteil von 92 %. Distickstoffoxid war zu 3 % und Methan zu 5 % beteiligt.

Das Kyoto-Protokoll nennt daneben die fluorierten Treibhausgase (F-Gase): wasserstoffhaltige Fluorkohlenwasserstoffe (HFKW), perfluorierte Kohlenwasserstoffe (FKW) und Schwefelhexafluorid (SF<sub>6</sub>). Ab 2015 muss auch Stickstofftrifluorid (NF<sub>3</sub>) zusätzlich einbezogen werden. Viele fluorierte Kohlenwasserstoffverbindungen (F-Gase) sind extrem treibhauswirksam und ihre Verweildauer in der Atmosphäre ist enorm lang.

Im Emissionskataster Sachsen werden die fluorierten Treibhausgase nicht erfasst, weil hierzu keine verlässlichen Angaben vorliegen. Der Anteil der fluorierten Gase an den gesamten THG-Emissionen in Sachsen wird derzeit auf 1 bis 2 % geschätzt.

Nachfolgend werden die Emissionsdaten zu den drei THG CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O und CH<sub>4</sub> in Steckbrief-Form dargestellt.

### Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>)

- Emissionsmenge 2012: **48.227 kt**
- Hauptemittent: Großfeuerungsanlagen (GFA)
- weitere Emittenten: Verkehr, Kleinfeuerungsanlagen (KFA), Sonstige Emissionserklärungspflichtige Anlagen, Abwasserbehandlung, Kompostierung
- Emissionsminderung in den letzten 10 Jahren: schwankend



CO<sub>2</sub> ist nicht giftig, doch kann es in größeren Mengen durch Verdrängung des Sauerstoffs erstickend wirken. CO<sub>2</sub>-Emissionen entstehen vor allem durch die Verbrennung fossiler Energieträger in Anlagen zur Strom- und Wärmeerzeugung oder in Motoren.

CO<sub>2</sub> ist mengenmäßig das bedeutendste THG.

Die Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen ist stark an den Energiesektor gebunden. Hauptverursacher sind die Großfeuerungsanlagen, in Sachsen insbesondere die Stromerzeugung aus Braunkohle. Der CO<sub>2</sub>-Ausstoß liegt bei der Braunkohleverstromung durch den Brennstoff bedingt höher als beispielsweise bei Einsatz von Gas oder Öl. Allein die beiden Braunkohlekraftwerke Boxberg und Lippendorf trugen mehr als die Hälfte zu den CO<sub>2</sub>-Emissionen in Sachsen bei.

## Distickstoffmonoxid (N<sub>2</sub>O)

- Emissionsmenge 2012: 4.869 t = **1.451 kt CO<sub>2</sub>eq**
- Hauptemittent: Landwirtschaft (hauptsächlich Pflanzenbau)
- weitere Emittenten: Großfeuerungsanlagen, Verkehr, Sonstige Emissionserklärungspflichtige Anlagen, Abwasserbehandlung, Kleinfeuerungsanlagen, Kompostierung
- Emissionsminderung in den letzten 10 Jahren: schwankend



Eingeatmet kann N<sub>2</sub>O betäubende und rauschartige Wirkungen hervorrufen. Als THG ist es 298-mal so wirksam wie CO<sub>2</sub>. N<sub>2</sub>O entsteht hauptsächlich als Nebenprodukt bei der Denitrifikation (durch Bodenbakterien) und zum Teil bei der Nitrifikation. N<sub>2</sub>O nimmt so am Stickstoffkreislauf teil und beeinflusst auch das stratosphärische Ozon („Ozonkiller“).

Die N<sub>2</sub>O-Emissionen werden im Wesentlichen durch Emissionen aus Böden verursacht und sind entsprechend der ausgebrachten Düngermengen jährlichen Schwankungen unterworfen.

## Methan (CH<sub>4</sub>)

- Emissionsmenge 2012: 104.029 t = **2.601 kt CO<sub>2</sub>eq**
- Hauptemittenten: Landwirtschaft (Tierhaltung), Deponien/Altablagerungen
- weitere Emittenten: Erdgasverbrauch, Braunkohleförderung, Kleinfeuerungsanlagen, Abwasserbehandlung, Großfeuerungsanlagen, Kompostierung, Sonstige Emissionserklärungspflichtige Anlagen, Verkehr
- Emissionsminderung in den letzten 10 Jahren: kontinuierliche Abnahme der Emissionen



CH<sub>4</sub> wirkt schwach betäubend. Es kann mit Luft leicht entzündliche Gemische bilden und in hohen Konzentrationen Luft verdrängen (Erstickungsgefahr). Als THG ist es 25-mal so wirksam wie CO<sub>2</sub>.

CH<sub>4</sub> entsteht hauptsächlich bei der Verdauung von Pflanzenfressern (in Sachsen überwiegend von Rindern) und bei Abbauprozessen im Deponiekörper. Es kann als Brennstoff Anwendung finden.

Die Emissionsminderung ist vorrangig dem Abfallbereich zuzuordnen. Mit der Umsetzung der Abfallablagereungsverordnung dürfen Siedlungsabfälle seit dem 1. Juni 2005 in Deutschland nicht ohne weiteres deponiert, sondern müssen zunächst vorbehandelt werden. Wichtig ist in diesem Zusammenhang neben der möglichst vollständigen Verwertung auch eine hochwertige und effiziente Nutzung der in den Abfällen vorhandenen stofflichen und energetischen Potenziale. Nur Abfälle, deren Verwertung mit erheblichen Umweltbeeinträchtigungen oder erheblichem Energieverbrauch verbunden ist, sollen auch zukünftig der Beseitigung zugeführt werden.

Im Ergebnis werden in Sachsen nur noch geringe Mengen inerter Abfälle deponiert. Viele der Deponien wurden bereits stillgelegt und rekultiviert. Die heutigen noch zur Abfallablagereung genehmigten Siedlungsabfall-Deponien (in Sachsen: 3; im Vgl.: 1991: 93 und vor 1989: 1.500) werden nach dem neuesten Stand der Tech-

nik betrieben um schädliche Emissionen auf die Umwelt so gering wie möglich zu halten. Entstehende Deponiegasmengen werden so weit wie möglich erfasst und vorrangig einer energetischen Verwertung zugeführt.

Abbildung 22 zeigt die Verursacher von THG und ihre Anteile an der Gesamtsumme nochmals im Überblick und verdeutlicht gleichzeitig die Trendbestimmung von CO<sub>2</sub>.

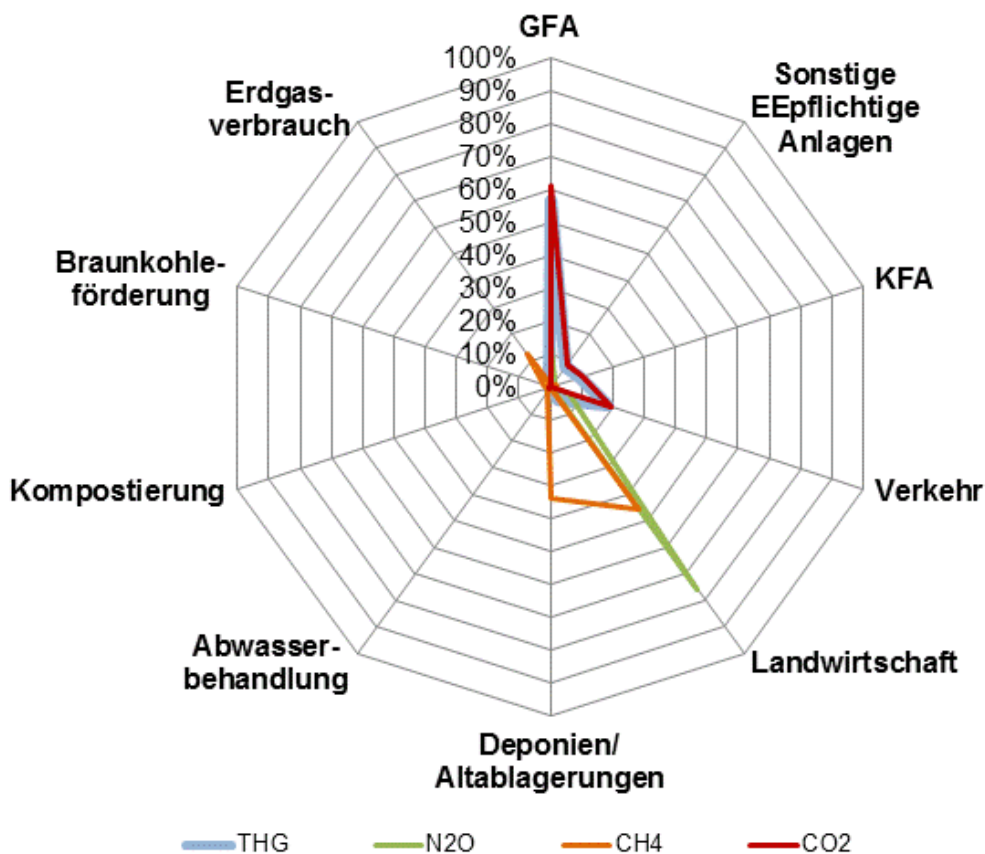


Abbildung 22: Quellen von THG-Emissionen und ihre Anteile an den Gesamtemissionen

### Fluorierte Treibhausgase

Unter dem Begriff „fluorierte THG“ werden in Anlehnung an das Kyoto-Protokoll die Stoffgruppe der wasserstoffhaltigen Fluorkohlenwasserstoffe (H-FKW), die Stoffgruppe der voll- oder perfluorierten Kohlenwasserstoffe (FKW) und Schwefelhexafluorid (SF<sub>6</sub>) zusammengefasst. SF<sub>6</sub> ist im Gegensatz zu den H-FKW und FKW keine Sammelbezeichnung, sondern ein Einzelstoff.

In Anbetracht der sehr niedrigen Konzentrationen der fluorierten Gase in der Atmosphäre (in der diese Stoffe verbleiben) fallen weder human- noch ökotoxikologische Gesichtspunkte ins Gewicht. Fluorierte THG sind jedoch 100- bis 24.000-mal schädlicher für das Klima als CO<sub>2</sub>.

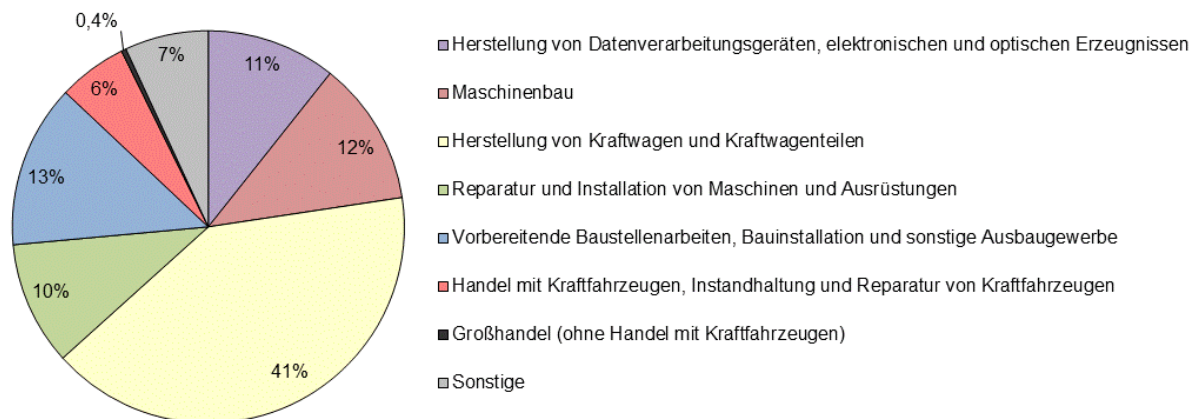
Während die klassischen Treibhausgase meist als unerwünschte Nebenprodukte (z. B. bei der Verbrennung fossiler Rohstoffe) entstehen, werden fluorierte Treibhausgase zum überwiegenden Teil gezielt produziert und eingesetzt. Die Anwendungsbereiche für fluorierte THG sind vielfältig. Sie werden sowohl in überwiegend geschlossenen Kreisläufen (z. B. als Kältemittel), in offenen Anwendungen (z. B. als Treibgas) als auch als Prozessgas (z. B. Halbleiterherstellung) eingesetzt. Während Emission und Einsatzmenge bei offenen Anwendungen gleichzusetzen sind, kommt es in geschlossenen Anwendungen zu großen Speichermengen (Be-

stand). Aus diesem jährlich steigenden Bestand können die Stoffe ganz oder teilweise über die gesamte Nutzungsphase und bei der Entsorgung emittieren.

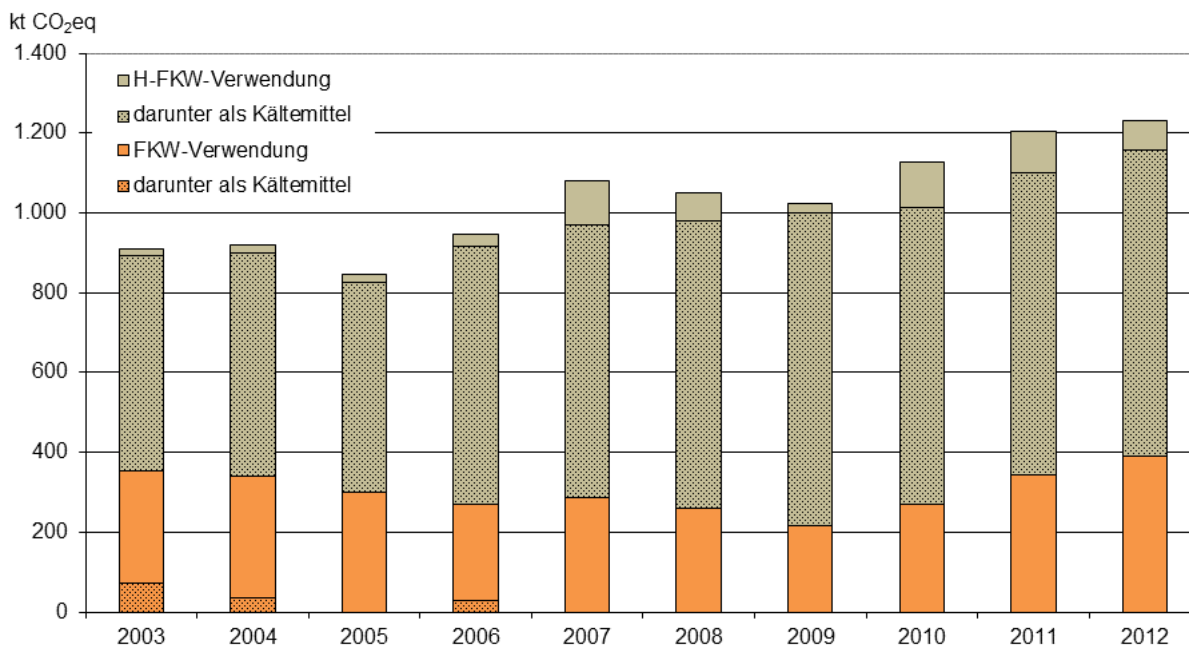
In Sachsen liegen Angaben zu verwendeten Mengen bestimmter klimawirksamer Stoffe vor, über die daraus folgenden Emissionen sind aber keine verlässlichen Aussagen möglich.

Im Jahr 2012 verwendeten 627 sächsische Unternehmen ca. 550 t (entspricht 1.230 kt CO<sub>2</sub>eq<sup>1</sup>) Fluorkohlenwasserstoffe [22]. Davon gehörten 498 t (91 %) zu den Stoffen der Gruppe der H-FKW. Die restliche Menge gehörte zu den FKW. Hauptverwendungszweck ist mit 83 % der Einsatz als Kältemittel. Für SF<sub>6</sub>, das von allen Stoffen das höchste Treibhauspotenzial besitzt, gibt es in Sachsen keine Hersteller und nur einen Händler. Die Daten unterliegen deshalb der Vertraulichkeit.

Abbildung 23 zeigt die Einsatzbereiche und Abbildung 24 die Zunahme der Verwendung von H-FKW und FKW in Sachsen.



**Abbildung 23: Verwendung von Fluorkohlenwasserstoffen 2012 in Sachsen [22]**



**Abbildung 24: Verwendung von Fluorkohlenwasserstoffen 2012 in Sachsen nach Einsatzbereichen und Wirtschaftszweigen [22]**

<sup>1</sup> Unter der Annahme einer vollständigen Emission der verwendeten Stoffe entspräche das 2 % der THG-Gesamtemission.

## Minderung der THG-Emissionen – Strategien und Ziele des Freistaates Sachsen

THG-Minderungsstrategien und -ziele sind im sächsischen Energie- und Klimaprogramm aus dem Jahr 2012 [23] festgeschrieben. Darin heißt es:

„Die Klimapolitik der Sächsischen Staatsregierung orientiert sich an dem langfristigen Entwicklungspfad hin zu einer Reduzierung der Treibhausgasemissionen um 80 bis 95 % bis 2050. (Bezugsjahr: 1990)“ Dieses Ziel bezieht sich ausschließlich auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen, weil für diese eine hinsichtlich der Verursacher weitgehend belastbare Datengrundlage vorliegt. Abbildung 25 zeigt die sächsischen Ziele zur CO<sub>2</sub>-Minderung bis 2020.

Das Treibhausgas-Minderungsziel der Sächsischen Staatsregierung betrifft nicht den Emissionshandelssektor, der die energieintensiven Industrien und die Energiewirtschaft umfasst. In diesem Bereich greift allein der EU-weite Emissionshandel als marktwirtschaftliches Instrument der EU-Klimapolitik. In Sachsen konzentrieren sich die Maßnahmen auf Bereiche wie Gebäude, Verkehr, private Haushalte oder öffentliche Verwaltung, in denen die Staatsregierung selbst spürbare Minderungseffekte erzielen oder im Rahmen der Kooperation mit Dritten Anreize für die Umsetzung von Minderungsmaßnahmen setzen kann.

„Die Sächsische Staatsregierung sieht in einem ausgewogenen Mix unterschiedlicher Energieträger die Voraussetzung, um auch in Zukunft den Erfordernissen einer gleichzeitig verlässlichen, bezahlbaren und umweltverträglichen Energieversorgung gerecht zu werden. Die Gewinnung und Verstromung der heimischen Braunkohle trägt dabei wesentlich zur Sicherheit und Wirtschaftlichkeit der Energieversorgung in Deutschland bei. Das ist insbesondere angesichts der Abschaltung der Kernkraftwerke mittel- bis langfristig von großer Bedeutung. Ebenso soll der Anteil von Erneuerbaren Energien am Energiemix kontinuierlich erhöht werden. Voraussetzung dafür ist eine Anpassung des Energiesystems, insbesondere der umfangreiche Einsatz von Speicherkapazitäten für Strom und Wärme. Erdgas und Mineralöl werden auch zukünftig im Wärmemarkt und Verkehrsbereich zum Einsatz kommen und den Energiemix komplettieren.“

Das Energie- und Klimaprogramm wird fortgeschrieben.

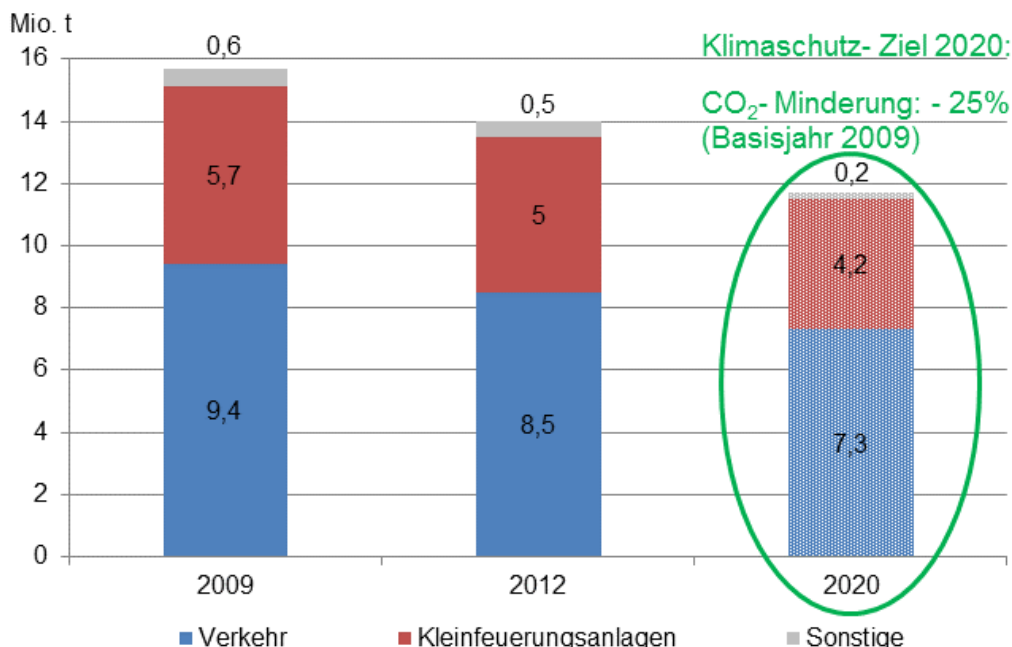


Abbildung 25: Klimaschutz-Ziele Sachsen bis 2020 [23]

## 3.2 Klassische Luftschadstoffe

Zu den klassischen Luftschadstoffen zählen Stickstoffoxide ( $\text{NO}_x$ ), Kohlenwasserstoffe ohne Methan (NMVOC), Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ ), Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ), Kohlenmonoxid ( $\text{CO}$ ) und Staub/Feinstaub.

Neben direkten gesundheitlichen Auswirkungen bewirken die genannten Stoffe folgende Probleme.

### ■ Ozonbildung

Ozon ( $\text{O}_3$ ) wird in bodennahen Luftschichten durch die Einwirkung von Sonnenlicht aus Vorläufersubstanzen gebildet. Zu diesen Substanzen zählen vor allem flüchtige organische Verbindungen (VOC) und  $\text{NO}_x$ . Darüber hinaus tragen großräumig auch die Schadstoffe  $\text{CO}$  und  $\text{CH}_4$  zur Ozonbildung bei.

Beim Menschen verursachen hohe Ozonkonzentrationen Befindlichkeitsstörungen wie Tränenreiz, Reizung der Atemwege, Husten, Kopfschmerzen und Atembeschwerden. Daneben begünstigt es das Auftreten von Allergien und Asthma. Hohe Ozonkonzentrationen sind auch schädlich für Pflanzen und die Biodiversität [24].

### ■ Versauerung und Eutrophierung

Die Versauerung durch säurebildende Luftschadstoffe bewirkt eine Herabsetzung des pH-Wertes von Böden und Gewässern. Diese bewirkt Änderungen des Mineralienhaushalts (z. B. Schwermetallfreisetzung aus Bodenpartikeln bzw. Sedimenten) und als Folge davon Schädigungen von Ökosystemen. Hauptverantwortlich hierfür sind der Niederschlag und die trockene Deposition von  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  und  $\text{NH}_3$  sowie deren atmosphärische Reaktionsprodukte.

Als Eutrophierung (Überdüngung) wird der übermäßige Eintrag von Stickstoff in Ökosysteme bezeichnet, wodurch ein Düngeeffekt entsteht. Eutrophierung kann durch die Luftschadstoffe  $\text{NO}_x$  und  $\text{NH}_3$  sowie deren atmosphärische Reaktionsprodukte verursacht werden. Diese Stickstoffverbindungen sind normalerweise als Nährstoffe für Pflanzen unerlässlich. Bei erhöhtem Eintrag kann es jedoch zu schädigenden Wirkungen auf die Vegetation und auf Ökosysteme sowie zur Verdrängung bestimmter Arten kommen (Einfluss auf die Biodiversität). Eutrophierung bewirkt eine vermehrte Bildung von Biomasse in Gewässern. Dies führt zu Sauerstoff-Mangel bis hin zum „Umkippen“ der Gewässer.

### ■ Sekundärpartikelbildung

Sekundäre Stäube sind Partikel, die durch komplexe chemische Reaktionen in der Atmosphäre erst aus gasförmigen Substanzen, wie  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{NH}_3$  oder Kohlenwasserstoffen, entstehen. Die Sekundärpartikel aus gasförmigen Vorläuferstoffen sind nicht Gegenstand des Emissionskatasters, jedoch bedeutsam für die Luftqualität.

Nachfolgend werden für die genannten Luftschadstoffe die emittierten Mengen und die entsprechenden Verursacher aufgeführt.



## Stickstoffoxide (NO<sub>x</sub>)

- Emissionsmenge 2012: **66.707 t**
- Hauptemittenten: Verkehr, Großfeuerungsanlagen (GFA)
- weitere Emittenten: Sonstige Emissionserklärungspflichtige Anlagen, Landwirtschaft, Kleinfeuerungsanlagen (KFA)
- Emissionsminderung  
in den letzten 10 Jahren: Abnahme der Emissionen, aber weiterhin Überschreitungen von Immissions-Grenzwerten an stark befahrenen Straßen



In diesem Bericht bezeichnet der Begriff „Stickstoffoxide“ (NO<sub>x</sub>) eine Mischung aus Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>). Beide Gase sind sehr giftig. NO wirkt schleimhautreizend. NO<sub>2</sub> verursacht Beeinträchtigungen des Bronchialsystems.

Stickstoffoxide können nicht nur zu direkten gesundheitlichen Schäden führen, sie sind auch an der Bildung von bodennahem Ozon beteiligt und verursachen erhebliche Vegetationsschäden. Sie erhöhen die Nitratkonzentration im Boden und im Oberflächenwasser und sind deshalb mitverantwortlich für die Versauerung und Eutrophierung.

NO und (primäres) NO<sub>2</sub> entstehen hauptsächlich bei Verbrennungsprozessen. NO wird in der Außenluft mit Sauerstoff zu so genanntem sekundären NO<sub>2</sub> umgewandelt. Böden emittieren NO aufgrund der mikrobiellen Umsetzung organisch gebundenen Stickstoffs.

Die Höhe der Luftbelastung wird sehr stark durch lokale Quellen mit niedriger Auslasshöhe (z. B. Straßenverkehr) bestimmt. Die höchsten NO<sub>x</sub>-Konzentrationen treten demzufolge in städtischen Ballungsgebieten an stark verkehrsbelasteten Straßen auf. Die Grenzwerte für NO<sub>2</sub> werden in europäischen Städten häufig überschritten. In Sachsen betrifft das Leipzig, Dresden und Chemnitz. Für diese drei Städte wurde bei der EU ein Antrag auf Fristverlängerung für die Grenzwerteinhalten bis 2015 gestellt. Die NO<sub>x</sub>-Konzentrationen nehmen vom Ballungsraum hin zu ländlichen Gebieten stark ab.

## Ammoniak (NH<sub>3</sub>)

- Emissionsmenge 2012: **23.974 t**
- Hauptemittent: Landwirtschaft
- weitere Emittenten: Verkehr, Sonstige Emissionserklärungspflichtige Anlagen
- Emissionsminderung  
in den letzten 10 Jahren: keine



NH<sub>3</sub> ist ein giftiges Gas. NH<sub>3</sub> und sein Umwandlungsprodukt Ammonium tragen erheblich zur Schädigung von Land- und Wasserökosystemen bei (Versauerung und Eutrophierung). Sie sind außerdem wesentliche Vorläufersubstanzen für die Bildung von Feinstaub.

NH<sub>3</sub> entsteht durch Fäulnis stickstoffhaltiger pflanzlicher und tierischer Substanzen (hauptsächlich Eiweiße).

### Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>)

- Emissionsmenge 2012: **30.895 t**
- Hauptemittent: Großfeuerungsanlagen (GFA)
- weitere Emittenten: Kleinf Feuerungsanlagen (KFA), Sonstige Emissionserklärungspflichtige Anlagen, Verkehr
- Emissionsminderung in den letzten 10 Jahren: kontinuierliche Abnahme der Emissionen



SO<sub>2</sub> ist ein giftiges Gas. Besonders schädlich wirkt SO<sub>2</sub> auch auf Pflanzen, insbesondere auf Nadelgehölze. SO<sub>2</sub> zählt neben NO<sub>x</sub> und NH<sub>3</sub> zu den versauernd wirkenden Luftschadstoffen. Es wird vor allem bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe freigesetzt.

### Flüchtige organische Verbindungen ohne Methan (NMVOC)

- Emissionsmenge 2012: **44.861 t**
- Hauptemittent: Lösemittelanwendung
- weitere Emittenten: Verkehr, Landwirtschaft, Kleinf Feuerungsanlagen (KFA), Sonstige Emissionserklärungspflichtige Anlagen, Großfeuerungsanlagen (GFA)
- Emissionsminderung in den letzten 10 Jahren: schwankend



Flüchtige organische Komponenten (volatile organic compounds – VOC) sind eine Gruppe von mehreren hundert verschiedenen Stoffen, welche die unterschiedlichsten Eigenschaften haben. Einige, z. B. Benzol, sind krebserzeugend, einige sind toxisch, andere haben keinen Einfluss auf die Gesundheit. VOC spielen eine Rolle bei der Entstehung von Ozon-Vorläufersubstanzen und anderen Komponenten mit oxidierenden Eigenschaften.

Aufgrund der differenten Wirkung wird CH<sub>4</sub> ausgenommen. NMVOC (non methane volatile organic compounds) sind VOC ohne Methan.

NMVOC entstehen bei der unvollständigen Verbrennung von Kraftstoffen, aber auch durch deren Verdunstung. Hauptsächlich werden NMVOC bei der Lösemittelanwendung in Industrie, Gewerbe, Haushalten und öffentlichen Einrichtungen freigesetzt.

### Benzol (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)

- Emissionsmenge 2012: **596 t**
- Hauptemittent: Verkehr
- weitere Emittenten: Kleinf Feuerungsanlagen (KFA), Emissionserklärungspflichtige Anlagen



- Emissionsminderung  
in den letzten 10 Jahren: kontinuierliche Abnahme der Emissionen



Benzol gehört zur Gruppe der NMVOC, wird aber aufgrund seiner toxikologischen Bedeutung extra angeführt. In hoher Konzentration führt  $C_6H_6$  zu Schädigungen der Leber, der Nieren und des Knochenmarks. Aber auch geringere Konzentrationen sind nicht unbedenklich, weil dieser Stoff Krebs erzeugen kann.

### Kohlenmonoxid (CO)

- Emissionsmenge 2012: **127.586 t**
- Hauptemittent: Kleinf Feuerungsanlagen (KFA)
- weitere Emittenten: Verkehr, Großfeuerungsanlagen (GFA), Sonstige Emissionserklärungspflichtige Anlagen
- Emissionsminderung  
in den letzten 10 Jahren: schwankend



CO ist ein giftiges Gas. Es ist nach  $NO_x$  und NMVOC auch ein Vorläuferstoff für die Ozonbildung. Die wichtigste CO-Quelle ist die unvollständige Verbrennung von Kohlenstoff und kohlenstoffhaltigen Verbindungen.

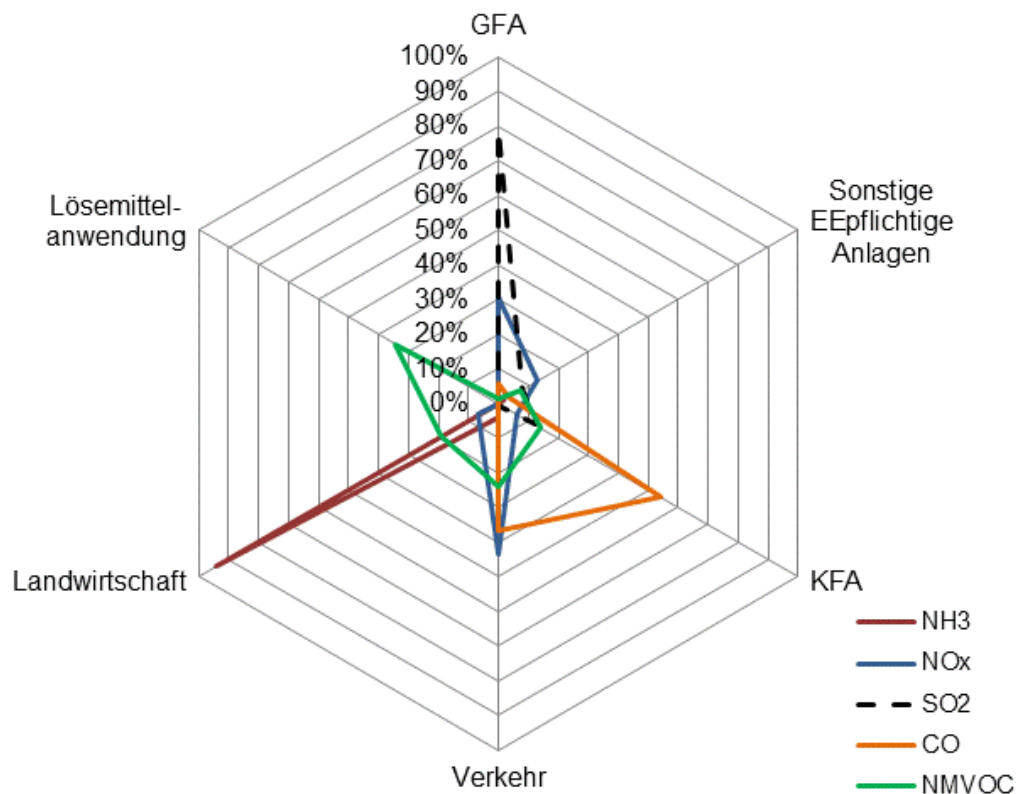


Abbildung 26: Quellen von Luftschadstoff-Emissionen und ihre Anteile an den Gesamtemissionen

## Staub/Feinstaub

Staub ist ein komplexes und hinsichtlich der Inhaltsstoffe sowie der Größenverteilung heterogenes Gemisch. Je nach Korngröße der Staubteilchen wird der Staub in Fraktionen unterteilt.

Unter PM10 (PM = particulate matter) versteht man alle Staubteilchen, deren aerodynamischer Durchmesser kleiner als 10 Mikrometer ist, unter PM2.5 dementsprechend alle, deren aerodynamischer Durchmesser weniger als 2,5 Mikrometer beträgt.

PM10 kann beim Menschen in die Nasenhöhle, PM2.5 bis in die Bronchien und Lungenbläschen und ultrafeine Partikel bis in das Lungengewebe und sogar in den Blutkreislauf eindringen. Je nach Größe und Eindringtiefe der Teilchen sind die gesundheitlichen Wirkungen von Feinstaub verschieden. Sie reichen von Schleimhautreizungen und lokalen Entzündungen in der Luftröhre und den Bronchien oder den Lungenalveolen bis zu verstärkter Plaquebildung in den Blutgefäßen, einer erhöhten Thromboseneigung oder Veränderungen der Regulierungsfunktion des vegetativen Nervensystems (Herzfrequenzvariabilität).

Primäre Partikel werden direkt aus gefassten oder diffusen Emissionsquellen emittiert. Gefasste Quellen haben einen definierten, relativ kleinen Austrittsquerschnitt (z. B. Schornstein, Auspuff). Beispiele für diffuse Quellen sind die Feldbearbeitung in der Landwirtschaft oder die Aufwirbelung von Staub im Straßenverkehr.

Neben den anthropogenen Staubquellen gibt es auch natürliche Quellen. Beispiele sind die Bodenerosion, die Vegetation (durch die Absonderung von Pollen, Sporen oder organischen Verbindungen), Waldbrände oder Vulkanismus. Letztere werden im Sächsischen Emissionskataster nicht erfasst.

## TSP

- Emissionsmenge 2012: **11.116 t**
- Hauptemittent: Verkehr, Landwirtschaft, Sonstige Emissionserklärungspflichtige Anlagen
- weitere Emittenten: Kleinf Feuerungsanlagen (KFA), Großfeuerungsanlagen (GFA)
- Emissionsminderung in den letzten 10 Jahren: kontinuierliche Abnahme der Emissionen



## PM10

- Emissionsmenge 2012: **9.030 t**
- Hauptemittent: Verkehr
- weitere Emittenten: Landwirtschaft, Kleinf Feuerungsanlagen (KFA), Sonstige Emissionserklärungspflichtige Anlagen, Großfeuerungsanlagen (GFA)
- Emissionsminderung in den letzten 10 Jahren: keine



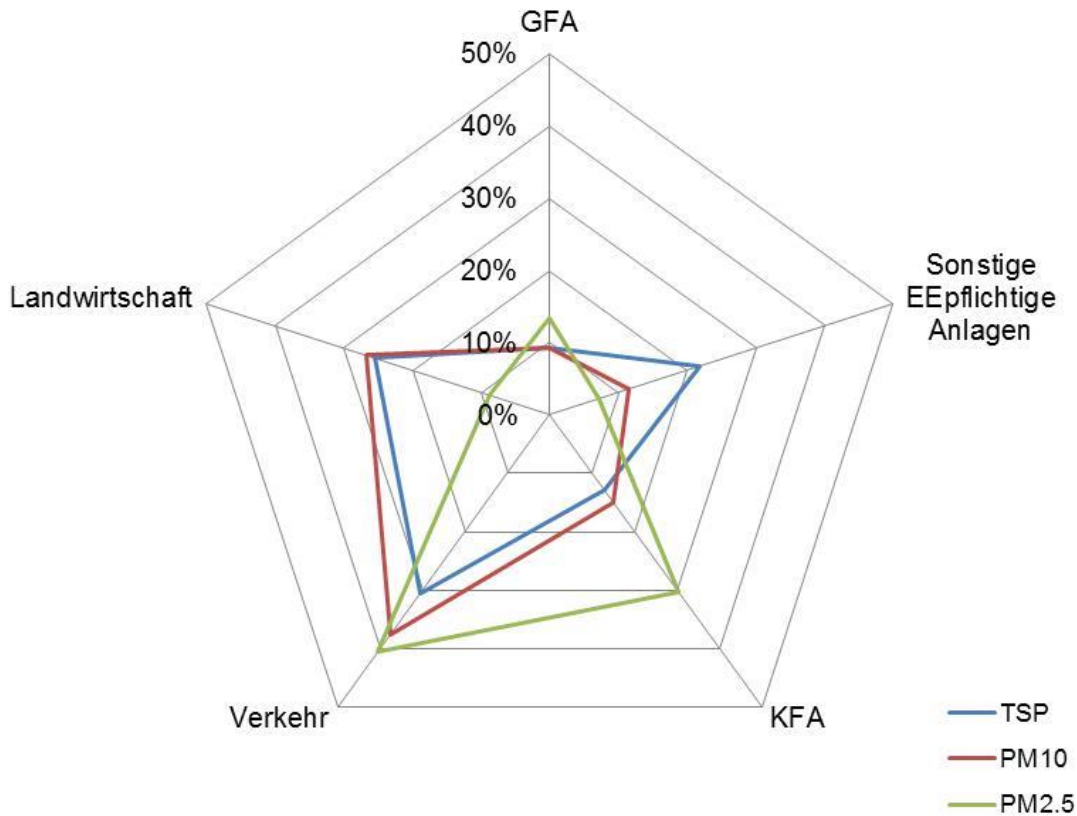
## PM2.5

- Emissionsmenge 2012: **4.032 t**
- Hauptemittent: Verkehr, Kleinf Feuerungsanlagen (KFA)
- weitere Emittenten: Großfeuerungsanlagen (GFA), Sonstige Emissionserklärungspflichtige Anlagen, Landwirtschaft

Wegen der Verringerung der Emissionen an Grobstaub durch Einbau wirksamer Filteranlagen oder Stilllegung wesentlicher Quellen richtet sich der Fokus derzeit auf Feinstaub bzw. Ultrafeinstaub.

Hohe Feinstaubbelastungen sind ein lokales – mitunter aber auch ein regionales – Problem. Die Kombination aus ungünstigen meteorologischen Bedingungen, hohen lokalen Emissionen und Ferneinträgen führt häufig zur Überschreitung der Immissionsgrenzwerte.

Abbildung 27 zeigt die Quellen von Partikel-Emissionen und ihre Anteile.



**Abbildung 27: Quellen von Staub-Emissionen und ihre Anteile an den Gesamtemissionen**

In Ballungsgebieten ist der Straßenverkehr die dominierende Quelle für Feinstaub. Dabei gelangt dieser nicht nur aus Motoren – insbesondere aus Dieselmotoren – in die Luft, sondern auch durch Bremsen- und Reifenabrieb sowie durch die Aufwirbelung des Staubes von der Straßenoberfläche.

Vorrangig in den Heizmonaten tragen auch die Emissionen aus Kleinfeuerungsanlagen in hohem Maße zur Feinstaub-Belastung bei.

Auch landwirtschaftliche Prozesse verursachen erhöhte PM10-Belastungen. Ihr Einfluss sinkt jedoch mit kleiner werdender Partikelgröße. Neben den primären Emissionen tragen dort auch die Emissionen gasförmiger Vorläuferstoffe, insbesondere die  $\text{NH}_3$ -Emissionen aus der Tierhaltung, zur sekundären Feinstaubbildung bei.

## 3.3 Schwermetalle

Im Emissionskataster, das die Grundlage für den vorliegenden Bericht bildet, werden unter dieser Rubrik die nachfolgend aufgeführten 8 Metalle erfasst. Einige von ihnen sind in ganz geringen Mengen für den Menschen lebensnotwendig. Zu diesen zählen die sogenannten Spurenelemente wie z. B. Kupfer und Zink. Andere Schwermetalle hingegen sind bereits in geringen Mengen giftig. Dazu gehören beispielsweise Arsen, Blei, Cadmium, Chrom und Quecksilber.

Schwermetalle gelangen teilweise direkt in Luft, Boden und Gewässer oder sie können mit der Luft weit transportiert werden, bevor sie auf die Erdoberfläche niedergehen. In Böden und Gewässern werden die Schwermetalle nicht abgebaut, sondern reichern sich an oder gelangen bis ins Grundwasser. Sie werden von Pflanzen und Tieren aufgenommen und gelangen vor allem über die Nahrungskette bis zum Menschen.

Wegen ihrer unterschiedlichen biochemischen Eigenschaften verursachen sie ein breites Spektrum verschiedenartiger Vergiftungssymptome. Arsen- und Cadmiumverbindungen gehören zu den wichtigsten Kanzerogenen.

Aufgrund größerer Unsicherheiten und Schwankungen bezüglich der Angaben zu den Emissionsmengen aus dem industriellen Bereich (Emissionserklärungen), werden hier keine Trends genannt.

### Arsen

- Emissionsmenge 2012: 435 kg
- Hauptemittent: Verkehr, Emissionserklärungspflichtige Anlagen
- weitere Emittenten: Kleinf Feuerungsanlagen

### Blei

- Emissionsmenge 2012: 935 kg
- Hauptemittent: Emissionserklärungspflichtige Anlagen
- weitere Emittenten: Verkehr, Kleinf Feuerungsanlagen

### Cadmium

- Emissionsmenge 2012: 339 kg
- Hauptemittent: Verkehr, Emissionserklärungspflichtige Anlagen
- weitere Emittenten: Kleinf Feuerungsanlagen

### Chrom

- Emissionsmenge 2012: 961 kg
- Hauptemittent: Emissionserklärungspflichtige Anlagen
- weitere Emittenten: Verkehr, Kleinf Feuerungsanlagen

### Kupfer

- Emissionsmenge 2012: 1.066 kg
- Hauptemittent: Emissionserklärungspflichtige Anlagen
- weitere Emittenten: Verkehr, Kleinf Feuerungsanlagen

### Nickel

- Emissionsmenge 2012: 2.486 kg
- Hauptemittent: Verkehr, Emissionserklärungspflichtige Anlagen
- weitere Emittenten: Kleinf Feuerungsanlagen

### Quecksilber

- Emissionsmenge 2012: 801 kg
- Hauptemittent: Emissionserklärungspflichtige Anlagen
- weitere Emittenten: Kleinf Feuerungsanlagen, Verkehr

### Zink

- Emissionsmenge 2012: 3.490 kg
- Hauptemittent: Kleinf Feuerungsanlagen
- weitere Emittenten: Emissionserklärungspflichtige Anlagen, Verkehr

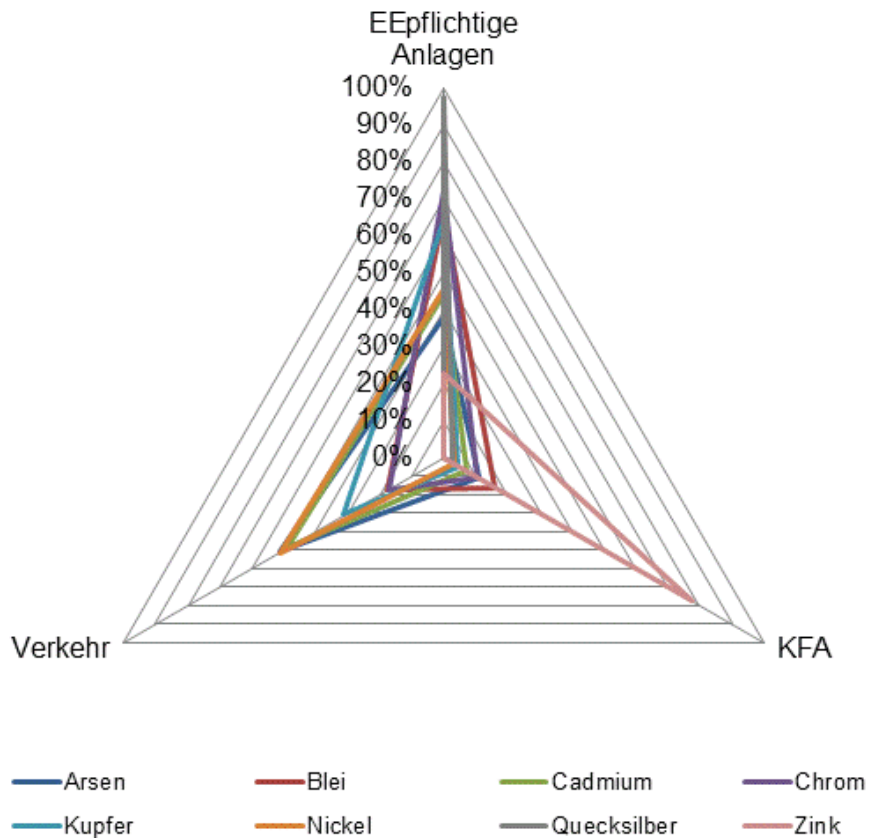


Abbildung 28: Quellen von Schwermetall-Emissionen und ihre Anteile an den Gesamtemissionen

## 3.4 Persistente organische Luftschadstoffe

Langlebige organische Schadstoffe (persistent organic pollutants - POP) sind Verbindungen, die für die Umwelt und die menschliche Gesundheit besonders schädlich sind. Sie sind relativ widerstandsfähig gegenüber chemischen, biologischen und photolytischen Abbauprozessen.

Der Eintrag von POP in die Umwelt ist ein irreversibler Vorgang. Mehr als 100 Jahre zurückliegende Emissionen sind heute noch als Belastung in Böden nachweisbar. Viele dieser POP können aufgrund ihrer physikalischen Eigenschaften über weite Strecken auf atmosphärischem Wege transportiert werden, entweder als Gase oder gebunden an feine und feinste Staubpartikel, und sich so global ausbreiten. Diese Substanzen sind zwar schwer flüchtig, aufgrund ihrer meist geringen Wasserlöslichkeiten zeigen sie dennoch eine gewisse Tendenz aus Wasseroberflächen oder feuchten Böden in die Atmosphäre überzutreten. Dies ist besonders bei hohen Temperaturen in den Sommermonaten möglich. Mit dem Niederschlag lagern sich die POP aus der Luft auf Wasser-, Boden- und Pflanzenoberflächen ab.

Außer dem atmosphärischen Eintrag gelangen POP häufig durch Abwässer und Oberflächenabschwemmungen direkt in Gewässer und reichern sich dort in Sedimenten an.

Auch in Lebewesen können sich viele POP stark anreichern. Dies geschieht aufgrund ihrer meist guten Fettlöslichkeit vorwiegend im Fettgewebe und fettreichen Organen. Trotz sehr geringer Gehalte in der Umwelt können POP in Lebewesen zu so hohen Konzentrationen kumulieren, dass schädliche Effekte eintreten oder wahrscheinlich sind.

Die in diesem Bericht behandelten POPs umfassen polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und Dioxine/Furane.

### Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe/Benzo-a-pyren (PAK/BaP)

- Emissionsmenge 2012: 92 t davon 1,7 t BaP
- Hauptemittent: Kleinf Feuerungsanlagen
- weitere Emittenten: Verkehr, Emissionserklärungspflichtige Anlagen
- Emissionsminderung  
in den letzten 10 Jahren: keine



Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) gehören zu den wichtigsten Kanzerogenen. Leitsubstanz ist das bisher am besten untersuchte Benzo-a-pyren (BaP), das als Maßstab für die Umweltbelastung durch die gesamte PAK-Gruppe angesehen wird.

PAK entstehen bei der unvollständigen Verbrennung von organischem Material wie Holz, Kohle oder Öl. Allgemein gilt: Je niedriger die Temperatur des Feuers und je weniger Sauerstoff zur Verfügung steht, desto unvollständiger verbrennen die Materialien und desto mehr PAK entstehen.

Bestehende Richtlinien sollen die aus Feuerungsanlagen und sonstigen Industrieanlagen stammenden PAK-Emissionen verringern. Die EU-Großfeuerungsanlagenrichtlinie 2001/80/EG (2001) setzt Grenzwerte für PAK, die bei Verbrennungen entstehen. Die deutsche „Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft“ (TA Luft) begrenzt die Emissionen an krebserregenden Stoffen wie Benzo[a]pyren.

Die Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen (1.BImSchV) gilt unter anderem für Öfen und Heizkessel in privaten Haushalten. Sie enthält zwar keine Grenzwerte für PAK, wohl aber für andere Schad-



stoffe, die bei einer unvollständigen Verbrennung entstehen. Durch die bessere Verbrennung werden auch die PAK-Emissionen verringert.

### Polychlorierte Dibenzo-p-dioxine und Dibenzofurane (PCDD, PCDF)

- Emissionsmenge 2012: 23 g
- Hauptemittent: Emissionserklärungspflichtige Anlagen
- weitere Emittenten: Kleinf Feuerungsanlagen, Verkehr
- Emissionsminderung  
in den letzten 10 Jahren: schwankend



Polychlorierte Dibenzo-p-dioxine und Dibenzofurane (PCDD/F) sind zwei Gruppen von chemisch ähnlich aufgebauten chlorierten organischen Verbindungen. Sie werden im allgemeinen Sprachgebrauch und teilweise auch in der Literatur als Dioxine zusammengefasst. Dioxine liegen immer als Gemische von Einzelverbindungen mit unterschiedlicher Zusammensetzung vor, welche die toxische Wirkung bestimmt.

PCDD/F entstehen als unerwünschte Nebenprodukte bei thermischen Prozessen im Temperaturbereich von 200 bis 800 °C. Außer mit Abgasen gelangen diese Stoffe auch als Verunreinigungen mit Produkten in die Umwelt.

Die Dioxinmissionen aus Verbrennungsanlagen werden in Deutschland seit 1990 streng geregelt. Der erste Anwendungsbereich waren Müllverbrennungsanlagen, mittlerweile gibt es auch einen Grenzwert für Krematorien, Großfeuerungsanlagen, Gasturbinenanlagen, Stahlwerke und sonstige Metallurgische Anlagen sowie Abgase von biologischen Abfallanlagen.

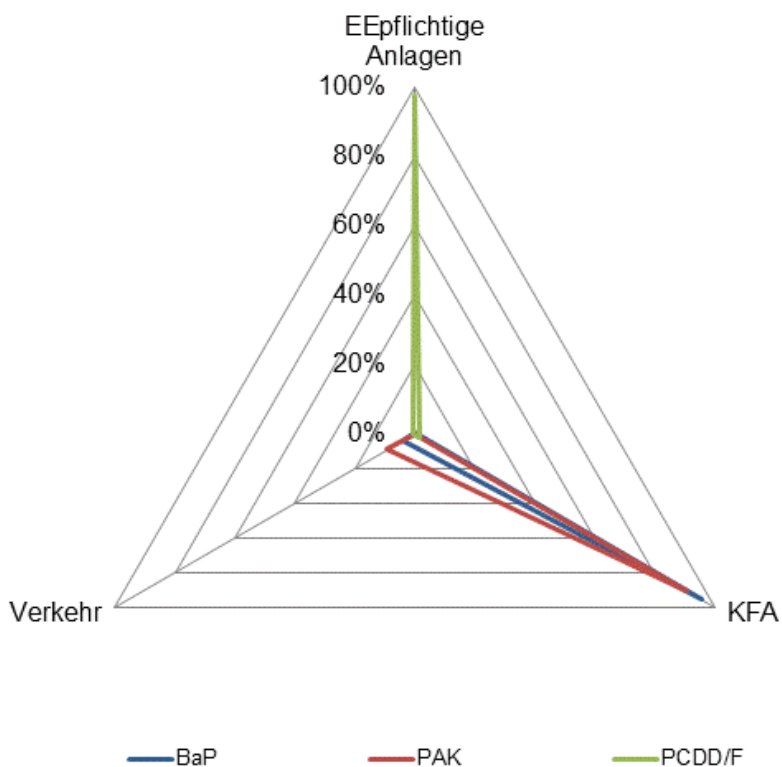


Abbildung 29: Quellen von POP-Emissionen und ihre Anteile an den Gesamtemissionen

Die EU hat Umweltqualitätsnormen festgelegt, mit denen das Vorkommen bestimmter chemischer Stoffe, die ein erhebliches Risiko für die Umwelt oder die menschliche Gesundheit darstellen, in den Oberflächengewässern begrenzt werden soll (Richtlinie 2008/105/EG). Die prioritären Stoffe sind in der Wasserrahmenrichtlinie (Richtlinie 2000/60/EG) genannt.

Mit Inkrafttreten der Richtlinie 2013/39/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. August 2013 zur Änderung der Richtlinien 2000/60/EG und 2008/105/EG in Bezug auf prioritäre Stoffe im Bereich der Wasserpolitik am 13. September 2013 wurde die erste Revision der Liste prioritärer Stoffe vorgenommen. Es erfolgte sowohl eine Erweiterung der Liste als auch Änderungen der Umweltqualitätsnormen für bestimmte Stoffe bzw. Stoffgruppen. Die geänderten Umweltqualitätsnormen für die bestehende Liste prioritärer Stoffe sind ab dem 22.12.2015, für die neuen Stoffe ab dem 22.12.2018 anzuwenden.

Bei Zugrundelegung der RL 2013/39/EU wurden in den 646 sächsischen Oberflächenwasserkörpern (OWK) folgende Überschreitungen ermittelt:

**Tabelle 5: Überschreitungen von Umweltqualitätsnormen in sächsischen Oberflächenwasserkörpern (OWK) [25]**

Stoff	Anzahl OWK mit Überschreitungen	Anteil
Anthracen	9	1,4 %
Fluoranthen	342	53 %
Benzo(a)pyren	428	66,3 %
Benzo(b)fluoranthen	164	25,4 %
Benzo(k)fluoranthen	105	16,3 %
Benzo(ghi)perylen	582	90,1 %

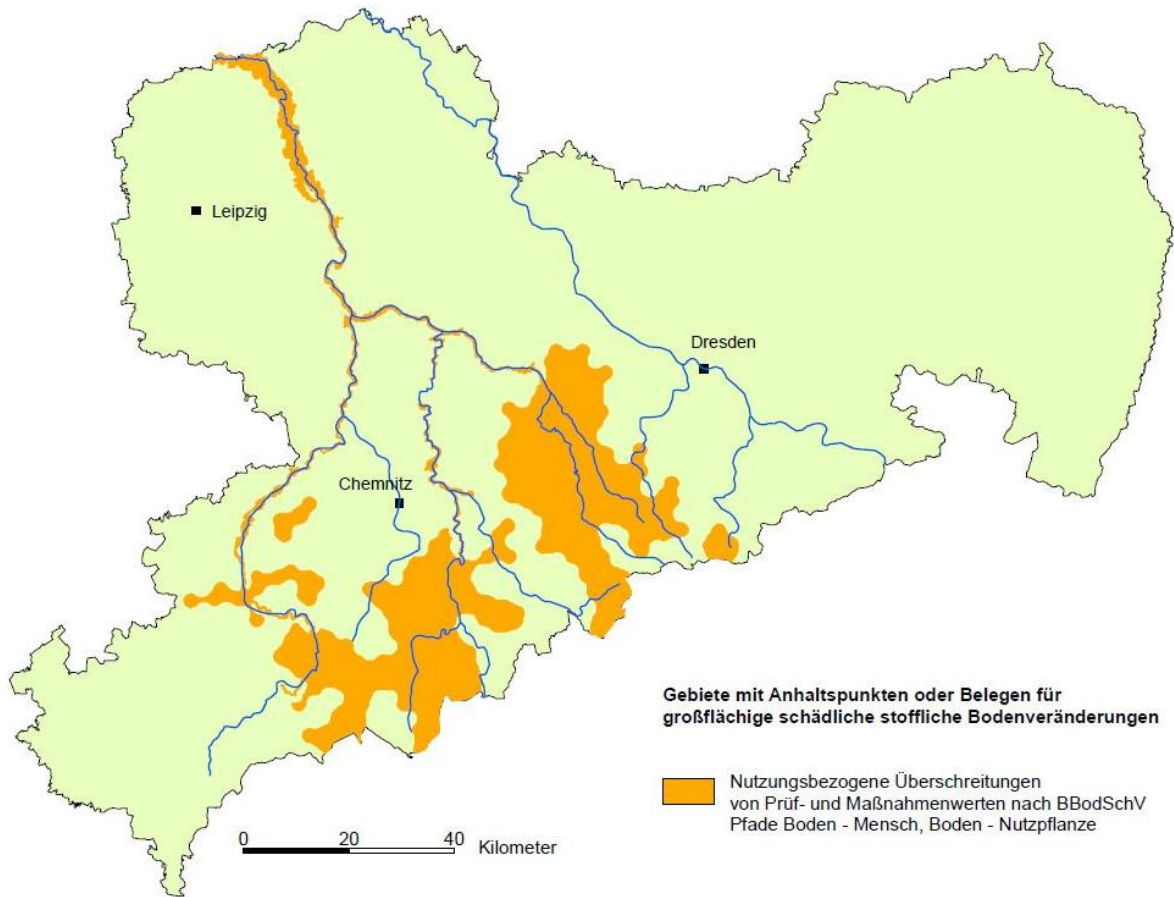
Untersuchungen in Gebieten mit bekannten bzw. vermuteten stofflichen Bodenbelastungen erfolgten/erfolgen durch Bodenmessnetze in Sachsen. Auf der Grundlage gesetzlicher Bestimmungen werden die Messungen bewertet und Auswertungskarten nach bodenschutzrelevanten Kriterien erstellt [26].

Ein Instrument im Rahmen des Bodenschutzvollzugs stellen digitale Bodenbelastungskarten (BBK) dar, die im Ergebnis eine flächenhafte Darstellung der Schadstoffgehalte liefern, an die sich auch planerische Auswertungen anschließen lassen, z. B. im Hinblick auf eine Abgrenzung von Flächen mit Vorsorgewertüberschreitung oder mit Verdacht auf schädliche Bodenveränderung.

Ausgangspunkt einer BBK bilden Daten zu Stoffgehalten in Böden. Dabei beschränken sich die Betrachtungen auf persistente Schadstoffe, von denen Beeinträchtigungen der Bodenfunktionen ausgehen können, z. B. Schwermetalle, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) oder Dioxine und Furane (PCDD/F).

Im Freistaat Sachsen werden gebietsweise – geogen bedingt sowie durch bergbauliche und industrielle Tätigkeit verursacht – erhöhte Gehalte von Arsen und Schwermetallen im Boden gefunden. Für einige dieser Gebiete bestehen aufgrund der im Boden gemessenen Schadstoffgehalte Anhaltspunkte für flächenhaft auftretende schädliche Veränderungen des Bodens im Sinne des Bundes-Bodenschutzgesetzes (Abbildung 30).

Anhaltspunkte für großflächige schädliche Bodenveränderungen durch Schadstoffe weisen vorwiegend Gebiete im Einflussbereich des ehemaligen Erzbergbaus einschließlich der zugehörigen Hüttenindustrie auf. Verbreitet werden die Schadstoffe (insbesondere Schwermetalle) durch das Verbringen von Bergematerial, Aufbereitungsrückständen oder Schlacken sowie auf dem Luft- bzw. Wasserpfad. Dementsprechend sind neben den Herkunftsgebieten selbst auch deren Umgebung und die Auensedimente von Wasserläufen mit Einzugsgebieten im Erzgebirge zu beachten.



**Abbildung 30: Gebiete mit Anhaltspunkten oder Belegen für großflächige schädliche stoffliche Bodenveränderungen in Sachsen (Stand 02/2014)**

([http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/42\\_SBV\\_Karte.JPG](http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/42_SBV_Karte.JPG))

# 4 Emittenten Sachsen

## 4.1 Emissionserklärungspflichtige Anlagen

Aus den Emissionserklärungen 2012 der dazu verpflichteten Betreiber genehmigungsbedürftiger Anlagen wurden folgende Emissionen entnommen. Nicht enthalten sind in dieser Übersicht die Emissionen aus GFA. Um Doppelerfassungen auszuschließen, wurden auch die Emissionen der Tierhaltungsanlagen abgezogen.

**Tabelle 6: Emissionen der Emissionserklärungspflichtigen Anlagen (ohne GFA) 2012 in Sachsen [16]**

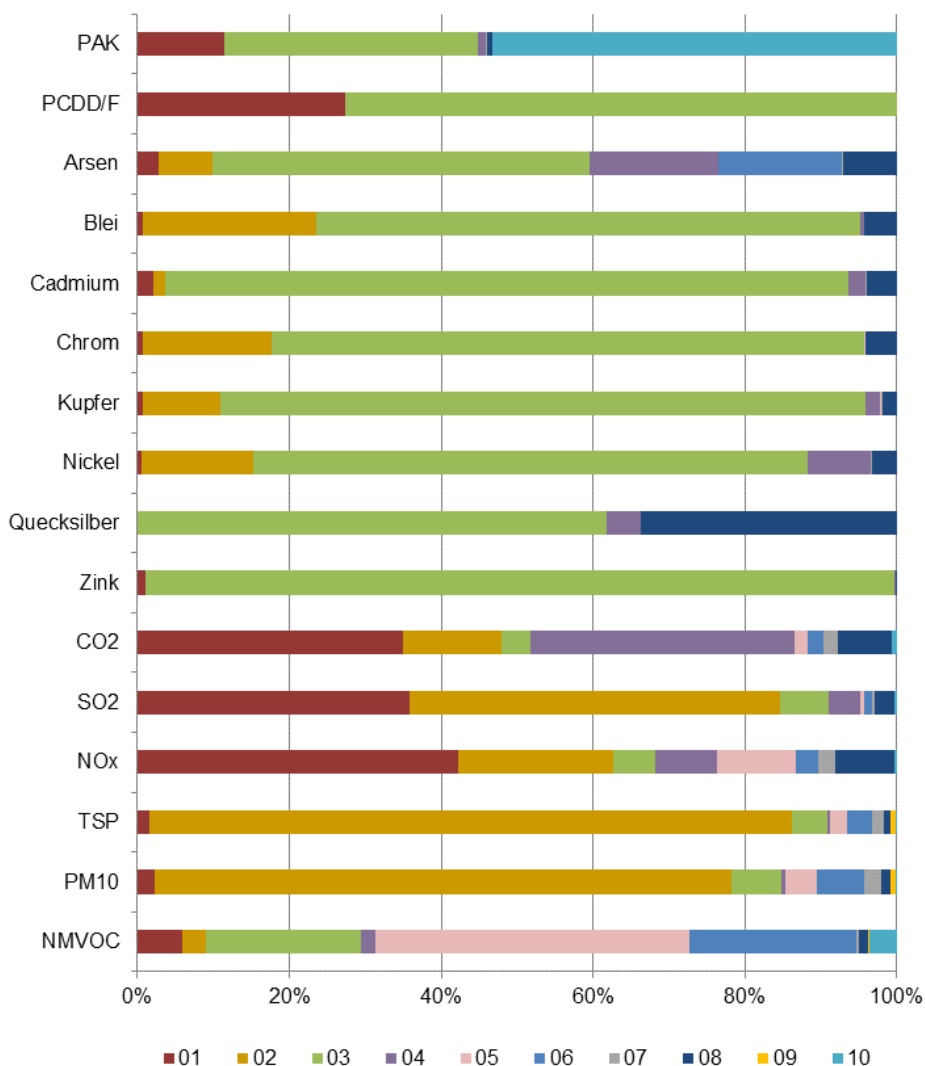
Schadstoff	Emission	Maßeinheit	Anteil an der Gesamtemission des jeweiligen Schadstoffes
<b>Treibhausgase:</b>			
CO <sub>2</sub>	4.063.881	t	8 %
N <sub>2</sub> O <sup>1)</sup>	27.826	t CO <sub>2</sub> eq	2 %
CH <sub>4</sub> <sup>1)</sup>	14.552	t CO <sub>2</sub> eq	1 %
<b>Klassische Luftschadstoffe:</b>			
NO <sub>x</sub> <sup>1)</sup>	8.729	t	13 %
PM10 <sup>1)</sup>	1.031	t	11 %
SO <sub>2</sub>	2.482	t	8 %
PM2.5 <sup>1)</sup>	291	t	7 %
NMVOC/C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	3.309/22	t	7 %/ 4 %
CO	4.447	t	3 %
NH <sub>3</sub>	419	t	2 %
<b>Persistente organische Verbindungen:</b>			
PAK/BaP	7/7	kg	< 1 %/ < 1 %
PCDD/F	22	g	98 %
<b>Schwermetalle:</b>			
Pb	617	kg	66 %
Cr	434	kg	45 %
Cu	455	kg	43 %
Zn	787	kg	23 %
Cd	75	kg	22 %
Ni	468	kg	19 %
As	29	kg	7 %
Hg	14	kg	2 %

1) ohne Tierhaltungsanlagen

Die genehmigungsbedürftigen Anlagen gehören nach dem Anhang zur 4. BImSchV zu folgenden Kategorien:

- Nr. 1 Wärmeezeugung, Bergbau, Energie (Nr. 1.1 Großfeuerungsanlagen)
- Nr. 2 Steine und Erden, Glas, Keramik, Baustoffe
- Nr. 3 Stahl, Eisen und sonstige Metalle einschließlich Verarbeitung
- Nr. 4 Chemische Erzeugnisse, Arzneimittel, Mineralölraffination und Weiterverarbeitung
- Nr. 5 Oberflächenbehandlung mit organischen Stoffen, Herstellung von bahnenförmigen Materialien aus Kunststoffen, sonstige Verarbeitung von Harzen und Kunststoffen
- Nr. 6 Holz, Zellstoff
- Nr. 7 Nahrungs-, Genuss- und Futtermittel, landwirtschaftliche Erzeugnisse (Nr. 7.1 Tierhaltungsanlagen)
- Nr. 8 Verwertung und Beseitigung von Abfällen und sonstigen Stoffen
- Nr. 9 Lagerung, Be- und Entladen von Stoffen und Zubereitungen
- Nr. 10 Sonstige

Die Abbildung 31 gibt einen Überblick über die Anteile dieser Anlagen an den erklärten Emissionen.



**Abbildung 31: Anteile der einzelnen Anlagenkategorien an den Emissionen 2012 der Emissionserklärungspflichtigen Anlagen (ohne GFA und Tierhaltungsanlagen) in Sachsen [16]**

Emissionserklärungspflichtige Anlagen (zur Metallverarbeitung) sind bedeutende Verursacher einiger Schwermetalle (z. B. Blei, Chrom und Kupfer).



## 4.2 Großfeuerungsanlagen (GFA)

GFA gehören zu den genehmigungsbedürftigen Anlagen mit Emissionserklärungspflicht. Wegen ihrer Bedeutung werden sie jedoch extra betrachtet.

GFA sind Hauptverursacher der SO<sub>2</sub>- und CO<sub>2</sub>-Emissionen sowie der einiger Schwermetalle. Des Weiteren sind sie für einen Großteil der NO<sub>x</sub>-Emissionen verantwortlich.

**Tabelle 7: Emissionen aus Großfeuerungsanlagen 2012 in Sachsen**

Schadstoff	Emission	Maßeinheit	Anteil an der Gesamtemission des jeweiligen Schadstoffes
<b>Treibhausgase:</b>			
CO <sub>2</sub>	29.497.453	t	61 %
N <sub>2</sub> O	178.192	t CO <sub>2</sub> eq	12 %
CH <sub>4</sub>	18.910	t CO <sub>2</sub> eq	1 %
<b>Klassische Luftschadstoffe:</b>			
SO <sub>2</sub>	24.421	t	79 %
NO <sub>x</sub>	20.478	t	31 %
PM2.5	538	t	13 %
PM10	842	t	9 %
CO	7.604	t	6 %
NMVOG	617	t	1 %
<b>Persistente organische Verbindungen:</b>			
PCDD/F	14	mg	<< 1 %
PAK/BaP	1/1	kg	<< 1 %/ < 1%
<b>Schwermetalle:</b>			
Hg	767	kg	96 %
As	137	kg	31 %
Ni	666	kg	27 %
Cr	261	kg	27 %
Cd	75	kg	22 %
Cu	229	kg	21 %
Pb	2	kg	< 1 %
Zn	62	g	<< 1 %

Die Entwicklung der Emissionen aus diesem Sektor ist sehr stark an wirtschaftliche und gesellschaftliche Faktoren gebunden. Grundsätzlichen Einfluss haben z. B. Energieverbrauch, Stromnachfrage/-export, Energieträger-Mix und Energieintensität.

Der Bestand an GFA (Anzahl, Feuerungswärmeleistung) ist in Sachsen seit 2004 etwa gleich geblieben. 2012 bestanden 27 GFA mit einer Feuerwärmeleistung von insgesamt 17.208 MW. Davon sind 11.551 MW den beiden Braunkohlekraftwerken Boxberg und Lippendorf zuzuordnen.

Die Kraftwerke Boxberg und Lippendorf nutzen einheimische Braunkohle als Primärenergieträger vorwiegend zur Stromerzeugung. Der durchschnittliche Wirkungsgrad des gesamten Kraftwerksparks beträgt 40 %. Das ist weltweit ein Spitzenwert. Im Herbst 2012 ist ein neuer Braunkohle-Kraftwerksblock mit einem Wirkungsgrad von knapp 44 % am Standort Boxberg in Dauerbetrieb gegangen. Die Fernwärmeauskopplung erhöht den Ausnutzungsgrad des Energieträgers Rohbraunkohle nochmals.

Sachsen verfügt über eine im bundesweiten Vergleich große Kapazität an gekoppelter Strom- und Wärmeerzeugung (KWK). Vorteil der KWK ist der verringerte Brennstoffbedarf für die gleichzeitige Strom- und Wärmebereitstellung, wodurch die Schadstoffemissionen reduziert werden.

Der Anteil des KWK-Stromes am Bruttostromverbrauch betrug 2010 rund 24 %. Zum Vergleich: im gesamtdeutschen Durchschnitt lag dieser Wert bei 14 %. [23]

Voraussetzung für den weiteren effizienten Ausbau der KWK ist das Vorhandensein von entsprechenden Wärmesenken. Der Versorgungsgrad mit Fernwärme ist in Sachsen bereits hoch. Zusätzliche Ausbaumöglichkeiten sind auch auf Grund des insgesamt zurück gehenden Wärmebedarfs für Gebäude und Haushalte nur geringfügig vorhanden. Das wesentliche Potenzial für neue KWK-Anlagen liegt von daher bei industriellen und gewerblichen Anwendungen sowie im öffentlichen Dienstleistungsbereich. Die Nutzung von Biomasse kann dabei eine zunehmende Rolle spielen. [23]

Der langfristige Erhalt der Kraftwerksstandorte in Sachsen zur Verstromung der heimischen Braunkohle wird neben der sicheren und wirtschaftlichen Stromversorgung auch aus Gründen der regionalen Wertschöpfung angestrebt.

Allerdings waren die beiden Braunkohle-Kraftwerke zusammen für 89 % aller CO<sub>2</sub>-Emissionen aus GFA und für 54 % der gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Sachsen verantwortlich.

Die mit dem vorsorgenden Klimaschutz einhergehenden aktuellen Ziele erfordern eine deutliche Reduzierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen. Im Rahmen der Nutzung von Braunkohle sind unterschiedliche technologische Ansätze verfügbar. Neben innovativen Kraftwerkstechnologien ist dies z. B. eine weitere Verbesserung der Effizienz des konventionellen Braunkohle-Kraftwerksprozesses. Mittelfristig ist eine Erhöhung des Prozess-Wirkungsgrades auf rund 50 % möglich. [23]

Darüber hinaus muss der Anteil von Erneuerbaren Energien am Energiemix kontinuierlich erhöht werden.

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die in den letzten Jahren gestiegenen Braunkohle-Fördermengen, die Bedeutung der Braunkohle als Primärenergieträger und insbesondere ihren hohen Anteil bei der Stromerzeugung in Sachsen.

Der gesamte Energieträgereinsatz in sächsischen Kraftwerken der Energieversorgungsunternehmen bestand 2012 zu 87 % aus Braunkohle. [27] Im übrigen Deutschland kommt Braunkohle zur Stromerzeugung nur noch in Nordrhein-Westfalen, Sachsen-Anhalt, Brandenburg und zum geringen Anteil in Berlin zum Einsatz.

Der gesamte Primärenergieverbrauch zur Strom- und Wärmeerzeugung betrug 2012 in Sachsen 612,5 PJ (ohne Berücksichtigung des Stromaustauschsaldos). Der Anteil erneuerbarer Energien daran lag bei nur 7 %, der Anteil von Braunkohle bei 42 %. [27]

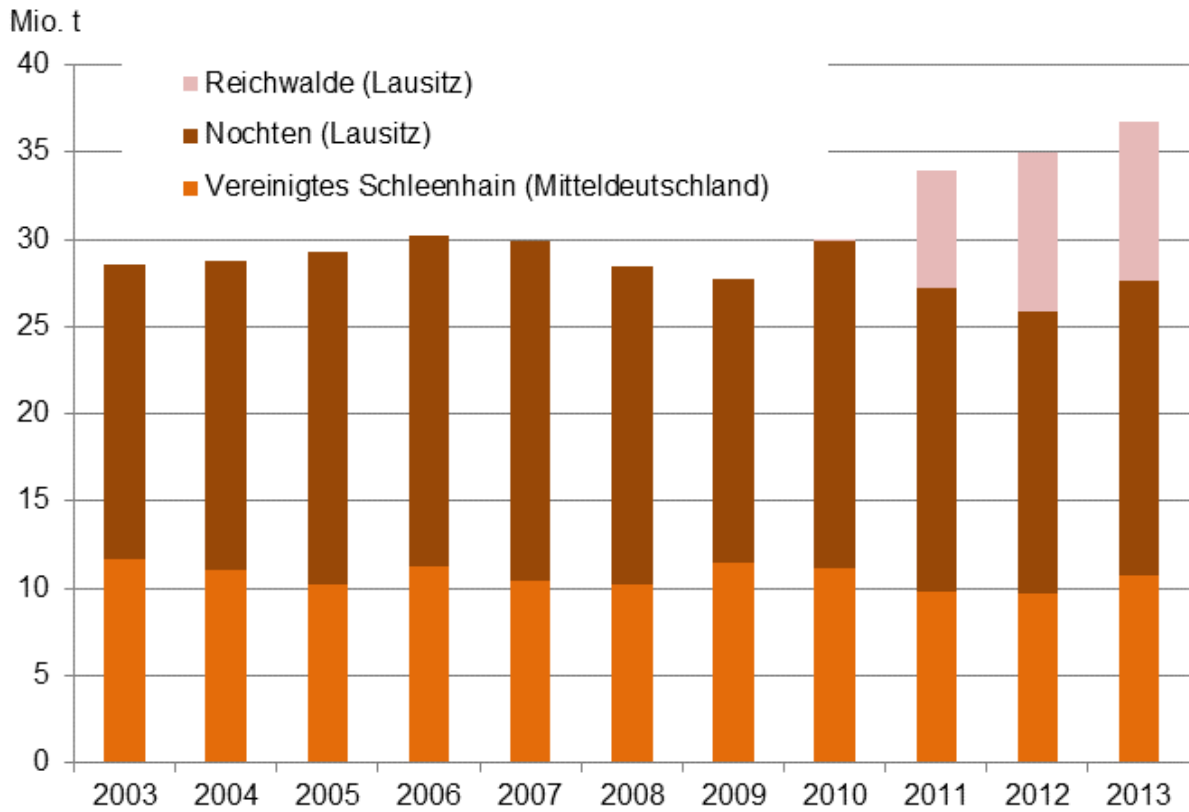


Abbildung 32: Entwicklung der Braunkohle-Fördermengen in Sachsen [27]

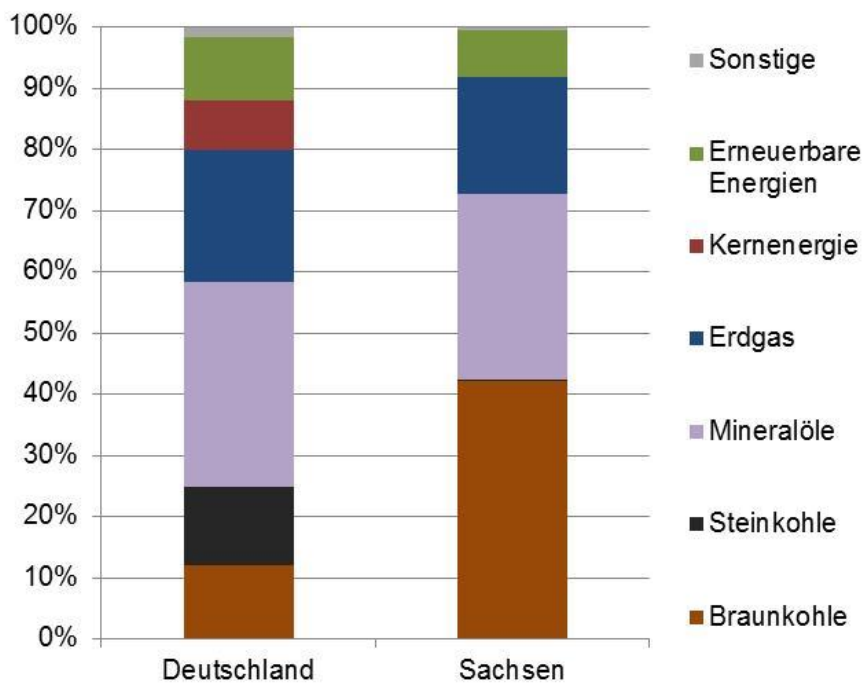
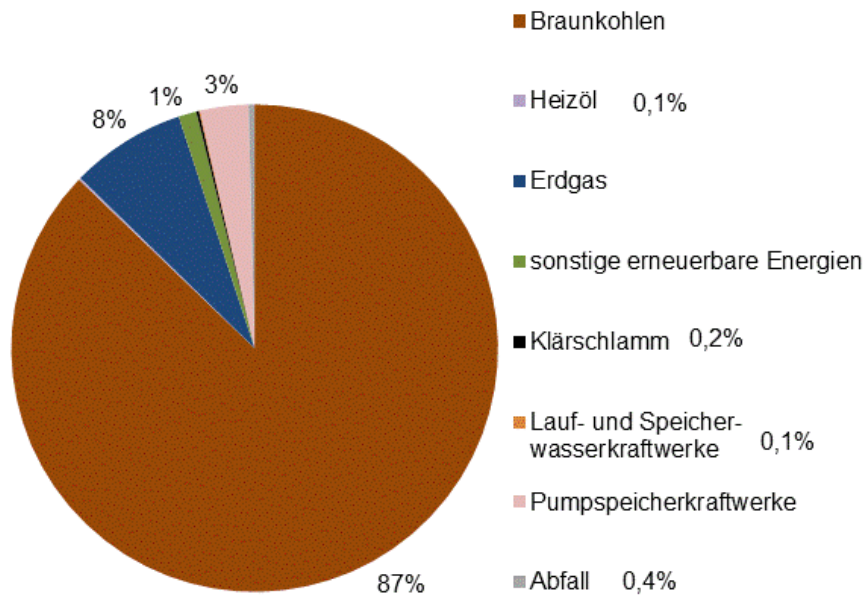
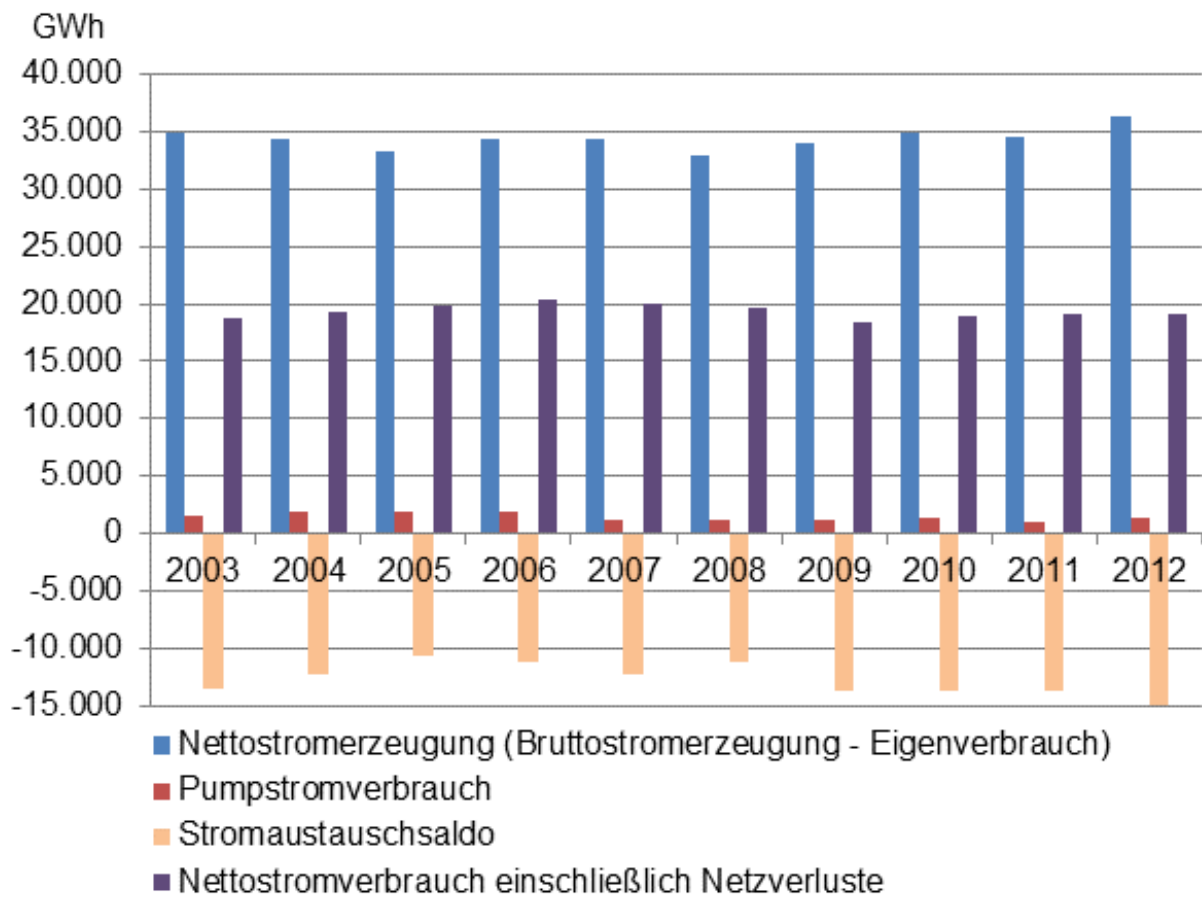


Abbildung 33: Primärenergieverbrauch 2012 nach Energieträgern in Deutschland und Sachsen [27]



**Abbildung 34: Anteile der Primärenergieträger zur Stromerzeugung in Kraftwerken der Energieversorgungsunternehmen 2012 [27]**

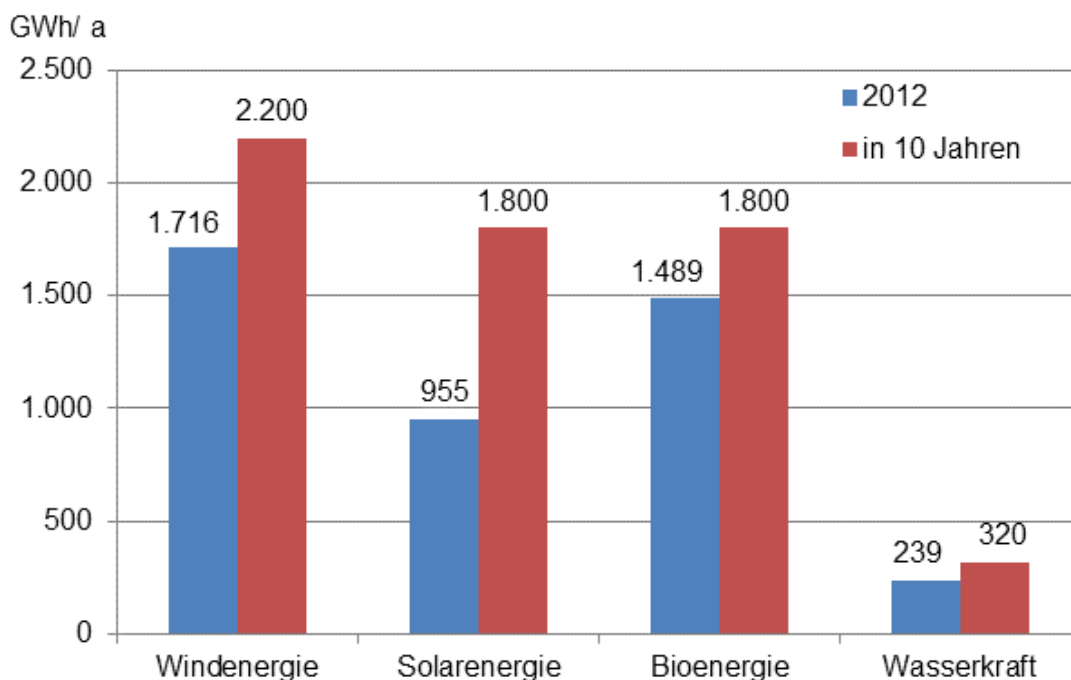
Sachsen ist Stromexporteur (Abbildung 35). Der Stromaustauschsaldo ist die Differenz zwischen Strom-Import und -export. Für Sachsen ist er negativ (2012: -15.031), das heißt, es wird mehr Strom aus- als eingeführt.



**Abbildung 35: Entwicklung der Stromerzeugung in Sachsen [27]**

Erneuerbare Energien stehen – wie die Braunkohle – als heimische Energieträger zur Verfügung. Die Potenziale zur Nutzung erneuerbarer Energien sind in besonderem Maße von geologischen, topografischen, landschaftskulturellen und landesplanerischen bzw. raumordnerischen Gesichtspunkten bestimmt. Ausbaumöglichkeiten in Sachsen ergeben sich danach im Bereich der Stromerzeugung vor allem für die Nutzung der Solarenergie, der Bioenergie und der Windenergie. [23]

In Abbildung 36 sind für die einzelnen erneuerbaren Energieträger der gegenwärtige Stand der Stromerzeugung und die Potenziale, die für die nächsten zehn Jahre als realistisch angesehen werden, zusammengestellt.

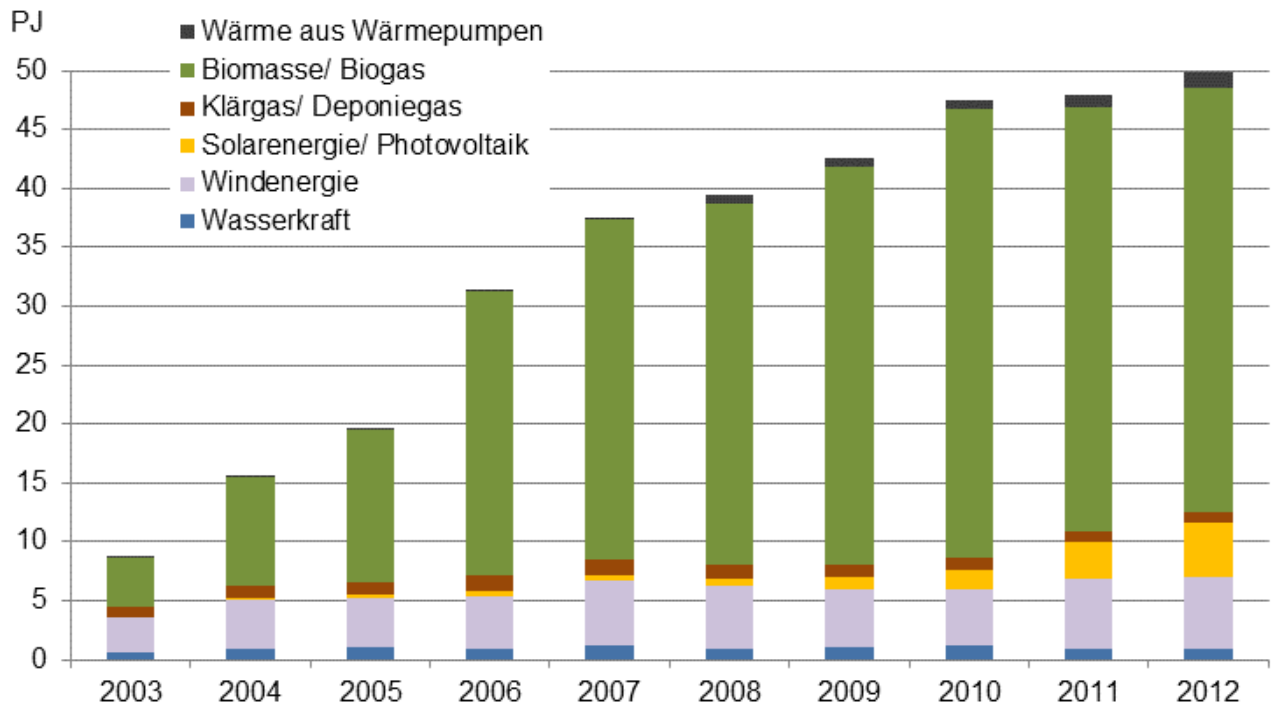


**Abbildung 36: Nutzung erneuerbarer Energieträger zur Stromerzeugung – 2012 und Potenziale [23]**

Im Bereich der Wärmeerzeugung ist der Anteil erneuerbarer Energien derzeit noch deutlich geringer als bei der Stromerzeugung. Die weitere Erschließung des vorhandenen Potenzials hat eine hohe Priorität, insbesondere auch, weil systemeigene Anforderungen und Restriktionen wie im Bereich der Stromerzeugung nicht vorhanden sind. [16]

Abbildung 37 zeigt die Entwicklung des Primärenergieverbrauches bei den erneuerbaren Energieträgern.





**Abbildung 37: Entwicklung des Primärenergieverbrauches bei den erneuerbaren Energieträgern in Sachsen [27]**

Der Endenergieverbrauch lag 2012 in Sachsen bei 351,3 PJ (davon 103,7 PJ Primär- und 247,5 PJ Sekundärenergieträger). Er unterliegt jährlichen Schwankungen, hat sich aber trotz des gestiegenen Bruttoinlandproduktes (BIP) seit 1992 nicht wesentlich verändert. Infolgedessen hat sich auch der Primärenergieverbrauch zur Bereitstellung der nachgefragten Energie kaum verändert.

Im Jahr 1990 lag der Endenergieverbrauch in Sachsen noch bei 544,1 PJ. [27]

Der Endenergieverbrauch stellt den Verbrauch des industriellen Sektors (Gewinnung von Steinen und Erden, sonstiger Bergbau und Verarbeitendes Gewerbe), des Verkehrs, der Haushalte und Kleinverbraucher (GHD = Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher) dar.

Die Reduktion des Energieverbrauchs von 1990 bis 1992 ist vorrangig den Sektoren Industrie und GHD zuzuordnen. Der Verkehr ist der einzige Sektor, bei dem der Energieverbrauch deutlich gestiegen ist.

Abbildung 38 zeigt die Anteile der Primär- und Sekundärenergieträger am Endenergieverbrauch 2012 in Sachsen im Vergleich zu Deutschland und Abbildung 39 die Anteile der vier genannten Sektoren.

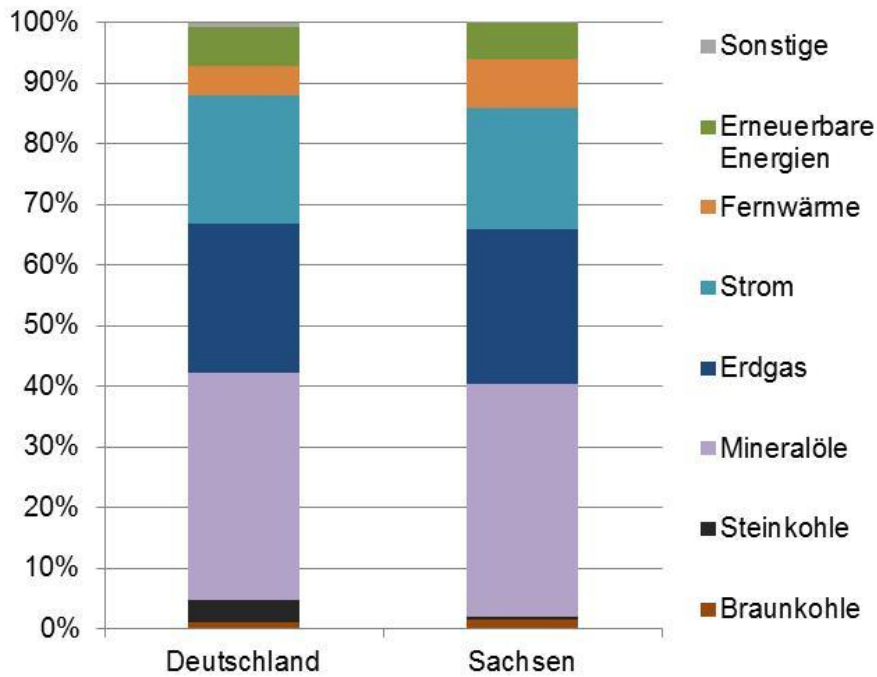


Abbildung 38: Endenergieverbrauch in Sachsen und Deutschland 2012 nach Energieträgern [27]

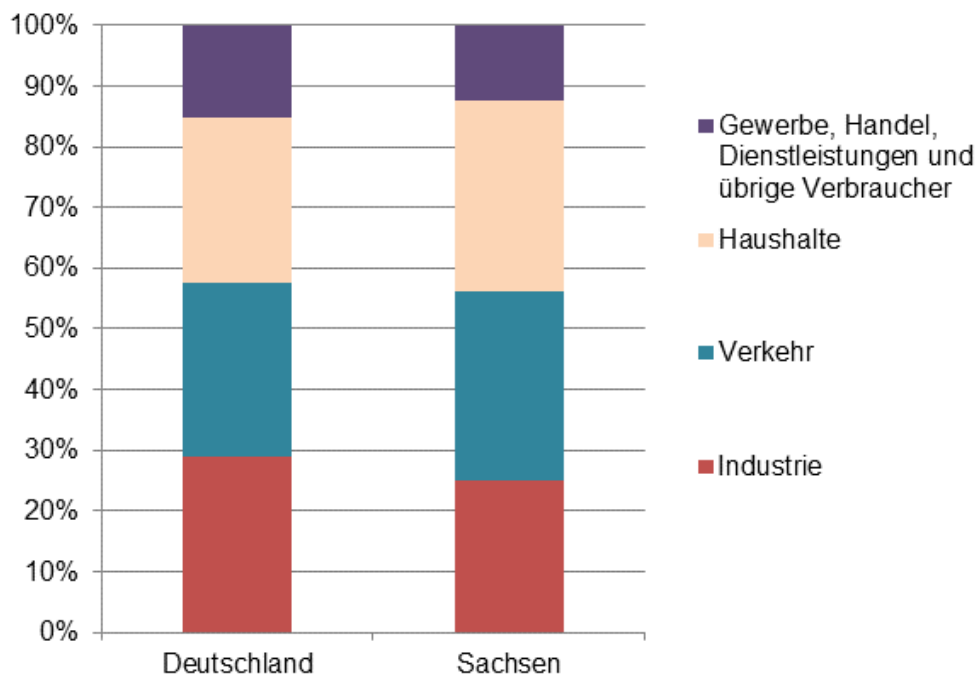


Abbildung 39: Endenergieverbrauch in Sachsen und Deutschland 2012 nach Sektoren [27]

## 4.3 Kleinfeuerungsanlagen (KFA)

KFA bedürfen keiner Genehmigung nach BImSchG. Für die Begrenzung der Emissionen aus KFA gilt in Deutschland die 1. Bundes-Immissionsschutzverordnung (1. BImSchV). Sie gibt u. a. vor, welche Grenzwerte Feuerungsanlagen der Haushalte und Kleinverbraucher einhalten müssen und welche Brennstoffe in solchen Anlagen zulässig sind.

KFA sind Hauptverursacher der POP- und CO-Emissionen. Große Bedeutung haben sie auch als Emittenten von Feinstaub, insbesondere wegen der zunehmenden Anzahl von Holzfeuerungsanlagen.

**Tabelle 8: Emissionen aus Kleinfeuerungsanlagen 2012 in Sachsen**

Schadstoff	Emission	Maßeinheit	Anteil an der Gesamtemission des jeweiligen Schadstoffes
<b>Treibhausgase:</b>			
CO <sub>2</sub>	5.022.310	t	10 %
CH <sub>4</sub>	53.926	t CO <sub>2</sub> eq	2 %
N <sub>2</sub> O	14.325	t CO <sub>2</sub> eq	1 %
<b>Klassische Luftschadstoffe:</b>			
CO	68.848	t	54 %
PM2.5	1.218	t	30 %
PM10	1.345	t	15 %
NMVOC/C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	6.269/105	t	14 %/18 %
SO <sub>2</sub>	3.777	t	12 %
NO <sub>x</sub>	4.206	t	4 %
<b>Persistente organische Verbindungen:</b>			
PAK/BaP	84/1,7	t	91 %/96 %
PCDD/F	416	mg	2 %
<b>Schwermetalle:</b>			
Zn	2.703	kg	77 %
Pb	151	kg	16 %
As	48	kg	11 %
Cr	100	kg	10 %
Cd	23	kg	7 %
Cu	50	kg	5 %
Ni	78	kg	3 %
Hg	20	kg	2 %

Bei den KFA findet eine Überwachung zum Schutz der Umwelt u. a. durch das Schornsteinfegerhandwerk statt.

Es erfolgen jährlich Erhebungen zu Mängeln an Feuerungs- und Lüftungsanlagen, CO-Messungen an Gasfeuerstätten, Messungen nach der 1. BImSchV an Öl- und Gasfeuerungsanlagen sowie auch Emissionsmessungen an Feuerungsanlagen für feste Brennstoffe. Die Ergebnisse werden den jeweiligen für den Immissionsschutz zuständigen obersten Landesbehörden sowie dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit vorgelegt.

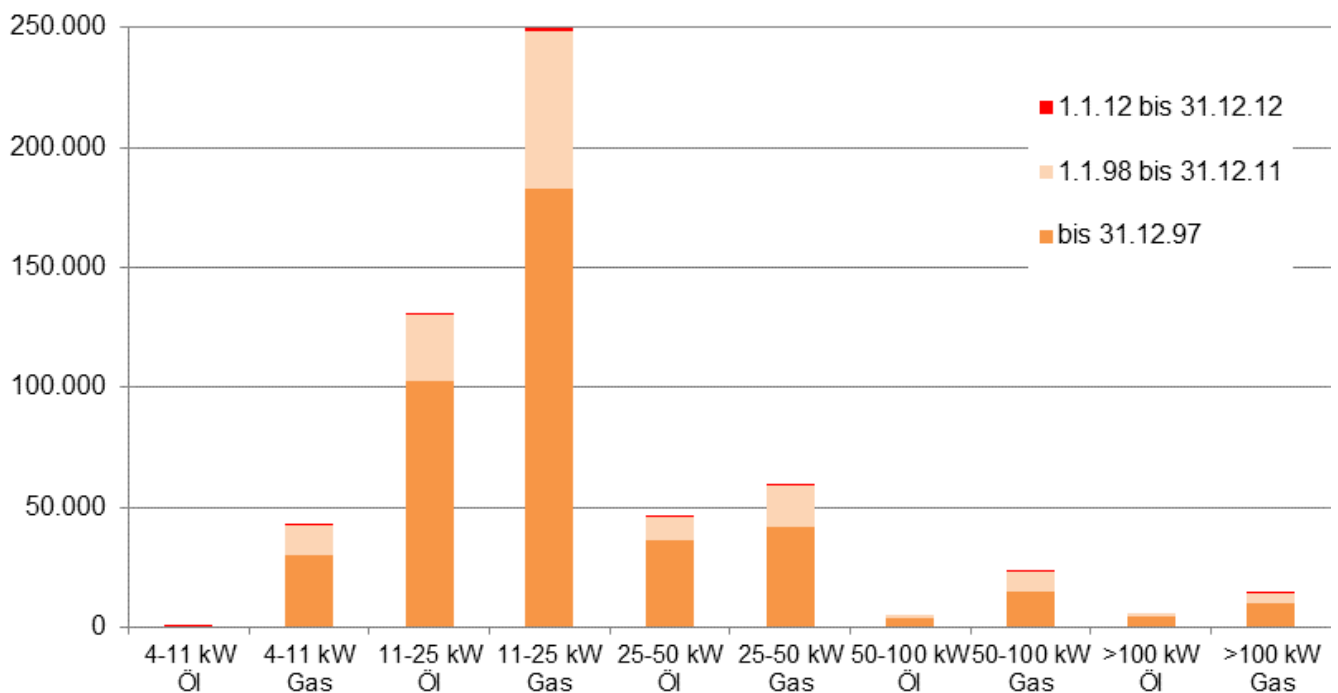
In Sachsen gab es 2012 188.700 messpflichtige Öl- und 389.200 messpflichtige Gasfeuerungsanlagen. [28] Die Abbildung 40 und die Abbildung 41 zeigen die Verteilung der Anlagen nach Errichtungszeiträumen und Nennwärmeleistungsbereichen.

Die Festlegung der Errichtungszeiträume und Nennwärmeleistungsbereiche haben sich aus den jeweils unterschiedlichen Anforderungen hinsichtlich der einzuhaltenden Abgasverluste ergeben.

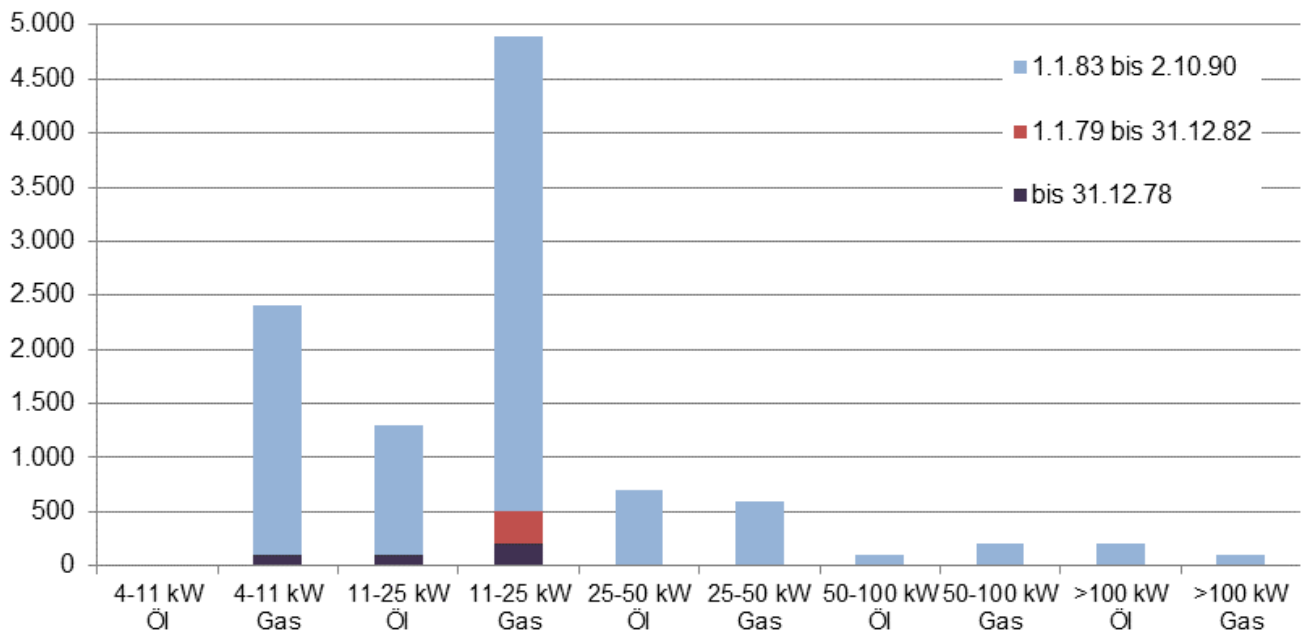
Von den Ölfeuerungsanlagen, bei denen 2012 Messungen erfolgten, wurde bei 1,2 % die zulässige Rußzahl überschritten, 0,1 % enthielten Ölderivate, bei 0,5 % wurde ein zu hoher CO-Gehalt festgestellt und 1,7 % hielten die Abgasverlustgrenzwerte nicht ein.

Von den auf Einhaltung der Abgasverlustgrenzwerte überprüften Gasfeuerungsanlagen hielten 1,8 % die Anforderungen der 1. BImSchV nicht ein. [28]

Darüber hinaus wurden 2012 in Sachsen fast 1.556 Feuerungsanlagen für feste Brennstoffe nach der 1. BImSchV überwacht. Die Messungen ergaben, dass 74 % der Anlagen die Vorschriften der 1. BImSchV eingehalten haben. [28]

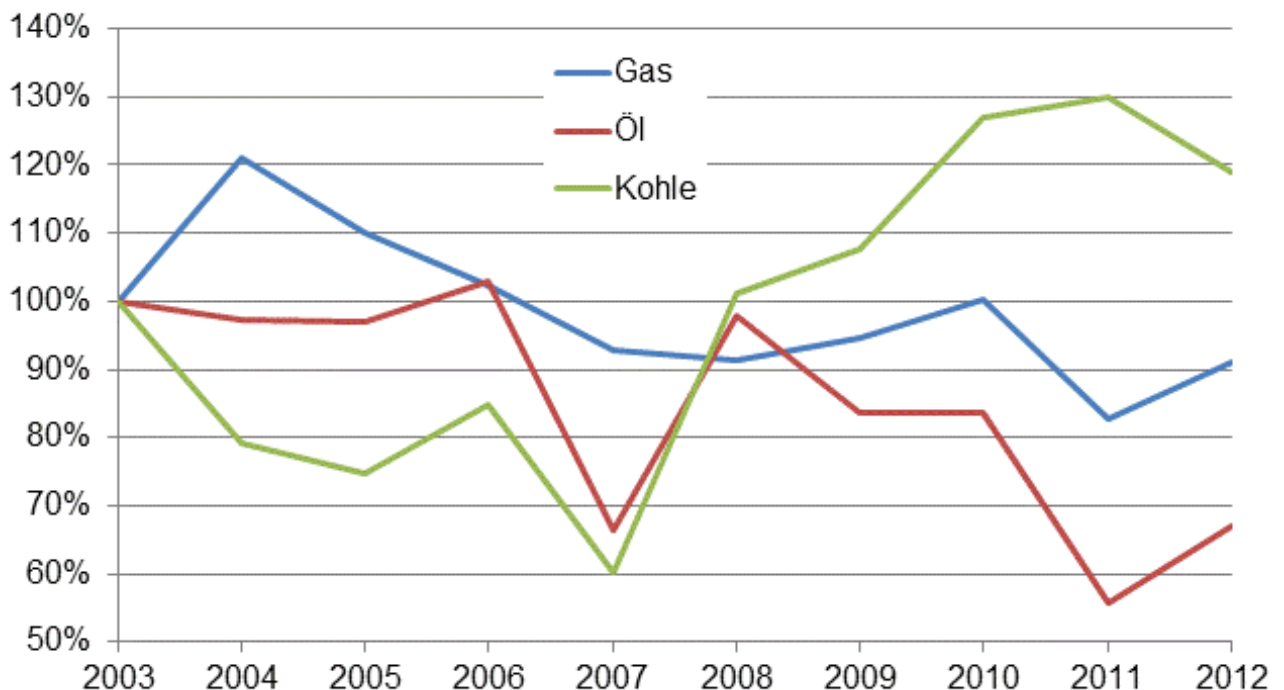


**Abbildung 40: Anzahl der messpflichtigen Ölfeuerungsanlagen nach 1. BImSchV in Sachsen 2012 nach Errichtungszeiträumen und Nennwärmeleistungsbereichen [28]**



**Abbildung 41: Anzahl der messpflichtigen Ölfeuerungsanlagen nach 1. BImSchV in Sachsen 2012 nach Errichtungszeiträumen bis zum 02.10.1990 und Nennwärmeleistungsbereichen [28]**

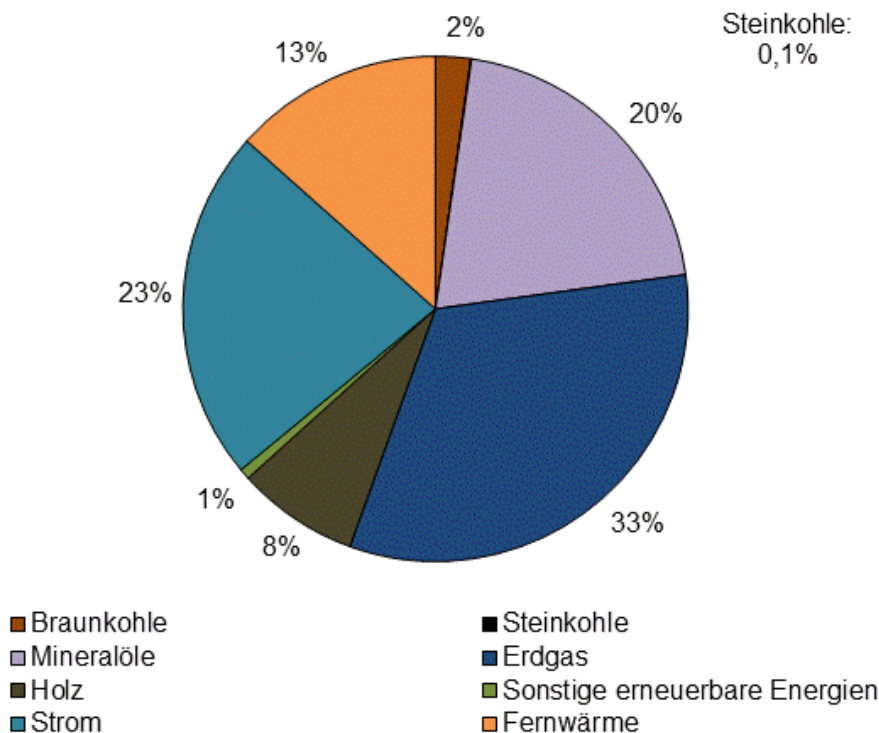
2012 wurden in Sachsen in KFA ca. 55.700 t Gas, 20.600 t Öl und 4.200 t Kohle als Energieträger eingesetzt. [27] Abbildung 42 zeigt die Entwicklung des Verbrauchs dieser drei Energieträger durch Haushalte und Kleinverbraucher (GHD) in Sachsen.



**Abbildung 42: Entwicklung des Verbrauchs fossiler Energieträger durch Haushalte und Kleinverbraucher in Sachsen [27]**



Der Energieträgereinsatz in KFA in Sachsen setzte sich 2012 wie folgt zusammen.



**Abbildung 43: Energieträgereinsatz in den Sektoren Haushalte und Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher 2012 in Sachsen [27]**

Neben Strom und Fernwärme (zusammen 36 %) wurden in Sachsen vor allem Erdgas (33 %) und Mineralöl (20 %) eingesetzt. Doch auch den Kohle-Ofen gibt es noch.

Der Einsatz von Holz wird hier wahrscheinlich unterschätzt. Die zunehmende Anzahl von Holzfeuerungen, insbesondere auch die vielen „Wohlfühl-Kamine“ tragen zu erhöhten Schadstoffbelastungen (insbesondere Feinstaub und PAK) in der Luft bei.

Eine derzeit im LfULG laufende Befragung der Schornsteinfeger soll die Datenlage für die KFA in Sachsen verbessern.

## 4.4 Landwirtschaft

Die Landwirtschaft ist Hauptverursacher der  $N_2O$ -,  $NH_3$ - und  $CH_4$ -Emissionen. Die Emissionen aus der Landwirtschaft entstehen durch die tierische Verdauung, die Lagerung und Ausbringung von Dünger sowie die Bodennutzung.

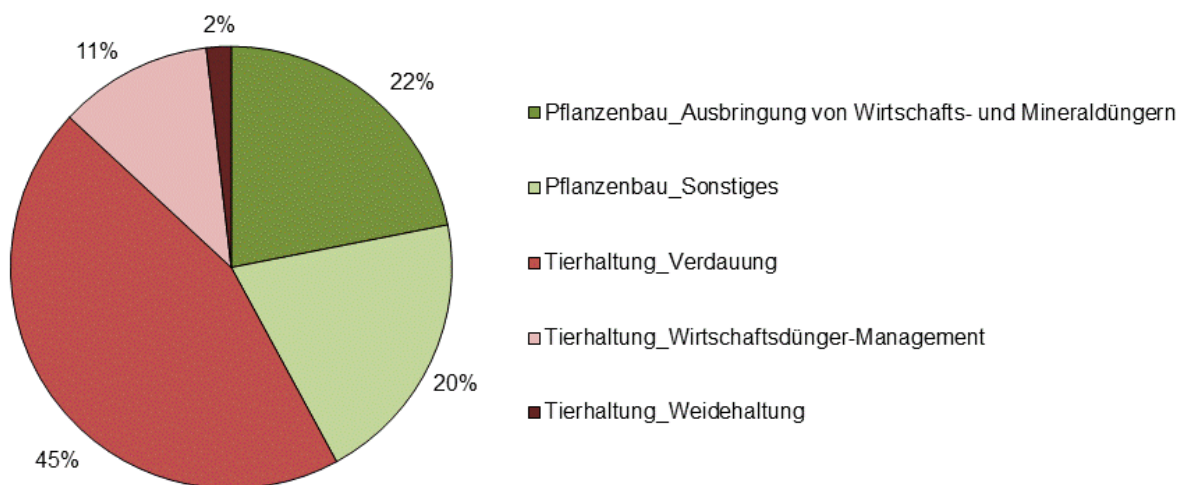
Die folgenden Emissionsdaten sind der Berichterstattung des Johann Heinrich von Thünen-Institutes (TI) entnommen. [21]

**Tabelle 9: Emissionen aus der Landwirtschaft 2012 in Sachsen**

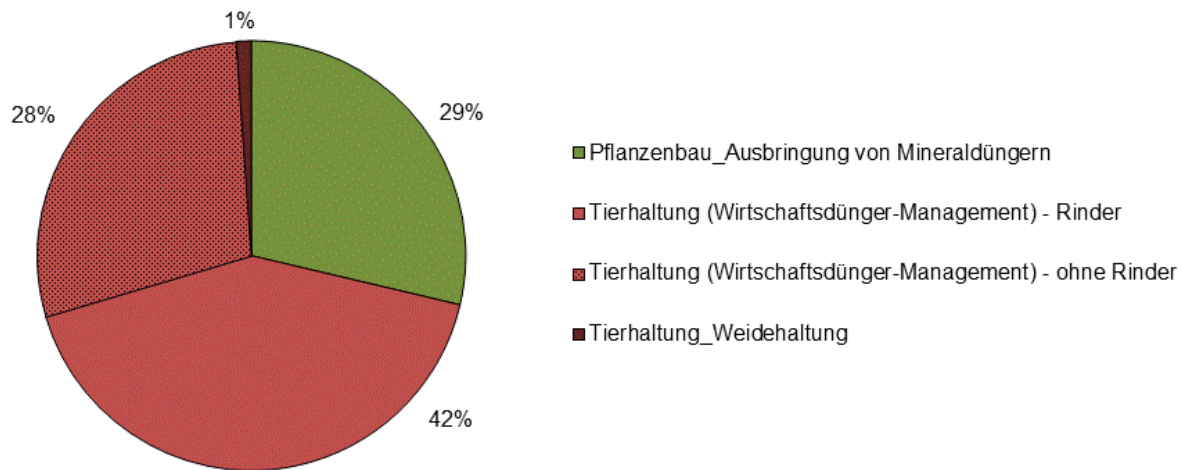
Schadstoff	Emission	Maßeinheit	Anteil an der Gesamtemission des jeweiligen Schadstoffes
<b>Treibhausgase:</b>			
N <sub>2</sub> O	1.103.994	t CO <sub>2</sub> eq	76 %
CH <sub>4</sub>	1.195.020	t CO <sub>2</sub> eq	46 %
CO <sub>2</sub>	32.943	t	<< 1 %
<b>Klassische Luftschadstoffe:</b>			
NH <sub>3</sub>	22.569	t	94 %
PM10	2.411	t	27 %
NMVOG	8.609	t	19 %
PM2.5	355	t	9 %
NO <sub>x</sub>	4.364	t	7 %

Die Abbildung 44 und die Abbildung 45 zeigen die Anteile von Pflanzenbau und Tierhaltung an den landwirtschaftlich verursachten THG- und NH<sub>3</sub>-Emissionen 2012 in Sachsen. Die Tierhaltung ist für 58 % der landwirtschaftlichen THG-Emissionen und 71 % der NH<sub>3</sub>-Emissionen verantwortlich.

Bei den THG-Emissionen aus der Tierhaltung handelt es sich zum überwiegenden Teil um CH<sub>4</sub>. Durch den Pflanzenbau wird vorwiegend N<sub>2</sub>O freigesetzt.

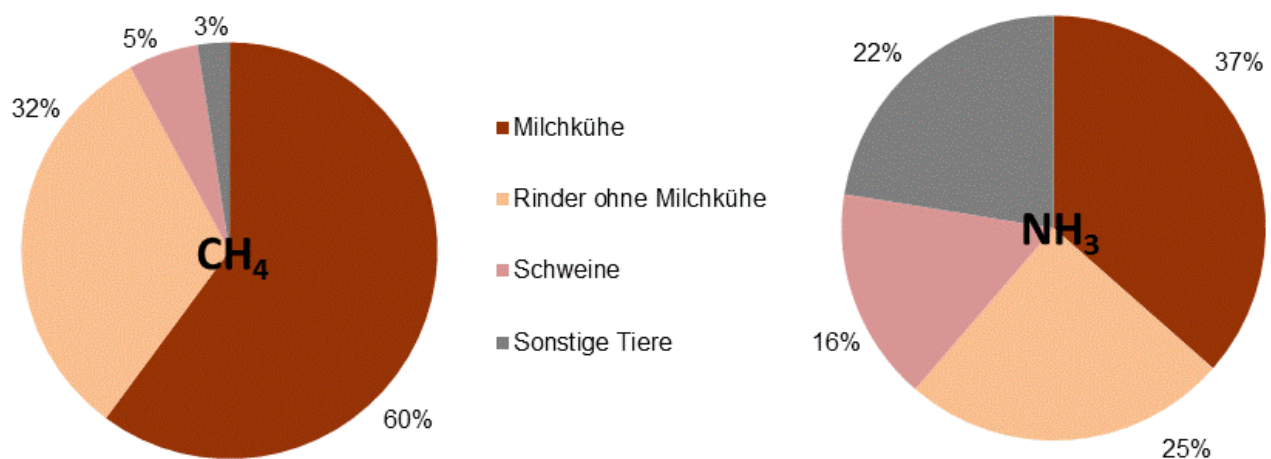


**Abbildung 44: Anteile von Pflanzenbau und Tierhaltung an den THG-Emissionen 2012 aus der Landwirtschaft in Sachsen [21]**



**Abbildung 45: Anteile von Pflanzenbau und Tierhaltung an den NH<sub>3</sub>-Emissionen 2012 aus der Landwirtschaft in Sachsen [21]**

Abbildung 46 zeigt noch einmal für CH<sub>4</sub> bzw. NH<sub>3</sub> die große Bedeutung der Emissionen aus der Rinderhaltung in Sachsen.



**Abbildung 46: Anteile der Tierarten an den CH<sub>4</sub>- und NH<sub>3</sub>-Emissionen 2012 aus der Landwirtschaft in Sachsen [21]**

Sachsen trägt nur mit jeweils ca. 4 % zu den deutschlandweiten NH<sub>3</sub>-, CH<sub>4</sub>- und auch N<sub>2</sub>O-Emissionen aus der Landwirtschaft bei (Vgl.: NI: 25 %, BY: 18 %, NW: 13 % bei NH<sub>3</sub>; NI: 22 %, BY: 26 %, NW: 12 % bei CH<sub>4</sub> und NI: 22 %, BY: 19 %, NW: 12 % bei N<sub>2</sub>O).

Sowohl die landwirtschaftlich genutzten Flächen als auch die Tierzahlen liegen in Sachsen unter dem Bundesdurchschnitt (siehe dazu die nachfolgenden Abbildungen).

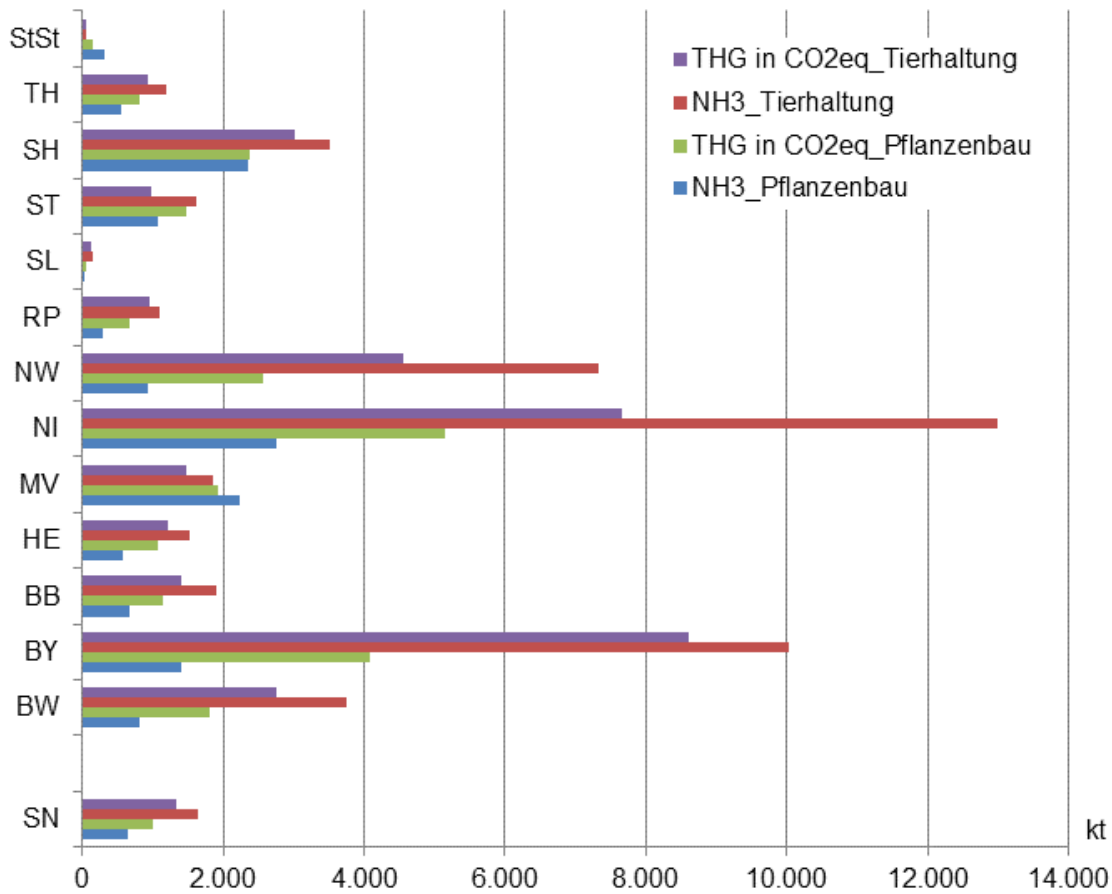


Abbildung 47: THG- und NH<sub>3</sub>-Emissionen 2012 aus der Landwirtschaft in Deutschland nach Bundesländern [21]

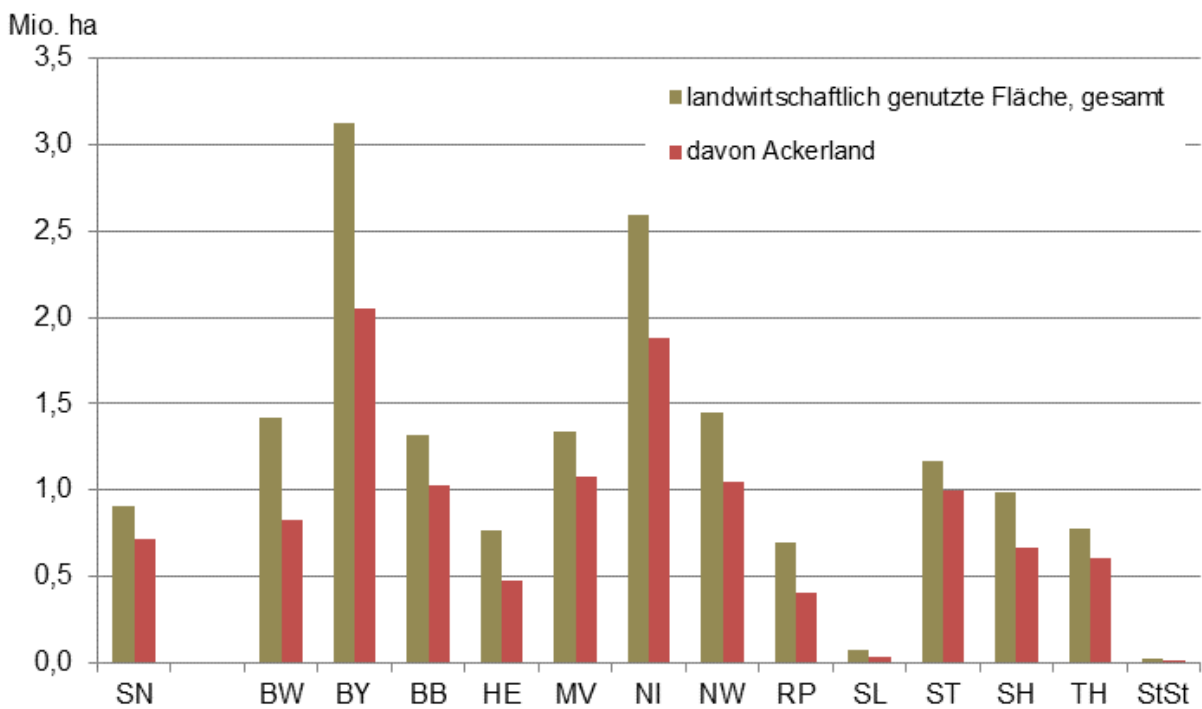
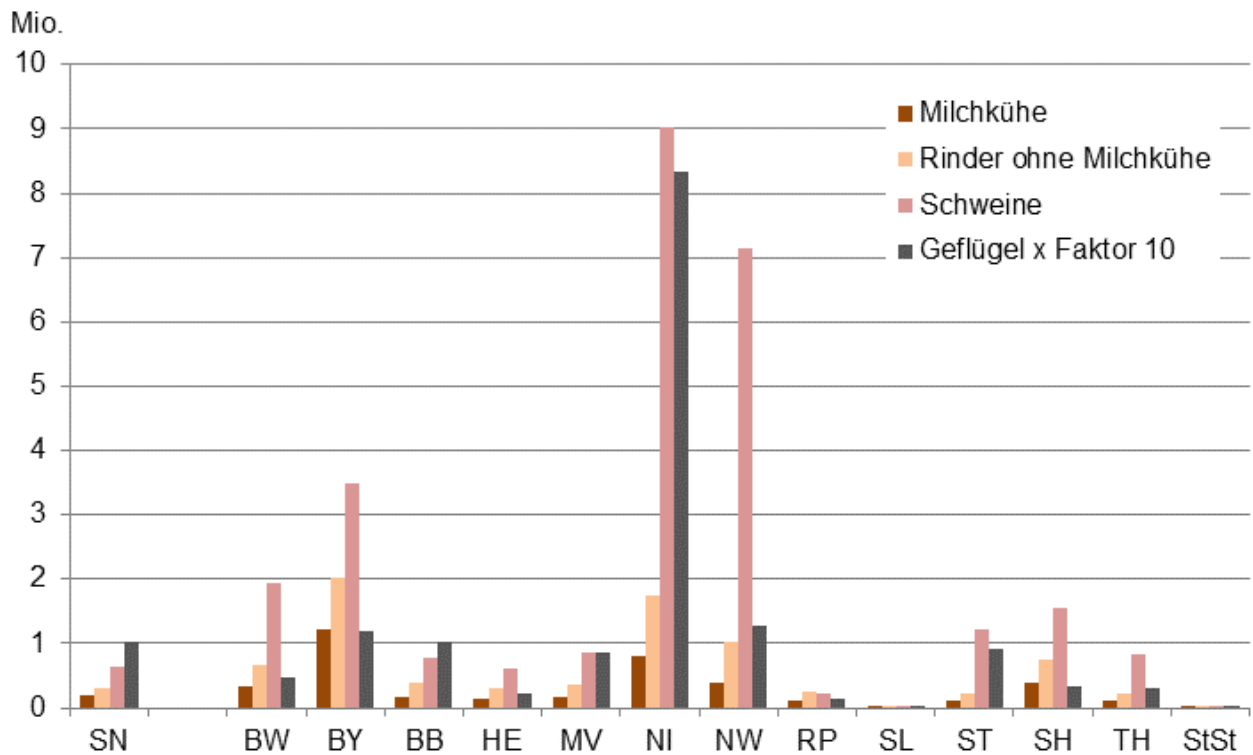
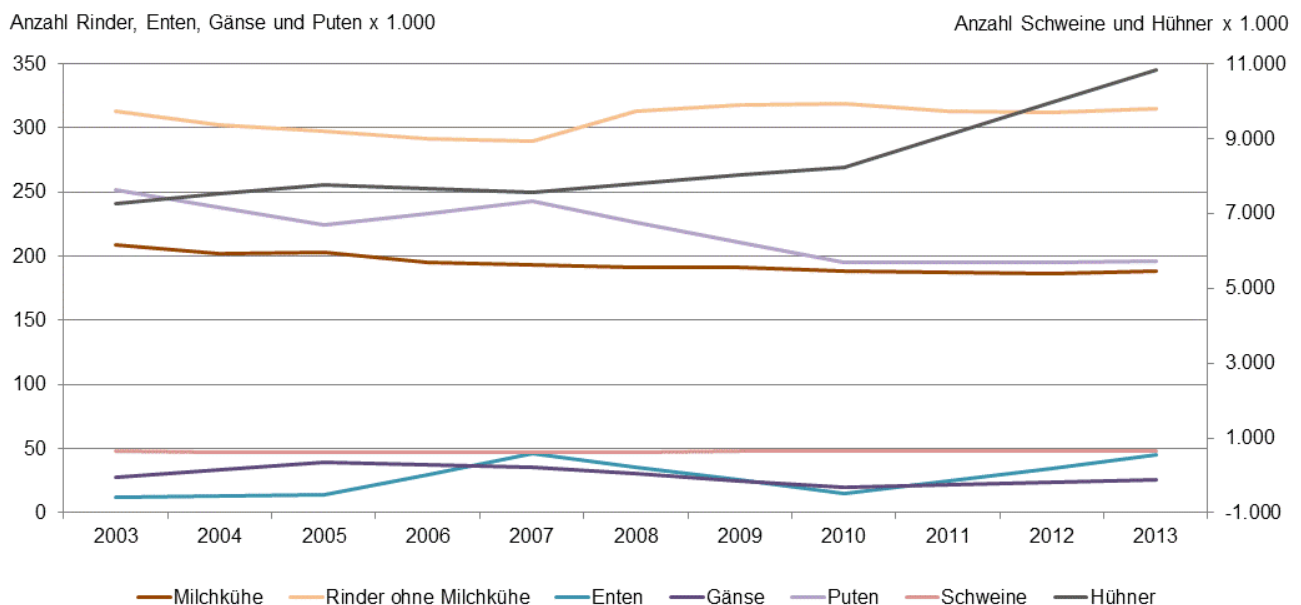


Abbildung 48: Landwirtschaftlich genutzte Flächen 2012 in Deutschland nach Bundesländern [21]



**Abbildung 49: Tierzahlen 2012 in Deutschland nach Bundesländern [21]**

Abbildung 51 zeigt die Entwicklung der Tierzahlen in Sachsen. Während beim Geflügel insbesondere die Hühnerzahlen stark angestiegen sind, ist die Anzahl von Schweinen und – von ein paar Schwankungen abgesehen – auch die der Rinder ohne Milchkühe konstant bzw. die Zahl der Milchrinder ganz leicht rückläufig.



**Abbildung 50: Entwicklung der Tierzahlen in Sachsen [21]**



Die Emissionen aus der landwirtschaftlichen Tierhaltung in Sachsen sind in den letzten zehn Jahren nur leicht zurückgegangen (bei CH<sub>4</sub> um 9 % und bei NH<sub>3</sub> um 4 % zum Basisjahr 2003).

Die Entwicklungen der CH<sub>4</sub>-Emissionsfaktoren, die zur Berechnung angewandt wurden, sind am Beispiel der Tierarten Rinder und Schweine in den nachfolgenden Abbildungen aufgezeigt. Bei den Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management in der Schweinehaltung wurden sinkende Emissionsfaktoren angesetzt.

Die Faktoren zur Berechnung der Emissionen aus den Verdauungsprozessen bei Milchkühen steigen leicht an. Dies ist verknüpft mit der stark ansteigenden Milchleistung.

Für nähere Informationen wird auf den Bericht des Johann Heinrich von Thünen-Instituts verwiesen. [4]

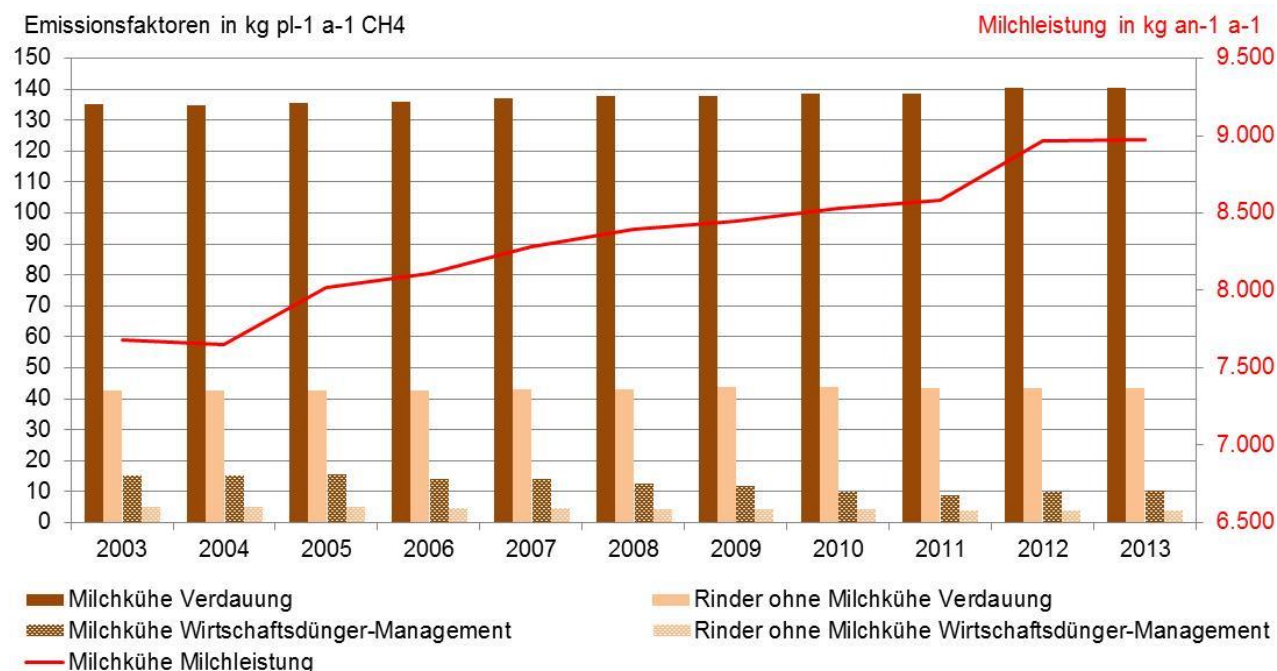


Abbildung 51: Entwicklung der Emissionsfaktoren für die Tierhaltung (Rinder) [21]

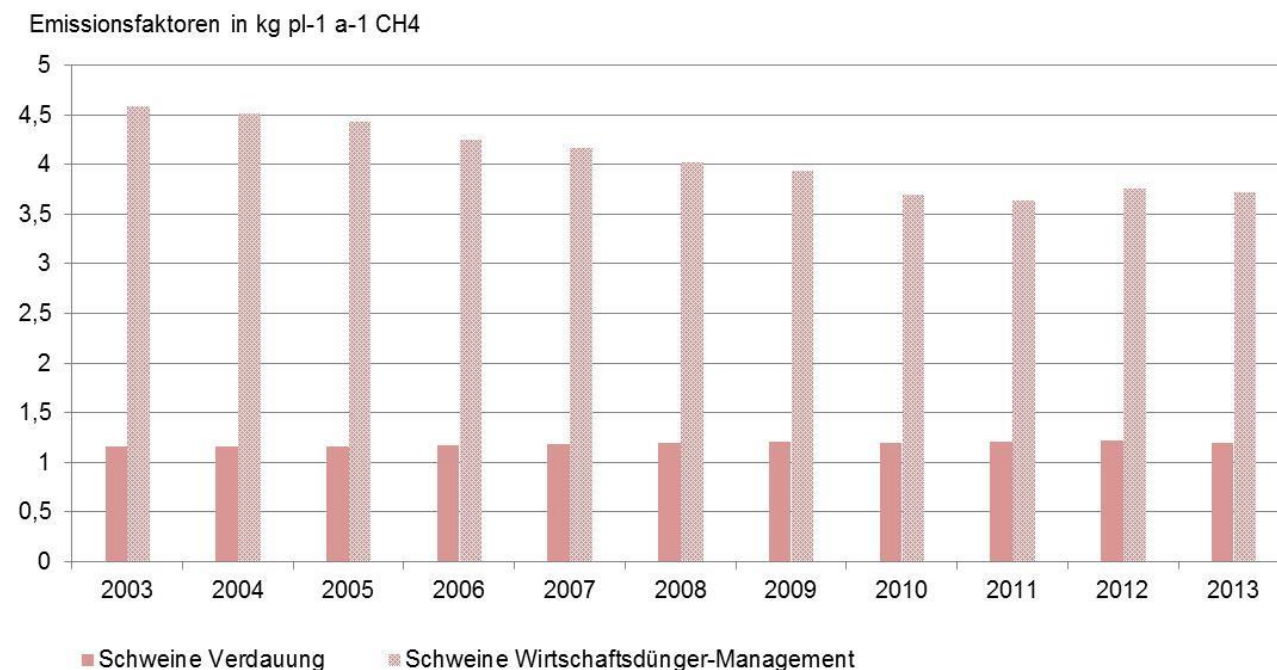


Abbildung 52: Entwicklung der Emissionsfaktoren für die Tierhaltung (Schweine) [21]

## 4.5 Verkehr

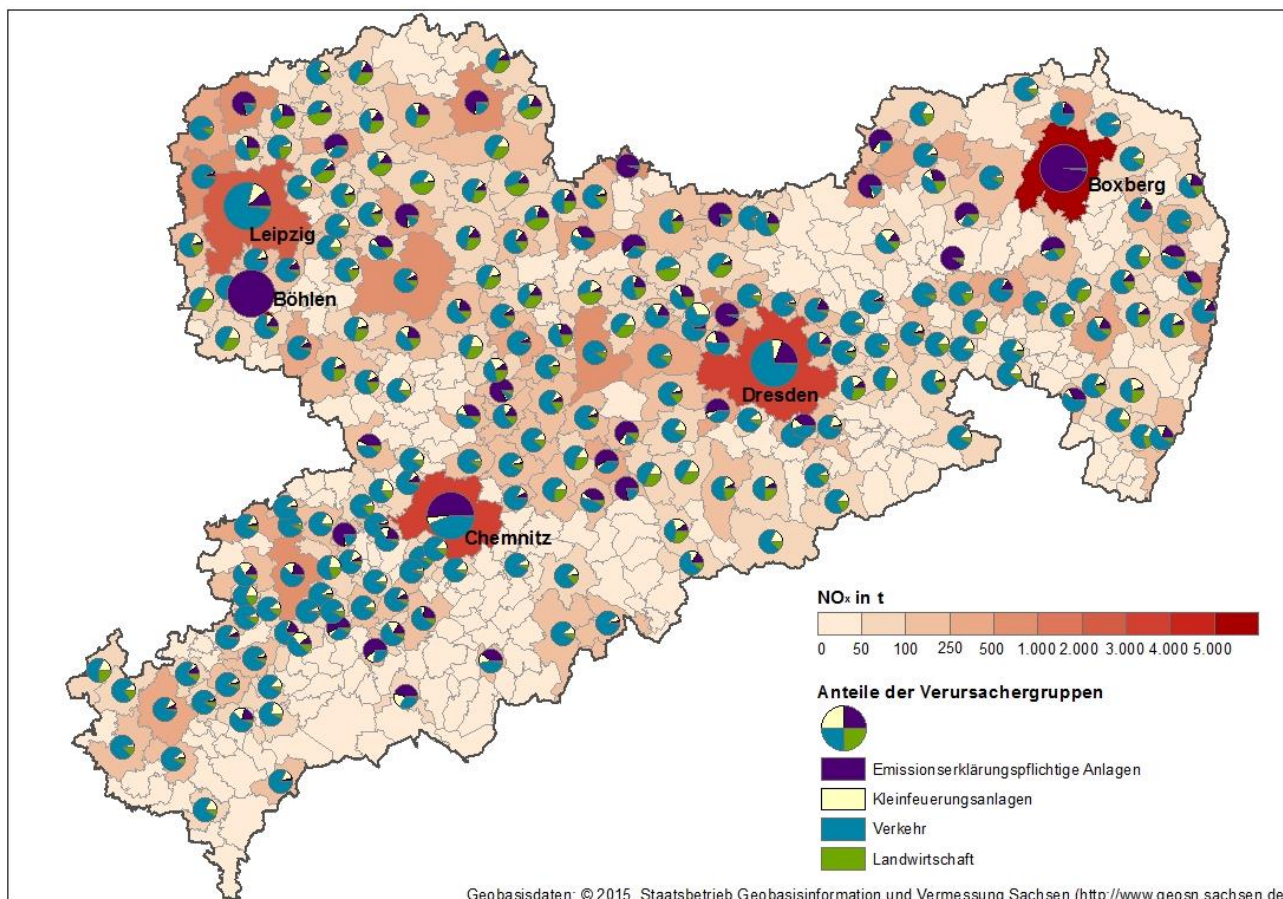
Der Verkehr, insbesondere der Straßenverkehr, ist immer noch eine der Hauptursachen für die schlechte Luftqualität in den Städten und die damit zusammenhängenden Gesundheitsfolgen. Er ist Hauptverursacher der NO<sub>x</sub>, PM10-, PM2,5-, CO- und Benzol-Emissionen sowie der einiger Schwermetalle. Darüber hinaus trägt er auch in nicht unerheblichen Maße zu den CO<sub>2</sub>-Emissionen bei.

**Tabelle 10: Emissionen aus dem Verkehr 2012 in Sachsen**

Schadstoff	Emission	Maßeinheit	Anteil an der Gesamtemission des jeweiligen Schadstoffes
<b>Treibhausgase:</b>			
CO <sub>2</sub>	9.413.333	t	20 %
N <sub>2</sub> O	83.998	t CO <sub>2</sub> eq	6 %
CH <sub>4</sub>	11.827	t CO <sub>2</sub> eq	0,5 %
<b>Klassische Luftschadstoffe:</b>			
NO <sub>x</sub>	28.930	t	43 %
PM2.5	1.630	t	40 %
PM10	3.401	t	38 %
CO	46.687	t	37 %
NMVOC/C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	10.718/469	t	24 %/79 %
NH <sub>3</sub>	986	t	4 %
SO <sub>2</sub>	215	t	1 %
<b>Persistente organische Verbindungen:</b>			
PCDD/F	99	mg	0,4 %
PAK/BaP	8/0,07	t	9%/4 %
<b>Schwermetalle:</b>			
As	222	kg	51 %
Ni	1.274	kg	51 %
Cd	166	kg	49 %
Cu	332	kg	31 %
Pb	166	kg	18 %
Cr	166	kg	17 %

Die Abbildung 53 verdeutlicht am Beispiel von NO<sub>x</sub> die Bedeutung des Verkehrs – insbesondere des Straßenverkehrs – für die Entstehung von Emissionen. Dargestellt sind zum einen die Verteilung der NO<sub>x</sub>-Emissionen in Sachsen und zum anderen für Gemeinden mit Belastungen über 50 t pro Jahr auch die Anteile der verschiedenen Sektoren an der regionalen Gesamtbelastung.

Im überwiegenden Teil der sächsischen Gemeinden trägt der Verkehrssektor die Emissions-Hauptlast. Ausnahmen bilden die Gemeinden, in denen Großfeuerungsanlagen ansässig sind (wie z. B. in Boxberg und Böhlen, den Standorten der beiden Braunkohlekraftwerke). In einigen – insgesamt aber weniger belasteten – Gemeinden trägt auch die Landwirtschaft stärker zu den Emissionen bei.



**Abbildung 53: NO<sub>x</sub>-Emissionen 2012 in Sachsen nach Gemeinden**

An den gesamten verkehrsbedingten Emissionen hat der Straßenverkehr Anteile von

- 99 % bei Benzol,
- 96 % bei CO,
- 94 % bei CO<sub>2</sub>,
- 87 % bei PM10 bzw. 85 % bei PM2.5 und
- 85 % bei NO<sub>x</sub>.

Besonders in den Ballungsgebieten von Sachsen entstehen hohe Emissionen aus dem Straßenverkehr. In Verbindung mit ungünstigen Ausbreitungsbedingungen durch dichte Bebauungen und weiteren Faktoren, wie Wetter und Ferneintrag, werden hohe Luftbelastungen hervorgerufen.

Neben NO<sub>x</sub> stellt vor allem Feinstaub ein weiteres Problem in den Ballungsgebieten dar. Kurzzeitige Belastungen durch erhöhte Verkehrsaufkommen und überregionale Einträge führen hier oft zu Überschreitungen des Immissions-Tagesgrenzwertes (50 µg/m<sup>3</sup> bei 35 zulässigen Überschreitungen im Jahr).

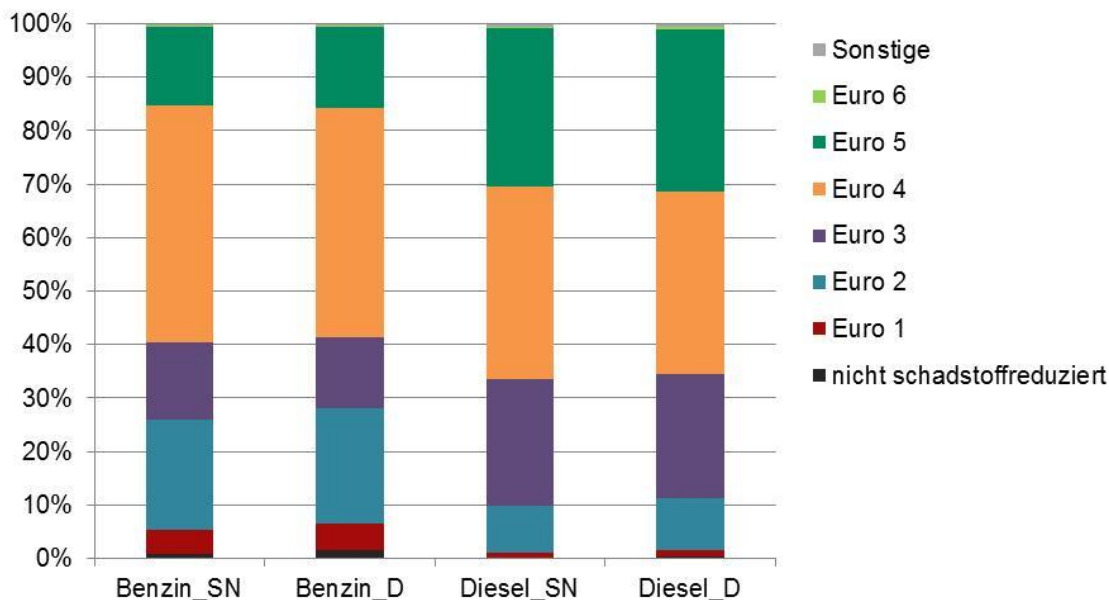
Zur Minderung der Feinstaub- und der Stickoxid-Emissionen bzw. Immissionen in den stark belasteten Städten sind in den sächsischen Luftreinhalteplänen detaillierte Maßnahmen zur Schadstoffreduzierung beschlossen worden. Diese betreffen vor allem die Bereiche Energieversorgung, Verkehr und Stadtplanung.

Eine solche Maßnahme innerhalb des Verkehrsbereiches stellen sogenannte Umweltzonen dar, innerhalb denen nur emissionsärmere Fahrzeuge zugelassen sind. In Sachsen besteht in der Stadt Leipzig solch eine Umweltzone, die nur von Fahrzeugen mit grüner Plakette befahren werden darf.

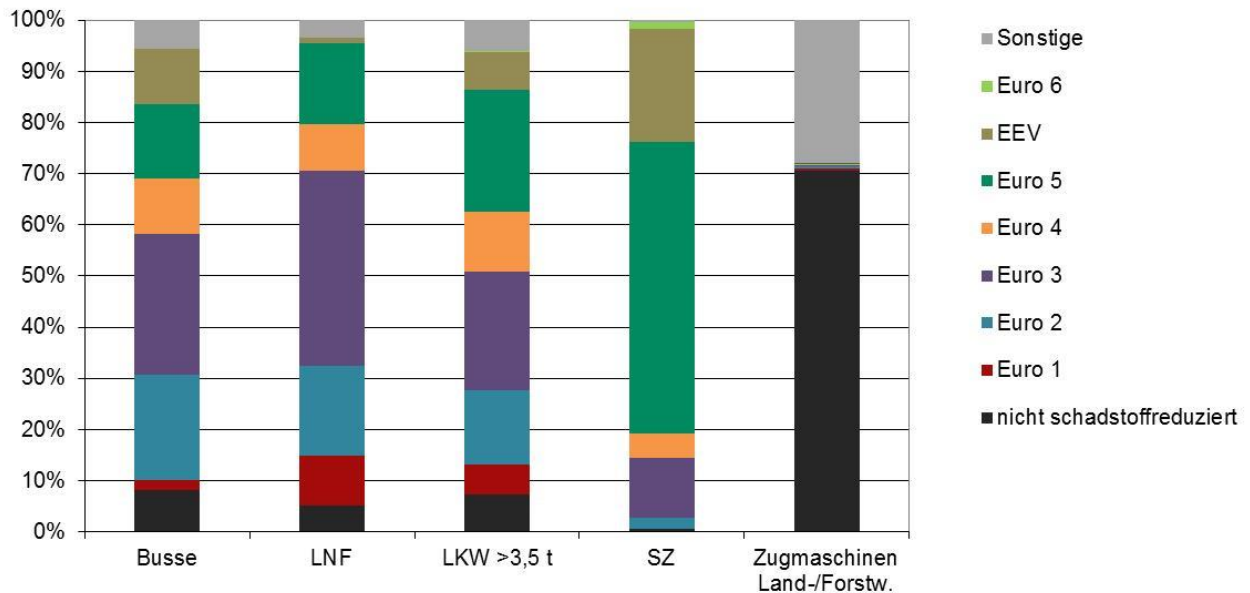
Ca. 93 % der PKW (in Leipzig: 95 %), jedoch nur 55 % der Nutzfahrzeuge (in Leipzig: 70 %) erfüllen in Sachsen die Anforderungen für eine grüne Plakette. [29]

Bemühungen zur Minderung der Emissionen des Straßenverkehrs richten und richteten sich vor allem auf die Verbesserung der Fahrzeugmotoren und die Entwicklung emissionsärmerer Fahrzeuge.

Die Abbildung 54 und die Abbildung 55 zeigen die Anteile der Euronormen (je höher, desto besser) an den sächsischen Bestandszahlen für PKW und Nutzfahrzeuge.



**Abbildung 54: Anteile der Euro-Normen an den PKW 2012 in Sachsen und Deutschland [29]**

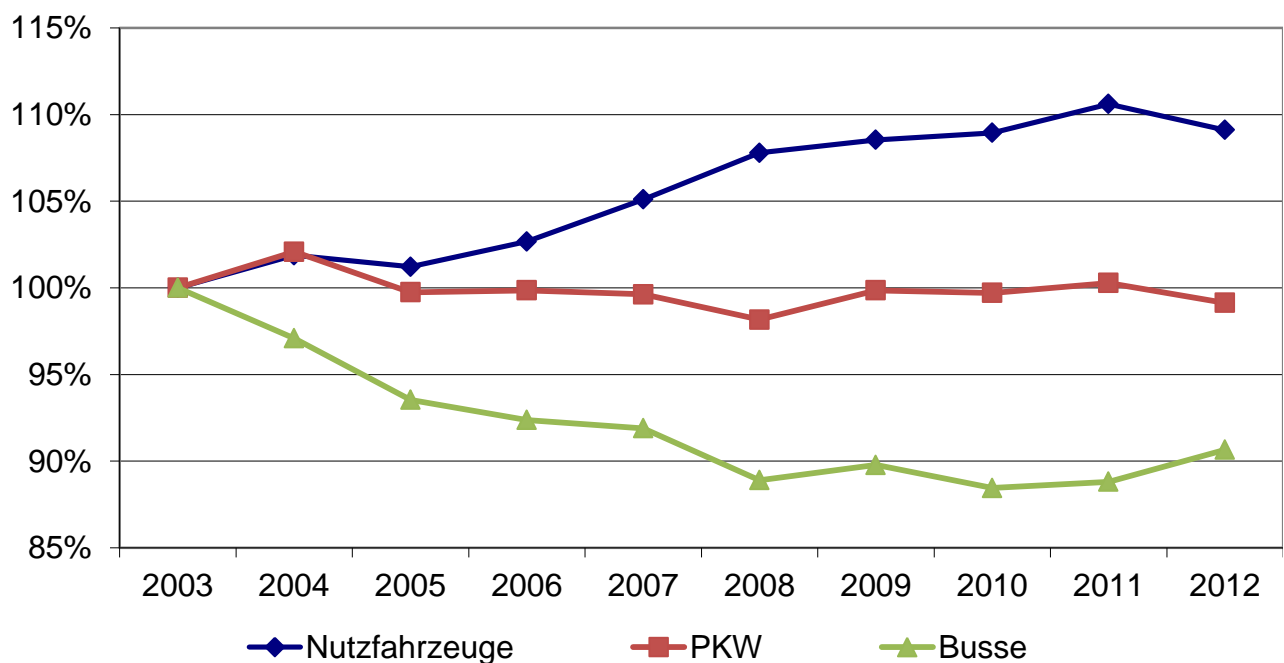


**Abbildung 55: Anteile der Euro-Normen an den Nutzfahrzeugen 2012 in Sachsen [29]**

Steigende Verkehrsaufkommen spielen in Kombination mit der Förderung von Dieselfahrzeugen eine negative Rolle für die Entwicklung der Emissionen aus dem Straßenverkehr.

Abbildung 56 zeigt die Entwicklung der Fahrleistungen von PKW, Nutzfahrzeugen und Bussen der letzten zehn Jahre in Sachsen.

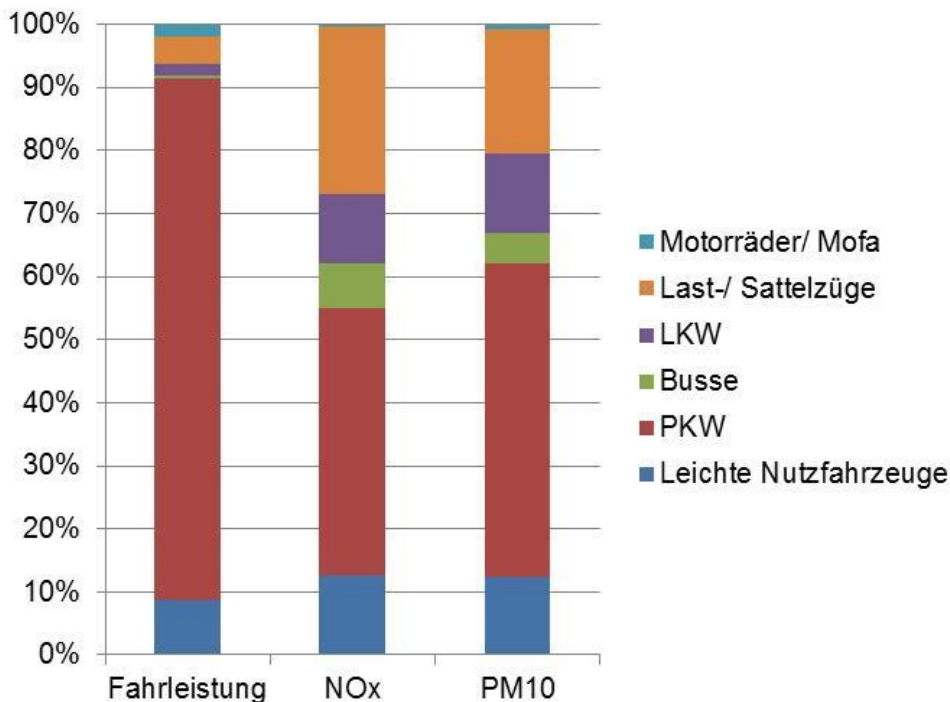
Die Entwicklung ist vor allem durch eine Zunahme der Fahrleistungen bei den Nutzfahrzeugen und eine Abnahme bei den Bussen gekennzeichnet.



**Abbildung 56: Entwicklung der Fahrleistungen in Sachsen [11]**

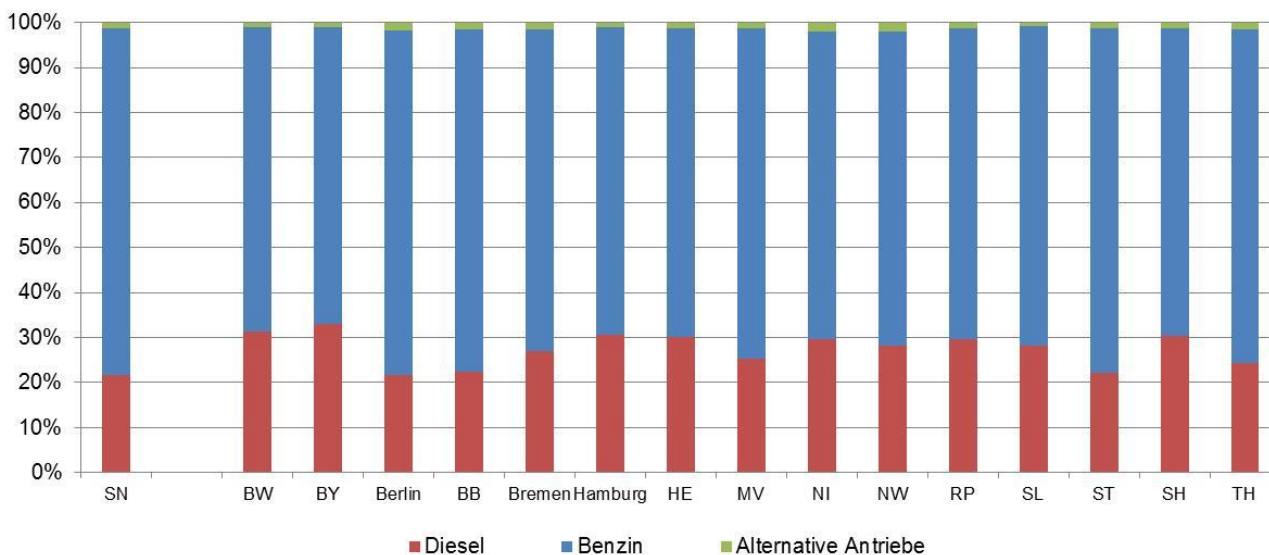


Insbesondere aufgrund ihres enormen Anteils an der Gesamtfahrleistung sind die PKW für einen Großteil der Emissionen verantwortlich. Auch die schweren Nutzfahrzeuge (Last- und Sattelzüge bzw. LKW) tragen in hohem Maße zur Emissionsbelastung bei, obwohl ihr Fahrleistungsanteil bei < 10 % liegt (Abbildung 57).



**Abbildung 57: Anteile der Fahrzeugklassen an der Gesamtfahrleistung sowie den NO<sub>x</sub>- und PM<sub>10</sub>-Emissionen des Straßenverkehrs 2012 in Sachsen [11]**

Der Anteil von Diesel-PKW liegt in Sachsen unter dem Bundesdurchschnitt (Abbildung 58).



**Abbildung 58: Anteile der Fahrzeugklassen an der Gesamtfahrleistung sowie den NO<sub>x</sub>- bzw. Partikel-Emissionen des Straßenverkehrs [10]**



Obwohl der Anteil dieselangetriebener PKW in Sachsen bei ca. 20 % liegt, beträgt ihr Anteil an den NO<sub>x</sub>-Emissionen aller PKW 65 % und bei PM10 sogar 78 %.

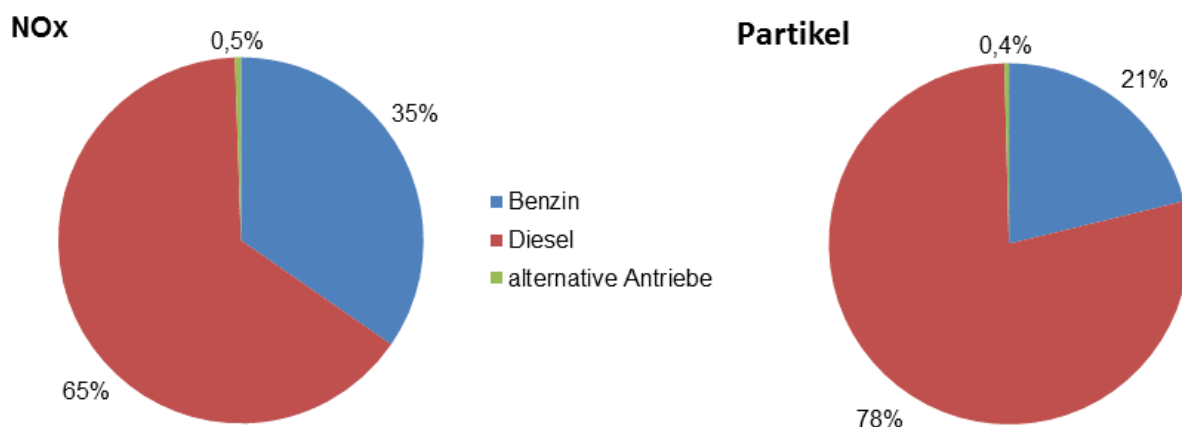


Abbildung 59: Anteile der Antriebsarten von PKW an den NO<sub>x</sub>- bzw. Partikel-Emissionen des Straßenverkehrs

## 4.6 Sonstige

Die Emissionen der sonstigen Verursacher sind relativ grobe Schätzungen. Mit Ausnahme der Deponien/Alttablagerungen tritt jedoch keiner dieser Emittenten als Hauptverursacher eines bestimmten Schadstoffes auf.

Bei den Deponien/Alttablagerungen werden die CH<sub>4</sub>-Emissionen derzeit wohl eher überschätzt.

Tabelle 11: THG-Emissionen der sonstigen Quellen 2012 in Sachsen

Verursacher	THG	Emission	Maßeinheit	Anteil an der Gesamtemission des jeweiligen Schadstoffes
Deponien/Alttablagerungen	CH <sub>4</sub>	874.169	t	34 %
Abwasserbehandlung	N <sub>2</sub> O	27.893	t CO <sub>2</sub> eq	2 %
	CH <sub>4</sub>	35.100	t CO <sub>2</sub> eq	1 %
	CO <sub>2</sub>	128.232	t	0,3 %
Kompostierung	N <sub>2</sub> O	14.630	t CO <sub>2</sub> eq	1 %
	CH <sub>4</sub>	18.104	t CO <sub>2</sub> eq	1 %
	CO <sub>2</sub>	68.363	t	0,1 %
Braunkohleförderung	CH <sub>4</sub>	58.860	t CO <sub>2</sub> eq	2 %
Erdgasverbrauch	CH <sub>4</sub>	320.250	t CO <sub>2</sub> eq	12 %

**Tabelle 12: NMVOC-Emissionen aus der Lösemittelanwendung 2012 in Sachsen**

Verursacher	Emission	Maßeinheit	Anteil an der Gesamt-emission aus der Lösemittel-anwendung	Anteil an der Gesamt-emission des jeweiligen Schadstoffes
Haushalte	8.781	t	57 %	20 %
GHD	6.429	t	42 %	14 %
Krankenhäuser	105	t	0,7 %	0,2 %
Forschungseinrichtungen	23	t	0,2 %	0,1 %
<b>Lösemittelanwendung gesamt</b>	<b>15.338</b>	<b>t</b>		<b>34 %</b>

## 5 Ein Blick über die Grenzen von Sachsen

Zusammenfassend ist zu sagen, dass die ökologischen Herausforderungen, vor denen wir heute stehen, sich seit einem Jahrzehnt nicht wesentlich verändert haben.

Fahrzeuge, Industrie, Kraftwerke, Landwirtschaft und Haushalte tragen zur Luftverschmutzung in Sachsen, Deutschland, Europa und der Welt bei.

Die jüngsten umweltpolitischen Initiativen betreffen weiterhin den Klimawandel, den Biodiversitätsverlust, die nicht nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen und die Auswirkungen von Umweltbelastungen auf die Gesundheit.

Die politischen Ziele in Bezug auf den Klimawandel werden weitgehend durch die international vereinbarte Zielvorgabe bestimmt, den mittleren globalen Temperaturanstieg seit der vorindustriellen Zeit auf unter 2 °C zu begrenzen. In der EU wurde dies durch die Festlegung allgemeiner Ziele zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen umgesetzt. Dies führt wiederum zu einer Reihe von spezifischeren politischen Maßnahmen, darunter Richtlinien zum Emissionshandel, zu erneuerbaren Energien, zur Energieeffizienz und andere mehr. In Bezug auf die Luftqualität verfolgen EU-Rechtsvorschriften einen zweigleisigen Ansatz, nach dem sowohl lokale Luftqualitätsstandards als auch ursachenbasierte Bekämpfungsmaßnahmen umgesetzt werden sollen. Diese ursachenbasierten Bekämpfungsmaßnahmen sehen verbindliche nationale Emissionsgrenzwerte für die wichtigsten Luftschadstoffe vor. Darüber hinaus gibt es ursachenspezifische Rechtsvorschriften zu Industrieemissionen, Fahrzeugemissionen, Kraftstoffqualitätsstandards und anderen Ursachen der Luftverschmutzung.

Dadurch sind auch auf nationaler Ebene klare emissionsseitige Mindestanforderungen für eine gute Qualität der Luft vorgegeben, die mit Hilfe eines „nationalen Programms“ umgesetzt werden müssen.

Die Luftreinhaltepolitik der deutschen Bundesregierung basiert im Wesentlichen auf vier Strategien:

- Festlegung von Luftqualitätsstandards
- emissionsbegrenzende Anforderungen nach dem Stand der Technik bzw. bestverfügbarer Technik
- Produktregelungen
- Festlegung von Emissionshöchstmengen

Die Grenzwerte werden dabei zunehmend durch europäische Luftreinhalte-Richtlinien vorgegeben und in deutsches Recht umgesetzt. Wichtige europäische Richtlinien sind beispielsweise die Richtlinie 2008/50/EG über Luftqualität und saubere Luft für Europa sowie die Richtlinie 2001/81/EG über Emissionshöchstmengen.

Umweltprobleme wie Treibhauseffekt und grenzüberschreitende Luftverschmutzung können nur durch internationale Anstrengungen bekämpft werden.

Im Folgenden wird auszugsweise – ohne Anspruch auf Vollständigkeit – auf einige bedeutende Umweltprobleme eingegangen. Dies ist neben dem Klimawandel vor allem die Versauerung und Eutrophierung sowie die Ozonbildung. Dabei wird der Schutz vor schädlichen Emissionen fokussiert.

Die Versuche zur Eindämmung der zunehmenden Feinstaubbelastung in Ballungsgebieten erfolgen derzeit vor allem über europaweit gültige Immissions-Grenzwerte. Für den Fall, dass diese Grenzwerte überschritten werden, hat die EU beispielsweise die Aufstellung von Luftreinhalteplänen vorgeschrieben. Diese immissions-schutzrechtlichen Regelungen sollen an dieser Stelle nicht näher aufgeführt werden.

## 5.1 Klassische Luftschadstoffe – Emissionen und Höchstmengen in Deutschland

### Grenzwerte der NEC-RL

Seit mehr als 30 Jahren besteht das Genfer Übereinkommen über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung der UN Weltwirtschaftskommission (UNECE). Auf der Basis des Übereinkommens sind bisher acht Protokolle (sieben Luftreinhalteprotokolle und ein Finanzierungsprotokoll) erarbeitet worden.

Mit dem 1999 auch von Deutschland unterzeichneten Multikomponentenprotokoll (Göteborg-Protokoll) zur Verringerung von Versauerung, Eutrophierung und bodennahem Ozon wurde ein integrierter Ansatz mit mehreren Schadstoffkomponenten (NO<sub>x</sub>, VOC, SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>) einschließlich ihrer Wechselwirkungen eingeführt. Die Vertragsstaaten des Protokolls haben 2012 weitergehende Emissionsminderungen für das Jahr 2020 ff. vereinbart. Für Deutschland gelten danach folgende Minderungsziele gegenüber dem Referenzjahr 2005:

SO<sub>2</sub>: 21 %, NO<sub>x</sub>: 39 %, NH<sub>3</sub>: 5 %, NMVOC: 13 % und PM<sub>2.5</sub>: 26 %.

Deutschland ist dabei, die Novellierung des Göteborg-Protokolls zu ratifizieren.

Die Richtlinie über nationale Emissionshöchstmengen (NEC-Richtlinie, NEC = National Emission Ceilings) legt für die EU-Mitgliedstaaten (wie das Göteborg-Protokoll für UNECE-Staaten) nationale Höchstmengen für die jährlichen Emissionen der geregelten Schadstoffe fest, die seit dem Jahr 2010 nicht mehr überschritten werden dürfen. Diese sind ehrgeiziger als die im Göteborg-Protokoll gesetzten Ziele. In Deutschland erfolgte die Umsetzung mit der 39. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen).

Danach betragen die jährlichen **Emissionshöchstmengen für Deutschland** ab dem Jahr 2011:

■ SO <sub>2</sub>	520 kt
■ NO <sub>x</sub>	1.051 kt
■ NMVOC	995 kt
■ NH <sub>3</sub>	550 kt

Emissionshöchstmengen für die einzelnen Bundesländer Deutschlands sind nicht festgelegt.

Die NEC-Richtlinie wird derzeit fortgeschrieben und überarbeitet (--> NE(R)C- Richtlinie, NERC = National Emission Reduction Commitments für die 4 genannten Schadstoffe und PM2.5).

Für das Jahr 2012 berichteten 12 EU-Mitgliedsstaaten Emissionen, die mindestens für einen der 4 Schadstoffe über dem jeweiligen Emissionshöchstmenge der NEC-RL lagen.

In Deutschland gab es Überschreitungen bei NMVOC, NO<sub>x</sub> und NH<sub>3</sub> (gilt auch für 2013).

Die SO<sub>2</sub>-Höchstmenge wurden in allen Staaten eingehalten. Die Emissionshöchstmenge wurden 2012 bei NO<sub>x</sub> 9mal, bei NH<sub>3</sub> 6mal und bei NMVOC 4mal überschritten. [30]

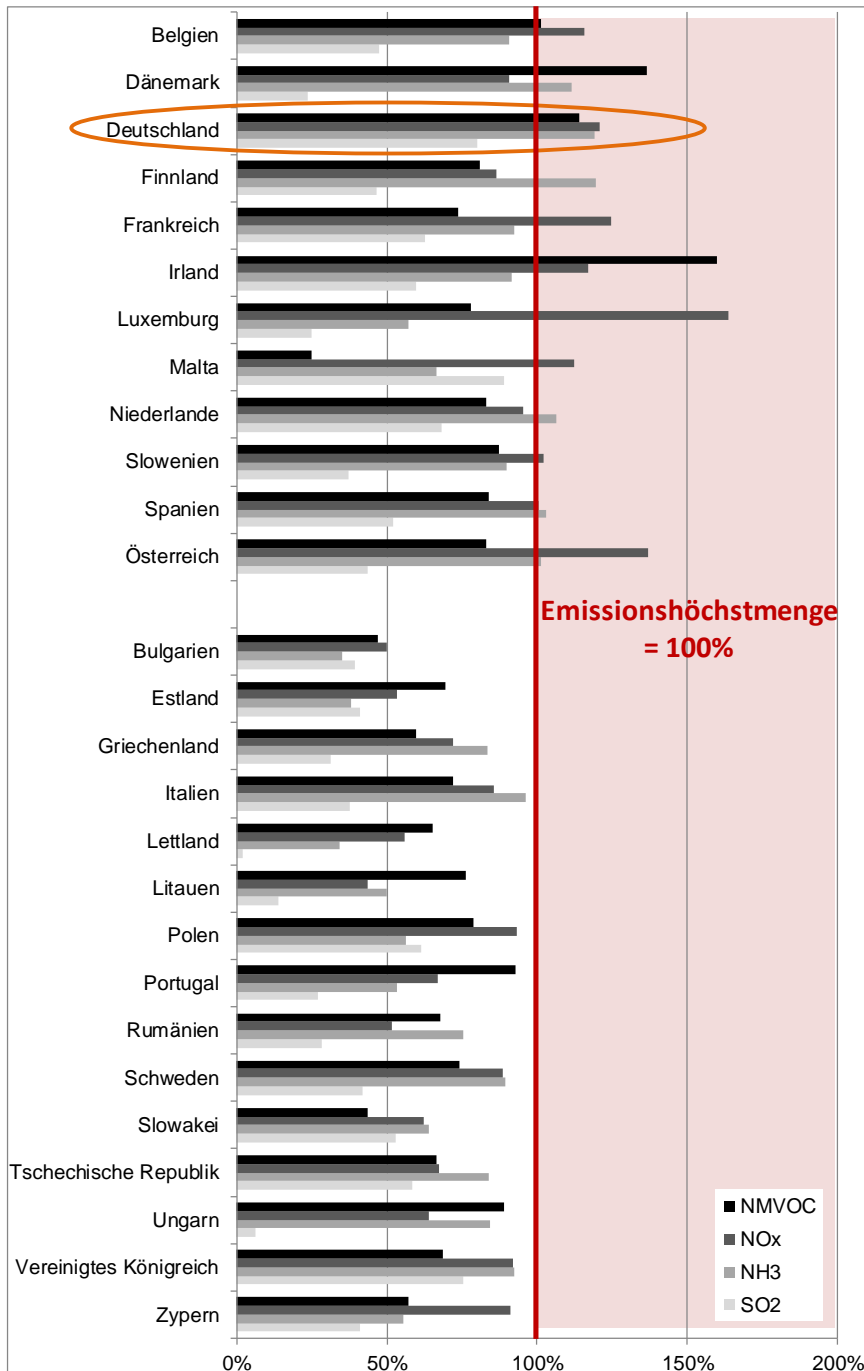


Abbildung 60: Einhaltung bzw. Nichteinhaltung der jeweiligen Emissionshöchstmenge nach Anhang II der NEC-RL durch die EU-27 Mitgliedsstaaten im Jahr 2012 [30]

Nach den im Göteborg-Protokoll festgelegten Minderungszielen zum Basisjahr 2005 hätte Deutschland lediglich das Ziel für  $\text{NO}_x$  verfehlt.

### Entwicklung seit 1990 bei den durch die NEC-RL regulierten Schadstoffen in Deutschland [31]

Die überwiegend landwirtschaftlich verursachten  **$\text{NH}_3$ -Emissionen** verminderten sich unmittelbar nach der Wiedervereinigung vornehmlich durch die Verkleinerung der Tierbestände um knapp 15 %. Danach wurden keine wesentlichen Emissionsminderungen mehr erzielt. Bis 2013 sanken die Emissionen insgesamt um etwa 15 % gegenüber 1990.

Die  **$\text{SO}_2$ -Emissionen** konnten zwischen 1990 und 2013 durch Kraftwerksentschwefelung, Brennstoffumstellungen sowie gesetzliche Begrenzungen für Schwefelgehalte in flüssigen Brennstoffen um über 92 % gemindert werden.

Ebenfalls deutliche Minderungen um 70 % konnten bei den **NMVOC-Emissionen** erreicht werden. Zum einen gelang dies durch den Einsatz von lösemittelärmeren Produkten und einem reduzierten Lösemittelverbrauch im industriellen und gewerblichen Bereich. Zum anderen waren die Verschärfung der Abgasgrenzwerte und die dadurch erfolgte Einführung von 3-Wege-Katalysatoren bei Benzin-Fahrzeugen sehr erfolgreich.

Auf diese Maßnahmen geht auch die Minderung der  **$\text{NO}_x$ -Emissionen** zurück. Zusammen mit der Anwendung von Entstickungsanlagen im Kraftwerksbereich wurde ein Minus von rund 56 % erreicht.

Als Indikator für die Versauerung wird das Versauerungspotenzial aus den Emissionsangaben der Säurebildner Schwefeldioxid, Stickstoffoxide und Ammoniak ermittelt. Der Anteil der Landwirtschaft (Ammoniak-Emissionen, aber auch Stickstoffoxid-Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden) stieg von knapp 17 % im Jahre 1990 auf fast 50 % im Jahre 2013. Er liegt damit seit Mitte der 1990er-Jahre höher als der jedes anderen Sektors.

Obwohl der Ausstoß von Luftschadstoffen bis heute deutlich verringert wurde, ist er, gemessen an der dauerhaften Belastbarkeit der Ökosysteme, immer noch zu hoch. Dies gilt besonders für versauernde und eutrophierende Luftverunreinigungen (vor allem  $\text{NO}_x$  und  $\text{NH}_3$ ). Die über Jahrzehnte in den Böden erfolgten Einträge von Schwefel und Stickstoff hinterlassen noch für lange Zeit eine kritische Altlast. So haben zum Beispiel viele Waldböden erhebliche Anteile ihrer Nährstoffe (zum Beispiel Calcium, Magnesium, Kalium) verloren und versauern. Damit geht auch eine Belastung des Sickerwassers einher. Ammoniak wird im Boden durch Bodenbakterien zu Nitrat oxidiert und ausgewaschen. Hohe Ammoniakdepositionen induzieren damit auch eine stärkere Nitratbelastung des Grundwassers. Luftverunreinigungen, insbesondere Stickstoffverbindungen, führen auch zum Rückgang der Artenvielfalt.

### Emissionen 2012/2013 in Deutschland

Die Bundesrepublik Deutschland hat sich international dazu verpflichtet, regelmäßig Emissionsberichte zu erstellen. Beim Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) ist dafür ein „Nationales System Emissionen“ etabliert. Die Emissionen der Luftschadstoffe werden nach international einheitlichen Vorgaben berechnet. Die Methodik beruht auf dem Verursacher - und Territorialprinzip. Eine Vielzahl von Ministerien und Institutionen leisten fachliche Beiträge und stellen statistische Daten bereit. Das Umweltbundesamt als Koordinierungsstelle erstellt den Informative Inventory Report (IIR) und ist für die Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung verantwortlich.

Tabelle 13 zeigt die deutschlandweiten Emissionen der klassischen Luftschadstoffe für die Jahre 2012 und 2013. Obwohl im LfULG für Sachsen eine andere Methodik zur Emissionsberechnung angewandt wird (ausgenommen landwirtschaftliche Emissionen), wurden in Tabelle 14 die speziell für Sachsen ermittelten Emissionen in die Nomenklatur der nationalen Berichterstattung (NFR = Nomenclature for reporting im Rahmen

des LRTAP-Übereinkommens) eingeordnet und somit eine Gegenüberstellung zu den deutschlandweiten Emissionsdaten vorgenommen.

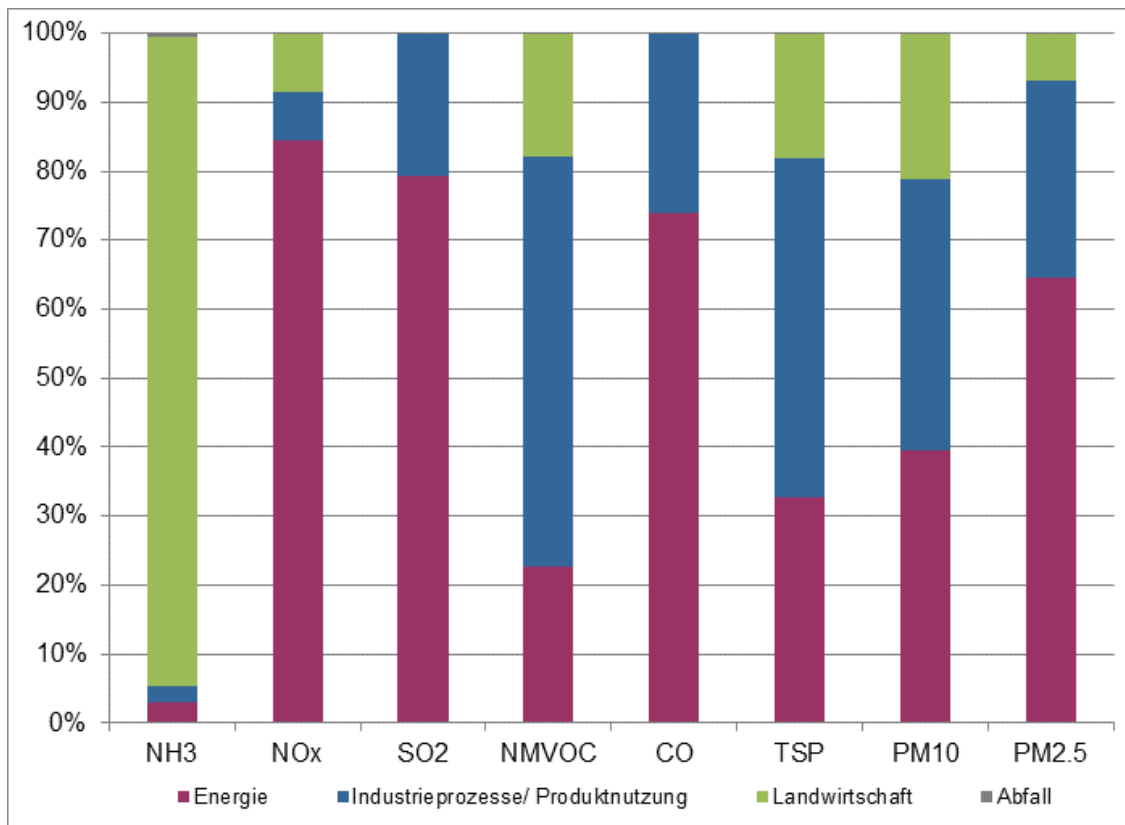
Die Pro-Kopf-Emissionen lagen 2012 in Sachsen für die Schadstoffe NO<sub>x</sub> (16,5 kg) und SO<sub>2</sub> (7,6 kg) über denen von Deutschland (15,8 bzw. 5,2 kg), bei allen anderen Stoffen deutlich darunter.



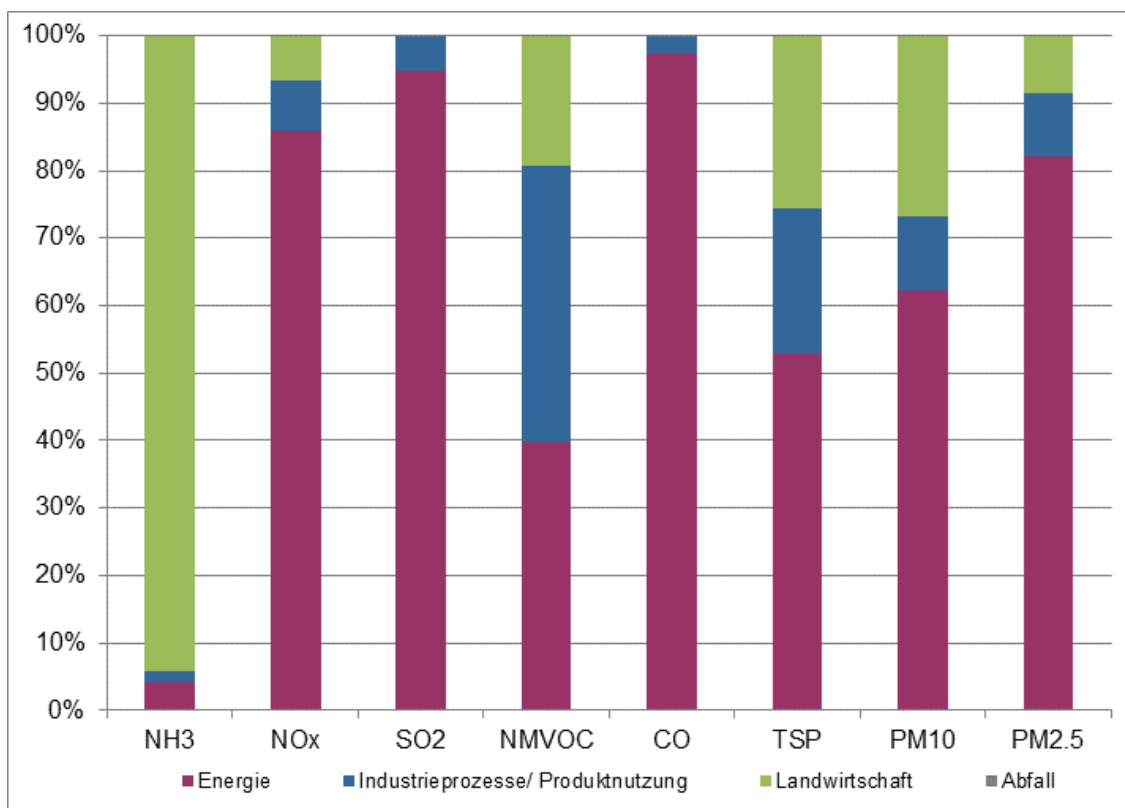


**Tabelle 14: Luftschadstoff-Emissionen 2012 in Sachsen**

	NH <sub>3</sub> in kt	NO <sub>x</sub> in kt	SO <sub>2</sub> in kt	NMVOC in kt	CO in kt	TSP in kt	PM10 in kt	PM2.5 in kt
Quellgruppen	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012
<b>Gesamtemissionen</b>	<b>23,97</b>	<b>66,71</b>	<b>30,89</b>	<b>44,86</b>	<b>127,59</b>	<b>11,12</b>	<b>9,03</b>	<b>4,14</b>
<b>Energie</b>	<b>0,99</b>	<b>57,30</b>	<b>29,30</b>	<b>17,81</b>	<b>124,25</b>	<b>5,89</b>	<b>5,61</b>	<b>3,40</b>
Großfeuerungsanlagen		20,478	24,421	0,617	7,604	1,028	0,842	0,538
Emissionserklärungspflichtige Anlagen: Wärmeerzeugung, Bergbau, Energie (ohne Großfeuerungsanlagen)		3,686	0,888	0,201	1,115	0,039	0,023	0,013
Verkehr	0,986	28,930	0,214	10,718	46,687	3,401	3,401	1,630
<i>davon Straßenverkehr</i>	<i>0,986</i>	<i>24,599</i>	<i>0,043</i>	<i>10,123</i>	<i>44,809</i>	<i>2,952</i>	<i>2,952</i>	<i>1,393</i>
Kleinfeuerungsanlagen		4,206	3,777	6,269	68,848	1,420	1,345	1,218
<i>davon Gewerbe, Handel, Dienstleistung</i>		<i>0,662</i>	<i>0,931</i>	<i>0,234</i>	<i>4,162</i>	<i>0,104</i>	<i>0,098</i>	<i>0,089</i>
<i>davon Haushalte</i>		<i>3,544</i>	<i>2,847</i>	<i>6,035</i>	<i>64,687</i>	<i>1,316</i>	<i>1,247</i>	<i>1,129</i>
<b>Industrieprozesse/ Produktnutzung</b>	<b>0,42</b>	<b>4,98</b>	<b>1,59</b>	<b>18,45</b>	<b>3,33</b>	<b>2,38</b>	<b>1,01</b>	<b>0,39</b>
Emissionserklärungspflichtige Anlagen (ohne Wärmeerzeugung, Bergbau, Energie):	0,419	4,976	1,594	3,108	3,331	2,382	1,006	0,388
<i>davon Steine und Erden, Glas, Keramik, Baustoffe</i>	<i>0,217</i>	<i>1,786</i>	<i>1,213</i>	<i>0,103</i>	<i>0,515</i>	<i>2,050</i>	<i>0,781</i>	<i>0,240</i>
<i>davon Stahl, Eisen und sonstige Metalle einschließlich Verarbeitung</i>	<i>0,060</i>	<i>0,486</i>	<i>0,157</i>	<i>0,674</i>	<i>1,997</i>	<i>0,110</i>	<i>0,069</i>	<i>0,041</i>
<i>davon Chemische Erzeugnisse, Arzneimittel, Mineralölraffination und Weiterverarbeitung</i>	<i>0,001</i>	<i>0,709</i>	<i>0,106</i>	<i>0,062</i>	<i>0,075</i>	<i>0,008</i>	<i>0,004</i>	<i>0,002</i>
<i>davon Oberflächenbehandlung mit organischen Stoffen, Herstellung von bahnenförmigen Materialien aus Kunststoffen, sonstige Verarbeitung von Harzen und Kunststoffen</i>	<i>0,062</i>	<i>0,906</i>	<i>0,009</i>	<i>1,365</i>	<i>0,362</i>	<i>0,055</i>	<i>0,043</i>	<i>0,030</i>
<i>davon Holz, Zellstoff</i>	<i>0,000</i>	<i>0,253</i>	<i>0,028</i>	<i>0,723</i>	<i>0,076</i>	<i>0,079</i>	<i>0,066</i>	<i>0,052</i>
<i>davon Nahrungs-, Genuss- und Futtermittel, landwirtschaftliche Erzeugnisse (ohne Tierhaltungsanlagen)</i>	<i>0,045</i>	<i>0,200</i>	<i>0,008</i>	<i>0,018</i>	<i>0,109</i>	<i>0,040</i>	<i>0,023</i>	<i>0,013</i>
<i>davon Verwertung und Beseitigung von Abfällen und sonstigen Stoffen (ohne Abfallverbrennung, siehe Punkt 5)</i>	<i>0,001</i>	<i>0,610</i>	<i>0,063</i>	<i>0,038</i>	<i>0,194</i>	<i>0,019</i>	<i>0,013</i>	<i>0,008</i>
<i>davon Lagerung, Be- und Entladen von Stoffen und Zubereitungen</i>	<i>0,000</i>	<i>0,000</i>	<i>0,000</i>	<i>0,009</i>	<i>0,000</i>	<i>0,020</i>	<i>0,007</i>	<i>0,002</i>
<i>davon Sonstiges</i>	<i>0,033</i>	<i>0,026</i>	<i>0,010</i>	<i>0,117</i>	<i>0,003</i>	<i>0,002</i>	<i>0,001</i>	<i>0,001</i>
Lösemittelanwendung				15,338				
<i>davon Gewerbe, Handel, Dienstleistung</i>				6,429				
<i>davon Haushalte</i>				8,781				
<i>davon Krankenhäuser und Hochschulen</i>				0,128				
<b>Landwirtschaft</b>	<b>22,57</b>	<b>4,36</b>		<b>8,61</b>		<b>2,85</b>	<b>2,41</b>	<b>0,36</b>
Düngerwirtschaft	15,840	0,081		8,000		1,766	1,332	0,314
Landwirtschaftliche Böden	6,729	4,283		0,609		1,079	1,079	0,042
<b>Abfall</b>		<b>0,06737</b>	<b>0,00079</b>	<b>0,00038</b>	<b>0,00830</b>	<b>0,00033</b>	<b>0,00029</b>	<b>0,00023</b>
Abfallverbrennung (Emissionserklärungspflichtige Anlagen)		0,06737	0,00079	0,00038	0,00830	0,00033	0,00029	0,00023



**Abbildung 61: Anteile der NFR-Kategorien an den Luftschadstoff-Emissionen in Deutschland (Quelle: German Informative Inventory Report, UBA) [31]**



**Abbildung 62: Anteile der NFR-Kategorien an den Luftschadstoff-Emissionen 2012 in Sachsen (Quelle: Emissionskataster Sachsen, LfULG)**

## 5.2 Treibhausgas-Emissionen und Klimaschutz-Ziele in Deutschland

Auch über die Notwendigkeit der Minderung der Treibhausgase wird seit vielen Jahren debattiert.

Schon auf dem Weltgipfel 1992 in Rio de Janeiro (Brasilien) wurde im Rahmen der dort gegründeten Klimarahmenkonvention (UNFCCC = United Nations Framework Convention on Climate Change) vereinbart, die Treibhausgasemissionen weltweit zu stabilisieren. Die UNFCCC trat 1994 in Kraft und wurde mittlerweile von 195 Staaten ratifiziert. Im Rahmen der Konvention treffen sich jährlich Vertreter aller Mitgliedsstaaten, um über weitere Schritte in der internationalen Klimapolitik zu verhandeln. Die 1. UN-Klimakonferenz fand 1995 in Berlin statt. Der damalige deutsche Bundeskanzler Helmut Kohl versprach, Deutschland werde versuchen, den CO<sub>2</sub>-Ausstoß bis 2005 um 25 % unter das Niveau von 1990 zu senken. Der CO<sub>2</sub>-Ausstoß in Deutschland ging bis 2005 dann doch nur um 17,5 % zurück – und das resultierte hauptsächlich aus dem Zusammenbruch der ostdeutschen Industrie.

Die 21. UN-Klimakonferenz in Paris endete im Dezember 2015 mit einem Abkommen, das erstmalig alle Länder in die Pflicht nimmt.

1997 wurden im Protokoll von Kyoto (Japan) rechtsverbindliche Zusagen für den Ausstoß von THG in den Industriestaaten festgehalten und bei der UN-Klimakonferenz 2010 in Cancún (Mexiko) einigten sich die Mitgliedstaaten darauf, die Erderwärmung auf maximal 2 °C gegenüber vorindustriellen Werten zu begrenzen.

Nach dem Kyoto-Protokoll haben sich die beteiligten Industriestaaten erstmals völkerrechtlich verbindlich dazu verpflichtet, ihre THG-Emissionen um insgesamt 5 % im Zeitraum 2008–2012 gegenüber 1990 zu senken. Für jedes Industrieland wurden spezifische Reduktionsziele festgelegt. Eine zweite Verpflichtungsperiode, die bis zum Jahr 2020 gelten soll, wurde 2012 auf der Klimakonferenz in Doha (Katar) beschlossen.

Auf europäischer Ebene haben sich die Mitgliedstaaten auf verbindliche Klima- und Energieziele festgelegt, die innerhalb der EU bis 2020 erreicht werden sollen. Die nach der "20-20-20"-Formel festgelegten Ziele sind:

- Verringerung der Emissionen um 20 % (Basisjahr 1990)
- Erhöhung des Anteils an erneuerbaren Energie am Gesamtverbrauch auf 20 %
- Verbesserung der Energieeffizienz um 20 %

Als Nachfolge der 2020-Ziele sollen die Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2030 EU-intern um 40 % gesenkt und die erneuerbaren Energien auf einen Anteil von 27 % gesteigert werden.

Darüber hinaus haben die Staats- und Regierungschefs der EU bereits 2009 das langfristige Ziel ausgegeben, dass die Treibhausgasemissionen bis 2050 um 80 bis 95 % gegenüber 1990 sinken sollen.

Alle Mitgliedstaaten der EU legen auf Basis der EU-weiten Kernziele entsprechende nationale Ziele fest, wobei sie ihrer jeweiligen Ausgangslage und ihren nationalen Gegebenheiten Rechnung tragen.

Die Ziele zur Minderung der Treibhausgasemissionen und zum Ausbau der erneuerbaren Energien wurden bereits durch das EU-Klima- und Energiepaket von 2009 in nationale Ziele für alle EU-Länder umgesetzt.

In Deutschland sorgt ein breites Spektrum an Instrumenten für das Erreichen der Klimaschutzziele. Neben internationalen Mechanismen wie dem Emissionshandel sind Gesetze und Verordnungen sowie Förderprogramme die zentralen Elemente. 2010 hat die Bundesregierung mit dem Energiekonzept ehrgeizige Ziele für den Klimaschutz festgelegt. [32]

Deutschland hatte sich im Rahmen der ersten Verpflichtungsperiode zum Ziel gesetzt, seine THG-Emissionen im Durchschnitt der Jahre 2008 bis 2012 um 21 % gegenüber 1990 zu senken. Dieses Ziel hat es mit einer Minderung von 23,6 % erfüllt. [31]

In der Koalitionsvereinbarung vom Dezember 2013 wird insbesondere das langfristige Ziel, die Emissionen bis 2050 um 80 bis 95 % zu senken, bekräftigt, so wie auch das nächste Etappenziel: Minderung der in Deutschland verursachten Emissionen um mindestens 40 % bis 2020 gegenüber 1990.

Ein Großteil der deutschen THG-Emissionen stammt aus der Energiewirtschaft (2012: etwas über 86 %). Dabei handelt es sich zum überwiegenden Teil (97 %) um CO<sub>2</sub>. [31] Für den Klimaschutz ist es daher entscheidend, das Energiesystem so zu gestalten, dass klimaschädliche Emissionen deutlich gemindert werden.

2011 hat die Bundesregierung den schrittweisen Ausstieg aus der Kernenergie beschlossen. Nun kommt dem Ausbau der erneuerbaren Energien eine wichtige Rolle zu. Eine weitere Schlüsselrolle spielt die Energieeffizienz. Das Energiekonzept der Bundesregierung setzt folgende Ziele [32]:

- Bis 2020 sollen 18 % des gesamten Bruttoendenergieverbrauchs von Deutschland aus erneuerbaren Energien gedeckt werden.
- Bis 2050 wird angestrebt, mindestens 80 % des gesamten Bruttostromverbrauchs aus erneuerbaren Energien zu decken.
- Zusätzlich dazu ist im Koalitionsvertrag festgeschrieben, den Anteil der Erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung auf 40 bis 45 % im Jahre 2025 und 55 bis 60 % im Jahr 2035 anzuheben.
- Bis 2020 soll der Primärenergieverbrauch gegenüber 2008 um 20 % sinken, bis 2050 sogar um 50 %.
- Der Stromverbrauch soll bis 2020 gegenüber 2008 um 10 %, bis 2050 um 25 % sinken.
- Die Sanierungsrate für Gebäude soll von derzeit knapp 1 auf 2 % des gesamten Gebäudebestandes pro Jahr verdoppelt werden.
- Im Verkehrsbereich wird eine Reduktion des Endenergieverbrauchs bis 2020 um rund 10 %, bis 2050 um rund 40 % gegenüber 2005 angestrebt.
- Die Erhöhung der Stromerzeugung aus KWK auf 25 % der Gesamtstromerzeugung bis zum Jahr 2020 soll die Energieeinsparung, den Umweltschutz und die Erreichung der Klimaschutzziele der Bundesregierung unterstützen.

Nicht nur durch die Energiewirtschaft werden THG emittiert, sondern auch durch Industrie, Abfallwirtschaft und Landwirtschaft.

Die Industrie war 2012 in Deutschland für 5 % der THG-Emissionen verantwortlich, die Abfallwirtschaft zu etwa 1 %. Letztere hat nicht unerheblich zur Erfüllung der deutschen Zielstellungen des Kyoto-Abkommens beigetragen. Insbesondere durch das Verbot der Deponierung unbehandelter Abfälle und des damit verbundenen Rückgangs der CH<sub>4</sub>-Emissionen konnten gegenüber 1990 jährlich große Mengen an THG-Emissionen eingespart werden. Beiträge dazu lieferten aber auch die Einsparung von Roh- und Brennstoffen durch die stoffliche und insbesondere die energetische Verwertung. Besonders hohe Beiträge werden durch die Bioabfallverwertung, die Altpapierverwertung sowie die Verwertung von Metallschrotten und Verpackungen und die Abfallverbrennung erbracht. Bis zum Jahr 2020 sind weitere Reduzierungspotenziale insbesondere durch eine Verbesserung der Energieeffizienz der energetischen Verwertung und eine verstärkte energetische Nutzung von Bioabfällen möglich. Die Landwirtschaft hat zu 7 % zu den deutschen THG-Emissionen beigetragen. [31]

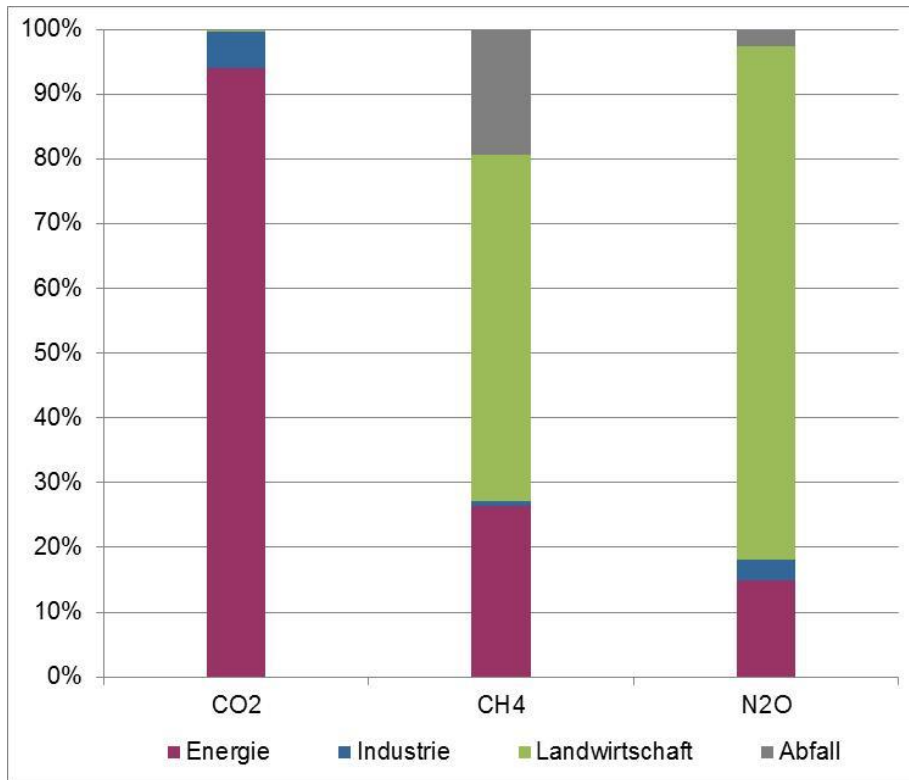
**Tabelle 15: Treibhausgas-Emissionen 2012/2013 in Deutschland [31]**

Quellgruppen	CO <sub>2</sub> in kt		CH <sub>4</sub> in kt CO <sub>2</sub> eq		N <sub>2</sub> O in kt CO <sub>2</sub> eq	
	2012	2013	2012	2013	2012	2013
<b>Gesamtemissionen ohne LULUCF</b>	<b>817.913,28</b>	<b>840.605,24</b>	<b>59.234,72</b>	<b>58.628,84</b>	<b>36.804,70</b>	<b>37.162,97</b>
<b>1. Energie</b>	<b>769.165</b>	<b>792.594</b>	<b>15.628</b>	<b>15.293</b>	<b>5.488</b>	<b>5.552</b>
A. Verbrennung fossiler Brennstoffe	766.205	789.610	3.985	4.047	5.488	5.552
1. Energiewirtschaft	358.476	356.646	2.247	2.257	2.826	2.751
2. Verarbeitendes Gewerbe	119.734	125.190	265	265	770	794
3. Verkehr	153.050	157.634	159	157	1.399	1.481
<i>davon Straßenverkehr</i>	<i>146.828</i>	<i>151.348</i>	<i>150</i>	<i>147</i>	<i>1.346</i>	<i>1.427</i>
4. Übrige Feuerungsanlagen	133.942	149.101	1.312	1.366	490	523
<i>davon Gewerbe, Handel, Dienstleistung</i>	<i>34.918</i>	<i>40.557</i>	<i>43</i>	<i>45</i>	<i>81</i>	<i>92</i>
<i>davon Haushalte</i>	<i>93.700</i>	<i>102.892</i>	<i>730</i>	<i>751</i>	<i>327</i>	<i>346</i>
5. Sonstige Feuerungsanlagen	1.002	1.039	1	1	3	4
B. Diffuse Emissionen aus Brennstoffen	2.960	2.984	11.644	11.247	0	0
1. Feste Brennstoffe	688	707	4.105	3.580		
2. Öl und Erdgas	2.272	2.277	7.539	7.666	0	0
<b>2. Industrie</b>	<b>46.216</b>	<b>45.360</b>	<b>511</b>	<b>505</b>	<b>1.199</b>	<b>1.231</b>
A. Mineralische Industrie	19.107	18.513				
B. Chemische Industrie	9.289	9.201	469	464	755	819
C. Herstellung von Metall	15.242	15.024	5	5	13	13
D. Nichtenergetische Produkte aus Brennstoffen	2.578	2.621			1	2
E. Elektronikindustrie						
F. Anwendungen als ODS-Ersatzstoff						
G. Andere Produktherstellung und -verwendungen			37	36	429	398
<b>3. Landwirtschaft</b>	<b>2.532</b>	<b>2.652</b>	<b>31.708</b>	<b>32.172</b>	<b>29.157</b>	<b>29.419</b>
A. Fermentation			24.339	24.713		
B. Düngewirtschaft			6.297	6.344	3.881	3.912
D. Landwirtschaftliche Böden					25.056	25.279
G. Kalkung	1.907	1.956				
H. Harnstoffanwendung	625	695				
J. Andere			1.073	1.115	219	229
<b>5. Abfall</b>			<b>11.387</b>	<b>10.659</b>	<b>961</b>	<b>961</b>
A. Abfalldeponierung			10.575	9.850		
B. Biologische Behandlung von festen Abfällen			738	738	318	318
D. Abwasserbehandlung			68	65	516	516
E. Andere			6	6	127	127

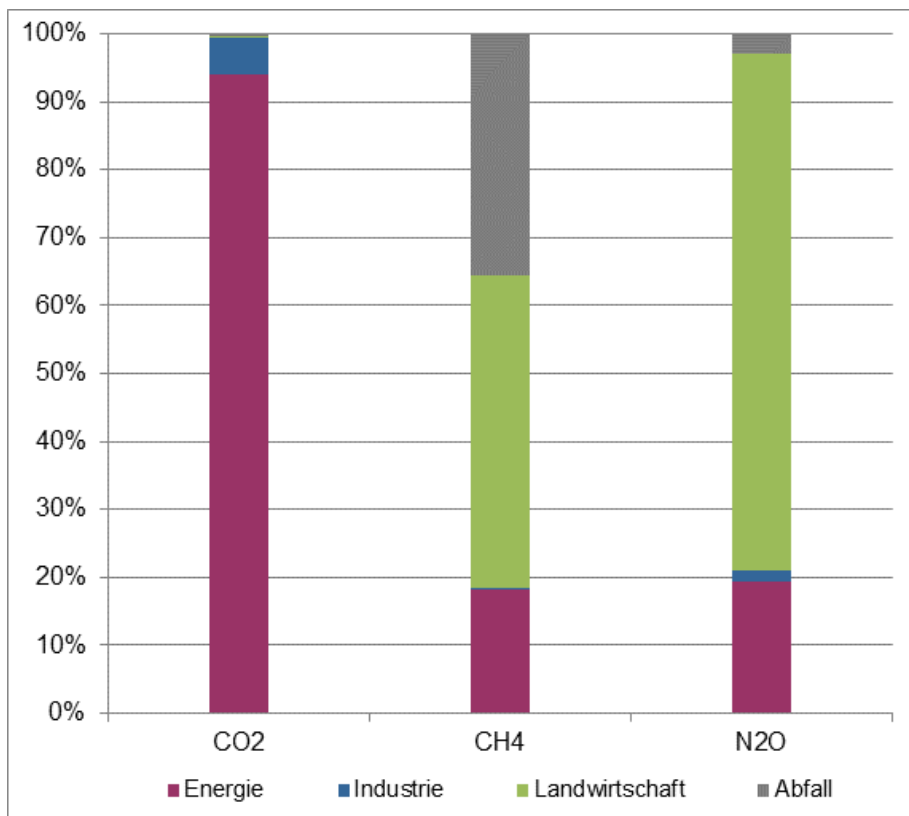


**Tabelle 16: Treibhausgas-Emissionen 2012 in Sachsen**

Quellgruppen	CO <sub>2</sub> in kt	CH <sub>4</sub> in kt CO <sub>2</sub> eq	N <sub>2</sub> O in kt CO <sub>2</sub> eq
	2012	2012	2012
<b>Gesamtemissionen ohne LULUCF</b>	<b>48.226,52</b>	<b>2.600,72</b>	<b>1.450,86</b>
<b>Energie</b>	<b>45.326,24</b>	<b>476,66</b>	<b>281,27</b>
Großfeuerungsanlagen	29.497,45	18,91	178,19
Emissionserklärungspflichtige Anlagen: Wärmeerzeugung, Bergbau, Energie (ohne Großfeuerungsanlagen)	1.393,14	12,88	4,76
Verkehr	9.413,33	11,83	84,00
<i>davon Straßenverkehr</i>	8.835,56	10,31	65,85
Kleinfeuerungsanlagen	5.022,31	53,93	14,32
<i>davon Gewerbe, Handel, Dienstleistung</i>	1.023,91	1,27	1,72
<i>davon Haushalte</i>	3.998,40	52,66	12,60
Diffuse Emissionen		379,11	
<i>davon aus festen Brennstoffen</i>		58,86	
<i>davon aus Öl und Erdgas</i>		320,25	
<b>Industrie</b>	<b>2.670,74</b>	<b>1,67</b>	<b>23,07</b>
Emissionserklärungspflichtige Anlagen (ohne Wärmeerzeugung, Bergbau, Energie):	2.670,74	1,67	23,07
<i>davon Steine und Erden, Glas, Keramik, Baustoffe</i>	511,33	0,06	0,42
<i>davon Stahl, Eisen und sonstige Metalle einschließlich Verarbeitung</i>	156,50	0,88	0,31
<i>davon Chemische Erzeugnisse, Arzneimittel, Mineralölraffination und Weiterverarbeitung</i>	1.379,65	0,29	20,60
<i>davon Oberflächenbehandlung mit organischen Stoffen, Herstellung von bahnenförmigen Materialien aus Kunststoffen, sonstige Verarbeitung von Harzen und Kunststoffen</i>	70,98	0,02	0,21
<i>davon Holz, Zellstoff</i>	82,46	0,03	0,28
<i>davon Nahrungs-, Genuss- und Futtermittel, landwirtschaftliche Erzeugnisse (ohne Tierhaltungsanlagen)</i>	158,62	0,05	0,42
<i>davon Verwertung und Beseitigung von Abfällen und sonstigen Stoffen (ohne Abfallverbrennung, siehe Punkt 5)</i>	282,17	0,30	0,74
<i>davon Lagerung, Be- und Entladen von Stoffen und Zubereitungen</i>	0,01	0,00	0,00
<i>davon Sonstiges</i>	29,03	0,03	0,08
<b>Landwirtschaft</b>	<b>32,94</b>	<b>1.195,02</b>	<b>1.103,99</b>
Fermentation		1.030,32	
Düngerwirtschaft		137,61	121,96
Landwirtschaftliche Böden			956,28
Harnstoffanwendung	32,94		
Andere		27,09	25,75
<b>Abfall</b>	<b>196,60</b>	<b>927,37</b>	<b>42,52</b>
Abfalldeponierung		874,17	
Biologische Behandlung von festen Abfällen	68,36	18,10	14,63
Abwasserbehandlung	128,23	35,10	27,89



**Abbildung 63: Anteile der NFR-Kategorien an den Treibhausgas-Emissionen 2012 in Deutschland (Quelle: German Informative Inventory Report, UBA) [31]**

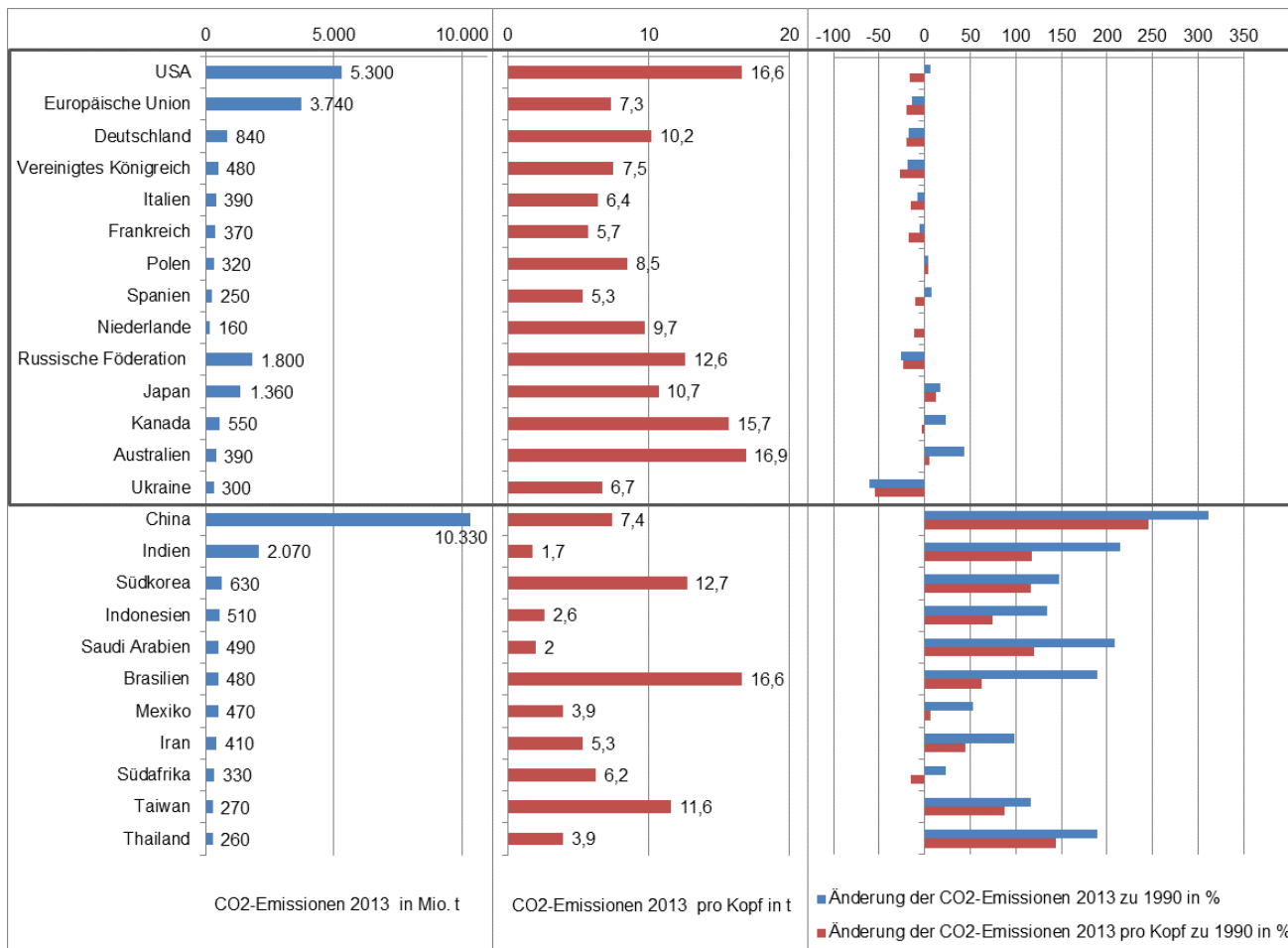


**Abbildung 64: Anteile der NFR-Kategorien an den Treibhausgas-Emissionen 2012 in Sachsen (Quelle: Emissionskataster Sachsen, LfULG)**

Die Pro-Kopf-Emissionen betragen 2012 (und auch 2013) in Deutschland 10,2 t für CO<sub>2</sub>, 0,7 t für CH<sub>4</sub> und 0,5 t für N<sub>2</sub>O. In Sachsen lagen die entsprechenden Werte für CH<sub>4</sub> (0,6 t) und N<sub>2</sub>O (0,4 t) darunter. Die Pro-Kopf-Emissionen für CO<sub>2</sub> liegen in Sachsen mit 11,9 t aufgrund des höheren Einsatzes von Braunkohle als Energieträger deutlich über denen von Deutschland.

CO<sub>2</sub> ist auch weltweit das bedeutendste THG.

Der Bericht 2014 der European Environment Agency in Kopenhagen (Dänemark) zu den globalen Trends der CO<sub>2</sub>-Emissionen zeigt folgende Zahlen (siehe Abbildung 65). [33]



**Abbildung 65: Globale CO<sub>2</sub>-Emissionen 2013 in Mio. t und t/Kopf und deren Entwicklung im Vergleich zum Jahr 1990 [33]**

Insbesondere in den Entwicklungs- und Schwellenländern (unterer Teil der Abbildung) haben die CO<sub>2</sub>-Emissionen seit 1990 drastisch zugenommen.

# Literaturverzeichnis

- [1] HAUSMANN, A.: Holzkleinfeuerungsanlagen in Sachsen. Schriftenreihe Heft 17/2010, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden 2010.  
<https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/14944>
- [2] SCHMIDT, W.; DÜRING, I. et al.: Einbindung des HBEFA 3.1 in das FIS Umwelt und Verkehr sowie Neufassung der Emissionsfaktoren für Aufwirbelung und Abrieb des Straßenverkehrs. Forschungsbericht, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden 2011.  
[http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/luft/70675\\_Sachstand\\_Zwischenbericht\\_11\\_2010.pdf](http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/luft/70675_Sachstand_Zwischenbericht_11_2010.pdf)
- [3] BRETSCHNEIDER, D.; SCHMIDT, W.; DÜRING, I.; LORENTZ, H. et al.: Verursacher, flächenhafte Belastung und Tendenzen für PM<sub>2,5</sub> in Sachsen. Schriftenreihe, Heft 8/2012, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden 2011.  
<https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/12982>
- [4] HAENEL, H.-D. et al.: Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft 1990 – 2013 - Report zu Methoden und Daten (RMD) Berichterstattung 2015; Thünen Report 27; Johann Heinrich von Thünen-Institut, Landbauforschung; Braunschweig, 2015  
<http://www.ti.bund.de/de/ak/arbeitsbereiche/emissionsinventare/>
- [5] Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen (Hrsg.): Statistisches Jahrbuch Sachsen 2014, Kamenz, 2014  
<http://www.statistik.sachsen.de/html/39502.htm>
- [6] Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen (Hrsg.): Statistisches Jahrbuch Sachsen 2013, Kamenz, 2013  
<http://www.statistik.sachsen.de/html/23798.htm>
- [7] Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen (Hrsg.): Bevölkerungsstand des Freistaates Sachsen nach Kreisfreien Städten und Landkreisen. Statistischer Bericht A I 1 – vj 4/14, Kamenz 2014  
[http://www.statistik.sachsen.de/download/100\\_Berichte-A/A1\\_1\\_vj4\\_14\\_SN.pdf](http://www.statistik.sachsen.de/download/100_Berichte-A/A1_1_vj4_14_SN.pdf)
- [8] Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen (Hrsg.): Bevölkerung des Freistaates Sachsen jeweils am Monatsende ausgewählter Berichtsmonate nach Gemeinden, Gebietsstand 31. Dezember 2013 (Quelle: Bevölkerungsfortschreibung auf Basis der Zensusdaten vom 9. Mai 2011)  
[https://www.statistik.sachsen.de/download/010\\_GB-Bev/Bev\\_Z\\_Gemeinde\\_1213.pdf](https://www.statistik.sachsen.de/download/010_GB-Bev/Bev_Z_Gemeinde_1213.pdf)
- [9] Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr (Hrsg.): Landesverkehrsplan Sachsen 2025, Dresden 2014  
<https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/20153>
- [10] Krafftahrt-Bundesamt (Hrsg.): Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Zulassungsbezirken und Gemeinden, Stand: 1. Januar 2013, Datenlieferung für das LfULG, 2013

- [11] Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden: Fachinformationssystem Umwelt und Verkehr (FIS UUV); Programmierung: Beak Consultants GmbH, Freiberg; fachliche Konzeption: Technische Universität Dresden, Institut für Verkehrsplanung und Straßenverkehr, Lehrstuhl Verkehrsökologie; Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG
- [12] Flughafen Dresden GmbH(Hrsg.): Verkehrsstatistik  
<http://www.dresden-airport.de/Unternehmen/struktur-fakten-personal/kenndaten-statistik.html>
- [13] Flughafen Leipzig/ Halle GmbH (Hrsg.): Verkehrsstatistik  
<https://www.leipzig-halle-airport.de/unternehmen/ueber-uns/zahlen-und-fakten/entwicklung-158.html>
- [14] Sächsische Binnenhäfen Oberelbe GmbH (Hrsg.): Statistik zum Güterumschlag der Sächsischen Binnenhäfen,  
 Datenlieferung für das LfULG, 2013
- [15] Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen (Hrsg.): Statistisch betrachtet - Energieversorgung in Sachsen - Ausgabe 2015, Kamenz 2015  
[https://www.statistik.sachsen.de/download/300\\_Voe-Faltblatt/SB\\_Energieversorgung\\_2015.pdf](https://www.statistik.sachsen.de/download/300_Voe-Faltblatt/SB_Energieversorgung_2015.pdf)
- [16] Länderinformationssystem Anlagen (LIS-A), Leitungsgruppe LIS-A der Länder Berlin, Brandenburg, Hessen, Mecklenburg-Vorpommern, Rheinland-Pfalz, Sachsen, Schleswig-Holstein und Thüringen; Technischer Betrieb: InfoNet-Umwelt Schleswig-Holstein
- [17] Riehl, Gerhard: Grünland in Sachsen. Daten und Fakten, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Stand 11.12.2013
- [18] Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen (Hrsg.): Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung im Freistaat Sachsen. Statistischer Bericht A V 1 – j/13, Kamenz 2013  
[https://www.statistik.sachsen.de/download/100\\_Berichte-A/A\\_V\\_1\\_j13\\_SN.pdf](https://www.statistik.sachsen.de/download/100_Berichte-A/A_V_1_j13_SN.pdf)
- [19] Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen, Dresden: ATKIS: Basis-DLM
- [20] Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (Hrsg.): Tierzuchtreport 2013 – Berichtsjahr 2012, Dresden 2013  
<https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/12158>
- [21] HAENEL, H.-D. et al.: Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft 1990 – 2013 – Tables Submission 2015; Braunschweig, 2015  
<http://www.ti.bund.de/de/ak/arbeitsbereiche/emissionsinventare/>
- [22] Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen: Bestimmte klimawirksame Stoffe im Freistaat Sachsen 2010. Statistischer Bericht Q IV 3 – j/10, Kamenz, 2013  
[https://www.statistik.sachsen.de/download/100\\_Berichte-Q/Q\\_IV\\_3\\_j12\\_SN.pdf](https://www.statistik.sachsen.de/download/100_Berichte-Q/Q_IV_3_j12_SN.pdf)
- [23] Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr (Hrsg.): Energie- und Klimaprogramm Sachsen 2012, Dresden 2013  
[http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/Energie-und\\_Klimaprogramm\\_Sachsen\\_2012.pdf](http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/Energie-und_Klimaprogramm_Sachsen_2012.pdf)

- [24] BENDER, J.; BERGMANN, E.; WEIGEL, H.-J.; GRÜNHAGE, L.; SCHRÖDER, M.; BUILTJES, P.; SCHAAP, M.; KRANENBURG, R.; WICHINK KRUIT, R.; STERN, R.; BAUMGARTEN, M.; MATYSSEK, R. (2015): Anwendung und Überprüfung neuer Methoden zur flächenhaften Bewertung der Auswirkung von bodennahem Ozon auf die Biodiversität terrestrischer Ökosysteme, Teil I, UBA-Texte 70/2015, <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/anwendung-ueberpruefung-neuer-methoden-zur>.
- [25] ROHDE, S. (Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie): schriftliche Mitteilung vom 05.10.2015
- [26] Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden: Informationen aus dem Bereich Umwelt/ Boden, Altlasten: Gebiete mit großflächig erhöhten Schadstoffgehalten  
Internet Bereich Boden: <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/boden/12276.htm>
- [27] Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr (Hrsg.): Energiedaten 2012, Datenquelle: Statistisches Landesamt Sachsen, Stand: 05.12.2014  
[http://www.energie.sachsen.de/download/Energiedaten\\_2012\\_gesamt.pdf](http://www.energie.sachsen.de/download/Energiedaten_2012_gesamt.pdf)
- [28] Bundeverband des Schornsteinfegerhandwerks – Zentralinnungsverband (ZIV) (Hrsg.): Erhebungen des Schornsteinfegerhandwerks in Sachsen für das Jahr 2012
- [29] Kraftfahrt-Bundesamt (Hrsg.): Bestand an Kraftfahrzeugen
- [30] European Environment Agency: NEC Directive status report 2014 - Reporting by Member States under Directive 2001/81/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2001 on national emission ceilings for certain atmospheric pollutants. EEA Technical report No 7/2015NEC, Kopenhagen 2015
- [31] Umweltbundesamt (Hrsg.): German Informative Inventory Report 2015  
<http://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/emissionen-von-luftschadstoffen>
- [32] Deutscher Bundestag: Aktionsprogramm Klimaschutz 2020 der Bundesregierung, Drucksache 18/3484
- [33] OLIVIER, J. G. J. et al. (PBL Netherlands Environmental Assessment Agency): Trends in global CO<sub>2</sub> emissions - Bericht 2014, The Hague, 2014



**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  
www.smul.sachsen.de/lfulg

**Autor:**

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

**Redaktion:**

siehe Autor

**Redaktionsschluss:**

30.12.2015

**Titelbild:**

Felix Schreiber

**Hinweis:**

Die Broschüre steht nicht als Printmedium zur Verfügung, kann aber als PDF-Datei unter <https://publikationen.sachsen.de/bdb/> 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.