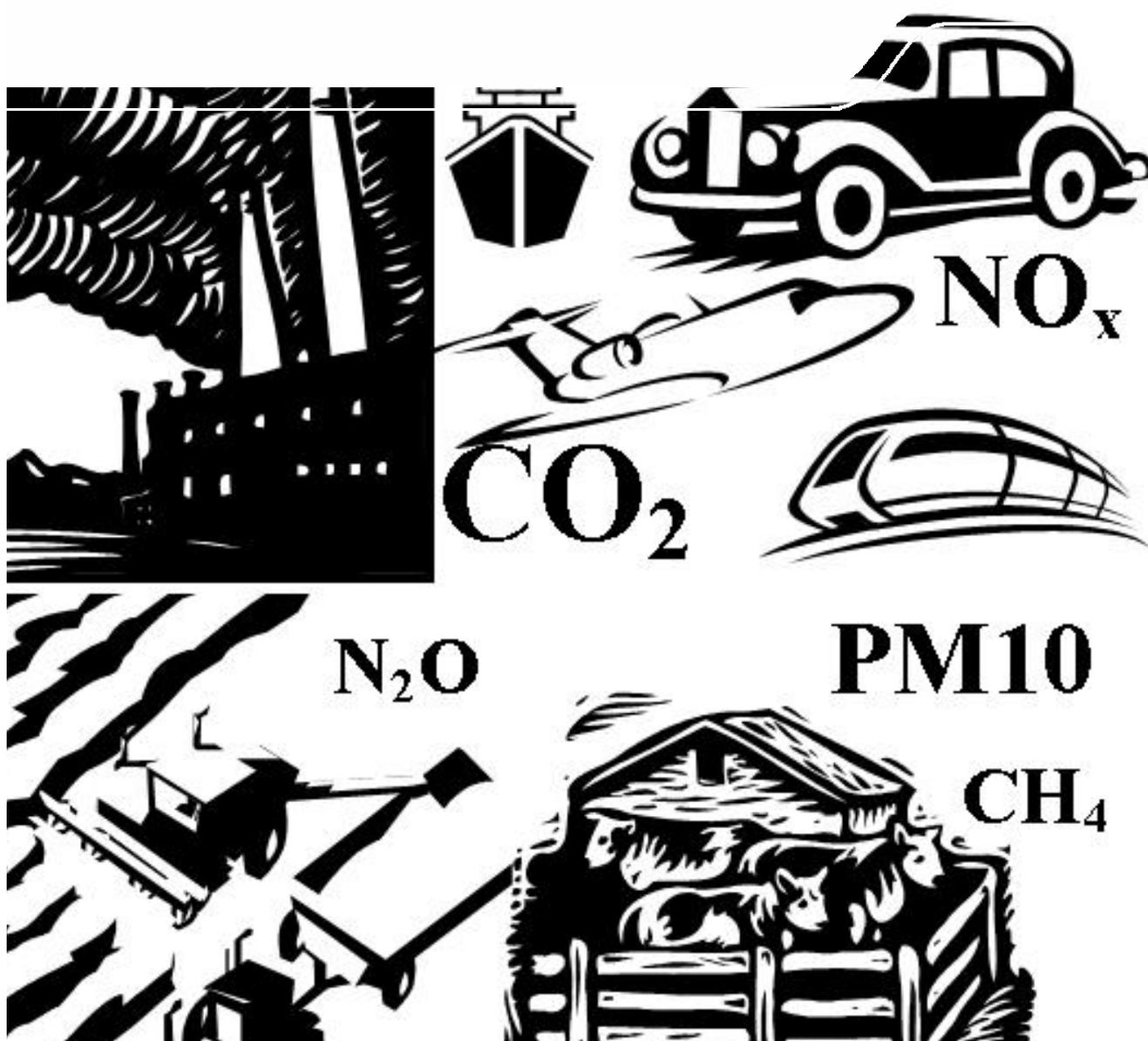


Luftschadstoff- und Treibhausgasemissionen in Sachsen

Verursacher und Trends



Luftschadstoff- und Treibhausgas-
emissionen in Sachsen
Verursacher und Trends
(Stand Juni 2012)

Ute Schreiber

	Zusammenfassung	9
1	Gebietsbeschreibung Sachsen.....	12
2	Datengrundlagen	19
3	Emissionssituation in Sachsen	22
3.1	Treibhausgase	22
3.1.1	Kohlendioxid	25
3.1.2	Methan	26
3.1.3	Distickstoffmonoxid (Lachgas)	27
3.1.4	Fluorierte Treibhausgase	28
3.2	Klassische Luftschadstoffe	30
3.2.1	Stickstoffoxide	30
3.2.2	Ammoniak	31
3.2.3	Schwefeldioxid	32
3.2.4	Versauerungs- und Eutrophierungsgase	32
3.2.5	Kohlenmonoxid	34
3.2.6	Flüchtige organische Verbindungen ohne Methan	35
3.2.7	Staub/Feinstaub	38
3.3	Persistente organische Luftschadstoffe	40
3.3.1	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe/Benzo-a-pyren	40
3.3.2	Polychlorierte Dibenzo-p-dioxine und Dibenzofurane	41
3.4	Schwermetalle	42
3.5	Verursacher	44
3.5.1	Emissionserklärungspflichtige Anlagen ohne GFA	44
3.5.2	Großfeuerungsanlagen	46
3.5.3	Kleinfeuerungsanlagen	48
3.5.4	Verkehr	51
3.5.5	Landwirtschaft	55
3.5.6	Deponien und Altablagerungen	57
3.5.7	Lösemittelanwendung	58
3.5.8	Sonstige	59
4	Sachsen im bundesdeutschen Vergleich	60

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Entwicklung der Emissionen ausgewählter Luftschadstoffe sowie der Treibhausgase in Sachsen	9
Abbildung 2: Bevölkerungsdichte in Sachsen nach Gemeinden (Stand: 31.12.2010)	12
Abbildung 3: Anteile der Nutzungsarten an der sächsischen Landesfläche 2010.....	13
Abbildung 4: Verteilung der Nutzungsflächen 2010 in Sachsen	13
Abbildung 5: Anteile der Nutzungsflächen an den Kreisflächen 2010 in Sachsen	14
Abbildung 6: Verteilung der nach 11. BImSchV emissionserklärungspflichtigen Anlagen nach Kreisen 2008 in Sachsen	16
Abbildung 7: Straßenverkehrsdichte 2010 in Sachsen	17
Abbildung 8: Anteile (in CO ₂ eq) von CO ₂ , CH ₄ und N ₂ O an den THG-Emissionen 2010 in Sachsen	22
Abbildung 9: Quellen der THG-Emissionen 2010 in Sachsen.....	23
Abbildung 10: Entwicklung der CO ₂ -Emissionen in Sachsen.....	25
Abbildung 11: Quellen der CO ₂ -Emissionen 2010 in Sachsen	26
Abbildung 12: Entwicklung der CH ₄ -Emissionen in Sachsen.....	26
Abbildung 13: Quellen der CH ₄ -Emissionen 2010 in Sachsen.....	27
Abbildung 14: Quellen der N ₂ O-Emissionen 2010 in Sachsen	27
Abbildung 15: Entwicklung der N ₂ O-Emissionen in Sachsen.....	28
Abbildung 16: Verwendung von Fluorkohlenwasserstoffen 2010 in Sachsen nach Einsatzbereichen und Wirtschaftszweigen ...	29
Abbildung 17: Verwendung von Fluorkohlenwasserstoffen (darunter als Kältemittel) in Sachsen.....	29
Abbildung 18: Entwicklung der NO _x -Emissionen in Sachsen.....	30
Abbildung 19: Quellen der NO _x -Emissionen 2010 in Sachsen.....	31
Abbildung 20: Quellen der NH ₃ -Emissionen 2010 in Sachsen.....	31
Abbildung 21: Quellen der SO ₂ -Emissionen 2010 in Sachsen.....	32
Abbildung 22: Entwicklung der Emissionen von Versauerungsgasen in Sachsen.....	33
Abbildung 23: Entwicklung der Emissionen von Eutrophierungsgasen in Sachsen.....	33
Abbildung 24: Entwicklung der CO-Emissionen in Sachsen.....	34
Abbildung 25: Quellen der CO-Emissionen 2010 in Sachsen.....	35
Abbildung 26: Entwicklung der NMVOC-Emissionen in Sachsen	36
Abbildung 27: Quellen der NMVOC-Emissionen 2010 in Sachsen.....	36
Abbildung 28: Entwicklung der Benzol-Emissionen in Sachsen	37
Abbildung 29: Quellen der Benzol-Emissionen 2010 in Sachsen	37
Abbildung 30: Entwicklung der Gesamtstaub-Emissionen in Sachsen	38
Abbildung 31: Quellen der PM10-Emissionen 2010 in Sachsen.....	39
Abbildung 32: Quellen der PM2.5-Emissionen 2010 in Sachsen.....	39
Abbildung 33: Quellen der BaP-Emissionen 2010 in Sachsen	40
Abbildung 34: Quellen der PCDD/F-Emissionen 2010 in Sachsen.....	41
Abbildung 35: Entwicklung der Schwermetall-Emissionen in Sachsen.....	43
Abbildung 36: Quellen der Schwermetall-Emissionen 2010 in Sachsen.....	43
Abbildung 37: Anteile der einzelnen Anlagenkategorien an den Emissionen 2008 der emissionserklärungspflichtigen Anlagen (ohne Großfeuerungs- und Tierhaltungsanlagen)	45
Abbildung 38: Entwicklung der Anzahl von Großfeuerungsanlagen und deren Feuerungswärmeleistung in Sachsen	47
Abbildung 39: Primärenergieverbrauch 2009 in Deutschland und Sachsen nach Energieträgern.....	47
Abbildung 40: Entwicklung der Braunkohleförderung und Energieintensität in Sachsen	48
Abbildung 41: Entwicklung der Stromerzeugung in Sachsen.....	48
Abbildung 42: Entwicklung des Verbrauchs fossiler Energieträger durch Haushalte und Kleinverbraucher in Sachsen	50
Abbildung 43: Endenergieverbrauch durch Haushalte und Kleinverbraucher nach Energieträgern 2009 in Sachsen.....	50
Abbildung 44: Anteile der Verkehrsträger an den NO _x - bzw. PM10-Emissionen 2010 in Sachsen.....	52
Abbildung 45: Anteile verschiedener Fahrzeugklassen an der Gesamtfahrleistung sowie den Emissionen von NO _x bzw. PM10 des Straßenverkehrs 2010	52
Abbildung 46: Entwicklung der Fahrleistungen pro Fahrzeugklasse in Sachsen.....	53
Abbildung 47: Anteile der Euro-Normen an den schadstoffreduzierten PKW 2010 in Sachsen.....	53

Abbildung 48: Anteile der Schadstoffklassen an den schadstoffreduzierten Nutzfahrzeugen 2010 in Sachsen.....	54
Abbildung 49: NO _x -Emissionen aus dem Straßenverkehr pro 1x1 km ² -Raster 2010 in Sachsen	54
Abbildung 50: Quellen der Treibhausgas-Emissionen aus der Landwirtschaft 2010 in Sachsen	55
Abbildung 51: Quellen der NH ₃ -Emissionen aus der Landwirtschaft 2010 in Sachsen	56
Abbildung 52: Anteile einzelner Tierarten an den THG-Emissionen aus der Tierhaltung 2010 in Sachsen.....	56
Abbildung 53: Entwicklung der Tierzahlen in Sachsen	57
Abbildung 54: Entsorgungswege der Siedlungsabfälle 2010 in Sachsen	58
Abbildung 55: Emissionen ausgewählter Schadstoffe pro Einwohner in Sachsen und Deutschland 2009.....	60

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Emissionserklärungspflichtige Anlagen im Jahr 2008 in Sachsen.....	15
Tabelle 2: Statistische Daten 2010 für Sachsen und seine Kreise bzw. kreisfreien Städte	18
Tabelle 3: Im Emissionskataster Sachsen erfasste Verursachergruppen und Stoffe.....	19
Tabelle 4: THG-Emissionen 2010 in Sachsen nach Emittentengruppen	23
Tabelle 5: Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen in Sachsen.....	24
Tabelle 6: Schwermetall-Emissionen 2010 in Sachsen	42
Tabelle 7: Emissionen der Emissionserklärungspflichtigen Anlagen (ohne GFA) 2008 in Sachsen	44
Tabelle 8: Emissionen aus Großfeuerungsanlagen 2010 in Sachsen	46
Tabelle 9: Emissionen aus Kleinfeuerungsanlagen 2010 in Sachsen.....	49
Tabelle 10: Emissionen aus dem Verkehr 2010 in Sachsen.....	51
Tabelle 11: Emissionen aus der Landwirtschaft 2010 in Sachsen	55
Tabelle 12: Emissionen aus Deponien und Altablagerungen 2010 in Sachsen	57
Tabelle 13: NMVOC-Emissionen aus der Lösemittelanwendung 2010 in Sachsen.....	58
Tabelle 14: THG-Emissionen der sonstigen Quellen 2010 in Sachsen	59
Tabelle 15: NH ₃ -Emissionen der sonstigen Quellen 2010 in Sachsen.....	59

Abkürzungsverzeichnis

Stoffe

As	Arsen
BaP	Benzo-a-pyren
Cd	Cadmium
CO	Kohlenmonoxid
CO ₂	Kohlendioxid
Cr	Chrom
Cu	Kupfer
FKW	voll- oder perfluorierte Kohlenwasserstoffe
H-FKW	wasserstoffhaltige Fluorkohlenwasserstoffe
Hg	Quecksilber
NH ₃	Ammoniak
Ni	Nickel
NM VOC	Non Methane Volatile Organic Compounds (= leicht flüchtige organische Verbindungen ohne Methan)
NO	Stickstoffmonoxid
NO ₂	Stickstoffdioxid
NO _x	Stickstoffoxide
N ₂ O	Distickstoffmonoxid (Lachgas)
PAK	Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe
Pb	Blei
PCDD/F	Polychlorierte Dibenzo-p-dioxine und Dibenzofurane
PM	Particulate Matter
PM _{2.5}	lungengängiger Feinstaub (im Gesamtstaub enthaltene Partikel, deren aerodynamischer Durchmesser <2,5 Mikrometer ist)
PM ₁₀	inhalierbarer Feinstaub (im Gesamtstaub enthaltene Partikel, deren aerodynamischer Durchmesser <10 Mikrometer ist)
POP	Persistent Organic Pollutants (persistente organische Luftschadstoffe)
SF ₆	Schwefelhexafluorid
SO ₂	Schwefeldioxid
SO _x	Schwefeloxide
THG	Treibhausgase
TSP	Total Suspended Particles (Gesamtstaub)
VOC	Volatile Organic Compounds (leicht flüchtige organische Verbindungen)
Zn	Zink

Einheiten

CO ₂ eq	CO ₂ -Äquivalent
Gg	Gigagramm (entspricht Kilotonne)
kg	Kilogramm
km	Kilometer
km ²	Quadratkilometer
mg	Milligramm
Mg	Megagramm (entspricht Tonne)
TG	Teragramm (entspricht Mio. Tonnen)

$$10^6 \text{ mg} = 1 \text{ kg} = 10^{-3} \text{ Mg} = 10^{-6} \text{ Gg} = 10^{-9} \text{ TG}$$

Gesetze und Verordnungen

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)

Sonstige

AG	Aktiengesellschaft
BMELV	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
CLRTAP	Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution
DTV	durchschnittlicher täglicher Verkehr
EEA	European Environment Agency
EG	Europäische Gemeinschaft
EMEP	European Monitoring and Evaluation Programme
EU	Europäische Union
EW	Einwohner
FKW	Fließwasserkörper
GFA	Großfeuerungsanlage
HBEFA	Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
KFZ	Kraftfahrzeug
LAUBAG	Lausitzer Braunkohle AG
LfULG	Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
mbH	mit beschränkter Haftung
MIBRAG	Mitteldeutsche Braunkohlengesellschaft mbH
NEC	National Emissions Ceilings
PKW	Personenkraftwagen
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
vTI	Johann Heinrich von Thünen- Institut
VDI	Verein Deutscher Ingenieure

Zusammenfassung

Der vorliegende Bericht gibt einen Überblick über Verursacher und Trends der Luftschadstoff- und Treibhausgasemissionen¹ in Sachsen. Danach haben sich nach den deutlichen Verbesserungen der Luftqualität in den 90er Jahren die Emissionen von Luftschadstoffen und Treibhausgasen in den letzten 10 Jahren auf ein stabiles Maß eingependelt (Abbildung 1). Aus diesem Grund erfolgt in diesem Bericht letztmalig eine vertiefende Bewertung ab dem Jahr 1990.

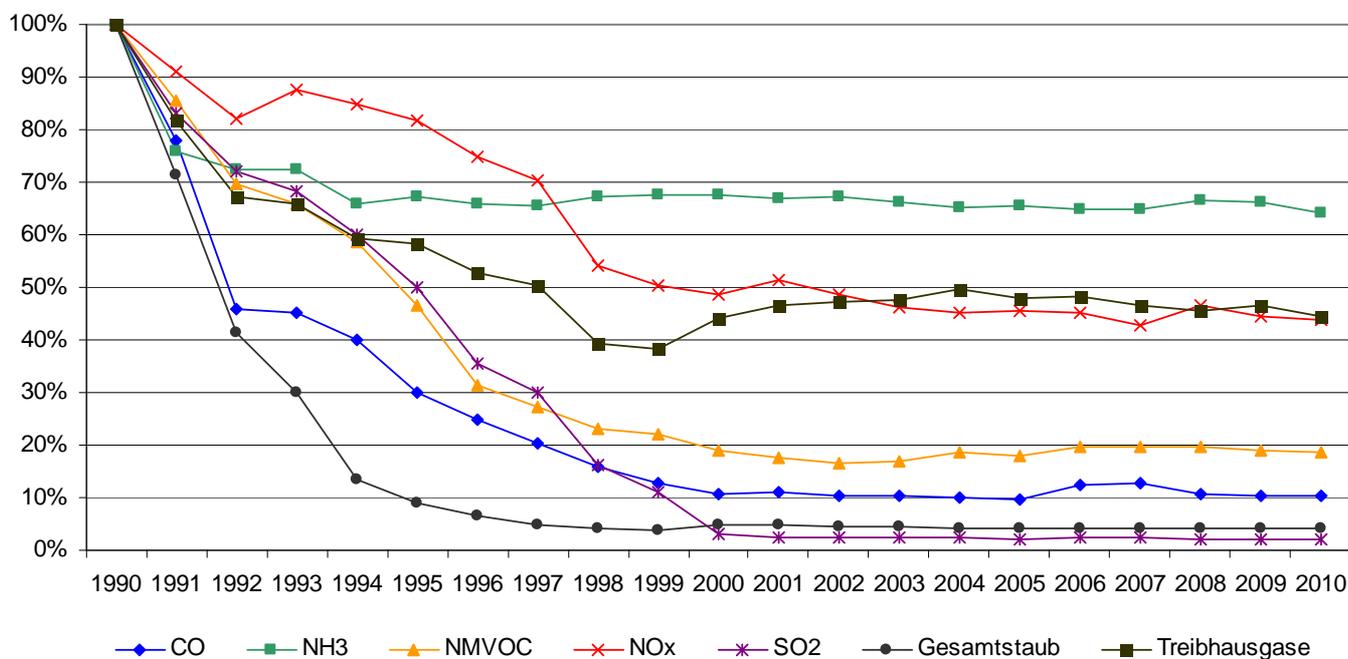


Abbildung 1: Entwicklung der Emissionen ausgewählter Luftschadstoffe sowie der Treibhausgase in Sachsen

Der starke Rückgang der Emissionen in den 1990er-Jahren ist hauptsächlich auf die durch die Wiedervereinigung Deutschlands ausgelösten Umstrukturierungsprozesse in Sachsen (Stilllegung veralteter Anlagen, Umstieg auf emissionsärmere Energieträger, Dezimierung der Tierbestände in der Landwirtschaft) zurückzuführen. Inzwischen hat sich Sachsen zu einem wettbewerbsfähigen Industriestandort entwickelt. Das Entstehen von Emissionen bleibt unvermeidlich. Es gilt aber, solche Lösungen zu finden, die ein umweltverträgliches Wirtschaftswachstum ermöglichen.

Treibhausgase wirken global auf die gesamte Erde, während Luftschadstoffe einen eher lokalen Einfluss haben. Aber beide Schadstoffgruppen haben häufig gemeinsame Ursachen. Meist fühlen sich Bürger dann unmittelbar betroffen, wenn die Luftqualität eine direkte Auswirkung auf die Gesundheit hat.

Da sich der größte Teil der menschlichen Aktivitäten in den Städten konzentriert, wo die größte Bevölkerungsdichte herrscht, bleibt vor allem dort der Erhalt einer guten Luftqualität eine ständige Herausforderung. In Innenstädten ist insbesondere der Straßenverkehr die dominierende Quelle für die Luftschadstoffe. Der Transport von industriellen Luftschadstoffen trägt in Abhängigkeit der Ausbreitungsbedingungen direkt oder indirekt vornehmlich zur Hintergrundbelastung bei.

Die derzeitige Emissionssituation in Sachsen lässt sich wie folgt zusammenfassen.

Treibhausgase

Die **Treibhausgasemissionen** Sachsens (als Summe von Kohlendioxid, Methan und Distickstoffmonoxid) betragen im Jahr 2010 **52,2 Tg CO₂-Äquivalente (CO₂eq)** und waren somit 2010 um 5 % niedriger als im Vorjahr, 8 % niedriger als 2006 und 56 % niedriger als im Basisjahr 1990.

¹ Unter Emission ist hier die Abgabe bestimmter Stoffe in die Erdatmosphäre zu verstehen, die primär durch den Menschen verursacht wird und die Umwelt negativ beeinflusst.

Da die Wirkung der vom Menschen freigesetzten Treibhausgase auf die Strahlungsbilanz unterschiedlich ist, werden Treibhauspotenzial-Äquivalenzfaktoren verwendet, die auf die Wirksamkeit von CO₂ und einen Wirkzeitraum von 100 Jahren bezogen sind. So lassen sich die wirksamen Treibhausgase als CO₂-Äquivalente (CO₂eq) zusammenfassen.

Die Emissionen von **Kohlendioxid (CO₂)** waren im Jahr 2010 mit einem Anteil von 91 % (**47,7 Tg**) hauptverantwortlich für die Treibhausgasemissionen in Sachsen. Im Vergleich zu 1990 sanken die CO₂-Emissionen um 56 %, von 2006 zu 2010 um 7 % und von 2009 zu 2010 um 5 %. Hauptverursacher der CO₂-Emissionen sind Großfeuerungsanlagen.

Das **sächsische Klimaschutzziel** „CO₂-Minderung 2020 im Vergleich zu 1990 um -52 %“ ist **für 2010 bereits erfüllt**. Im Energie- und Klimaprogramm Sachsen (Entwurf vom 12.10.2011) werden weitere Ziele definiert.

Methan (CH₄) hatte 2010 einen Anteil von 5 % (**2,4 Tg CO₂eq**) an den Treibhausgasemissionen. Die CH₄-Emissionen sanken von 1990 bis 2010 um 60 %, von 2006 bis 2010 um 19 % und von 2009 bis 2010 um 5 %. Deponien und Altablagerungen sind gemeinsam mit der Landwirtschaft die bedeutendsten Quellen für CH₄-Emissionen.

Distickstoffmonoxid (N₂O), auch als Lachgas bekannt, war 2010 mit einem Anteil von 4 % (**2,1 Tg CO₂eq**) an den Treibhausgasemissionen beteiligt. Die N₂O-Emissionen lagen um 39 % unter denen von 1990. Von 2006 bis 2010 sanken sie um 6 %, von 2009 bis 2010 um 2 %. Hauptemittent der N₂O-Emissionen ist die Landwirtschaft.

Versauernd und eutrophierend wirkende Luftschadstoffe

Die Versauerung wird vorrangig durch nasse oder trockene Deposition der Luftschadstoffe Schwefeldioxid (SO₂), Stickstoffoxid (NO_x) und Ammoniak (NH₃) sowie ihrer atmosphärischen Reaktionsprodukte bewirkt.

Im Jahr 2010 setzte sich die Summe der versauernd wirkenden Luftschadstoffe (in Säure-Äquivalenten²) aus 38 % NH₃, 38 % NO_x und 24 % SO₂ zusammen. 1990 war die Zusammensetzung folgendermaßen: 88 % SO₂, 7 % NO_x und 5 % NH₃.

Eutrophierung nennt man den übermäßigen Eintrag von Stickstoff in Ökosysteme (Überdüngung). Sie kann durch die Luftschadstoffe NO_x und NH₃ verursacht werden.

Der Trend bei der Überschreitung ökologischer Belastungsgrenzen für den Eintrag versauernd wirkender Luftschadstoffe zeigt eine deutliche Verminderung insbesondere bei der Menge von Säureeinträgen. Dies führt zu einer zunehmend geringeren Überschreitung von ökologischen Belastungsgrenzen und zu einem Wechsel des Belastungstyps von der vorwiegend durch den Schwefeleintrag verursachten Überschreitung zur stickstoffdominierten Belastung.

Bei der Eutrophierung durch Stickstoffeinträge hat sich keine so gravierende Verbesserung ergeben

In den Jahren von 1990 bis 1999 kam es zu einem starken Rückgang der **SO₂-Emissionen** um 89 %. Die SO₂-Emissionen lagen im Jahr 2010 bei **30 Gg**. Dies entspricht einer Reduktion im Vergleich zu 1990 um 98 %. Hauptverursacher der SO₂-Emissionen sind Großfeuerungsanlagen.

Die **NO_x-Emissionen** nahmen von 1990 bis 2010 um 56 % ab, wobei bereits von 1990 bis 1999 eine Abnahme um 49 % zu verzeichnen war. 2010 betragen die NO_x-Emissionen **71 Gg**. Verantwortlich für die NO_x-Emissionen sind vor allem der Straßenverkehr und Großfeuerungsanlagen.

Die **NH₃-Emissionen** lagen 2010 bei **25 Gg**. Die Reduktion im Vergleich zum Basisjahr 1990 beträgt 36 %. Hauptemittent der NH₃-Emissionen ist die Landwirtschaft.

Ozonvorläufersubstanzen

Zu den Ozonvorläufersubstanzen zählen vor allem flüchtige organische Verbindungen (VOC) und Stickstoffoxide (NO_x). Auch Kohlenmonoxid (CO) trägt zur Ozonbildung bei.

Von 1990 bis 2010 konnten die **NMVOC-Emissionen** (flüchtige organische Verbindungen ohne Methan) um 82 % reduziert werden. Sie betragen 2010 **37 Gg**. Bereits 1999 war eine Verringerung von 76 % gegenüber 1990 zu verzeichnen. NMVOC-Emissionen werden vorrangig durch Lösemittelanwendung und den Straßenverkehr erzeugt. Benzol (C₆H₆) gehört zur Gruppe

² Säure-Äquivalente werden stöchiometrisch errechnet - bezogen auf das wirksame Säure-Ion H⁺, d. h. die Berechnung erfolgt aus den Emissionsangaben von SO₂/32, NH₃/17 und NO_x (berechnet als NO₂/46).

der NMVOC, wird aber aufgrund seiner toxikologischen Bedeutung extra angeführt Die **C₆H₆-Emissionen** betragen 2010 **0,6 Gg**. Sie stammen vorrangig aus dem Verkehrssektor.

Die **CO-Emissionen** lagen 2010 bei **137 Gg**. Dies entspricht einer Verringerung von 90 % im Vergleich zu 1990. Bereits 1999 lagen die Emissionen 87 % unter denen von 1990. Hauptverantwortlich für die CO-Emissionen sind Kleinf Feuerungsanlagen und Straßenverkehr.

NO_x und CH₄ wurden in den beiden vorhergehenden Abschnitten diskutiert.

Staub

Wegen der Verringerung der Emissionen an Grobstaub durch Einbau wirksamer Filteranlagen oder Stilllegung wesentlicher Quellen überwiegen bei den im sächsischen Emissionskataster erfassten Staub-Emissionen heute die Feinstäube. Im Jahr 2010 wurden **12 Gg Gesamtstaub** (= 4 % der Emissionen von 1990) und davon **8 Gg PM10** bzw. **4 Gg PM2.5** emittiert.

Hohe Staubbelastungen sind ein lokales – mitunter aber auch ein regionales – Problem. Die Kombination aus ungünstigen meteorologischen Bedingungen, hohen lokalen Emissionen (vorrangig aus dem Straßenverkehr) und Ferneinträgen führt häufig zur Überschreitung der Immissionsgrenzwerte für Feinstaub.

Persistente organische Verbindungen

Persistente organische Verbindungen (POP) gelangten 2010 in folgenden Maßen in die Umwelt:

- **Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK als Stoffgruppe): 93 Mg** (= 15 % der Emissionen von 1990)
- davon **Benzo(a)pyren (BaP): 2 Mg** (= 21 % der Emissionen von 1990)
- **Polychlorierte Dibenzop-dioxine und Dibenzofurane (PCDD/F): 532 mg** (= 3 % der Emissionen von 1990)

Hauptverursacher der Emissionen von POP sind Kleinf Feuerungsanlagen für feste Brennstoffe.

Schwermetalle

Schwermetalle wurden im Jahr 2010 in folgendem Umfang emittiert:

■ Arsen (As):	429 kg
■ Blei (Pb):	2 344 kg
■ Cadmium (Cd):	346 kg
■ Chrom (Cr):	1 165 kg
■ Kupfer (Cu):	1 558 kg
■ Nickel (Ni):	4 373 kg
■ Quecksilber (Hg):	1 474 kg
■ Zink (Zn):	3 849 kg

Im Vergleich zu 1990 gingen die Schwermetall-Emissionen auf ein Sechstel oder weniger zurück.

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

1 Gebietsbeschreibung Sachsen

Das Gebiet des Freistaates Sachsen umfasst 18 418 Quadratkilometer und ist in die kreisfreien Städte Chemnitz, Dresden und Leipzig sowie 467 kreisangehörige Gemeinden (darunter 50 große Kreisstädte) gegliedert (Stand 01.01.2011) [1]. Der Freistaat ist das viertkleinste Flächenland Deutschlands.

Bevölkerung

Am 31. Dezember 2010 lebten 4 149 477 Einwohner im Freistaat Sachsen. Mit einer Bevölkerungsdichte von 225 Einwohnern je km² nimmt Sachsen im bundesdeutschen Vergleich unter den Flächenländern einen mittleren Platz ein [1].

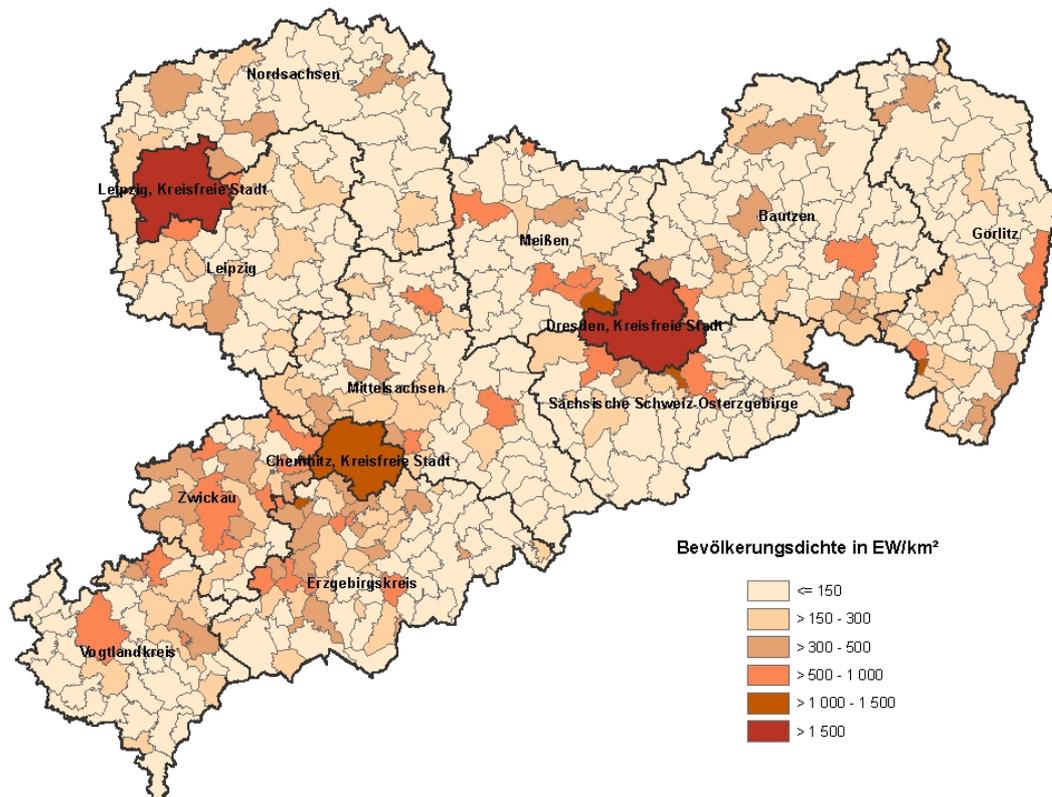


Abbildung 2: Bevölkerungsdichte in Sachsen nach Gemeinden (Stand: 31.12.2010)

(Datenquelle: [1], Geobasisdaten: © 2011, Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen (GeoSN))

Im Jahr 2010 gab es in Sachsen 2 213 500 Privathaushalte. Seit 2001 setzt sich der Trend zu kleineren Haushalten weiter fort. Während die Anteile der Ein- und Zweipersonenhaushalte gestiegen sind, verringerte sich der Anteil der Haushalte mit drei, vier oder mehr Personen. Deutliche Unterschiede hinsichtlich der Haushaltsgröße bestehen zwischen den einzelnen Gemeindegrößenklassen. Der Anteil der Einpersonenhaushalte nimmt mit steigender Gemeindegröße stetig zu [2].

Haushaltsgröße und Wohnfläche pro Einwohner sind wichtige Einflussfaktoren für den Energieverbrauch und damit auch für die Emissionsentwicklung.

In den Städten wird ein Großteil der Bevölkerung über Fernwärme versorgt. In ländlichen Gebieten werden nach wie vor noch viele Kleinf Feuerungsanlagen mit Kohle und Holz betrieben.

Landnutzung

Die Abbildung 3 zeigt die Aufteilung der Landesfläche nach den einzelnen Nutzungsarten. Mehr als die Hälfte (55 %) wird als Landwirtschaftsfläche ausgewiesen [3]. Angebaut werden in Sachsen vor allem Getreide und Raps, aber auch Ackerfutter [4]. Etwas mehr als die Hälfte der Gesamterlöse der sächsischen Landwirtschaft stammen aus der Tierhaltung [5].

Im Jahr 2010 gab es in Sachsen 6 287 landwirtschaftliche Betriebe, darunter 4 737 mit Tierhaltung. Die Tierzahlen betragen: 498 044 Rinder (davon 187 011 Milchkühe), 658 479 Schweine, 102 176 Schafe, 7 287 Ziegen, 11 772 Einhufer (u. a. Pferde und Maulesel), 8 234 943 Hühner, 20 007 Enten, 15 436 Gänse und 194 878 Truthühner [6].

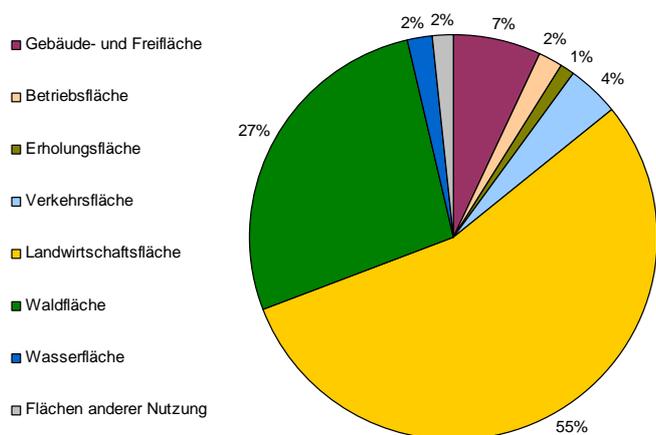


Abbildung 3: Anteile der Nutzungsarten an der sächsischen Landesfläche 2010

(Datenquelle: [3])

In den folgenden Abbildungen sind die Verteilungen der Nutzflächen auf Sachsen bzw. die sächsischen Landkreise und kreisfreien Städte dargestellt.

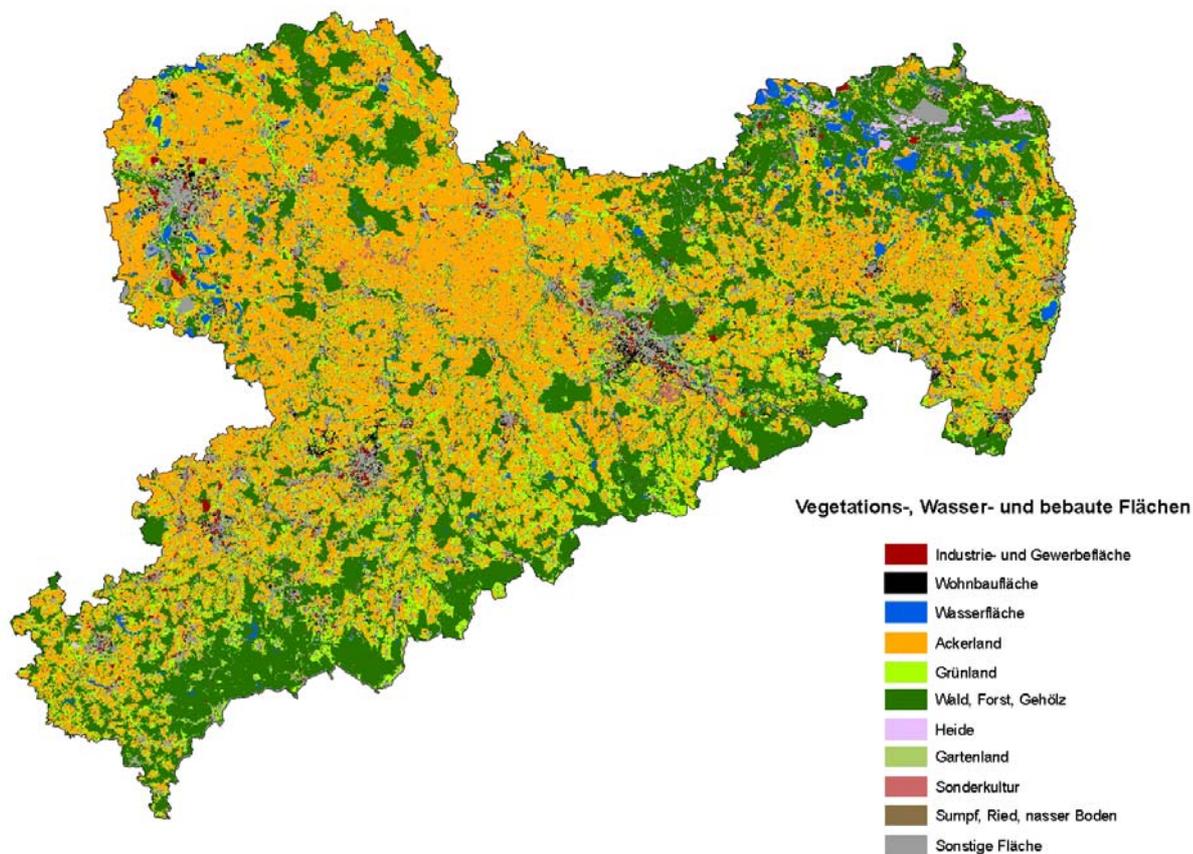


Abbildung 4: Verteilung der Nutzflächen 2010 in Sachsen

(Geobasisdaten: © 2011, Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen (GeoSN))

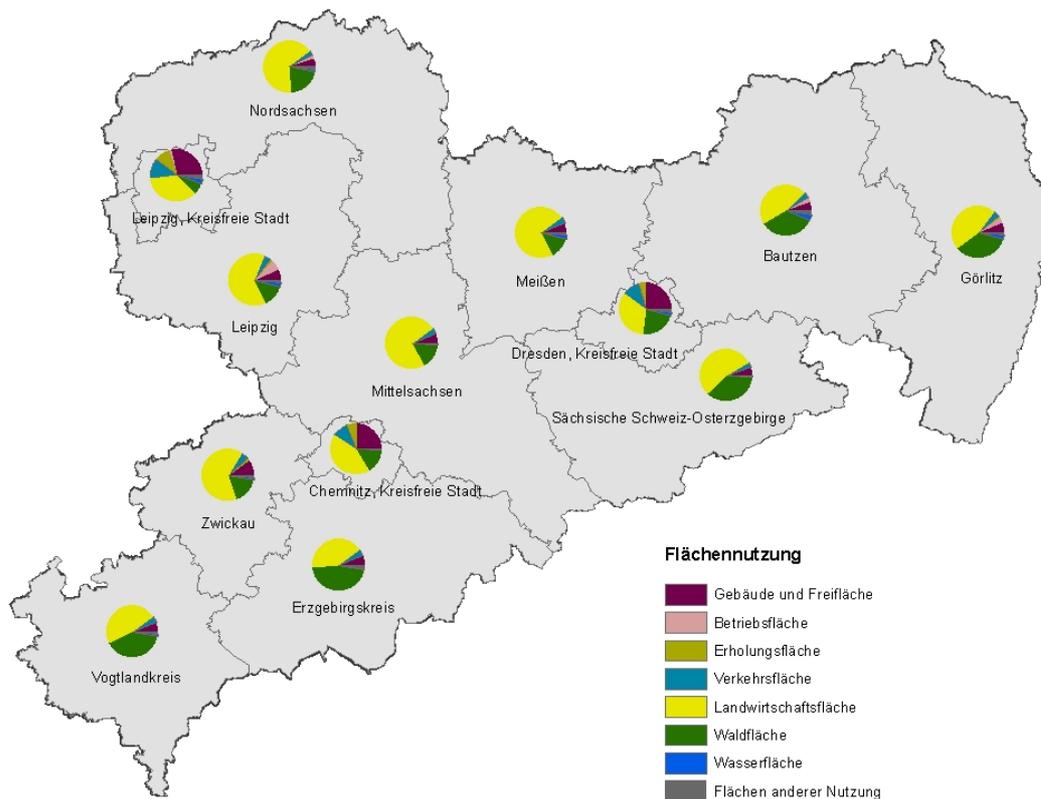


Abbildung 5: Anteile der Nutzungsflächen an den Kreisflächen 2010 in Sachsen

(Geobasisdaten: © 2011, Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen (GeoSN))

Industrie

Sachsen hat sich in den letzten Jahren zu einem wettbewerbsfähigen Industriestandort entwickelt. Die bedeutendsten industriellen Wirtschaftszweige – gemessen an der Beschäftigtenzahl – sind die Metallherzeugung und –bearbeitung/ Herstellung von Metallherzeugnissen, der Maschinen- und Fahrzeugbau sowie die Herstellung von Büromaschinen; Elektrotechnik, Feinmechanik, Optik [4].

Die Braunkohleindustrie hat in Sachsen stark investiert. Derzeit wird in zwei Braunkohlerevieren, dem Lausitzer Revier (Tagebau Nochten) und dem Mitteldeutschen Revier (Tagebau Vereinigtes Schleenhain und sächsischer Teil des Tagebaus Profen), gefördert. 2010 wurde von der Mitteldeutschen Braunkohlengesellschaft mbH (MIBRAG) und der Lausitzer Braunkohle AG (LAUBAG) zusammen 31,7 Mio. t Braunkohle gefördert, die in den Kraftwerken Boxberg und Lippendorf verstromt wurden [7]. Sachsen ist ein Stromexportland.

Das Kraftwerk Lippendorf befindet sich in Böhlen im Kreis Leipzig. Im Jahr 2000 wurde das moderne Braunkohlekraftwerk mit einem Nettowirkungsgrad von etwa 43 % in Betrieb genommen. Die Fernwärmeauskopplung erhöht den Ausnutzungsgrad des Energieträgers Rohbraunkohle nochmals.

Das Kraftwerk Boxberg befindet sich im Kreis Görlitz in der Nähe der Gemeinde Boxberg. Das Kraftwerk ging bereits in den 1970er Jahren in Betrieb. 1992 bis 1995 wurden die beiden Blöcke von Werk III mit modernster Umwelttechnik nachgerüstet und für einen unbefristeten Weiterbetrieb ertüchtigt. Seit 2000 ersetzt das Werk IV die zurückgebauten Anlagen der Werke I und II. Der Nettowirkungsgrad liegt bei 36 % (Werk III) bzw. 42 % (Werk IV). Für den Herbst 2012 ist der Dauerbetrieb des neuen Kraftwerkblockes R mit einem Nettowirkungsgrad von mehr als 43 % geplant.

Die Betreiber bestimmter genehmigungsbedürftiger Anlagen sind gesetzlich verpflichtet, alle 4 Jahre eine Emissionserklärung nach der 11. BImSchV abzugeben, die Angaben zu einer ganzen Reihe von Schadstoffemissionen enthält, sofern diese eine bestimmte Mengenschwelle überschreiten. Im Jahr 2008 fielen 1 273 Anlagen unter die Emissionserklärungspflicht (Tabelle 1). Für Großfeuerungsanlagen existieren darüber hinaus jährliche Berichtspflichten nach der 13. BImSchV.

Tabelle 1: Emissionserklärungspflichtige Anlagen im Jahr 2008 in Sachsen

Nr. nach Anhang zur 4. BImSchV	Branche nach Anhang zur 4. BImSchV	Anlagenzahl
1	Wärmeerzeugung, Bergbau, Energie davon Großfeuerungsanlagen	212 28
2	Steine und Erden, Glas, Keramik, Baustoffe	184
3	Stahl, Eisen und sonstige Metalle einschließlich Verarbeitung	128
4	Chemische Erzeugnisse, Arzneimittel, Mineralölraffination und Weiterverarbeitung	70
5	Oberflächenbehandlung mit organischen Stoffen, Herstellung von bahnenförmigen Materialien aus Kunststoffen, sonstige Verarbeitung von Harzen und Kunststoffen	117
6	Holz, Zellstoff	18
7	Nahrungs-, Genuss- und Futtermittel, landwirtschaftliche Erzeugnisse	177
8	Verwertung und Beseitigung von Abfällen und sonstigen Stoffen	276
9	Lagerung, Be- und Entladen von Stoffen und Zubereitungen	17
10	Sonstiges	73
Summe		1 272

Die Abbildung 6 zeigt die Verteilung dieser Anlagen in Sachsen nach Landkreisen bzw. kreisfreien Städten.

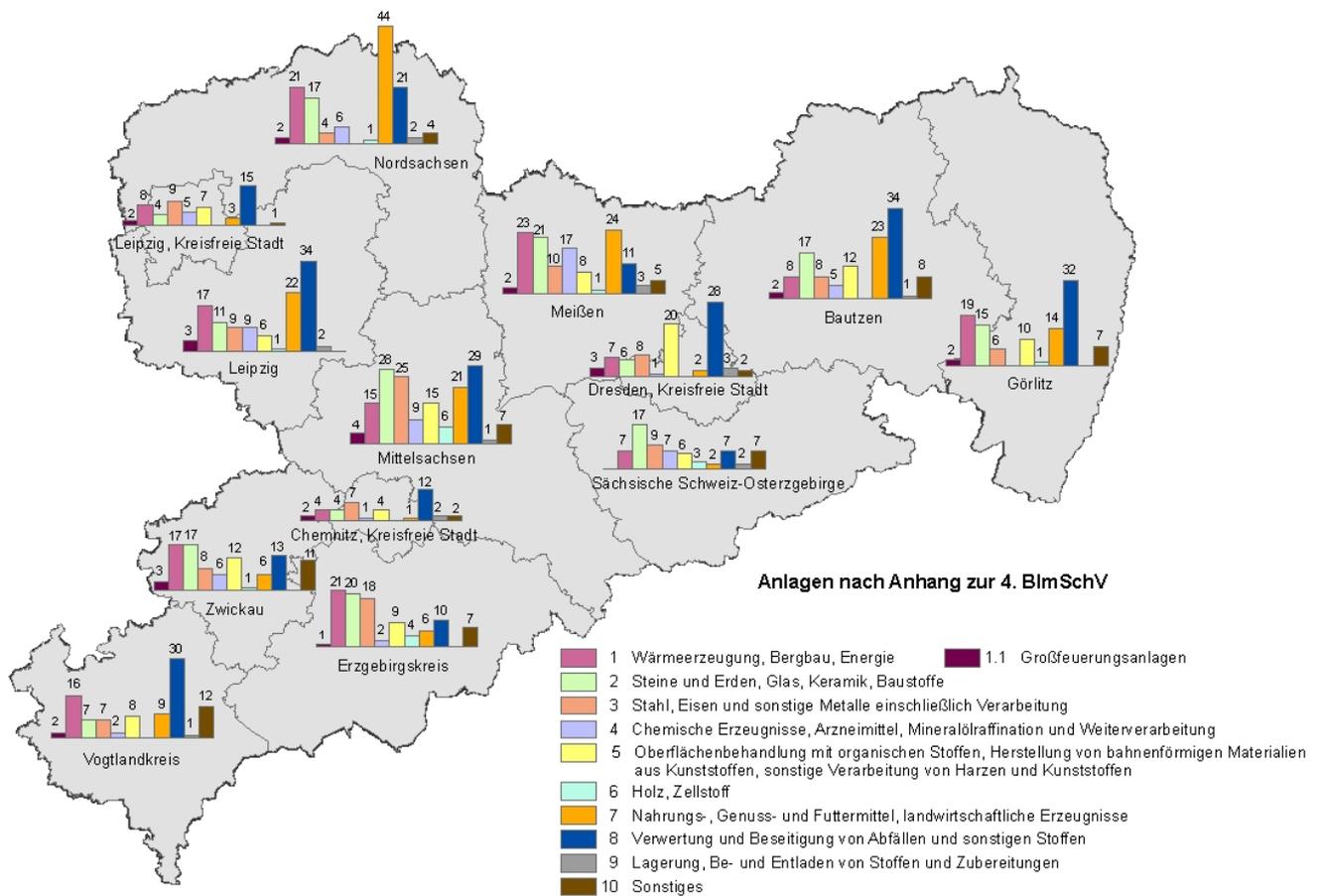


Abbildung 6: Verteilung der nach 11. BImSchV emissionserklärungspflichtigen Anlagen nach Kreisen 2008 in Sachsen
(Geobasisdaten: © 2011, Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen (GeoSN))

Verkehr

Mit 740 m überörtlicher Straße pro km² hat Sachsen eine über dem Bundesdurchschnitt liegende Straßendichte [4].

Der Kraftfahrzeugbestand lag mit Stand 01.01.2011 bei 2 448 377 amtlich zugelassenen Fahrzeugen (darunter 2 072 636 PKW, 165 073 LKW, 9 883 Sattelzugmaschinen, 41 650 landwirtschaftliche Zugmaschinen, 141 014 Krafträder 3 716 Busse und 14 405 sonstige Fahrzeuge) [8]. Die Abbildung 7 zeigt die Verkehrsbelegung auf dem Hauptstraßennetz.

Des Weiteren verfügt Sachsen über ein Eisenbahnnetz von rund 2 600 km und hat damit die höchste Schienennetzdichte aller Bundesländer [9].

Über die Bundeswasserstraße Elbe existiert eine Anbindung an die norddeutschen Seehäfen und damit an den internationalen Handel. Zur Entwicklung der Binnenschifffahrt sanierte der Freistaat die Häfen in Torgau, Riesa und Dresden. Die „Sächsische Dampfschiffahrt“ verkehrt auf einem ca. 101 km langen Fahrtgebiet [10].

Es gibt mit Dresden und Leipzig/Halle zwei Verkehrsflughäfen. Seit 2008 betreibt die DHL am Flughafen Leipzig/Halle den Europa-Hub für Luftfrachtexpress [11].

Die beiden großen sächsischen Flughäfen beförderten im Jahr 2010 zusammen 4 199 993 Passagiere (davon Leipzig/ Halle: 56 %, Dresden: 44 %) bzw. 663 438 t Luftfracht (Leipzig/ Halle: fast 100 %). Es 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.

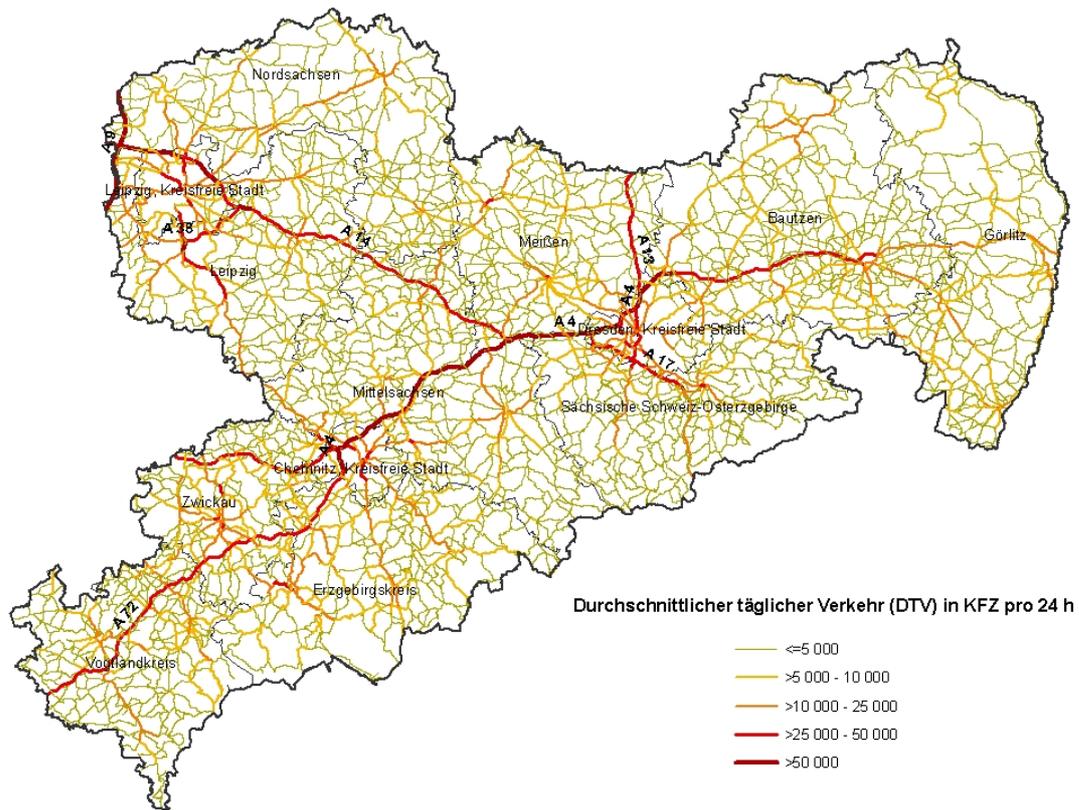


Abbildung 7: Straßenverkehrsdichte 2010 in Sachsen

(Geobasisdaten: © 2011, Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen (GeoSN))

Tabelle 2: Statistische Daten 2010 für Sachsen und seine Kreise bzw. kreisfreien Städte [1,8]

Kreisfreie Stadt Landkreis Direktionsbezirk Land	Bodenfläche in km ²	Einwohner (EW)	EW je km ²	Beschäftigte	Anteil Beschäftigte	Kraftfahr- zeuge (KFZ)	KFZ je 1.000 EW	Wohngebäude	Wohnfläche in Wohngebäuden in 1.000 m ²	Wohnungen	EW je Wohnung
Chemnitz, Stadt	221	243 248	1 101	106 864	44 %	136 744	562	30 719	96 301	150 108	1,6
Erzgebirgskreis	1 828	368 167	201	107 036	29 %	243 095	660	79 605	139 363	201 279	1,8
Mittelsachsen	2 113	328 342	155	104 518	32 %	218 747	666	74 626	123 703	174 246	1,9
Vogtlandkreis	1 412	244 402	173	76 340	31 %	162 288	664	57 244	100 017	144 193	1,7
Zwickau	949	341 932	360	118 573	35 %	216 226	632	70 478	135 007	196 677	1,7
Direktionsbezirk Chemnitz	6 523	1 526 091	234	513 331	34 %	977 100	640	312 672	594 391	866 503	1,8
Dresden, Stadt	328	523 058	1 595	223 242	43 %	235 512	450	54 085	185 827	281 998	1,9
Bautzen	2 391	321 511	134	100 069	31 %	213 915	665	75 086	120 866	159 910	2,0
Görlitz	2 106	276 924	131	77 451	28 %	170 202	615	66 195	114 256	154 872	1,8
Meißen	1 452	253 069	174	81 079	32 %	157 333	622	55 311	96 493	131 174	1,9
Sächsische Schweiz-Osterzgebirge	1 654	252 308	153	69 638	28 %	162 504	644	54 060	92 988	129 936	1,9
Direktionsbezirk Dresden	7 931	1 626 870	205	551 479	34 %	939 466	577	304 737	610 430	857 890	1,9
Leipzig, Stadt	297	522 883	1 761	211 234	40 %	221 915	424	55 926	208 220	312 164	1,7
Leipzig	1 647	267 410	162	69 296	26 %	174 329	652	65 127	103 852	136 732	2,0
Nordsachsen	2 020	206 223	102	64 485	31 %	135 567	657	50 284	80 273	105 688	2,0
Direktionsbezirk Leipzig	3 964	996 516	251	345 015	35 %	531 811	534	171 337	392 345	554 584	1,8
Freistaat Sachsen	18 418	4 149 477	225	1 409 825	34 %	2 448 377	590	788 746	1 597 166	2 278 977	1,8
<i>Kreisfreie Städte</i>	<i>846</i>	<i>1 289 189</i>	<i>1 524</i>	<i>541 340</i>	<i>42 %</i>	<i>594 171</i>	<i>461</i>	<i>140 730</i>	<i>490 348</i>	<i>744 270</i>	<i>1,7</i>
<i>Kreisangehörige Gemeinden</i>	<i>17 572</i>	<i>2 860 288</i>	<i>163</i>	<i>868 485</i>	<i>30 %</i>	<i>1 854 206</i>	<i>648</i>	<i>648 016</i>	<i>1 106 818</i>	<i>1 534 707</i>	<i>1,9</i>

2 Datengrundlagen

Die Emission von Luftschadstoffen und Treibhausgasen wird für Sachsen 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).

Die Auswertung erfolgt nach dem Prinzip der Quellenbilanz, d. h. die Emissionen werden dort ausgewiesen, wo sie tatsächlich anfallen. Je nach Fragestellung können die Daten räumlich (z. B. für einzelne Gemeinden), nach Verursachergruppen und in ihrer zeitlichen Entwicklung näher untersucht werden.

Das Emissionskataster liefert Datengrundlagen für die Aufstellung von Luftreinhalteplänen, landesweiten Zielen, emittentenbezogene Ursachenanalysen, Immissionsmodellierungen und -prognosen. Die Erkenntnisse aus dem Emissionskataster sind darüber hinaus auch ein Planungsinstrument für die Bauleitplanung in den Kommunen und werden zur Information für die Bevölkerung und zur Unterstützung der öffentlichen Meinungsbildung verwendet. Das Kataster unterliegt einem ständigen Prozess der Kontrolle und Überarbeitung im Sinne der Einarbeitung des aktuellen Wissensstandes. Die dargestellten Emissionsdaten ersetzen deshalb die publizierten Daten früherer Berichte.

Die Tabelle 3 gibt einen Überblick über die im Emissionskataster des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) erfassten Stoffe und Verursacher.

Tabelle 3: Im Emissionskataster Sachsen erfasste Verursachergruppen und Stoffe

	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	PM	NH ₃	CO	SO ₂	NMVOC	Benzol	PAK/ BaP	PCDD/F	Schwermetalle
Umweltproblematik:													
direkte Auswirkungen				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Treibhauseffekt	X	X	X										
Ozonbildung		X		X			X		X				
Versauerung				X		X		X					
Eutrophierung				X		X							
Schwebstaubbelastung				X	X	X		X	X				
Verursachergruppen:													
Großfeuerungsanlagen	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X
Sonstige emissionserklärungs-pflichtige Anlagen	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X
Verkehr	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Landwirtschaft		X	X	X	X	X			X				
Kleinfeuerungsanlagen	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X
Deponien/ Altdeponien	X	X											
Abwasserbehandlung	X	X	X										
Kompostierung	X	X	X										
Braunkohleförderung		X											
Erdgasverteilung		X											
Lösemittelanwendung									X				

X = Hauptemittent/en des jeweiligen Luftschadstoffes

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 der Deutschen Bahn AG 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.

Emissionserklärungspflichtige Anlagen

Gemäß § 27 Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) in Verbindung mit der Emissionserklärungsverordnung (11. BImSchV) sind die Betreiber bestimmter genehmigungsbedürftiger Anlagen verpflichtet, die von diesen Anlagen ausgehenden Emissionen zu erklären. Erklärungspflichtig sind die Betreiber von nach der 4. BImSchV genehmigungsbedürftigen Anlagen, mit Ausnahme der Anlagen, die in § 1 der 11. BImSchV aufgeführt sind.

Die Emissionserklärung ist alle 4 Jahre (letztes Erklärungsjahr: 2008) bei der zuständigen Behörde abzugeben. Der Anlagenbetreiber kann die Emissionen durch Messungen, Berechnungen oder Schätzungen ermitteln.

Gem. § 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

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 Gasturbinenanlagen (auch zum Antrieb von Arbeitsmaschinen) mit einer Feuerungsleistung 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_x), NO_x 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_x- (als SO₂), NO_x- und Staub-Emissionen werden in das Emissionskataster übernommen. Für alle anderen relevanten Schadstoffe werden die Emissionen in den Jahren ohne Emissionserklärung aus den Betreiberangaben zum Brennstoffeinsatz berechnet.

Kleinf Feuerungsanlagen

Unter Kleinf Feuerungsanlagen 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, die zumeist als Zusatzheizung zu zentralen Öl- und Gasheizungen aufgestellt sind, als auch um zentrale Heizungsanlagen wie Scheitholzanlagen, Holzpelletanlagen und Hackschnitzelanlagen sowie noch in geringem Umfang um Kohleheizungsanlagen. Daneben sind zentrale Heizungsanlagen, die mit Heizöl oder Erdgas betrieben werden, bis zu den im Anhang der 4. BImSchV genannten Leistungsgrenzen Kleinf Feuerungsanlagen. Diese Anlagen unterliegen der Verordnung über kleinere und mittlere Feuerungsanlagen (1. BImSchV).

Die Emissionen, die durch Kleinf Feuerungsanlagen entstehen, werden aus den vom Statistischen Landesamt Sachsen erhobenen Daten zum Energieverbrauch der privaten Haushalten und der Kleinverbraucher im Sektor „Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher“ für die unterschiedlichen Energieträger berechnet. Der Einsatz von Holz ist der Erhebung im Auftrag des LfULG aus den Jahren 2008/2009 entnommen [14].

Verkehr

Als verkehrsbedingte Emissionen werden die aus dem Straßen-, Schienen- und Luftverkehr sowie der Binnenschifffahrt zusammengefasst. Auch der landwirtschaftliche Verkehr ist hier zugeordnet. Letzterer wird aus dem geförderten Dieselverbrauch der landwirtschaftlichen Maschinen abgeschätzt.

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 entsprechenden Daten werden den Statistiken des Kraftfahrtbundesamtes entnommen. Es werden die Emissionsfaktoren für den Straßenverkehr aus dem Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA, Version 3.1) angewendet.

Die Emissionen des Luftverkehrs werden von den Umweltzentren der beiden großen sächsischen Flughäfen übernommen bzw. für die Flugplätze 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 [siehe 15, 16].

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 (vTI) mit der Durchführung beauftragt. Die landwirtschaftlichen Emissionen werden beim vTI 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 und Good Practice Guidance (IPCC, 1996, 2000) sowie in IPCC (2006) dargestellt [17]. 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.

Deponien und Altablagerungen

Deponiegas entsteht durch biochemische Abbauprozesse von organischen Verbindungen und Materialien im Deponiekörper. Es wird davon ausgegangen, dass sich das Deponiegas zu 50 % aus Methan und 41 % aus Kohlendioxid zusammensetzt. Zur Berechnung der Emissionen aus sächsischen Deponien und Altablagerungen werden für jeden Standort die entstehenden Gasmengen im Berichtsjahr berechnet und anschließend aufsummiert. Zur Berechnung der Gasmengen wird ein Gasprognosemodell in Anlehnung an das Modell aus der VDI 3790 Blatt 2 verwendet. Darüber hinaus wird berücksichtigt, dass ein Teil der ermittelten Deponiegasmengen abgefackelt bzw. verwertet wird und bei der Verbrennung des Methans CO₂ entsteht.

Sonstige

Eine jährliche Abschätzung der Emissionen erfolgt für folgende weitere Verursacher:

- Abwasserbehandlung (mit Hilfe der 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))
- Stoffwechselforgänge in Haushalten (über Einwohnerwerte)
- 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).

3 Emissionssituation in Sachsen

3.1 Treibhausgase

Der anthropogene Treibhauseffekt wird überwiegend von CO₂ verursacht. Durch Verbrennung fossiler Brennstoffe zur Energiegewinnung (Strom, Wärme, Transport) werden große Mengen von CO₂ freigesetzt. Weitere Treibhausgase (THG) sind CH₄, N₂O und fluoridierte Gase (Schwefelhexafluorid und bestimmte fluoridierte Kohlenwasserstoffe, deren Treibhausgaspotenziale je Tonne gegenüber CO₂ deutlich größer sind). CH₄ entsteht beim Abbau von organischem Material unter Sauerstoffabschluss. Dies geschieht vor allem in den Mägen von Wiederkäuern sowie in Deponien. N₂O entsteht hauptsächlich im Boden beim Abbau von reaktiven Stickstoffverbindungen. Während die klassischen Treibhausgase (CO₂, CH₄, N₂O) meist als unerwünschte Nebenprodukte entstehen, werden fluoridierte Treibhausgase zum überwiegenden Teil gezielt produziert und als Kälte-, Treib- oder Feuerlöschmittel etc. eingesetzt.

Derzeit werden die drei wichtigsten THG CO₂, CH₄ und N₂O im sächsischen Emissionskataster berücksichtigt. Die Emissionen fluoridierter Kohlenwasserstoffe und Schwefelhexafluorid (SF₆) sind nicht erfasst (Kapitel 3.1.4).

Da die Wirkung der vom Menschen freigesetzten THG auf die Strahlungsbilanz unterschiedlich ist, werden folgende Treibhauspotenzial-Äquivalenzfaktoren verwendet, die auf die Wirksamkeit von CO₂ und einen Wirkzeitraum von 100 Jahren bezogen sind: CO₂: 1, CH₄: 21, N₂O: 310.

Die Abbildung 8 zeigt die Anteile von CO₂, CH₄ und N₂O an den gesamten THG-Emissionen (Summe der CO₂eq) 2010. Das mengenmäßig bedeutsamste THG ist mit 91 % CO₂.

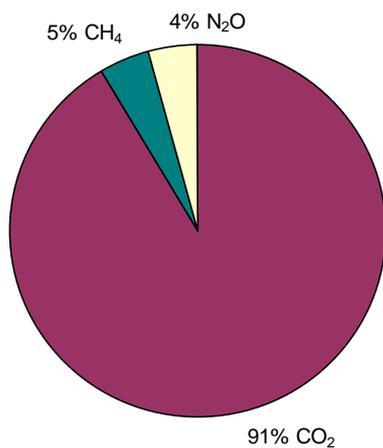


Abbildung 8: Anteile (in CO₂eq) von CO₂, CH₄ und N₂O an den THG-Emissionen 2010 in Sachsen

Tabelle 4: THG-Emissionen 2010 in Sachsen nach Emittentengruppen¹⁾

Emittentengruppe	CO ₂ in Gg	CH ₄ in Gg CO ₂ eq	N ₂ O in Gg CO ₂ eq	Σ THG in Gg CO ₂ eq
GFA	30 414	17	189	30 620
Emissionserklärungspflichtige Anlagen ¹⁾ (ohne GFA und Tierhaltungsanlagen)	2 345	8	89	2 442
Verkehr	8 814	9	87	8 910
Kleinfeuerungsanlagen	5 619	45	16	5 680
Landwirtschaft		1 023	1 702	2 725
Deponien/ Altablagerungen	331	940		1 271
Abwasserbehandlung	126	29	28	183
Kompostierung	78	17	17	112
Braunkohleförderung		45		45
Erdgasverbrauch		264		264
Σ	47 727	2 397	2 128	52 252

1) Die Zahlen zu den erklärungs-pflichtigen Anlagen stammen aus den Emissionserklärungen von 2008.

Die bedeutendsten Quellen für THG sind die GFA, gefolgt vom Verkehr und den Kleinfeuerungsanlagen (Abbildung 9).

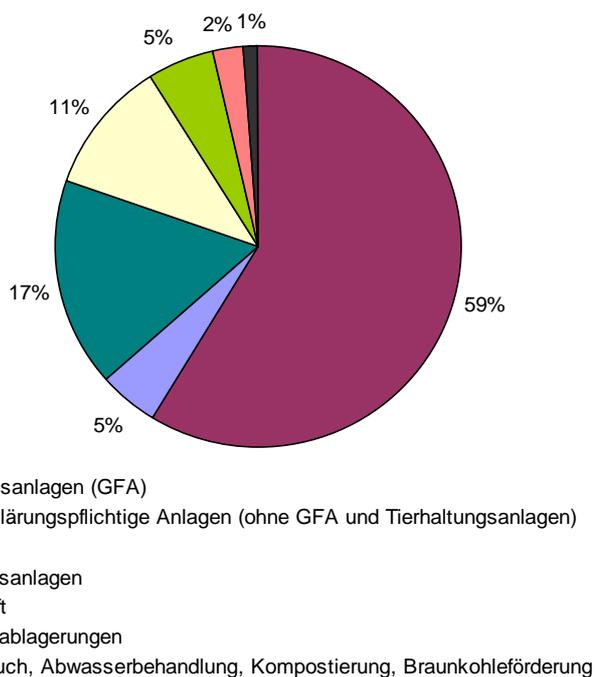


Abbildung 9: Quellen der THG-Emissionen 2010 in Sachsen

Die Tabelle 5 zeigt die Entwicklung der THG-Emissionen seit 1990. Das sächsische Klimaschutzziel „CO₂-Minderung 2020 im Vergleich zu 1990 um -52 %“ wurde bereits erreicht. Mit dem Energie- und Klimaprogramm Sachsen werden weitere Ziele definiert (bis 2020 im Vergleich zu 2009: Minderung der CO₂-Emissionen in Bereichen, die nicht dem Emissionshandel unterliegen um 25 %, davon durch fossile Heizenergie um 25 % und durch Verkehr um 22 % [18]).

Die CO₂-Emissionen bestimmen den Trend. Sie sind von wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Faktoren sowie von der Witterung abhängig und schwanken dementsprechend in ihren jährlichen Mengen.

Der Wiederanstieg der THG-Emissionen von 2008 nach 2009 hängt vor allem damit zusammen, dass die sächsischen Braunkohlegrundlastkraftwerke in Boxberg und Lippendorf eine hohe Auslastung hatten und sich damit die CO₂-Emissionen erhöhten. Bei CH₄ sind die weiter sinkenden Emissionen aus dem Abfallbereich Hauptursache der positiven Entwicklung.

Die N₂O-Emissionen werden im Wesentlichen durch Emissionen aus Böden verursacht (Mineral- und Wirtschaftsdüngerausbringung, Ernterückstände, indirekte Emissionen) und sind jährlichen Schwankungen unterworfen. Diese lassen sich überwiegend auf die Variationen in der ausgebrachten Düngermenge zurückführen.

Tabelle 5: Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen in Sachsen

Jahr	CO ₂ in Tg	CH ₄ in Tg CO ₂ eq	N ₂ O in Tg CO ₂ eq	Summe THG in Tg CO ₂ eq
Basisjahr 1990	108,1	6,0	3,5	117,6
1991	87,8	5,4	3,0	96,2
1992	71,2	5,1	2,7	79,0
1993	70,1	4,8	2,7	77,6
1994	62,7	4,6	2,4	69,7
1995	60,8	4,9	2,8	68,5
1996	54,7	4,8	2,6	62,1
1997	52,1	4,7	2,6	59,4
1998	38,9	4,6	2,6	46,1
1999	38,0	4,4	2,6	45,0
2000	45,2	4,2	2,5	51,9
2001	48,2	4,1	2,3	54,6
2002	49,3	3,8	2,4	55,5
2003	50,3	3,6	2,3	56,2
2004	52,6	3,4	2,4	58,4
2005	50,7	3,1	2,5	56,3
2006	51,5	3,0	2,3	56,8
2007	49,9	2,8	2,2	54,9
2008	48,8	2,7	2,2	53,7
2009	50,2	2,5	2,2	54,9
2010	47,7	2,4	2,1	52,2
Basisjahr bis 2010	-56 %	-60 %	-39 %	-56 %
2006 bis 2010	-7 %	-19 %	-6 %	-8 %
2009 bis 2010	-5 %	-5 %	-2 %	-5 %

3.1.1 Kohlendioxid

CO₂ ist nicht giftig, doch kann es in größeren Mengen durch Verdrängung des Sauerstoffs erstickend wirken. Die wichtigste Bedeutung des CO₂ liegt darin, dass es die durch das Sonnenlicht an der Erdoberfläche entstehende Wärmestrahlung absorbiert und damit eine Erwärmung der Erdoberfläche bewirkt (Treibhauseffekt).

CO₂-Emissionen entstehen vor allem durch die Verbrennung fossiler Energieträger in Anlagen zur Strom- und Wärmeerzeugung oder in Motoren. Im Jahr 2010 wurden in Sachsen 47,7 Tg CO₂ emittiert. Im Vergleich zum Jahr 1990 entspricht dies einer Emissionsminderung von 56 %.

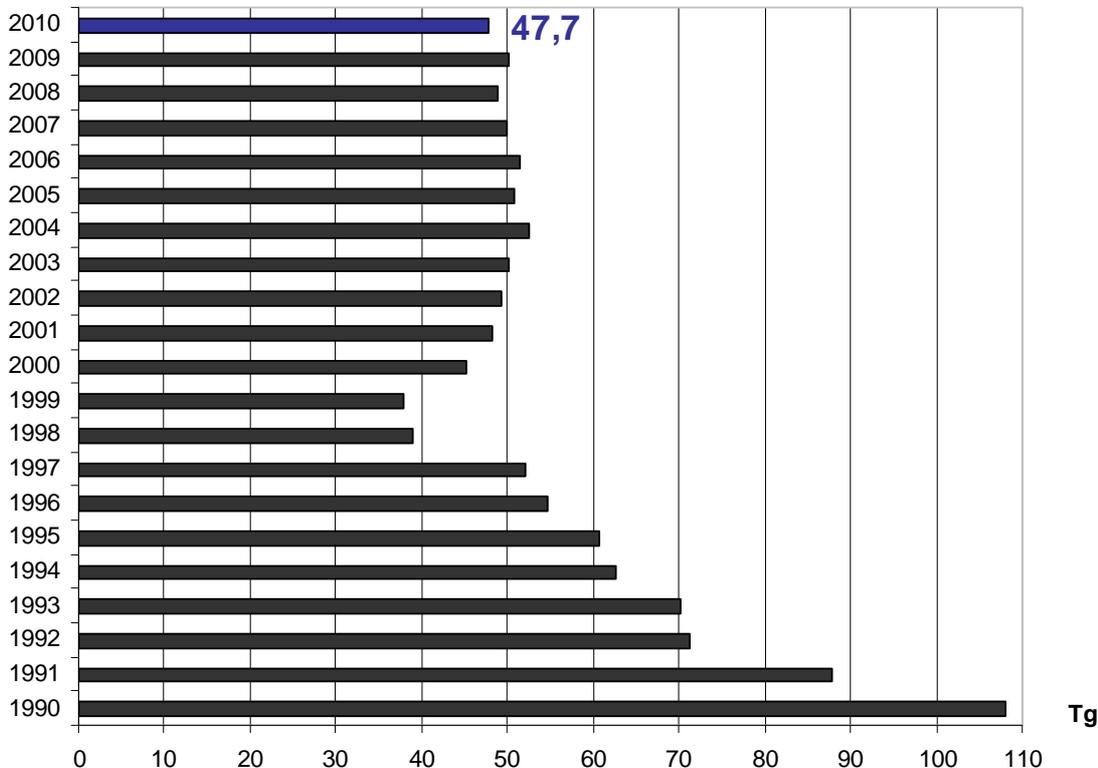


Abbildung 10: Entwicklung der CO₂-Emissionen in Sachsen

Die Entwicklung der CO₂-Emissionen ist stark an den Energiesektor gebunden. Hauptverursacher sind die Großfeuerungsanlagen, insbesondere die Stromerzeugung aus Braunkohle. Der CO₂-Ausstoß liegt bei der Braunkohleverstromung durch den Brennstoff bedingt höher als beispielsweise bei Einsatz von Gas oder Öl. CO₂-Emissionen lassen sich in konventionellen Kraftwerken derzeit nur durch eine Verbesserung des Wirkungsgrades reduzieren.

Die Emissionen sanken von 1990 bis 1999 vor allem durch die Stilllegung alter Anlagen. Durch die Inbetriebnahme neuer moderner Kraftwerksanlagen in Boxberg und Lippendorf im Jahr 2000 stieg der Energieträgereinsatz wieder an. Die Emissionen verharren seither auf etwa gleichem Niveau. Seit 1990 hat Sachsen mit Ausnahme der Jahre 1998 und 1999 jedes Jahr Strom exportiert.

Der zweitwichtigste Emittent ist der Verkehr, danach folgen die Kleinf Feuerungsanlagen (Abbildung 11).

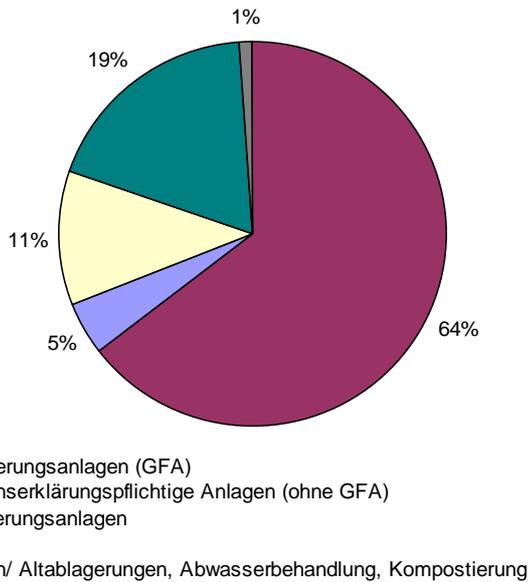


Abbildung 11: Quellen der CO₂-Emissionen 2010 in Sachsen

3.1.2 Methan

CH₄ wirkt schwach betäubend. Es kann mit Luft leicht entzündliche Gemische bilden und in hohen Konzentrationen Luft verdrängen (Erstickungsgefahr). Als Treibhausgas ist es 21-mal so wirksam wie CO₂.

CH₄ entsteht hauptsächlich bei der Verdauung von Pflanzenfressern (in Sachsen überwiegend von Rindern) und bei Abbauprozessen im Deponiekörper. Es kann als Brennstoff Anwendung finden.

Im Jahr 2010 wurden in Sachsen 2,4 Tg CO₂eq CH₄ emittiert. Dies sind 60 % weniger als 1990.

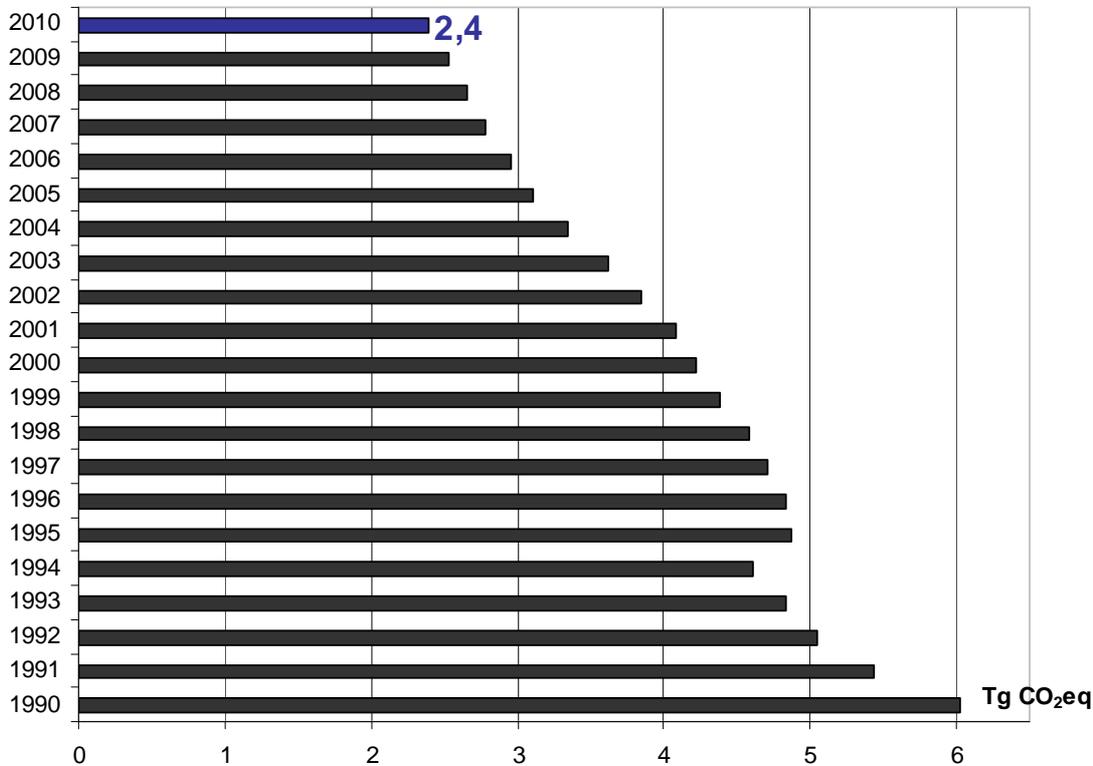


Abbildung 12: Entwicklung der CH₄-Emissionen in Sachsen

Die Entwicklung zeigt fast durchgängig eine jährliche Emissionsminderung. Hauptursache sind die stetig sinkenden Emissionen aus Deponien und Altablagerungen. Diese sind gemeinsam mit der Landwirtschaft Hauptverursacher der CH₄-Emissionen. Lediglich 18 % der Emissionen sind auf andere Quellen (Erdgasverbrauch und Sonstige) zurückzuführen (Abbildung 13). Die „Sonstigen Quellen“ umfassen Emissionserklärungspflichtige Anlagen (auch GFA) ohne Tierhaltungsanlagen (1 %), Kleinfeuerungsanlagen (2 %), Verkehr (<1 %), Abwasserbehandlung (1 %), Kompostierung (<1 %) und Braunkohleförderung (2 %).

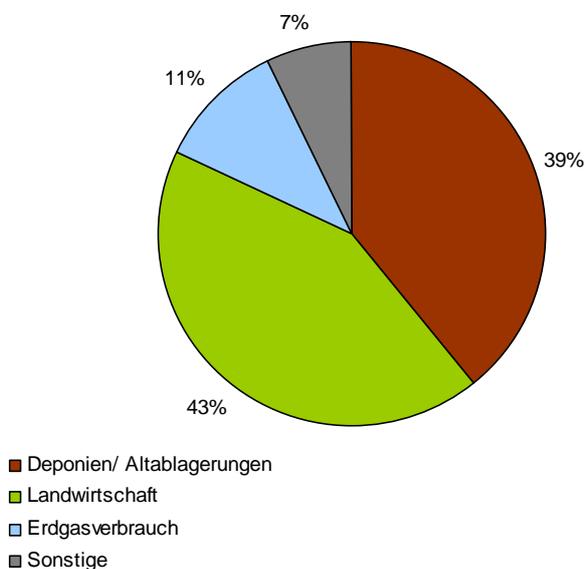


Abbildung 13: Quellen der CH₄-Emissionen 2010 in Sachsen

3.1.3 Distickstoffmonoxid (Lachgas)

Eingeatmet kann N₂O betäubende und rauschartige Wirkungen hervorrufen. Als Treibhausgas ist es 310-mal so wirksam wie CO₂. N₂O entsteht hauptsächlich als Nebenprodukt bei der Denitrifikation (durch Bodenbakterien) und zum Teil bei der Nitrifikation. N₂O nimmt so am Stickstoff-Kreislauf teil und beeinflusst auch das stratosphärische Ozon („Ozonkiller“).

Die Abbildung 14 zeigt die Quellen der N₂O-Emissionen 2010 in Sachsen. Hauptemittent ist mit 80 % die Landwirtschaft. Die N₂O-Emissionen werden im Wesentlichen durch Emissionen aus Böden verursacht und sind entsprechend der ausgebrachten Düngermengen jährlichen Schwankungen unterworfen. Im Jahr 2010 wurden in Sachsen 2,1 Tg CO₂eq N₂O emittiert. Dies entspricht einer Minderung von 39 % im Vergleich zu 1990 (Abbildung 15).

Unter „Sonstige Quellen“ sind hier Kleinfeuerungsanlagen (1 %), Verkehr (4 %), Abwasserbehandlung (1 %) und Kompostierung (<1 %) zusammengefasst.

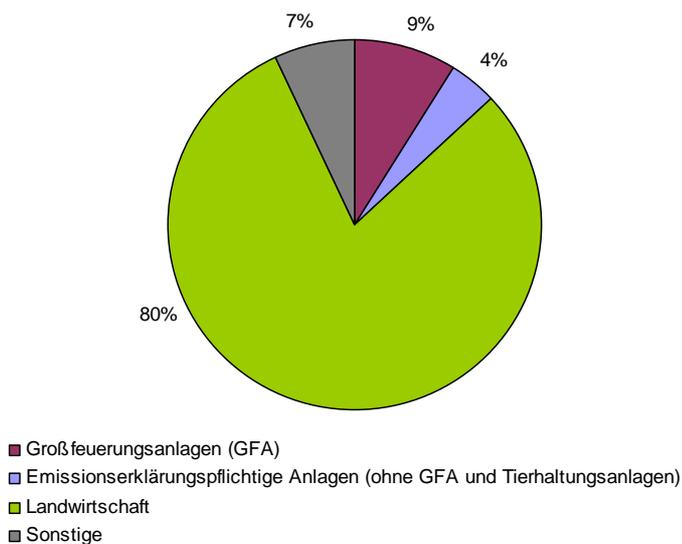


Abbildung 14: Quellen der N₂O-Emissionen 2010 in Sachsen

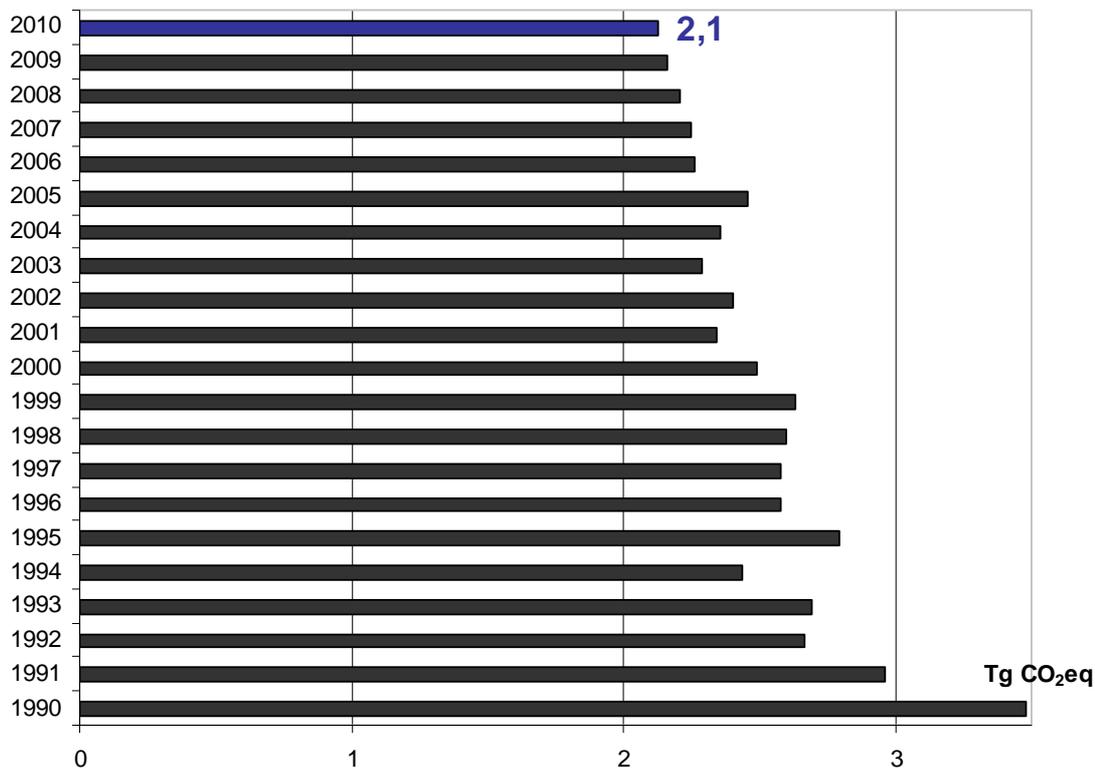


Abbildung 15: Entwicklung der N₂O-Emissionen in Sachsen

3.1.4 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 (SF₆) zusammengefasst. SF₆ 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 CO₂.

Während die klassischen Treibhausgase meist als unerwünschte Nebenprodukte - zum Beispiel 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 (Bestand). Aus diesem jährlich steigenden Bestand können die Stoffe ganz oder teilweise über die gesamte Nutzungsphase und bei der Entsorgung emittieren.

Mit der Emissionserklärung 2008 wurden folgende Mengen erklärt:

- 2,6 Mg CO₂eq FKW
- 6 214 Mg CO₂eq SF₆.

Die FKW stammen aus den Bereichen „Oberflächenbehandlung mit organischen Stoffen, Herstellung von bahnenförmigen Materialien aus Kunststoffen, sonstige Verarbeitung von Harzen und Kunststoffen“ bzw. „Verwertung und Beseitigung von Abfällen und sonstigen Stoffen“. SF₆ fielen im Bereich „Stahl, Eisen und sonstige Metalle einschließlich Verarbeitung“ an.

Im Jahr 2010 verwendeten 574 sächsische Unternehmen 532 Mg (entspricht 1,1 Tg CO₂eq) Fluorkohlenwasserstoffe [19]. Davon gehörten 499 Mg (94%) zu den Stoffen der Gruppe der H-FKW. Die restliche Menge (33 Mg = 6%) gehörte zu den FKW. Hauptverwendungszweck ist mit 81 % der Einsatz als Kältemittel. Für SF₆, welches von allen Stoffen das höchste Treibhauspotenzial besitzt, gibt es in Sachsen keine Hersteller und nur einen Händler. Die Daten unterliegen deshalb der Vertraulichkeit.

Die Abbildung 16 zeigt die Einsatzbereiche und die Abbildung 17 die Zunahme der Verwendung von H-FKW und FKW in Sachsen.

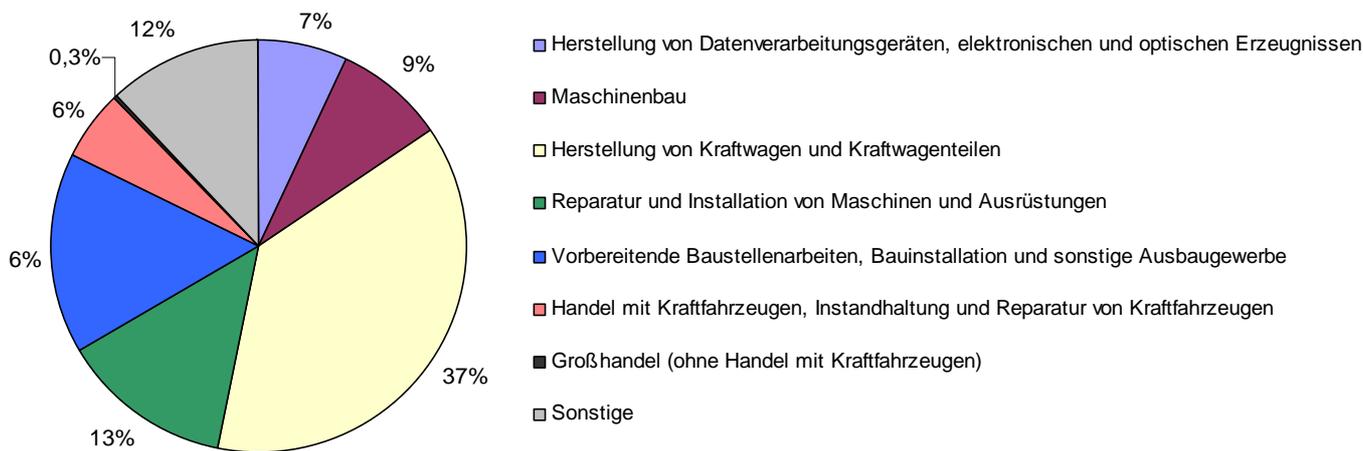


Abbildung 16: Verwendung von Fluorkohlenwasserstoffen 2010 in Sachsen nach Einsatzbereichen und Wirtschaftszweigen [19]

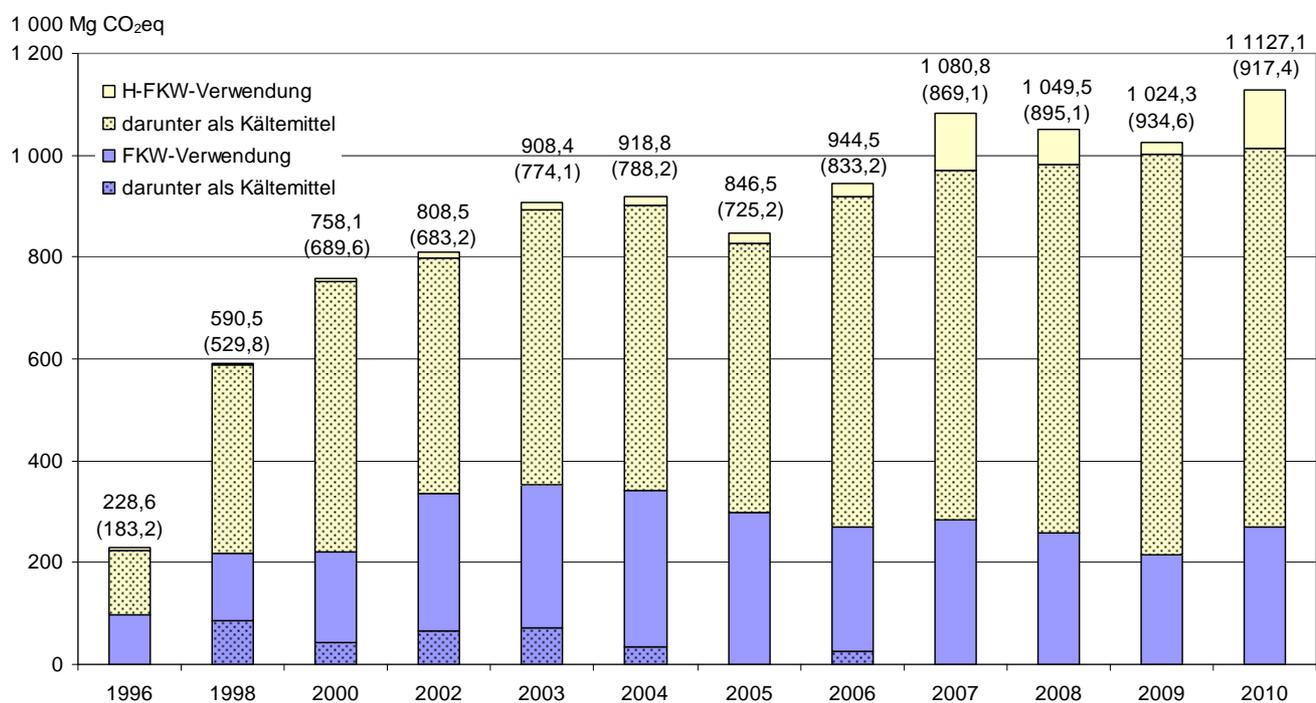


Abbildung 17: Verwendung von Fluorkohlenwasserstoffen (darunter als Kältemittel) in Sachsen [19]

In Sachsen liegen zwar Angaben zu verwendeten Mengen bestimmter klimawirksamer Stoffe vor, über die daraus folgenden Emissionen sind aber keine verlässlichen Aussagen möglich. Aus den vorliegenden Daten wird der Anteil der fluorierten Gase an den gesamten THG in Sachsen (in CO₂-Äquivalenten) auf < 1% geschätzt. Die fluorierten THG werden in das Emissionskataster aufgenommen, sobald neue Erkenntnisse vorliegen.

3.2 Klassische Luftschadstoffe

3.2.1 Stickstoffoxide

In diesem Bericht bezeichnet der Begriff „Stickstoffoxide“ (NO_x) eine Mischung aus Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO_2). Beide Gase sind sehr giftig. NO wirkt schleimhautreizend. NO_2 verursacht Beeinträchtigungen des Bronchialsystems. Stickstoffoxide können nicht nur zu 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_2 entstehen hauptsächlich bei Verbrennungsprozessen. NO wird in der Außenluft mit Sauerstoff zu so genanntem sekundärem NO_2 umgewandelt. Böden emittieren NO aufgrund der mikrobiellen Umsetzung organisch gebundenen Stickstoffs.

Die Höhe der Luft-Belastung wird sehr stark durch lokale Quellen mit niedriger Auslasshöhe (z. B. Straßenverkehr) bestimmt. Die höchsten NO_x -Konzentrationen treten demzufolge in städtischen Ballungsgebieten an stark verkehrsbelasteten Straßen auf. Die Grenzwerte für NO_2 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_x -Konzentrationen nehmen vom Ballungsraum hin zu ländlichen Gebieten stark ab.

Im Jahr 2010 wurden in Sachsen 71 Gg NO_x emittiert. Im Vergleich zu 1990 entspricht dies einer Reduktion von 56 %.

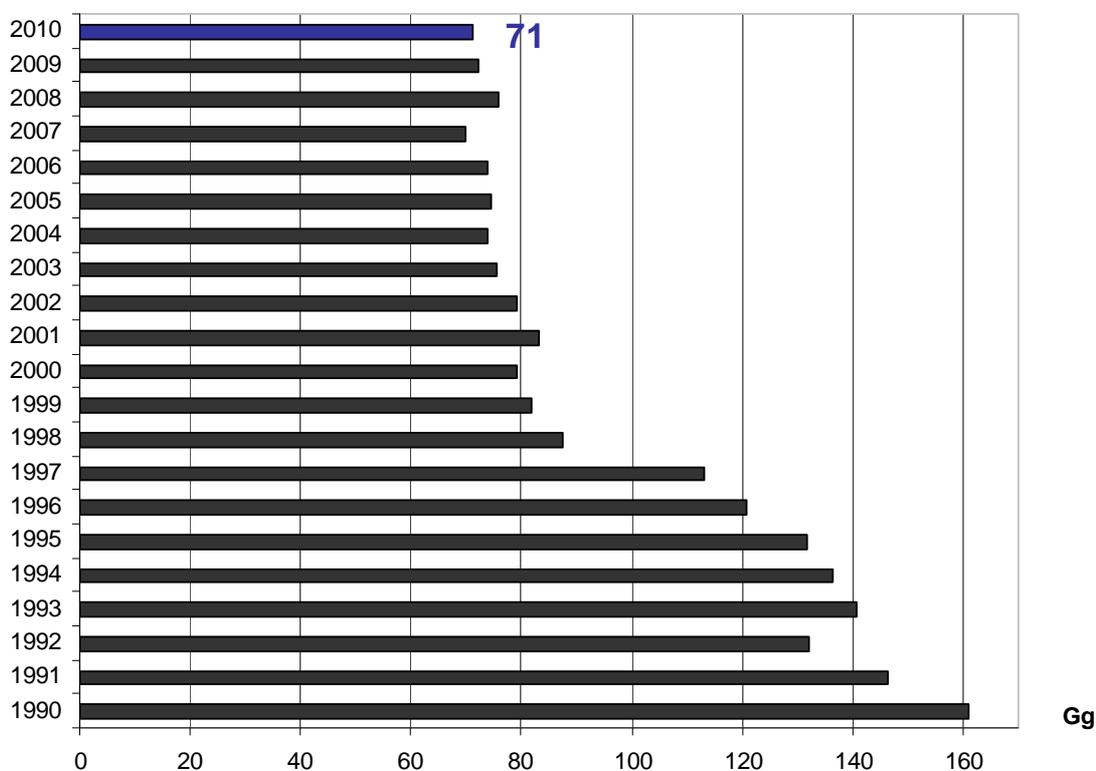


Abbildung 18: Entwicklung der NO_x -Emissionen in Sachsen

Hauptemittenten sind der Verkehr und die Großfeuerungsanlagen (siehe Abbildung 19). Die NO_x -Bildung ist umso stärker, je höher die Verbrennungstemperaturen sind.

Mit verschiedenen feuerungstechnischen Maßnahmen bzw. maßgeblich durch Stilllegung bzw. Modernisierung konnten 1990 bis 1998 insbesondere im Bereich der Kraft- und Heizwerke die NO_x -Emissionen gesenkt werden.

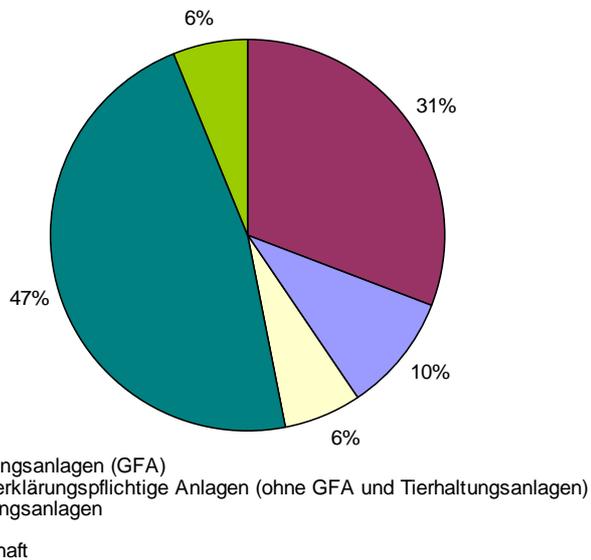


Abbildung 19: Quellen der NO_x-Emissionen 2010 in Sachsen

3.2.2 Ammoniak

NH₃ ist ein giftiges Gas. NH₃ 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. NH₃ entsteht durch Fäulnis stickstoffhaltiger pflanzlicher und tierischer Substanzen (hauptsächlich Eiweiße).

Im Jahr 2010 wurden in Sachsen 25 Gg NH₃ emittiert. Dies entspricht einer Minderung von 36 % im Vergleich zu 1990.

Die wichtigste Quelle von Ammoniak ist die Landwirtschaft (Abbildung 20). Dazu zählen landwirtschaftlich genutzte Böden, die Tierhaltung sowie die Lagerung und Ausbringung von Wirtschaftsdünger. Nur etwa ein Viertel der Ammoniak-Emissionen entstammen anderen Quellen, wie Haushalten (bedingt durch Stoffwechselfvorgänge), dem Straßenverkehr und sonstigen (Pauschale für Industrieanlagen, Kälteanlagen, Kompostierung).

Nach dem deutlichen Rückgang der NH₃-Emissionen Anfang der 90er Jahre, welcher durch die starke Abnahme der Tierbestände (vor allem bei Rindern) kam, wurde der weitere zeitliche Verlauf der Emissionen vor allem durch die leicht sinkende Zahl der Rinder bei gleichzeitig steigender Leistung bestimmt. Dadurch stieg die Emission je Tier und sank je kg erzeugter Milch. Da die erzeugte Milchmenge zz. noch nach oben begrenzt (quotiert) ist, gingen die Emissionen auch absolut leicht zurück. Inwiefern sich nach der Aufhebung der Quotierung ab 2014 die Situation ändert – etwa eine vermehrte Haltung dieser leistungsfähigen Milchkühe in Sachsen und damit verbunden höhere NH₃-Emissionen – bleibt abzuwarten.

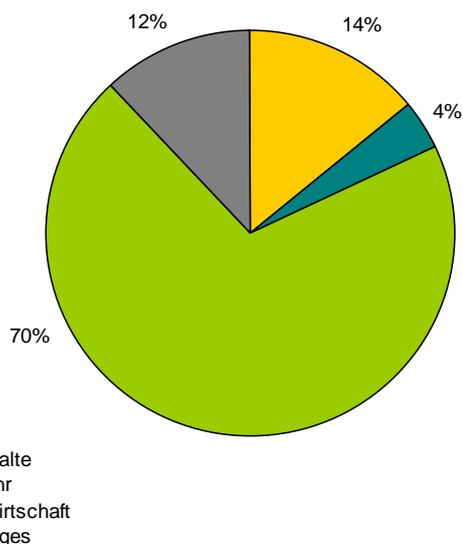


Abbildung 20: Quellen der NH₃-Emissionen 2010 in Sachsen

3.2.3 Schwefeldioxid

SO₂ ist ein giftiges Gas. Besonders schädlich wirkt SO₂ auch auf Pflanzen, insbesondere auf Nadelgehölze. SO₂ zählt neben NO_x und NH₃ zu den versauernd wirkenden Luftschadstoffen. Es wird vor allem bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe freigesetzt.

Im Jahr 2010 wurden in Sachsen 30 Gg SO₂ emittiert. Damit liegen die Emissionen nur noch bei 2 % der 1990 ausgestoßenen Menge. Das SO₂-Emissionsniveau ist seit 2001 etwa gleich geblieben. Größter Emittent sind mit 76 % die Großfeuerungsanlagen. Hier wurden auch die größten Emissionsminderungen erreicht durch die bereits erwähnte Stilllegung veralteter Anlagen, die Modernisierungen und den Neubau mit Einsatz von Entschwefelungsanlagen.

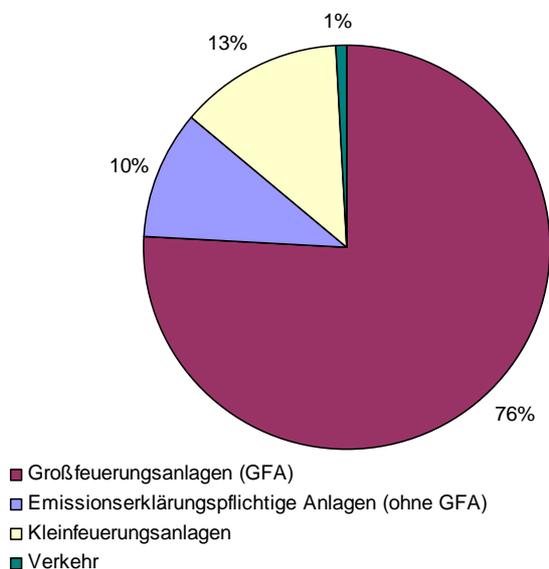


Abbildung 21: Quellen der SO₂-Emissionen 2010 in Sachsen

3.2.4 Versauerungs- und Eutrophierungsgase

Durch Niederschlag und trockene Deposition der Luftschadstoffe SO₂, NO_x und NH₃ sowie deren atmosphärischen Reaktionsprodukten kommt es zu einer Herabsetzung des pH-Wertes von Böden und Gewässern (Versauerung). Diese bewirkt Änderungen des Mineralienhaushalts (z. B. Schwermetallfreisetzung aus Bodenpartikeln bzw. Sedimenten) und als Folge davon Schädigungen von Ökosystemen.

Die Luftschadstoffe NO_x und NH₃ führen darüber hinaus zu einem übermäßigen Eintrag von Stickstoff in Ökosysteme (Eutrophierung). Stickstoff ist als Nährstoff für Pflanzen unerlässlich. Bei einem stark erhöhten Eintrag (Überdüngung) kann es jedoch zu schädigenden Wirkungen auf die Vegetation und Ökosysteme sowie zur Verdrängung bestimmter Arten kommen. Eutrophierung bewirkt eine vermehrte Bildung von Biomasse in Gewässern. Dies führt zu Sauerstoff-Mangel bis hin zum „Umkippen“ der Gewässer.

Da mehrere Verbindungen zur Versauerung beitragen, wird der Säureeintrag in Säureäquivalenten³ angegeben. Die Abbildung 22 zeigt die Entwicklung der Versauerungsgase in Sachsen.

Im Jahr 2010 setzte sich die Summe der versauernd wirkenden Luftschadstoffe (als Säure-Äquivalente) aus 38 % NH₃, 38 % NO_x und 24 % SO₂ zusammen. 1990 bestanden die Versauerungsgase noch zu 88 % aus SO₂, 7 % NO_x und 5 % NH₃.

Insbesondere durch den starken Rückgang der SO₂-Emissionen in den 90er Jahren zeigt der Trend für den Eintrag versauernd wirkender Luftschadstoffe eine deutliche Verminderung bei der Menge von Säureinträgen und einen Wechsel des Belastungstyps von der vorwiegend durch den Schwefeleintrag verursachten Versauerung zur stickstoffdominierten Belastung.

³ Säure-Äquivalente werden stöchiometrisch errechnet - bezogen auf das wirksame Säure-Ion H⁺, d. h. die Berechnung erfolgt aus den Emissionsangaben von SO₂/32, NH₃/17 und NO_x (berechnet als NO₂/46).

Gg Säure-Äquivalente

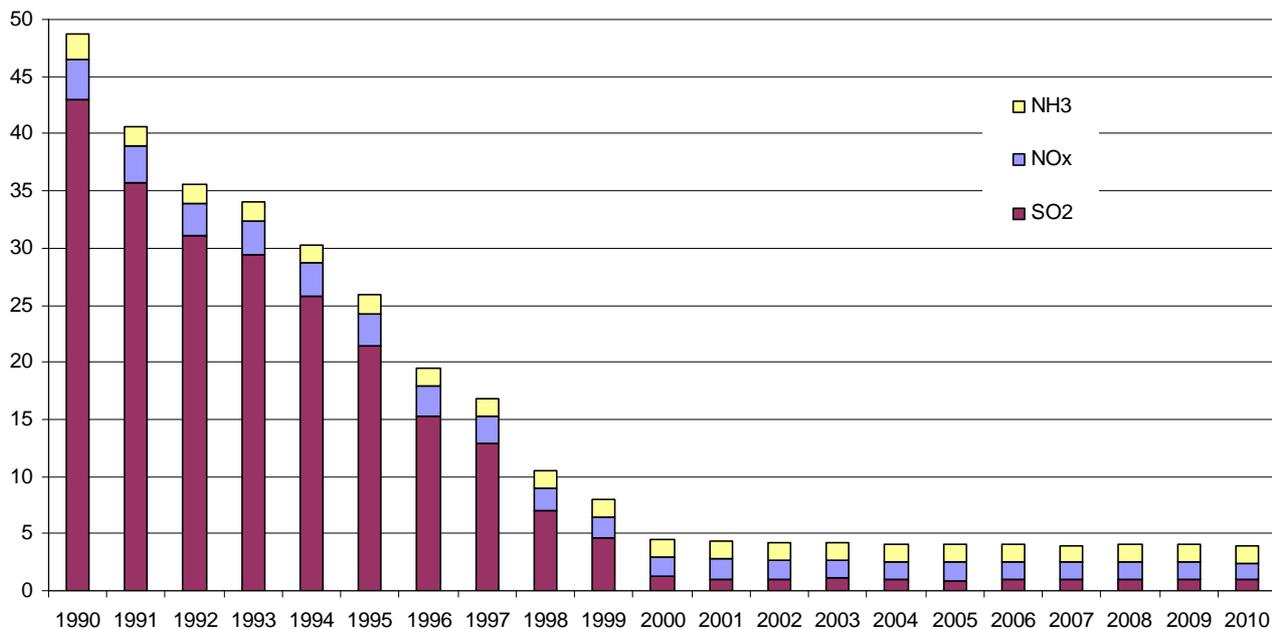


Abbildung 22: Entwicklung der Emissionen von Versauerungsgasen in Sachsen

In der Abbildung 23 ist die Entwicklung der Eutrophierungsgase in Sachsen dargestellt. Die verantwortlichen Luftschadstoffe wurden dafür in Stickstoff umgerechnet.⁴ NH₃ ist – bedingt durch den Rückgang der NO_x-Emissionen – derzeit zu etwa 50 % an der Stickstoffübersorgung von naturnahen Böden beteiligt.

Gg Stickstoff

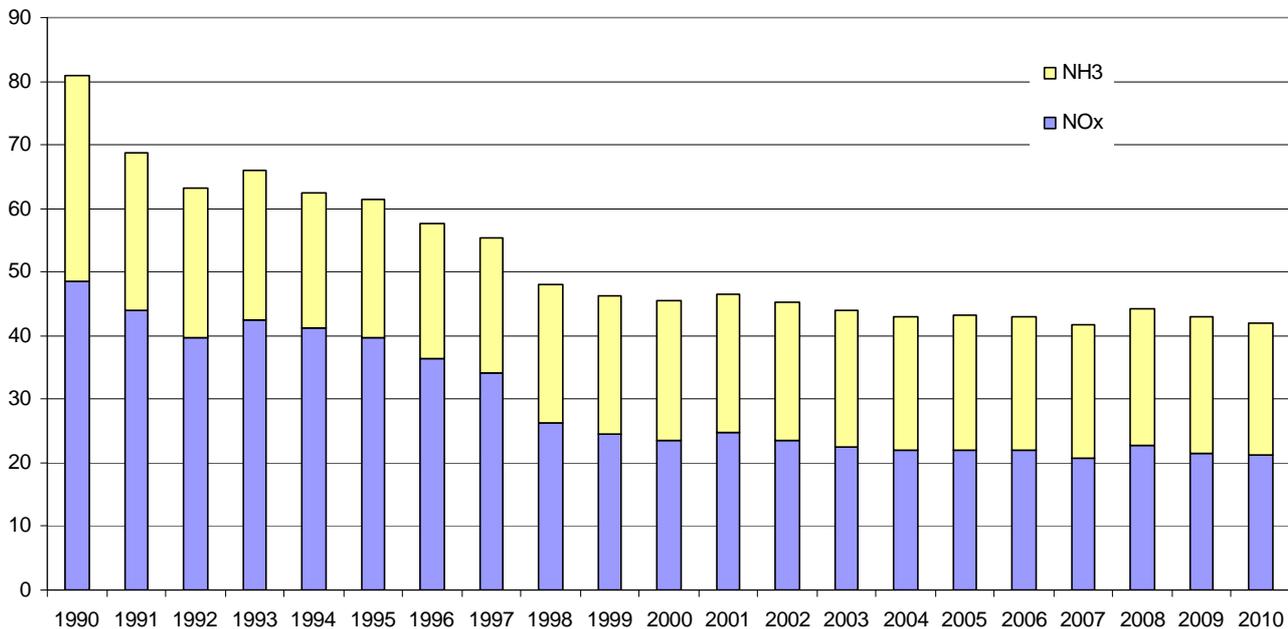


Abbildung 23: Entwicklung der Emissionen von Eutrophierungsgasen in Sachsen

⁴ NO_x als NO₂: Emission*14/46, NH₃: Emission*14/17

Ein langfristiges Ziel der EU-Luftreinhaltepolitik ist die dauerhafte und vollständige Unterschreitung kritischer Belastungswerte (Critical Loads) für Versauerung und Eutrophierung (NEC-Richtlinie und Multikomponenten-Protokoll zur Genfer Luftreinhaltekonvention).

Die Einhaltung oder Unterschreitung solcher Belastungsgrenzwerte gibt nach heutigem Wissen Gewähr dafür, dass ein ausgewähltes Schutzgut, der ökologische Rezeptor, weder akut noch langfristig geschädigt wird. Als Zwischenziel sollten bis 2010 eine Verminderung der Fläche, in der die kritischen Eintragsraten für Versauerung überschritten werden, um mindestens 50 % im Vergleich zur Situation im Jahre 1990 erreicht werden.

Trendanalysen der Überschreitungsraten für Sachsen zeigten eine deutliche Senkung der Säureeinträge, so dass sich der mit über 5.000 Säureäquivalenten pro Hektar und Jahr stark überbelastete Flächenanteil von 99,5 % der Rezeptorflächen im Jahr 1990 auf 3 % im Jahr 2006 verringerte [20]. Diese Entwicklung ist vorrangig auf den Rückgang der SO₂-Emissionen zurückzuführen. Der Anteil nicht durch Säureeinträge überbelasteter Rezeptorflächen hat sich jedoch kaum (von 0,05 % auf 2,34 %) erhöht.

Bei der Eutrophierung durch Stickstoffeinträge hat sich keine so gravierende Verbesserung ergeben. Insgesamt verläuft die Veränderung sehr langsam und es ist noch keine grundlegende Entlastung der Ökosysteme zu erkennen.

3.2.5 Kohlenmonoxid

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. Die für die Luftverunreinigung in Bodennähe relevante Quelle ist der Verkehr wegen der hohen Emissionsmenge sowie der Ableitung der Autoabgase in den unmittelbaren Aufenthaltsbereich von Menschen.

Im Jahr 2010 wurden in Sachsen 137 Gg CO emittiert. Im Vergleich zu 1990 entspricht dies einer Reduktion um 90 %. Die wichtigsten Verursacher der CO-Emissionen sind die Kleinf Feuerungsanlagen und der Verkehr (Abbildung 25).

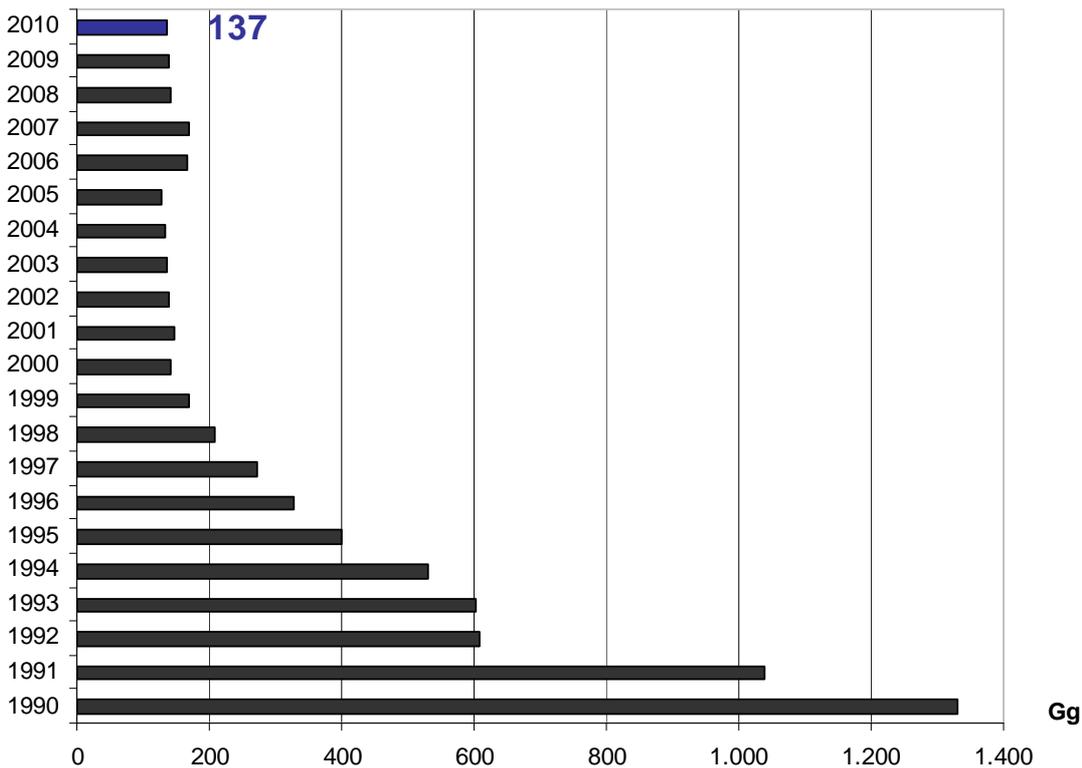


Abbildung 24: Entwicklung der CO-Emissionen in Sachsen

Der starke Rückgang der Emissionen aus Kleinf Feuerungsanlagen bis 1992 und die weitere stetige Minderung bis 1999 waren in erster Linie auf die weitgehende Ablösung von Braunkohlebricketts als Energieträger zurückzuführen. In den letzten Jahren sind die CO-Emissionen aus Kleinf Feuerungsanlagen durch den zunehmenden Einsatz von Holz wieder leicht angestiegen. Zusammen mit den weiter gesunkenen Verkehrsemissionen ist das CO-Emissionsniveau seit 2000 aber etwa gleich geblieben.

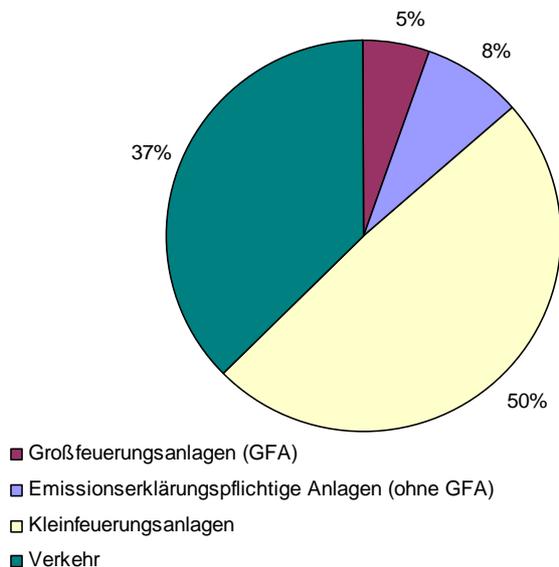


Abbildung 25: Quellen der CO-Emissionen 2010 in Sachsen

3.2.6 Flüchtige organische Verbindungen ohne Methan

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 differentiellen Wirkung wird CH_4 ausgenommen. Letzteres wurde als Treibhausgas unter Punkt 3.1.2 bereits betrachtet. 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. Allerdings besteht bei den Berechnungsgrundlagen gerade hier ein erheblicher Forschungsbedarf. Die Daten zur Menge der eingesetzten lösemittelhaltigen Produkte, zum Lösemittelgehalt und zur tatsächlichen Emission sind z. z. noch mit großen Unsicherheiten behaftet.

Im Jahr 2010 wurden in Sachsen 37 Gg NMVOC emittiert. Dies sind 82 % weniger als 1990. Die Reduktion der NMVOC-Emissionen wurde hauptsächlich im Verkehrssektor erreicht. Dazu trugen verschiedene Maßnahmen insbesondere im Bereich Straßenverkehr bei, z. B. die Verschärfung von Abgasnormen oder Gaspandelsysteme bei Tankstellen.

41 % der NMVOC-Emissionen 2010 werden durch die Anwendung von Lösungsmitteln in Haushalten (24 %) und im Bereich Gewerbe, Handel, Dienstleistungen sowie in Krankenhäusern und Forschungseinrichtungen (zusammen 17 %) emittiert.

Auch der Verkehr ist ein wichtiger Emittent (Abbildung 27).

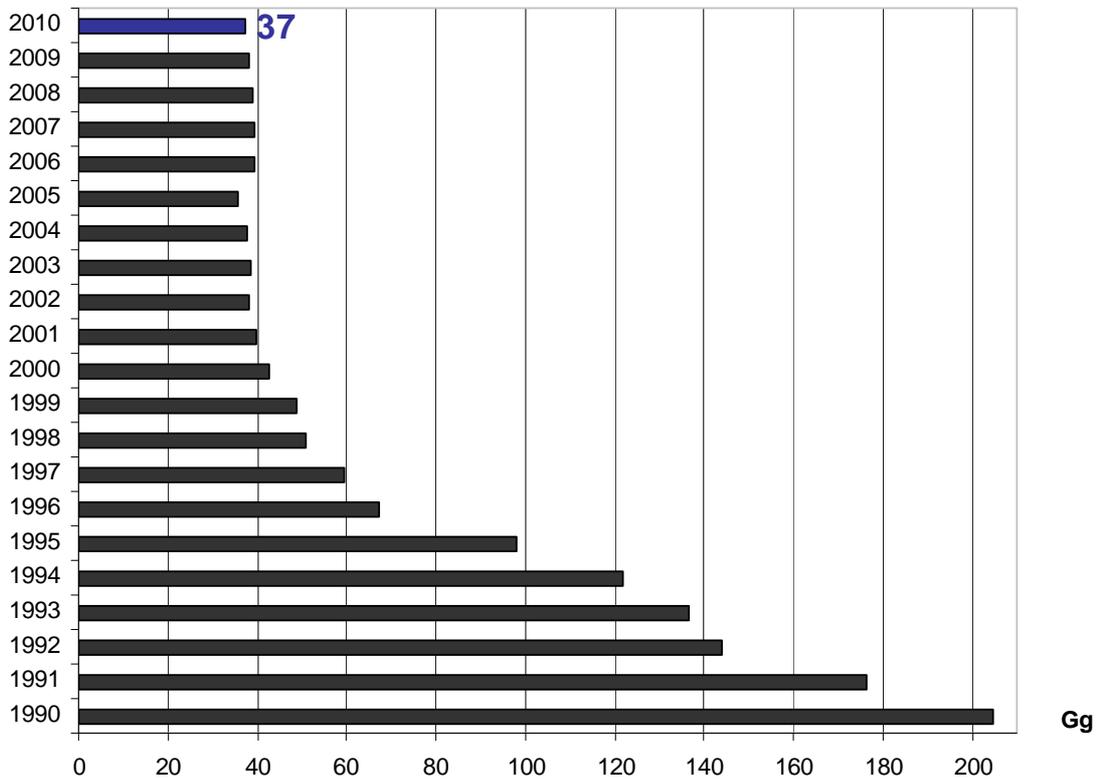


Abbildung 26: Entwicklung der NMVOC-Emissionen in Sachsen

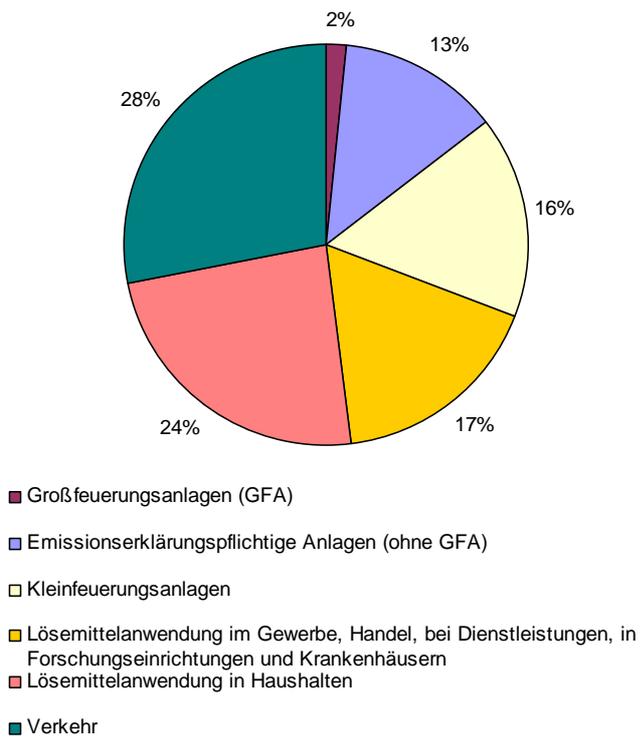


Abbildung 27: Quellen der NMVOC-Emissionen 2010 in Sachsen

Benzol

In hoher Konzentration führt C_6H_6 zu Schädigungen der Leber, der Nieren und des Knochenmarkes. Aber auch geringere Konzentrationen sind nicht unbedenklich, da dieser Stoff Krebs erzeugen kann.

Die Abbildung 28 zeigt die Entwicklung der Benzol-Emissionen seit 1996 in Sachsen. Im Jahr 2010 wurden 0,6 Gg emittiert. Durch umfangreiche emissionsmindernde Maßnahmen im Verkehrsbereich nehmen die Benzol-Konzentrationen immer weiter ab. Gaspendelsysteme an Tankstellen und in Tanklagern mindern den Austritt beim Lagern und Umfüllen. Auch die Senkung des Benzolgehalts im Kraftstoff selbst und verbesserte Motoren führten zu einer Emissionsminderung. Der Hauptanteil der Belastung geht aber immer noch auf den Straßenverkehr zurück (Abbildung 29).

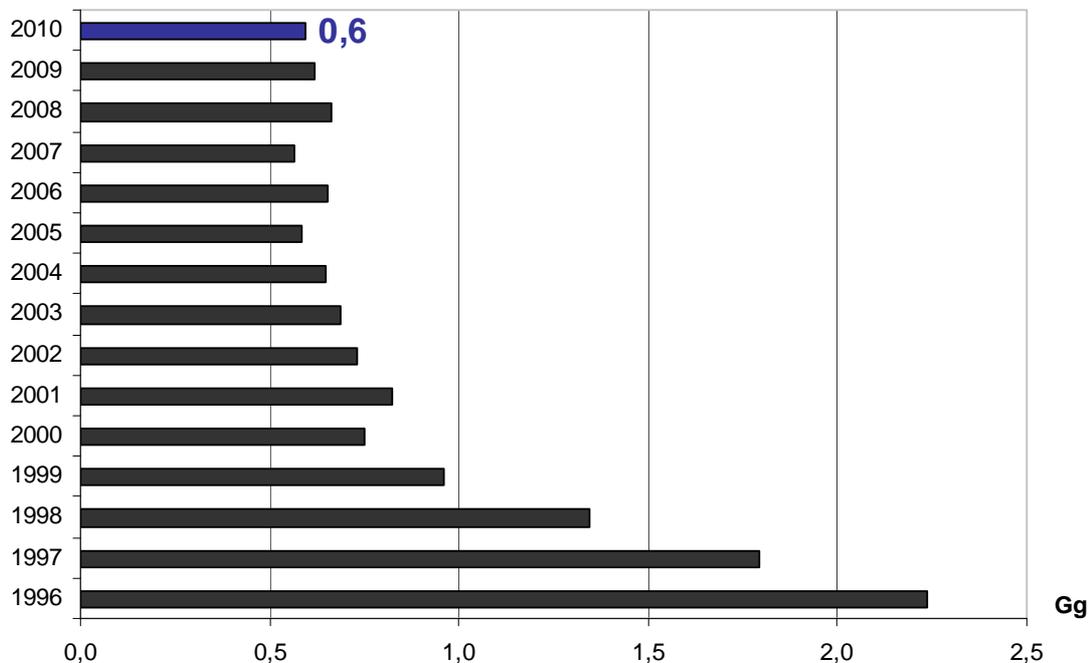


Abbildung 28: Entwicklung der Benzol-Emissionen in Sachsen

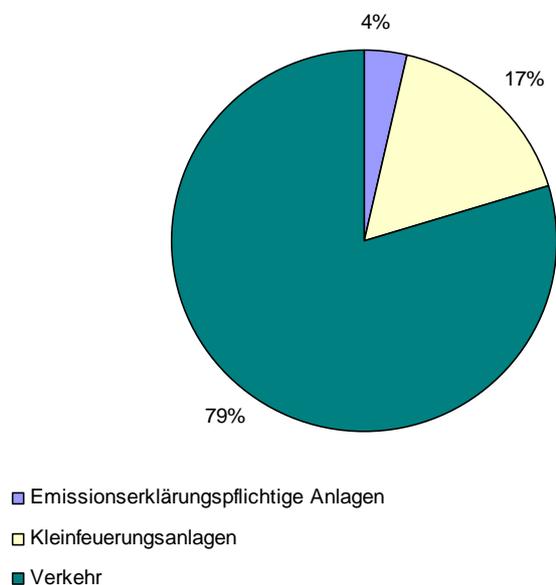


Abbildung 29: Quellen der Benzol-Emissionen 2010 in Sachsen

3.2.7 Staub/Feinstaub

Staub ist ein komplexes und hinsichtlich der Inhaltsstoffe sowie der Größenverteilung heterogenes Gemisch. Insbesondere die PM10-Belastung (einatembare Anteil) ist in den letzten Jahren in den Mittelpunkt der Luftreinhaltepolitik gerückt. Auslöser dafür waren epidemiologische und toxikologische Untersuchungen, die belegten, dass eine Feinstaubbelastung zur erheblichen Beeinträchtigung der menschlichen Gesundheit führen kann.

Als Feinstaub/Schwebstaub (particulate matter - PM) bezeichnet man Teilchen in der Luft, die nicht sofort zu Boden sinken, sondern eine gewisse Zeit in der Atmosphäre verweilen. Je nach Korngröße der Staubteilchen wird der Feinstaub in so genannte Fraktionen unterteilt: Unter PM10 versteht man alle Staubteilchen, deren aerodynamischer Durchmesser kleiner als 10 Mikrometer ist (das sind 10 Millionstel Meter). Eine Teilmenge der PM10-Fraktion sind die feineren Teilchen, deren aerodynamischer Durchmesser weniger als 2,5 Mikrometer beträgt (PM2,5). Inzwischen liegt der Fokus auf dieser Fraktion oder sogar noch kleineren Partikeln.

Feinstaub kann natürlichen Ursprungs sein oder durch menschliches Handeln erzeugt werden. Stammen die Staubpartikel direkt aus der Quelle, zum Beispiel einem Verbrennungsprozess, nennt man sie primäre Feinstäube. Als sekundäre Feinstäube bezeichnet man hingegen Partikel, die durch komplexe chemische Reaktionen in der Atmosphäre erst aus gasförmigen Substanzen, wie Schwefel- und Stickstoffoxiden, Ammoniak oder Kohlenwasserstoffen, entstehen.

Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser, der größer ist als der von Feinstaub, werden als Grobstaub bezeichnet. Wegen der Verringerung der Emissionen an Grobstaub durch Einbau wirksamer Filteranlagen oder Stilllegung wesentlicher Quellen überwiegen bei den im sächsischen Emissionskataster erfassten Staub-Emissionen heute die Feinstäube.

Im Jahr 2010 wurden in Sachsen 12 Gg Gesamtstaub emittiert. Dies entspricht einer Minderung um 96 % im Vergleich zu 1990. Die größte Reduktion leisteten die Großfeuerungsanlagen, deren Staub-Emissionen seit 1990 um 99,8 % zurückgingen.

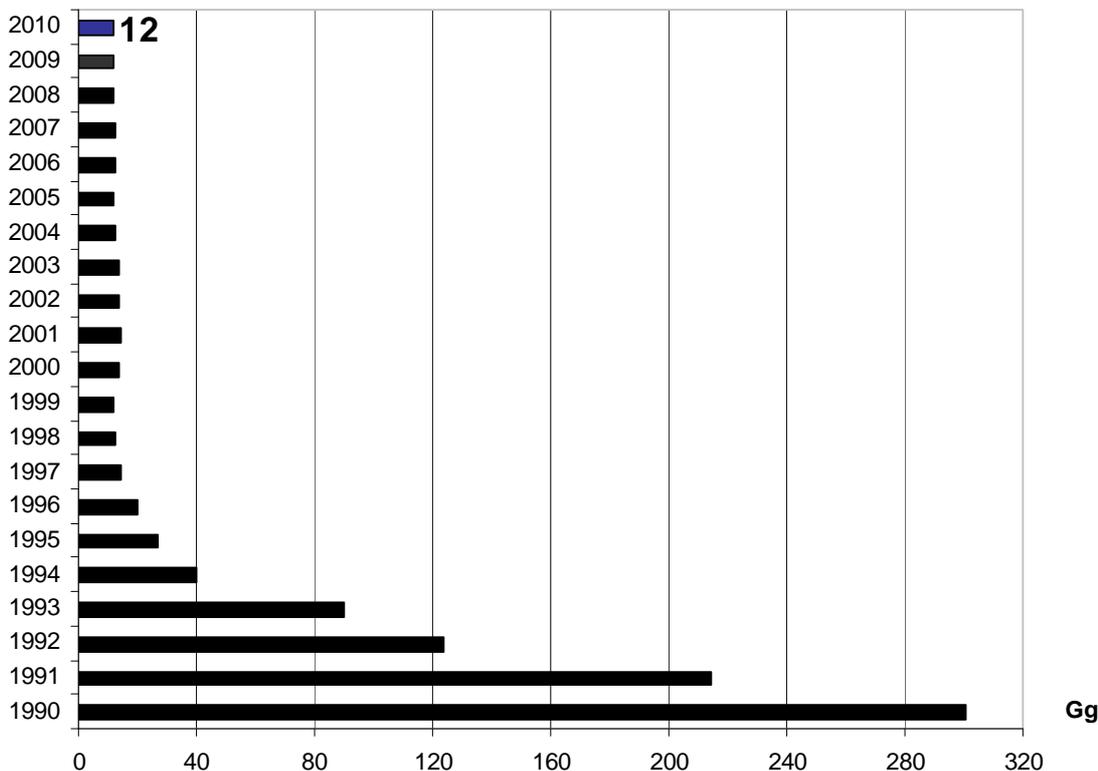


Abbildung 30: Entwicklung der Gesamtstaub-Emissionen in Sachsen

Wegen der gesundheitlichen Relevanz hat sich das Augenmerk der Luftreinhaltepolitik in den letzten Jahren auf die Feinstaubproblematik gerichtet. Die EU hat 1999 Immissions-Grenzwerte für PM10 und 2008 für PM2,5 festgelegt. Die seit 2005 - mit genehmigter Fristverlängerung bis 11. Juni 2011 - einzuhaltenden PM10-Grenzwerte werden in zahlreichen europäischen Städten noch überschritten. In Sachsen waren 2011 Leipzig, Dresden, Chemnitz, Zwickau und Görlitz betroffen. Die Ursachen dafür sind differenziert [21].

Im Jahr 2010 wurden 8 Gg PM10 emittiert. Davon fielen 4 Gg in die Kategorie PM2.5. Abbildung 31 und Abbildung 32 zeigen die Quellen der PM10- bzw. PM2.5-Emissionen in Sachsen. Die PM-Emissionen weisen einen Jahresgang mit höheren Emissionen im Winterhalbjahr (Raumheizung, verlängerte Kaltstartphase von Kfz) auf. Kommen ungünstige meteorologische Ausbreitungsbedingungen (windschwache Inversionswetterlagen, kein Regen) und ggf. noch der Eintrag stark vorbelasteter Luft hinzu, sind hohe PM10-Konzentrationen in der Außenluft die Folge.

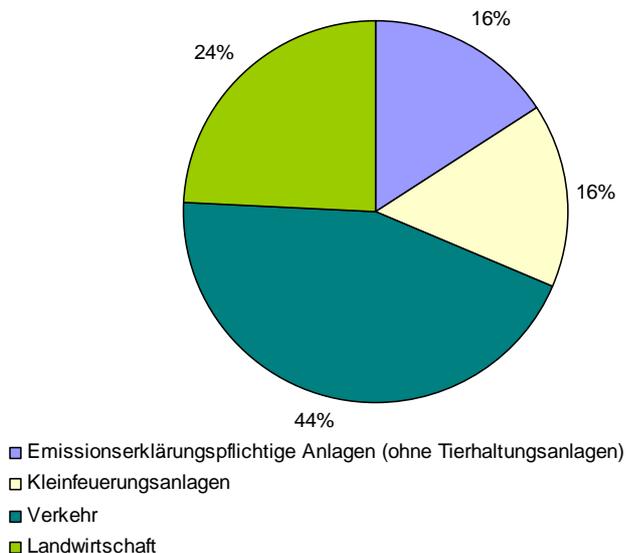


Abbildung 31: Quellen der PM10-Emissionen 2010 in Sachsen

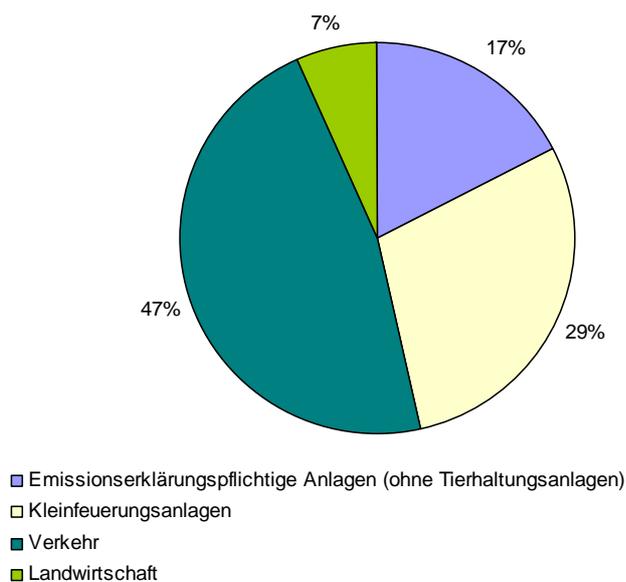


Abbildung 32: Quellen der PM2.5-Emissionen 2010 in Sachsen

In Ballungsgebieten ist vor allem der Straßenverkehr eine bedeutende Feinstaubquelle. Dabei gelangt Feinstaub nicht nur aus Motoren - vorrangig aus Dieselmotoren - in die Luft, sondern auch durch Fahrbahn-, Bremsen- und Reifenabrieb sowie durch die Aufwirbelung des Staubes auf der Straßenoberfläche. Der Entstehung motorbedingter Feinstaub-Emissionen wirkt der Einbau von Partikelfiltern bei Dieselmotoren entgegen. Eine weitere wichtige Quelle - insbesondere für PM10 - ist die Landwirtschaft (Tierhaltung, Pflanzenbau).

Auch Kleinf Feuerungsanlagen und Industrie sind bedeutende Feinstaubquellen. Ihr Einfluss nimmt bei kleineren Partikelgrößen (hier PM2.5) zu. Insbesondere die in ihrer Anzahl stark gestiegenen Holzfeuerungsanlagen können lokal die Luftqualität erheblich mindern (auch durch Gerüche). Mit der 2010 in Kraft getretenen Novelle der 1.BImSchV ist mittelfristig von einem Rückgang dieser Emissionen auszugehen.

Die Sekundärpartikelbildung aus gasförmigen Vorläuferstoffen kann heute noch nicht berechnet werden.

3.3 Persistente organische Luftschadstoffe

Langlebige organische Schadstoffe (persistent organic pollutants - POP) sind Verbindungen, die in der Umwelt nur sehr langsam abgebaut oder umgewandelt werden. Sie sind relativ widerstandsfähig gegenüber chemischen, biologischen und photolytischen Abbauprozessen.

Aufgrund ihrer Verbreitung, der Anreicherung im Körpergewebe und möglichen Gesundheitsschäden wurde/wird auf internationaler Ebene versucht, Herstellung und Einsatz von bestimmten POP einzuschränken oder ganz zu verbieten.

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. In kühlen Klimazonen ist jedoch die Tendenz zur Deposition größer als die zur Verflüchtigung, d. h. diese POP lagern sich, insbesondere mit dem Niederschlag aus der Luft auf Wasser-, Boden- und Pflanzenoberflächen ab.

Außer dem atmosphärischen Eintrag gelangen POP häufig durch Abwässer und Oberflächenabschwemmungen direkt in Gewässer. Sie zeigen dort meist eine ausgeprägte Tendenz zur Adsorption an Schwebstoffen und reichern sich dadurch in Sedimenten an.

Viele POP können sich in Lebewesen 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.

3.3.1 Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe/Benzo-a-pyren

Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) gehören neben Benzol, Arsen- und Cadmiumverbindungen sowie Dioxinen und Furanen zu den wichtigsten Kanzerogenen. Leitsubstanz ist das bisher am besten untersuchte Benzo-a-pyren (BaP), welches als Maßstab für die Umweltbelastung durch die gesamte PAK-Gruppe angesehen wird.

PAK entstehen bei der unvollständigen Verbrennung von organischen Materialien. Aufgrund ihrer geringen Flüchtigkeit werden sie hauptsächlich an Partikel gebunden, verbreitet und dann auch in die anderen Umweltmedien (Boden, Wasser) eingetragen. Im Jahr 2010 wurden in Sachsen 93 Mg PAK und davon 2 Mg BaP emittiert. Dies entspricht einem Emissionsrückgang seit 1990 von 85 % bei den PAK bzw. 79 % bei BaP.

Kleinf Feuerungsanlagen sind heute die mit Abstand größten Verursacher von BaP (Abbildung 33). Vor allem der Einsatz von Holz als Energieträger ist für die hohen Emissionen aus Kleinf Feuerungsanlagen verantwortlich. Frühere Hauptquellen waren die unzureichend mit Abgasreinigungen ausgerüsteten GFA auf Braunkohlebasis und die Anlagen zur Braunkohlenverarbeitung.

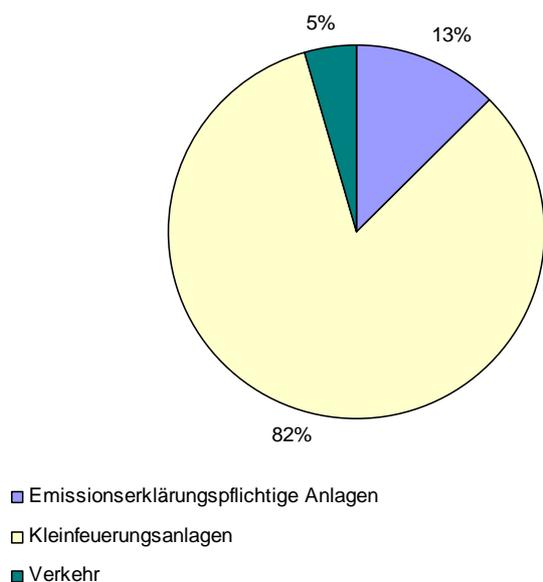


Abbildung 33: Quellen der BaP-Emissionen 2010 in Sachsen

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, darunter PAK, sind in der Wasserrahmenrichtlinie (Richtlinie 2000/60/EG) genannt. In den Jahren von 2007 bis 2011 wurden von den 617 sächsischen Fließwasserkörpern (FWK) 605 auf PAK mit folgenden Ergebnissen untersucht [22]:

■ Benzo(a)pyren	7 FWK mit Überschreitungen
■ Summe Benzo(b)– und Benzo(k)fluoranthen	37 FWK mit Überschreitungen
■ Summe Benzo(g,h,i)perylen und Indeno(1,2,3-cd)pyren	332 FWK mit Überschreitungen
■ Fluoranthen	7 FWK mit Überschreitungen
■ Anthracen	2 FWK mit Überschreitungen

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 für den Ober- bzw. Unterboden erstellt und im Bodenatlas des Freistaates Sachsen veröffentlicht [23]. Der Atlas stellt die Bodengehalte ausgewählter chemischer Elemente (Schwermetalle und PAK) dar. Mit dem Bodenmessprogramm des LfULG und der Einbeziehung Daten Dritter, wird der Datenbestand ständig erweitert und die Kartendarstellungen sukzessive aktualisiert.

3.3.2 Polychlorierte Dibenzo-p-dioxine und Dibenzofurane

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.

PCDD/F werden in die Atmosphäre abgegeben und können über weite Strecken transportiert werden. Mit Niederschlägen gelangen sie sowohl in die Gewässer als auch in den Boden, wo sie von Pflanzen und Tieren aufgenommen werden und sich in der Nahrungskette anreichern. Die Aufnahme beim Menschen erfolgt insbesondere über fetthaltige Lebensmittel tierischer Herkunft wie Milch- und Fleischprodukte.

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.

Im Jahr 2010 wurden in Sachsen 532 mg PCDD/F emittiert. Dies entspricht einer Minderung von 97% im Vergleich zu 1990. Hauptverursacher sind auch hier die Kleinfeuerungsanlagen, vor allem die für feste Brennstoffe.

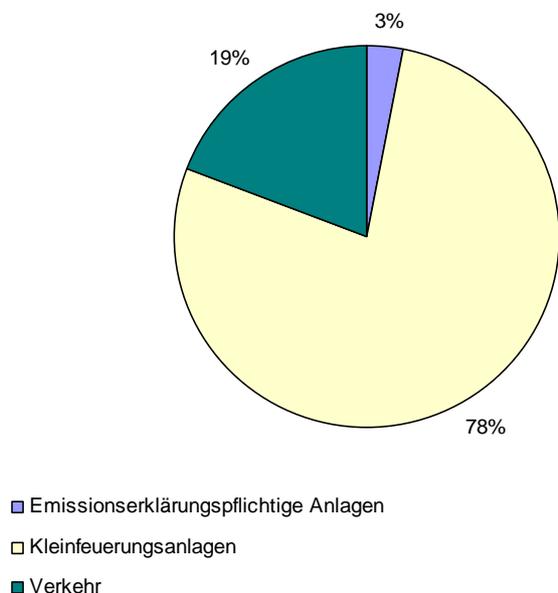


Abbildung 34: Quellen der PCDD/F-Emissionen 2010 in Sachsen

3.4 Schwermetalle

Im Emissionskataster, welches die Grundlage für den vorliegenden Bericht bildet, werden unter dieser Rubrik die in Tabelle 6 aufgeführten 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 neben Benzol, PAK sowie PCDD/F zu den wichtigsten Kanzerogenen.

Die Tabelle 6 gibt einen Überblick über die Schwermetall-Emissionen im Jahr 2010. Die größten Emissionsanteile haben Nickel und Zink. Hier wie auch bei den Darstellungen der zeitlichen Entwicklung der Emissionen (Abbildung 35) und der Verursacheranteile an den Emissionen der einzelnen Schwermetalle (Abbildung 36) sind die erheblichen Unsicherheiten bei der Emissionsermittlung zu beachten. Beispielsweise basieren die berechneten Emissionen aus dem Verkehr und aus Kleinf Feuerungsanlagen auf nur wenigen Angaben zum Schwermetallgehalt der jeweils eingesetzten Energieträger.

Die Verursacheranteile sind für die einzelnen Schwermetalle unterschiedlich. Die Emissionen von Quecksilber, Nickel, Kupfer, Blei und Chrom werden von den GFA bestimmt. Zink-Emissionen entstehen in hohem Maße durch Kleinf Feuerungsanlagen, insbesondere durch den Einsatz von Holz als Energieträger. Der Straßenverkehr ist bei Arsen und Cadmium die bedeutendste Quelle.

Tabelle 6: Schwermetall-Emissionen 2010 in Sachsen

Schwermetall	Emission 2010 in kg
Arsen (As)	429
Blei (Pb)	2 344
Cadmium (Cd)	346
Chrom (Cr)	1 165
Kupfer (Cu)	1 558
Nickel (Ni)	4 373
Quecksilber (Hg)	1 474
Zink (Zn)	3 849

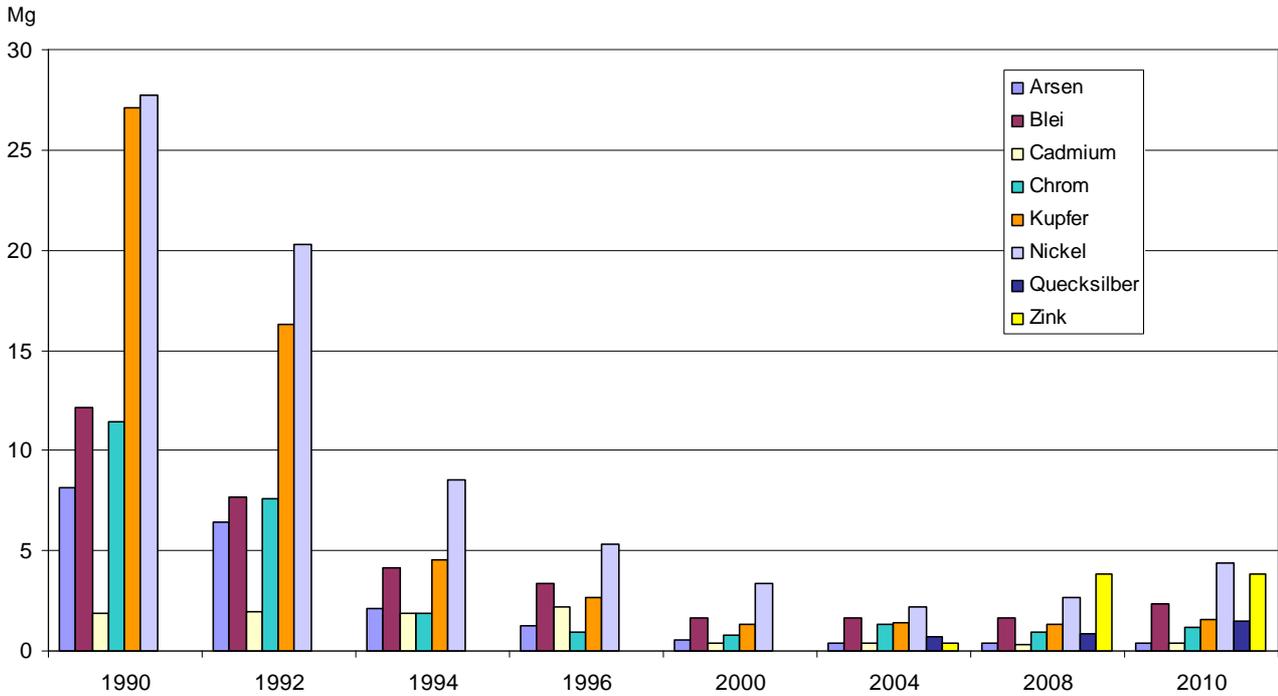


Abbildung 35: Entwicklung der Schwermetall-Emissionen in Sachsen

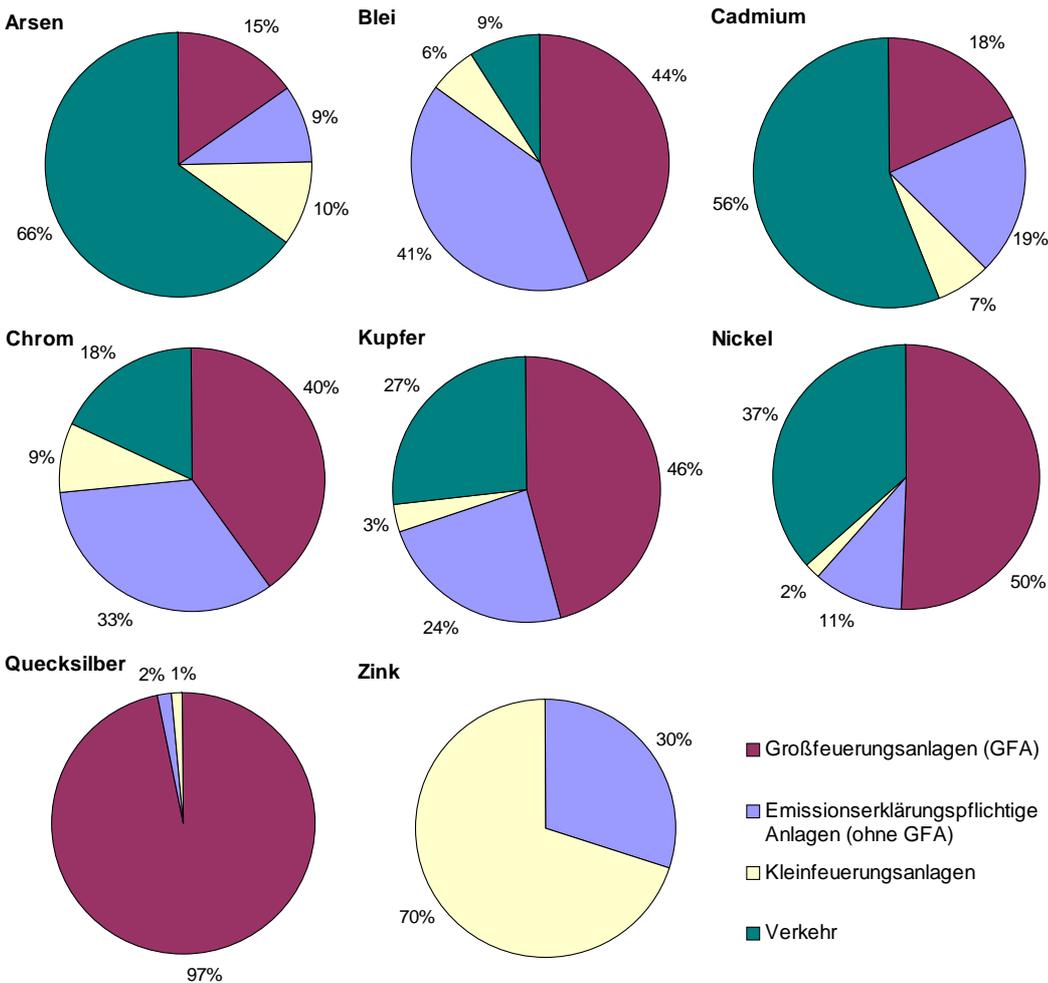


Abbildung 36: Quellen der Schwermetall-Emissionen 2010 in Sachsen

3.5 Verursacher

3.5.1 Emissionserklärungspflichtige Anlagen ohne GFA

Aus den Emissionserklärungen 2008 der dazu verpflichteten Betreiber genehmigungsbedürftiger Anlagen (nach 4. und 11. BImSchV) wurden folgende Emissionen entnommen (Tabelle 7). Nicht enthalten sind in dieser Übersicht die Emissionen aus Großfeuerungsanlagen. Um Doppelerfassungen zu vermeiden wurden bei den Stoffen CH₄, N₂O, NO_x und Feinstaub auch die berechneten Emissionen aus Tierhaltungsanlagen abgezogen.

Emissionserklärungspflichtige Anlagen sind bedeutende Verursacher einiger Schwermetalle (z. B. Blei und Chrom). Die Schwermetall-Emissionen fallen insbesondere bei der Metallverarbeitung und im Entsorgungsbereich an.

Tabelle 7: Emissionen der Emissionserklärungspflichtigen Anlagen (ohne GFA) 2008 in Sachsen

Schadstoff	Emission	Maßeinheit	Anteil an der Gesamtemission des jeweiligen Schadstoffes
Treibhausgase:			
CO ₂	2 344 831	Mg	5 %
N ₂ O ¹⁾	89 084	Mg CO ₂ eq	4 %
CH ₄ ¹⁾	7 630	Mg CO ₂ eq	0,3 %
Klassische Luftschadstoffe:			
NMVOC/ C ₆ H ₆	4 759/ 21	Mg	13 %/ 4 %
PM10 ¹⁾	973	Mg	12 %
NO _x ¹⁾	6 982	Mg	10 %
PM2.5 ¹⁾	423	Mg	10 %
SO ₂	3 012	Mg	10 %
CO	10 998	Mg	8 %
Persistente organische Verbindungen:			
PAK/ BaP	245/ 245	kg	0,3 %/ 13 %
Schwermetalle:			
Pb	965	kg	41 %
Cr	387	kg	33 %
Zn	1 152	kg	30 %
Cu	372	kg	24 %
Cd	72	kg	19 %
Ni	465	kg	11 %
As	41	kg	9 %
Hg	25	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 37 gibt einen Überblick über die Anteile dieser Anlagen an den erklärten Emissionen.

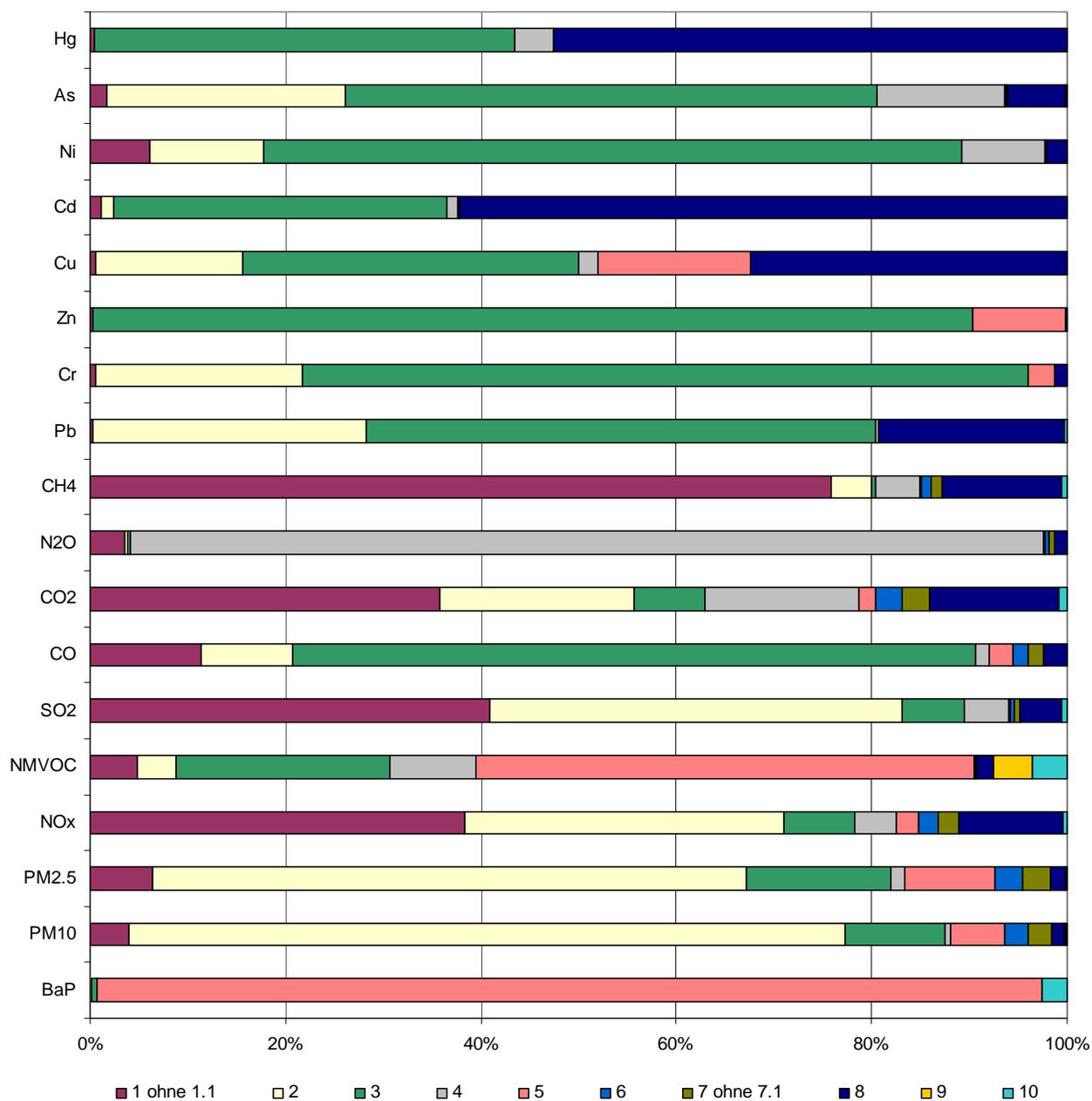


Abbildung 37: Anteile der einzelnen Anlagenkategorien an den Emissionen 2008 der emissionserklärungspflichtigen Anlagen (ohne Großfeuerungs- und Tierhaltungsanlagen)

3.5.2 Großfeuerungsanlagen

Großfeuerungsanlagen (GFA) gehören zu den genehmigungsbedürftigen Anlagen mit Emissionserklärungspflicht. Wegen ihrer Bedeutung werden sie jedoch extra betrachtet. GFA sind Hauptverursacher der SO₂- und CO₂-Emissionen sowie der einiger Schwermetalle. Des Weiteren sind sie für einen Großteil der NO_x-Emissionen verantwortlich (Tabelle 8).

Tabelle 8: Emissionen aus Großfeuerungsanlagen 2010 in Sachsen

Schadstoff	Emission	Maßeinheit	Anteil an der Gesamtemission des jeweiligen Schadstoffes
Treibhausgase:			
CO ₂	30 413 999	Mg	64 %
N ₂ O	189 193	Mg CO ₂ eq	9 %
CH ₄	17 110	Mg CO ₂ eq	1 %
Klassische Luftschadstoffe:			
SO ₂	22 738	Mg	76 %
NO _x	21 806	Mg	31 %
PM2.5	291	Mg	7 %
CO	7 498	Mg	5 %
PM10	346	Mg	4%
NM VOC	654	Mg	2 %
Persistente organische Verbindungen:			
PCDD/F	140	mg	3 %
PAK/ BaP	217/ 1	kg	0,2 %/ 0,1%
Schwermetalle:			
Hg	1 431	kg	97 %
Ni	2 216	kg	50 %
Cu	715	kg	46 %
Pb	1 026	kg	44 %
Cr	467	kg	40 %
Cd	68	kg	18 %
As	65	kg	15 %

Wie bereits in vorangegangenen Kapiteln erwähnt, ist die Entwicklung der Emissionen aus diesem Sektor sehr stark an wirtschaftliche und gesellschaftliche Faktoren gebunden. Grundsätzlichen Einfluss haben z. B. Energieverbrauch, Stromnachfrage/-export, Energieträger-Mix und Energieintensität.

Die nachfolgenden Abbildungen geben einen Überblick über die spezifische Situation in Sachsen.

Der Bestand an GFA (Anzahl, Feuerungswärmeleistung) ist seit 2004 etwa gleich geblieben (Abbildung 38). Die Braunkohleförderung zeigt bis auf konjunkturell bedingte Schwankungen einen ähnlichen Verlauf (Abbildung 40). Die Energieintensität, die

angibt, wie viel Primärenergie notwendig ist, um eine Einheit Bruttoinlandsprodukt zu erzeugen, nahm seit 1991 um 55 % (von 2000 bis 2009 um 1,5 %) ab. Dies ist ein Beleg für die verbesserte Energieeffizienz der sächsischen Wirtschaft.

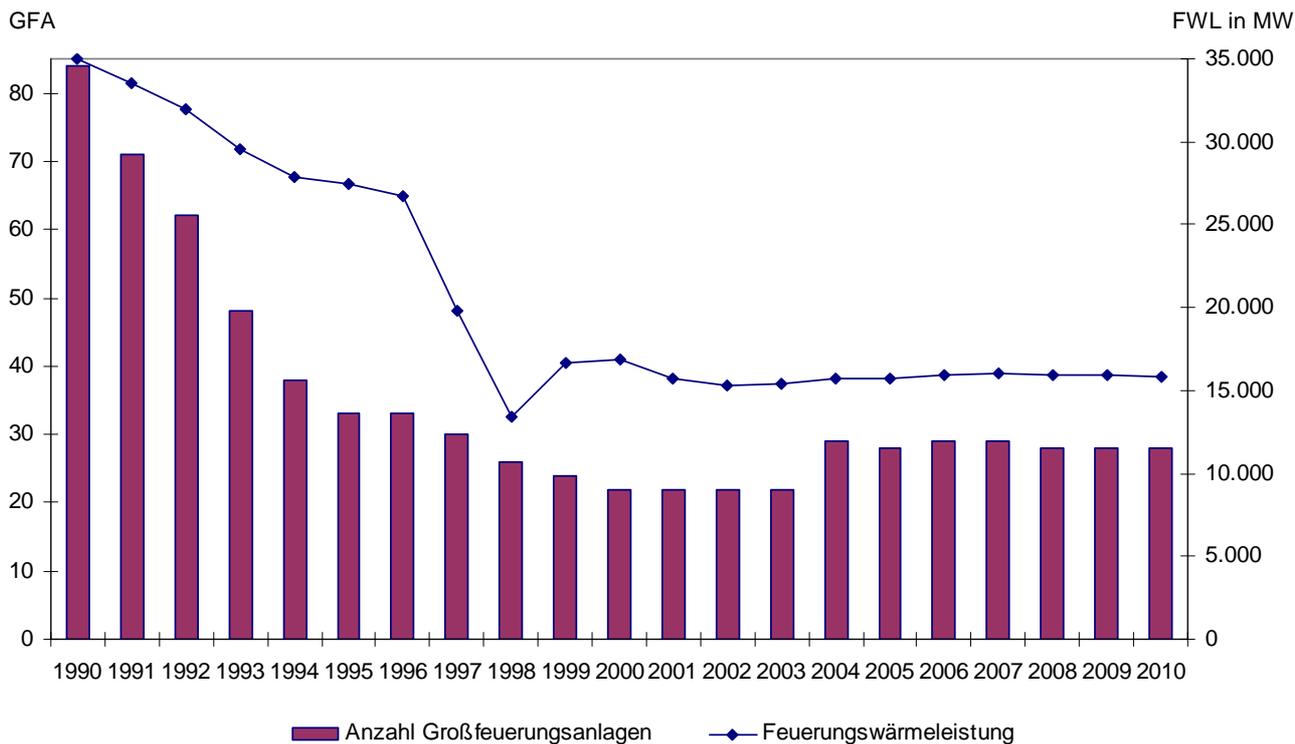


Abbildung 38: Entwicklung der Anzahl von Großfeuerungsanlagen und deren Feuerungswärmeleistung in Sachsen

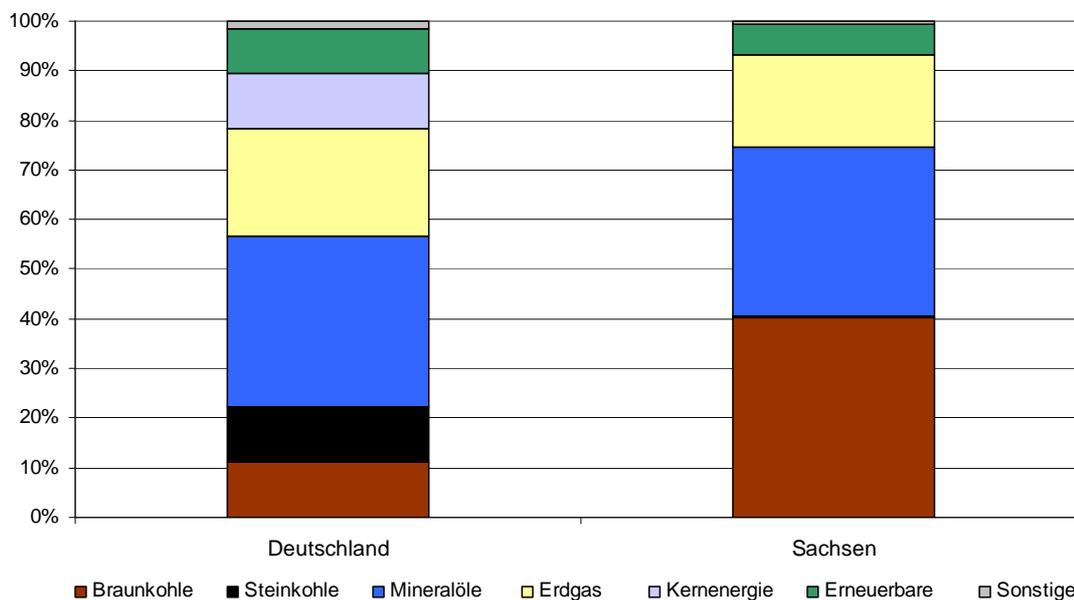


Abbildung 39: Primärenergieverbrauch 2009 in Deutschland und Sachsen nach Energieträgern [24]

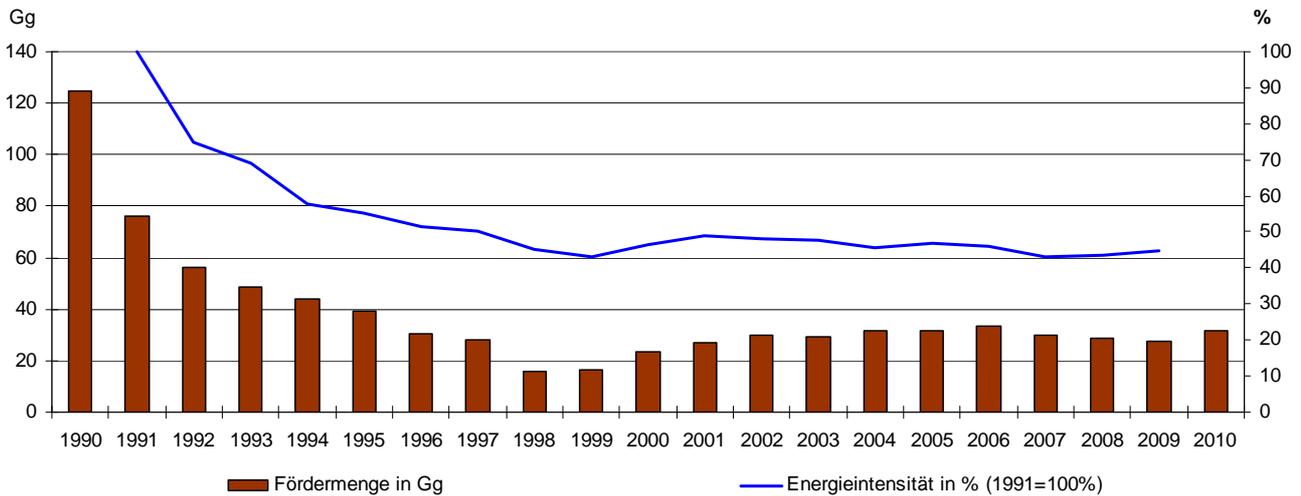


Abbildung 40: Entwicklung der Braunkohleförderung und Energieintensität in Sachsen [24, 25]

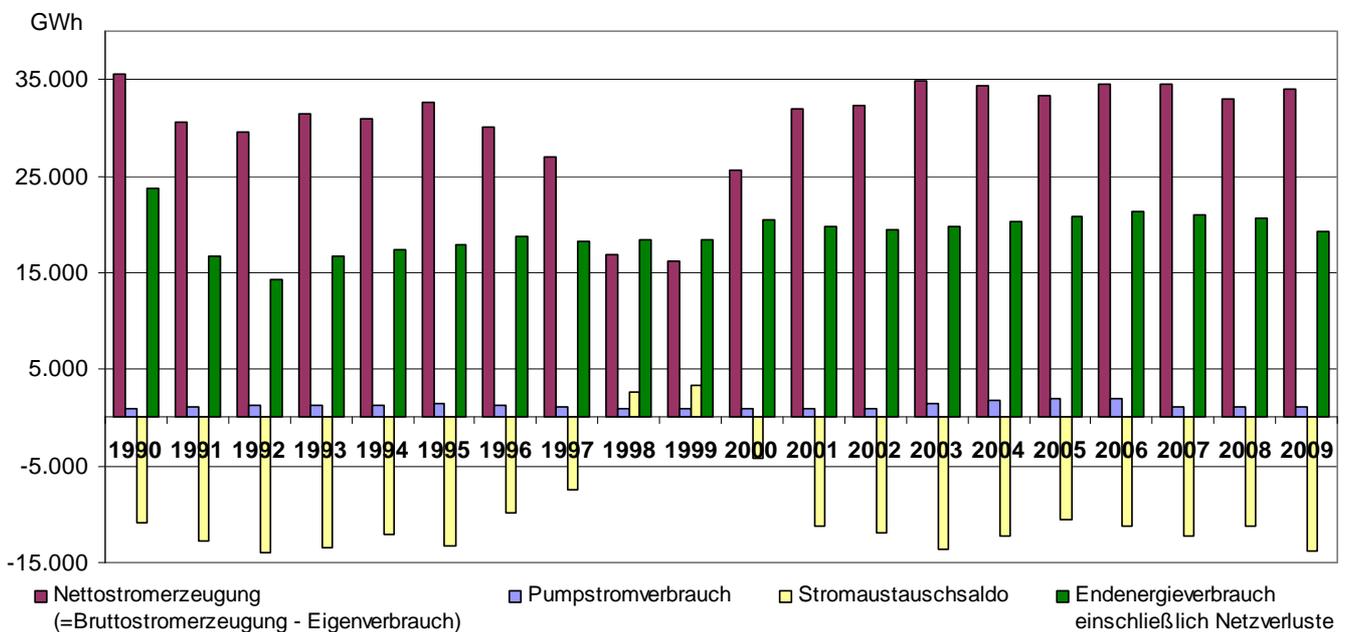


Abbildung 41: Entwicklung der Stromerzeugung in Sachsen [24]

3.5.3 Kleinf Feuerungsanlagen

Für die Begrenzung der Emissionen aus Kleinf Feuerungsanlagen 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. Diese Vorschrift wurde im Jahr 2010 novelliert.

Die Messungen an Feuerungsanlagen für feste Brennstoffe im Jahr 2010 ergaben, dass 77 % der Anlagen die Vorschriften der 1. BImSchV eingehalten haben. [26]

Kleinf Feuerungsanlagen sind Hauptverursacher der POP: PAK/ BaP und PCDD/F sowie der CO-Emissionen. Große Bedeutung haben sie auch als Emittenten von Feinstaub, insbesondere wegen der zunehmenden Anzahl von Holzfeuerungsanlagen. Es wird erwartet, dass die Novellierung der 1. BImSchV mittelfristig eine Reduktion dieser Emissionen bewirkt.

Tabelle 9: Emissionen aus Kleinfeuerungsanlagen 2010 in Sachsen

Schadstoff	Emission	Maßeinheit	Anteil an der Gesamtemission des jeweiligen Schadstoffes
Treibhausgase:			
CO ₂	5 619 300	Mg	11 %
CH ₄	44 903	Mg CO ₂ eq	2 %
N ₂ O	16 281	Mg CO ₂ eq	1 %
Klassische Luftschadstoffe:			
CO	67 015	Mg	50 %
PM2.5	1 182	Mg	29 %
PM10	1 304	Mg	16 %
NM VOC/ C ₆ H ₆	6 163/ 100	Mg	16 %/ 17 %
SO ₂	3 996	Mg	13 %
NO _x	4 576	Mg	6 %
Persistente organische Verbindungen:			
PAK/ BaP	82/ 2	Mg	88 %/ 82 %
PCDD/F	413	mg	78 %
Schwermetalle:			
Zn	2 697	kg	70 %
As	44	kg	10 %
Cr	102	kg	9 %
Cd	25	kg	7 %
Pb	145	kg	6 %
Cu	53	kg	3 %
Ni	89	kg	2 %
Hg	19	kg	1 %

Bei den fossilen Energieträgern wurde Kohle weitgehend durch Öl und Gas ersetzt (Abbildung 42). Das führte zu einem deutlichen Rückgang der Emissionen. Infolge der Förderung im Freistaat Sachsen und des positiven Images als klimaneutraler Energieträger hat sich auch Holz wieder mit einem größeren Anteil am Energieträger-Mix etabliert (Abbildung 43). Dies ist mit einem Wiederanstieg der Emissionen, insbesondere von BaP, CO und PM10 verbunden. Das Emissionsniveau vom Anfang der 90er Jahre wird aber bei weitem nicht erreicht.

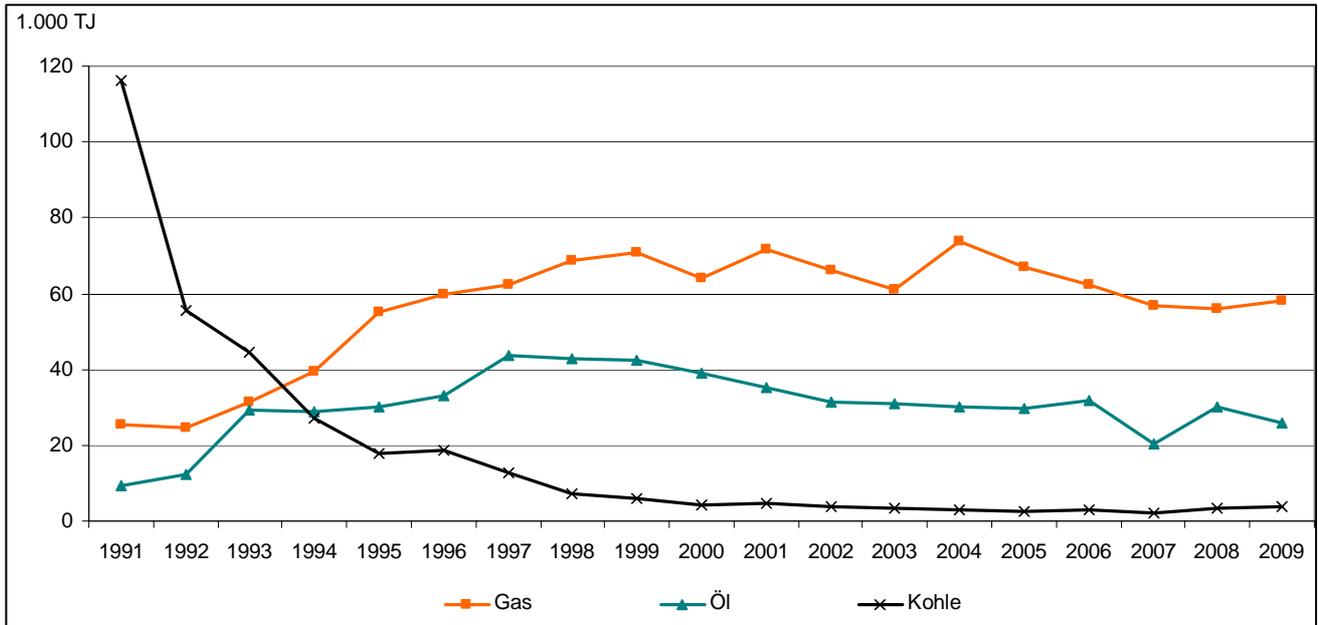


Abbildung 42: Entwicklung des Verbrauchs fossiler Energieträger durch Haushalte und Kleinverbraucher in Sachsen [27]

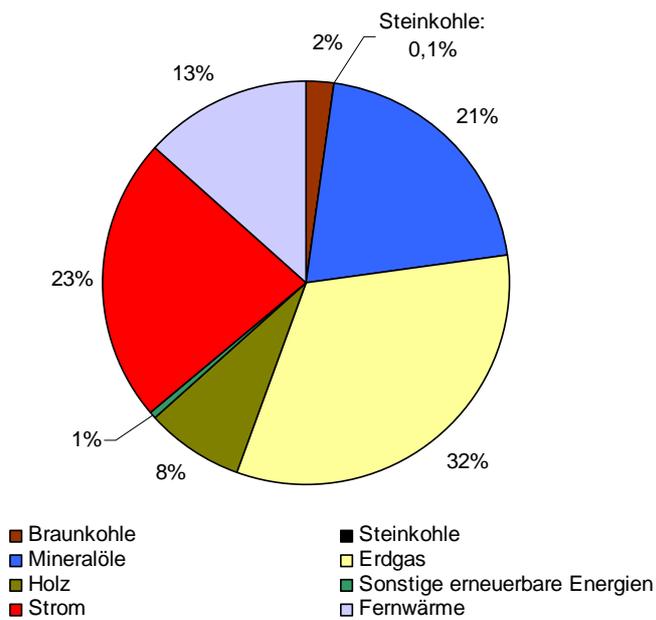


Abbildung 43: Endenergieverbrauch durch Haushalte und Kleinverbraucher nach Energieträgern 2009 in Sachsen [24]

3.5.4 Verkehr

Der Verkehr, insbesondere der Straßenverkehr, ist Hauptverursacher der NO_x, PM10-, PM2,5-, CO- und Benzol-Emissionen sowie der einiger Schwermetalle. Die Abbildung 44 zeigt am Beispiel der NO_x- und PM10-Emission den dominierenden Einfluss des Straßenverkehrs.

Tabelle 10: Emissionen aus dem Verkehr 2010 in Sachsen

Schadstoff	Emission	Maßeinheit	Anteil an der Gesamtemission des jeweiligen Schadstoffes
Treibhausgase:			
CO ₂	8 814 257	Mg	19 %
N ₂ O	87 132	Mg CO ₂ eq	4 %
CH ₄	9 451	Mg CO ₂ eq	0,4 %
Klassische Luftschadstoffe:			
NO _x	33 227	Mg	47 %
PM2.5	1 922	Mg	47 %
PM10	3 692	Mg	44 %
CO	51 303	Mg	37 %
NMVOG/ C ₆ H ₆	10 459/ 476	Mg	28 %/ 79 %
NH ₃	966	Mg	4 %
SO ₂	212	Mg	1 %
Persistente organische Verbindungen:			
PCDD/F	102	mg	19%
PAK/ BaP	11/ 0,1	Mg	12%/ 5 %
Schwermetalle:			
As	279	kg	66 %
Cd	209	kg	56 %
Ni	1 603	kg	37 %
Cu	418	kg	27 %
Cr	209	kg	18 %
Pb	209	kg	9 %

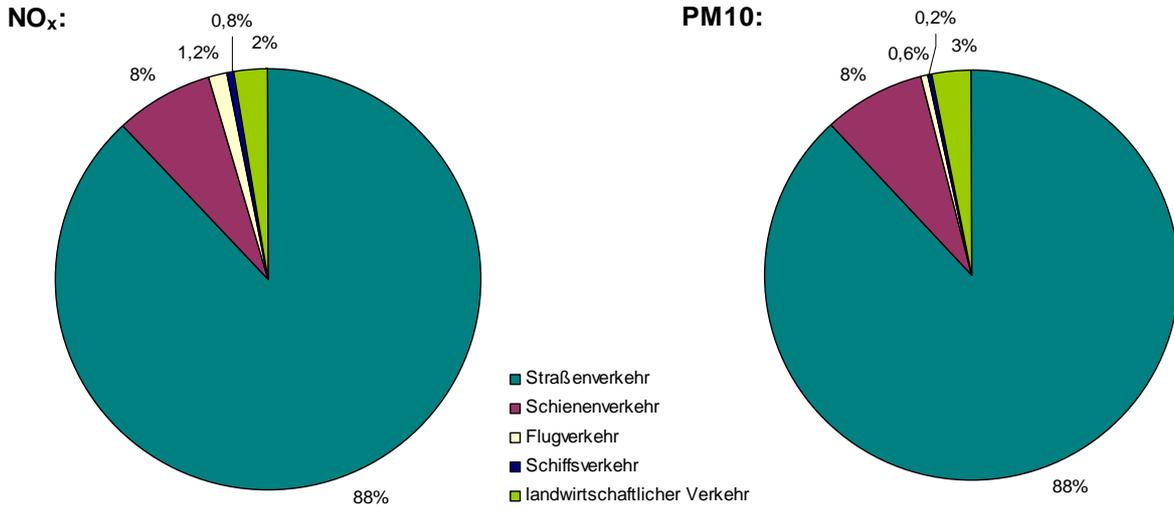


Abbildung 44: Anteile der Verkehrsträger an den NO_x- bzw. PM₁₀-Emissionen 2010 in Sachsen

Wegen ihrer hohen Fahrleistungen tragen vor allem die Personenkraftwagen (PKW) erheblich zu den NO_x- und PM₁₀-Emissionen bei (Abbildung 45). Vorrangig werden diese Emissionen durch Diesel-Kfz verursacht. Die Entwicklung der Fahrleistungen zeigt bei den leichten Nutzfahrzeugen und den PKW einen steigenden Trend (Abbildung 46).

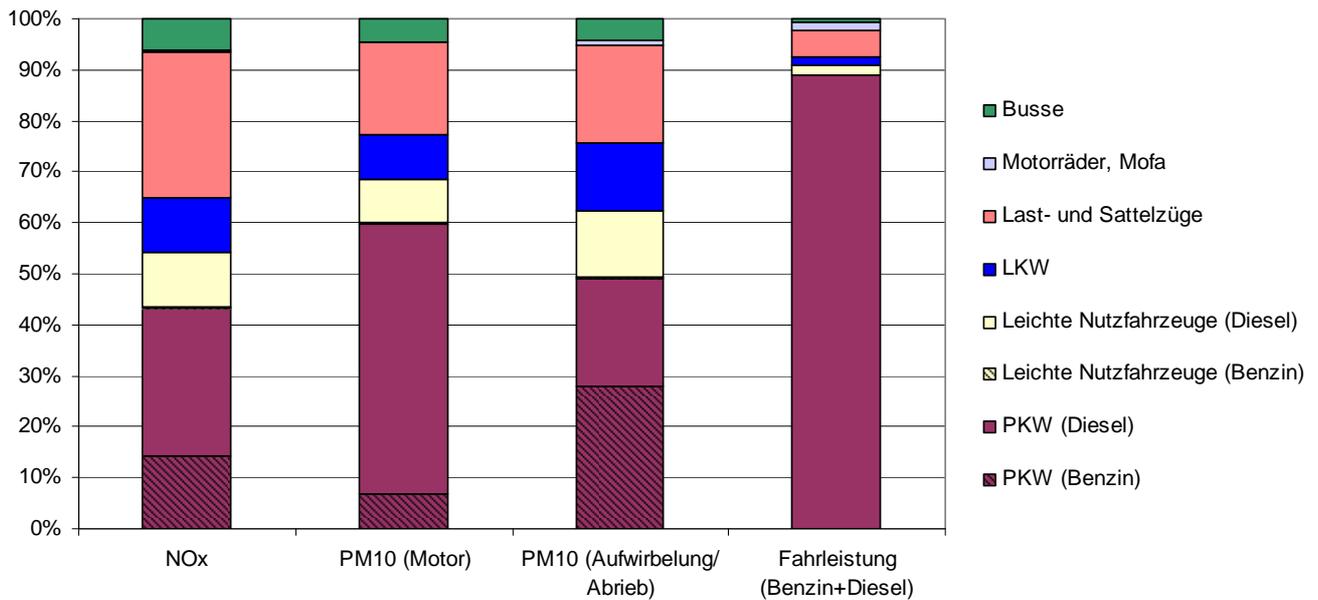


Abbildung 45: Anteile verschiedener Fahrzeugklassen an der Gesamtfahrleistung sowie den Emissionen von NO_x bzw. PM₁₀ des Straßenverkehrs 2010

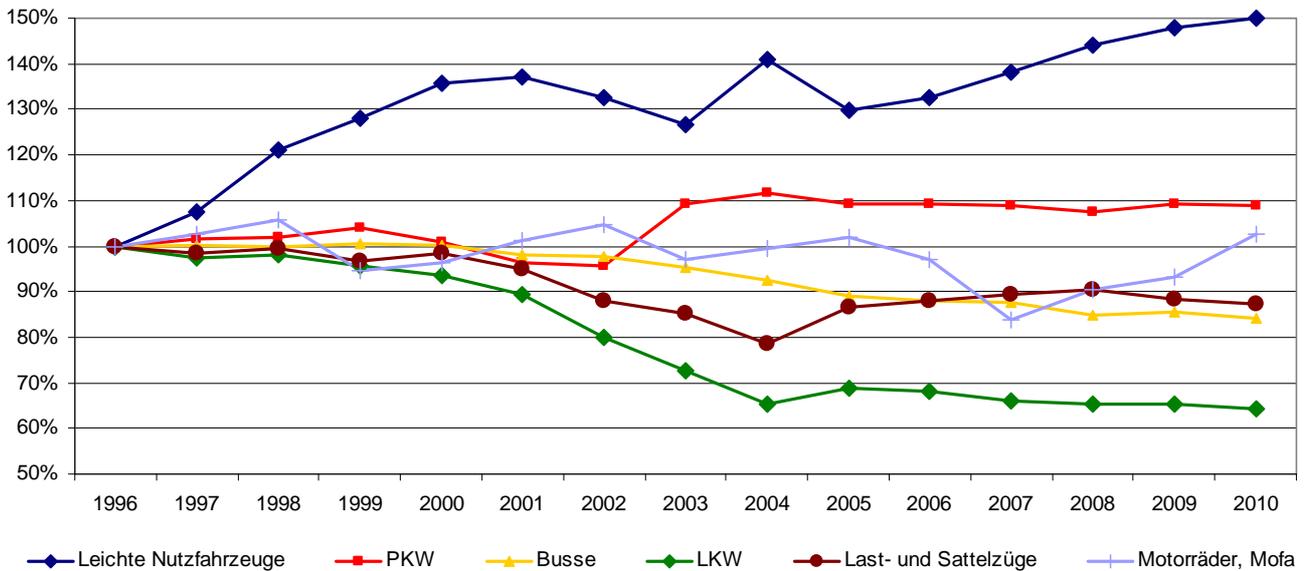


Abbildung 46: Entwicklung der Fahrleistungen pro Fahrzeugklasse in Sachsen

Eine Minderung der Emissionen des Straßenverkehrs durch Reduzieren der Fahrleistungen ist nur begrenzt zu erwarten. Deshalb richten sich die derzeitigen Bemühungen eher auf die Verbesserung der Fahrzeugmotoren und die Entwicklung emissionsärmerer Fahrzeuge. Dies spiegelt sich an den zunehmenden Zahlen von Fahrzeugen mit höheren (emissionsbezogen = besseren) Euro-Normen bzw. Schadstoffklassen wider.

Weniger als 1 % der sächsische PKW und 10 % der Nutzfahrzeuge (ohne landwirtschaftliche Fahrzeuge) waren 2010 nicht schadstoffreduziert. Die Anteile der Euro-Normen bei PKW bzw. Schadstoffklassen (SKL) bei Nutzfahrzeugen an den schadstoffreduzierten Fahrzeugen sind in Abbildung 47 und Abbildung 48 dargestellt.

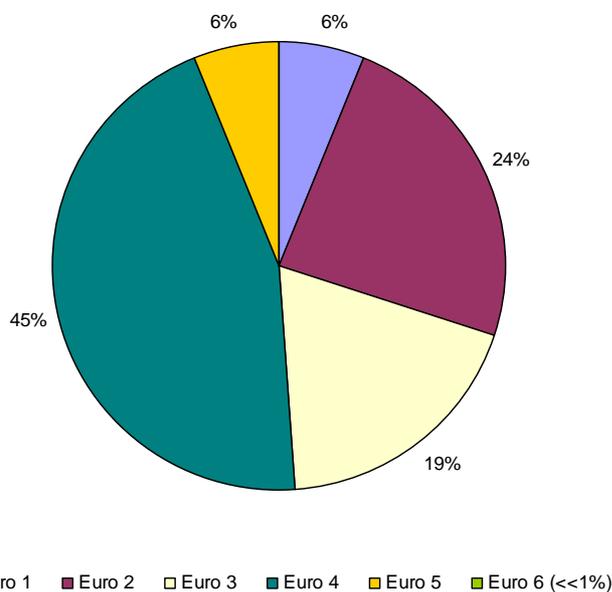


Abbildung 47: Anteile der Euro-Normen an den schadstoffreduzierten PKW 2010 in Sachsen

(Datenquelle: Kraftfahrtbundesamt)

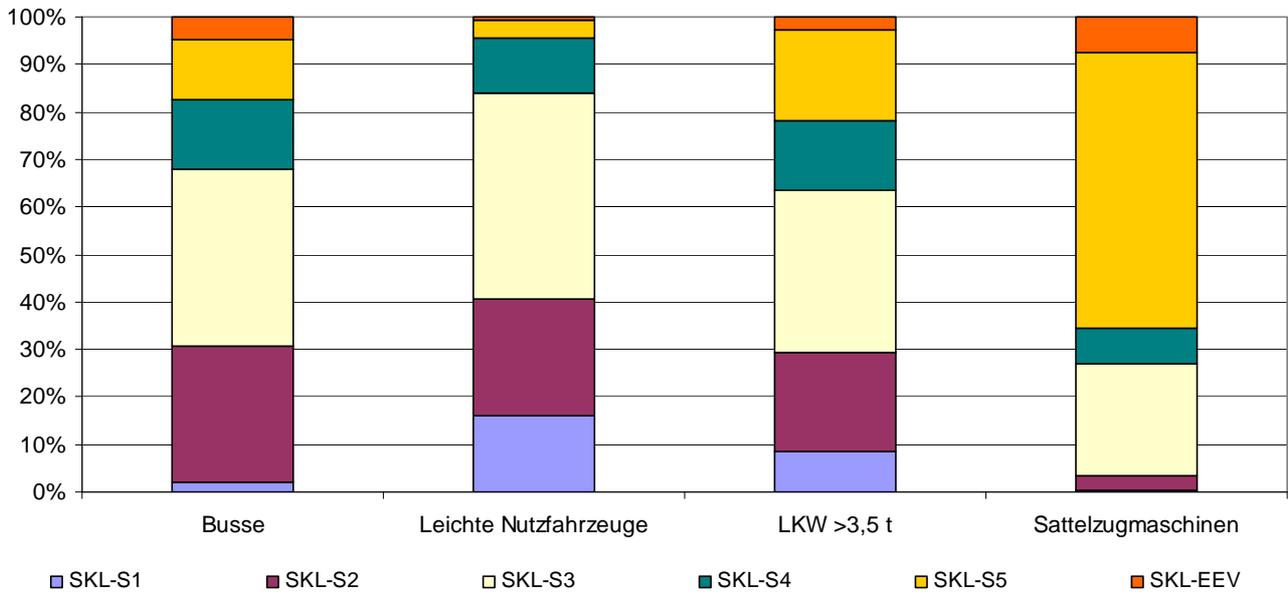


Abbildung 48: Anteile der Schadstoffklassen an den schadstoffreduzierten Nutzfahrzeugen 2010 in Sachsen
 (Datenquelle: Kraftfahrtbundesamt)

Besonders in Ballungsgebieten entstehen hohe Emissionen aus dem Straßenverkehr (Abbildung 49). In Verbindung mit ungünstigen Ausbreitungsbedingungen durch dichte Bebauungen und weiteren Faktoren (Wetter, Ferneintrag) werden hohe Luftbelastungen hervorgerufen.

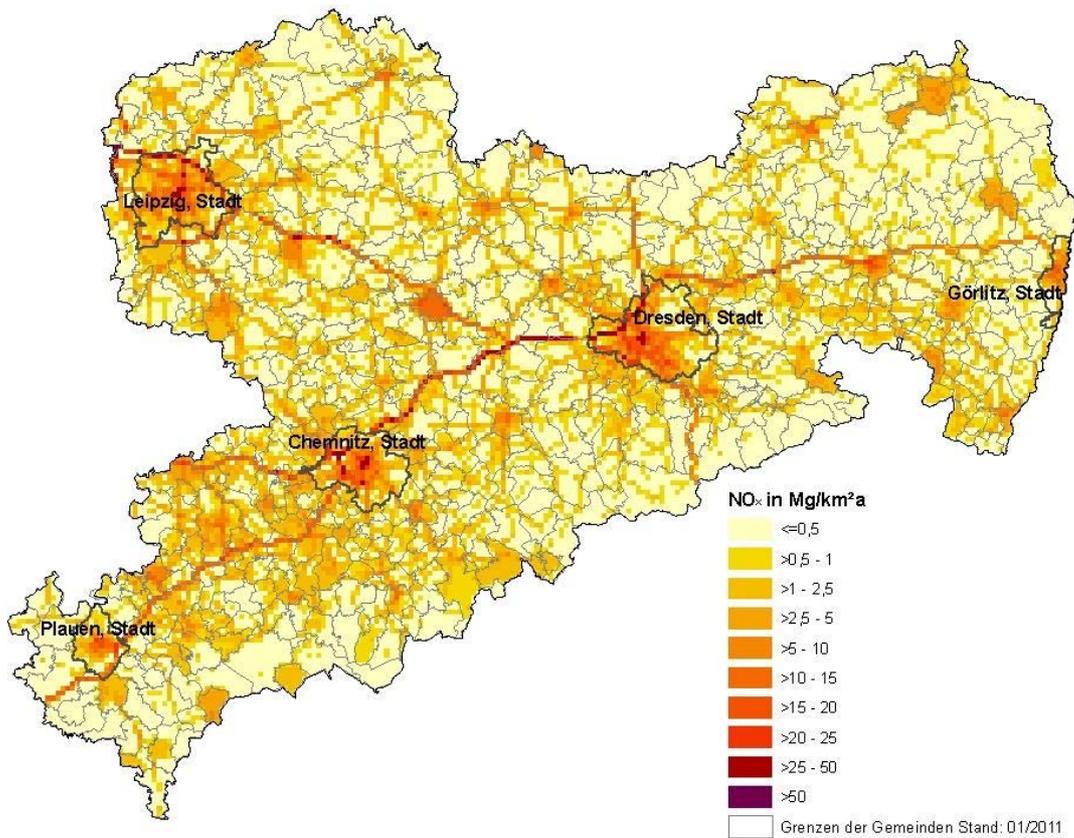


Abbildung 49: NO_x-Emissionen aus dem Straßenverkehr pro 1x1 km²-Raster 2010 in Sachsen

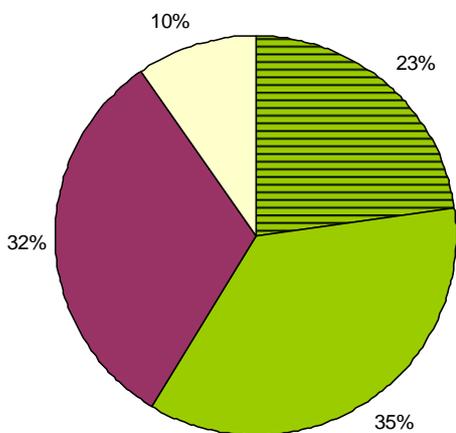
3.5.5 Landwirtschaft

Die Landwirtschaft ist Hauptverursacher der N₂O-, NH₃- und CH₄-Emissionen. Die Emissionen aus der Landwirtschaft entstehen durch die tierische Verdauung, die Lagerung und Ausbringung von Dünger sowie die Bodennutzung. Der Anteil der N₂O-Emissionen aus Böden an den THG-Gesamtemissionen aus der Landwirtschaft (in CO₂-Äquivalenten) beträgt rund 60 %. Der Anteil von CH₄ aus der tierischen Verdauung liegt bei rund 30 % (Abbildung 50). Die NH₃-Emissionen werden vor allem durch das Wirtschaftsdünger-Management erzeugt (Abbildung 51).

Die CH₄- und NH₃-Emissionen aus der Landwirtschaft nahmen unmittelbar nach der deutschen Wiedervereinigung stark ab (1990 bis 1991: CH₄: -30%, NH₃: -26%). Seither verbleiben sie auf etwa gleichem Niveau. Die Abnahme der Emissionen ist vor allem der Tierhaltung, insbesondere der Abnahme der Rinderbestände zuzuschreiben. Die Abbildung 52 zeigt, dass die Rinder 2010 91 % der Gesamtemissionen an CH₄ und N₂O aus der Tierhaltung verursachten (Milchkühe: 58 %, übrige Rinder: 33 %).

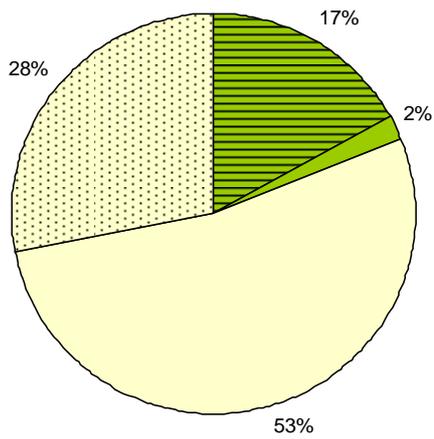
Tabelle 11: Emissionen aus der Landwirtschaft 2010 in Sachsen

Schadstoff	Emission	Maßeinheit	Anteil an der Gesamtemission des jeweiligen Schadstoffes
Treibhausgase:			
N ₂ O	1 702 434	Mg CO ₂ eq	80 %
CH ₄	1 022 742	Mg CO ₂ eq	43 %
Klassische Luftschadstoffe:			
NH ₃	17 778	Mg	70 %
PM10	2 015	Mg	24 %
PM2.5	274	Mg	7 %
NO _x	4 412	Mg	6 %



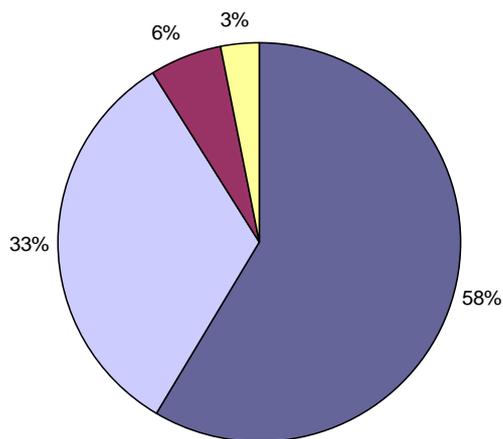
- landwirtschaftliche Böden (gedüngte Kulturen)
- landwirtschaftliche Böden (ungedüngte Kulturen)
- Tierhaltung (Verdauung)
- Tierhaltung (Wirtschaftsdünger-Management)

Abbildung 50: Quellen der Treibhausgas-Emissionen aus der Landwirtschaft 2010 in Sachsen ⁵



- landwirtschaftliche Böden (gedüngte Kulturen)
- landwirtschaftliche Böden (ungedüngte Kulturen)
- Tierhaltung (Wirtschaftsdünger-Management) - Rinder
- Tierhaltung (Wirtschaftsdünger-Management) - ohne Rinder

Abbildung 51: Quellen der NH₃-Emissionen aus der Landwirtschaft 2010 in Sachsen ⁵



- Milchkühe
- Rinder ohne Milchkühe
- Schweine
- Sonstige Tiere

Abbildung 52: Anteile einzelner Tierarten an den THG-Emissionen aus der Tierhaltung 2010 in Sachsen

⁵ Die Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden (gedüngte Kulturen) berücksichtigen die Anwendung von Mineral-, Wirtschaftsdüngern und Klärschlämmen sowie die Bewirtschaftung organischer Böden. Die Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden (ungedüngte Kulturen) umfassen den Leguminosenanbau, Ernterückstände, indirekte Emissionen als Folge von Depositionen bzw. von Leaching und Auswaschung sowie den Weidegang.

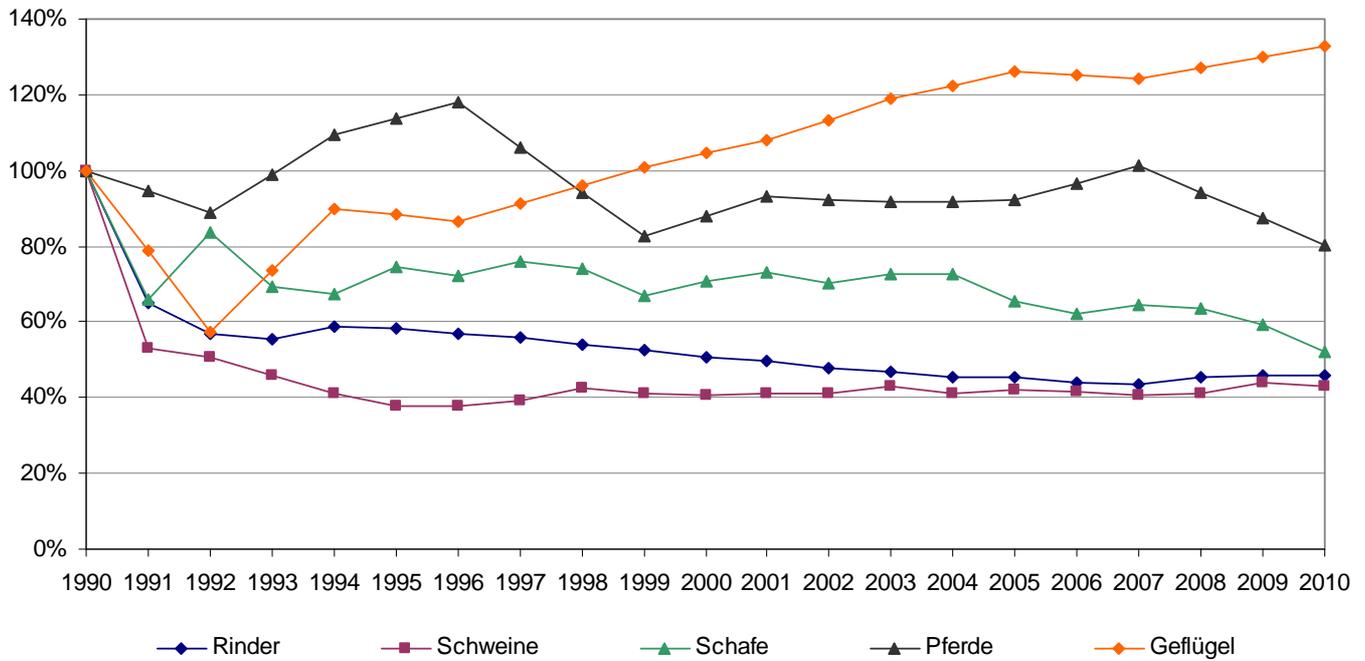


Abbildung 53: Entwicklung der Tierzahlen in Sachsen
(Datenquelle: vTI)

3.5.6 Deponien und Altablagerungen

Deponien und Altablagerungen sind zusammen mit der Landwirtschaft Hauptverursacher der CH₄-Emissionen. Sie weisen (im Gegensatz zu den landwirtschaftlichen Emissionen) einen stetigen Rückgang auf. Die wichtigste Ursache dafür sind die höheren gesetzlichen Anforderungen an die Behandlung und Ablagerung von Abfällen.

Tabelle 12: Emissionen aus Deponien und Altablagerungen 2010 in Sachsen

Schadstoff	Emission	Maßeinheit	Anteil an der Gesamtemission des jeweiligen Schadstoffes
Treibhausgase:			
CH ₄	940 225	Mg CO ₂ eq	39 %
CO ₂	331 421	Mg	1 %

Mit der Umsetzung der Abfallablagerversordnung dürfen in Deutschland Abfälle seit dem 1. Juni 2005 nicht ohne weiteres deponiert werden, sondern müssen zunächst vorbehandelt werden. Im Ergebnis werden in Sachsen nur noch geringere Mengen inerte Abfälle deponiert.

Die heutigen zur Abfallablagerung genehmigten Deponien werden nach dem neuesten Stand der Technik betrieben um schädliche Emissionen auf die Umwelt so gering wie möglich zu halten. Entstehende Deponiegasmengen sind – so weit wie möglich – zu erfassen und vorrangig einer energetischen Verwertung zuzuführen.

Vor 1989 gab es in Sachsen ca. 1.500 Abfallablagerungsstellen, die größtenteils nach dem 30.06.1990 – also mit Wirkung des Abfallgesetzes auf dem Gebiet der neuen Bundesländer – stillgelegt wurden. Die Anzahl der betriebenen Siedlungsabfalldeponien verringerte sich kontinuierlich von 93 (1991) auf 3 Siedlungsabfalldeponien im Jahr 2010.

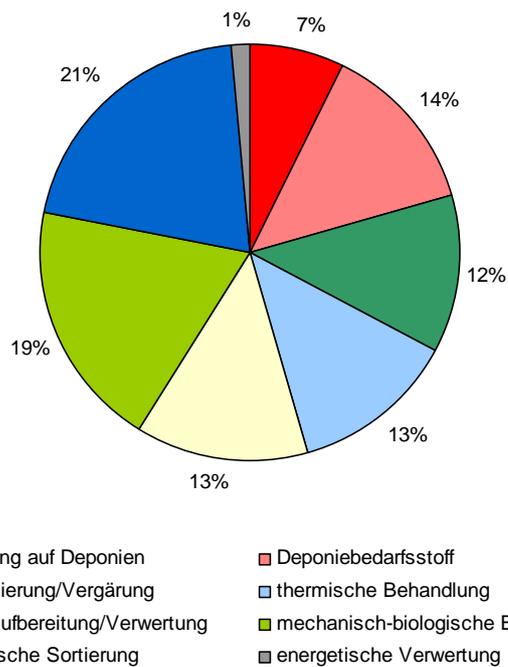


Abbildung 54: Entsorgungswege der Siedlungsabfälle 2010 in Sachsen [28]

3.5.7 Lösemittelanwendung

Durch die Lösemittelanwendung werden NMVOC-Emissionen verursacht. Die Haushalte sowie der Sektor „Gewerbe, Handel-Dienstleistungen“ sind dabei maßgeblich (Tabelle 13).

Die hier angegebenen Emissionen sind mit großen Unsicherheiten verbunden. Es handelt sich um Abschätzungen auf Basis von Beschäftigtenzahlen, Krankenhausbetten, eingeschriebenen Studenten und Verbrauchszahlen für Haushalte, die jedoch aus einer Haushaltsbefragung für Sachsen aus dem Jahr 1999 stammen. Es besteht hier ein dringender Forschungsbedarf.

Tabelle 13: NMVOC-Emissionen aus der Lösemittelanwendung 2010 in Sachsen

Verursacher	Emission	Maßeinheit	Anteil an der Gesamtemission aus der Lösemittelanwendung	Anteil an der Gesamtemission des jeweiligen Schadstoffes
Haushalte	9 012	Mg	59 %	24 %
Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	6 211	Mg	40 %	17 %
Krankenhäuser	106	Mg	0,7 %	0,3 %
Forschungseinrichtungen	23	Mg	0,2 %	0,1 %

3.5.8 Sonstige

Die Emissionen der sonstigen Verursacher sind relativ grobe Schätzungen. Die zur Berechnung verwendeten Emissionsfaktoren stellen meist ältere Einzelwerte dar. Keiner dieser Emittenten tritt jedoch als Hauptverursacher eines bestimmten Schadstoffes auf.

Tabelle 14: THG-Emissionen der sonstigen Quellen 2010 in Sachsen

Verursacher	THG	Emission	Maßeinheit	Anteil an der Gesamtemission des jeweiligen Schadstoffes
Abwasserbehandlung	CO ₂	125 599	Mg	0,3 %
	CH ₄	28 879	Mg CO ₂ eq	1,2 %
	N ₂ O	28 420	Mg CO ₂ eq	1,3 %
Kompostierung	CO ₂	77 867	Mg	0,2 %
	CH ₄	17 321	Mg CO ₂ eq	0,7 %
	N ₂ O	17 335	Mg CO ₂ eq	0,8 %
Braunkohleförderung	CH ₄	44 602	Mg CO ₂ eq	1,9 %
Erdgasverbrauch	CH ₄	263 760	Mg CO ₂ eq	11 %

Tabelle 15: NH₃-Emissionen der sonstigen Quellen 2010 in Sachsen

Verursacher	Emission	Maßeinheit	Anteil an der Gesamtemission des jeweiligen Schadstoffes
Haushalte (durch Stoffwechselfvorgänge)	3 616	Mg	14 %
Industrie, Kompostierung, Kälteanlagen	3 000	Mg	12 %

4 Sachsen im bundesdeutschen Vergleich

Für die vergleichende Einordnung der sächsischen Emissionen sind in Abbildung 55 die auf Einwohner bezogenen Emissionen von Sachsen und Deutschland dargestellt. Es muss jedoch beachtet werden, dass die Berechnungsgrundlagen (einbezogene Emittentengruppen, Emissionsfaktoren, Basisdaten für Aktivitäten) für Sachsen und Deutschland nicht exakt übereinstimmen. Die deutschlandweiten Daten wurden den Veröffentlichungen des Umweltbundesamtes entnommen. Die sächsischen Emissionsdaten stammen aus dem vom LfULG geführten Emissionskataster, das – soweit vorhanden – mit sachsenspezifischen Emissionsfaktoren rechnet.

Lagen die vorrangig verbrennungsbedingten Emissionen (CO₂, SO₂, CO, Staub) in den 90er Jahren noch weit über dem bundesdeutschen Durchschnitt, haben sie sich in den letzten Jahren angepasst. Die einwohnerbezogenen sächsischen Emissionen sind bei CO₂ und SO₂ aber noch höher als in Deutschland. Ursache ist der vergleichsweise hohe Anteil von Braunkohle an der Stromerzeugung. Bei den anderen Luftschadstoffen liegt Sachsen unter dem Bundesdurchschnitt.

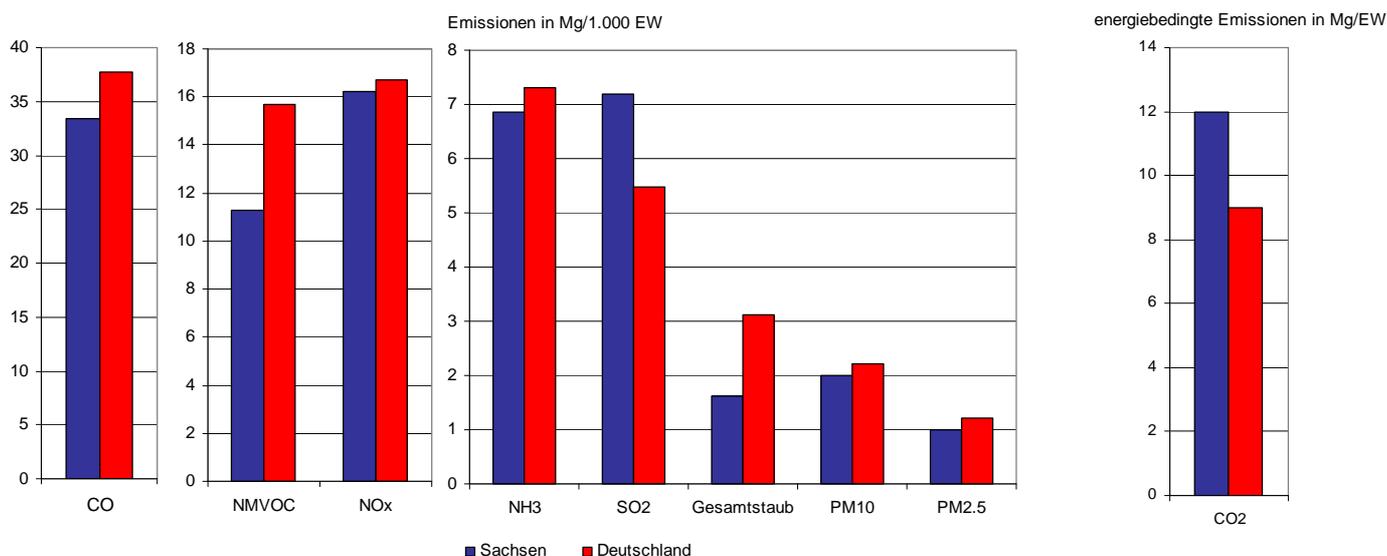


Abbildung 55: Emissionen ausgewählter Schadstoffe pro Einwohner in Sachsen und Deutschland 2009

Literaturverzeichnis

- [1] Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen (Hrsg.): Statistisches Jahrbuch 2011. pdf-Datei.
Internet: <http://www.statistik.sachsen.de/html/16709.htm> (Zugriff: März 2012)
- [2] Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen (Hrsg.): Haushalte.
Internet: <http://www.statistik.sachsen.de/html/673.htm> (Zugriff: März 2012)
- [3] Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen (Hrsg.) (2012): Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung im Freistaat Sachsen 2010. Statistischer Bericht A V 1 – j/10, Kamenz, 2012
- [4] Sächsische Staatskanzlei (Hrsg.) (2009): Sachsen – Die Fakten. pdf-Datei.
Internet: <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/11556> (Zugriff: März 2012)
- [5] Statistische Ämter des Bundes und der Länder (Hrsg.): Regionale Landwirtschaftliche Gesamtrechnung, Verkaufserlöse der Landwirtschaft.
Internet: http://www.statistikportal.de/Landwirtschaft/LGR/DE_home.asp (Berechnungsstand Dezember 2011, Zugriff: Mai 2012)
- [6] Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen (Hrsg.): Ergebnisse der Landwirtschaftszählung 2010 - Viehbestände. pdf-Datei.
Internet: http://www.statistik.sachsen.de/download/050_W-Land-Forstwirt/Vieh_Ergebnisse_LZ.pdf
- [7] Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr (Hrsg.): Bergbau – Zahlen und Fakten.
Internet: http://www.smwa.sachsen.de/de/Wirtschaft/Bergbau/Zahlen_und_Fakten/18226.html (Zugriff: März 2012)
- [8] Kraftfahrt-Bundesamt (Hrsg.) (2011): Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Gemeinden am 1. Januar 2011. Statistische Mitteilungen des Kraftfahrt-Bundesamtes FZ 3, Flensburg, 2011
- [9] Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr (Hrsg.): Schienenpersonennahverkehr (SPNV) in Sachsen.
Internet:
http://www.smwa.sachsen.de/de/Verkehr/Oeffentlicher_Personennahverkehr/Schienenpersonennahverkehr_SPNV_in_Sachsen/145039.html (Zugriff: März 2012)
- [10] Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr (Hrsg.): Wasserstrasse Elbe und sächsische Binnenhäfen.
Internet: http://www.smwa.sachsen.de/de/Verkehr/Wasserstrasse_Elbe_und_saechsische_Binnenhaefen/16180.html (Zugriff: März 2012)
- [11] Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr (Hrsg.): Luftverkehr in Sachsen.
Internet: http://www.smwa.sachsen.de/de/Verkehr/Luftverkehr_in_Sachsen/97183.html (Zugriff: März 2012)
- [12] Flughafen Dresden GmbH (Hrsg.): Verkehrsstatistik.
Internet: <http://www.dresden-airport.de/index/Unternehmen/struktur-fakten-personal/kenndaten-statistik.html> (Zugriff: März 2012)
- [13] Flughafen Leipzig/Halle GmbH (Hrsg.): Verkehrsstatistik.
Internet: http://www.leipzig-halle-airport.de/de/index/unternehmen_flughafen/flughafen_lej/verkehrsstatistik.html (Zugriff: März 2012)
- [14] Hausmann, Andrea: Holzkleinfeuerungsanlagen in Sachsen. Schriftenreihe Heft 17/2010, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden 2010.
Internet: http://www.smul.sachsen.de/lfl/publikationen/download/4835_1.pdf

- [15] Schmidt, Wolfram; Düring, Ingo 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.
Internet: http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/luft/70675_Sachstand_Zwischenbericht_11_2010.pdf
- [16] Bretschneider, Diana; Schmidt, Wolfram; Düring, Ingo; Lorentz, Helmut et al.: Verursacher, flächenhafte Belastung und Tendenzen für PM_{2,5} in Sachsen. Schriftenreihe, Heft 8/2012, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden 2011.
Internet: <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/12982>
- [17] Haenel, Hans-Dieter et al.: Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft 1990 – 2009. Sonderheft 342, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Landbauforschung, Braunschweig, 2011
- [18] Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft und Arbeit, Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (2011): Energie- und Klimaprogramm Sachsen, Entwurf vom 12.10.2012.
Internet: http://www.smwa.sachsen.de/set/431/EuK_Kabinett.pdf.
- [19] Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen (Hrsg.) (2011): Bestimmte klimawirksame Stoffe im Freistaat Sachsen 2010. Statistischer Bericht Q IV 3 – j/10, Kamenz, 2011
- [20] Schlutow, Angela; Scheuschner, Thomas: Aktualisierung und Präzisierung der Erfassung von ökologischen Belastungsgrenzen und ihrer Überschreitungen im Freistaat Sachsen – Fortschreibung der Critical Loads/Level-Untersuchungen bis 2006. Schriftenreihe des LfULG, Heft 16/2009, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden 2009.
Internet: http://www.smul.sachsen.de/lfl/publikationen/download/4082_1.pdf (Zugriff: März 2012)
- [21] Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (2011): Leitfaden Luftreinhaltepläne in Sachsen, Schriftenreihe 30/2011,
Internet: http://www.smul.sachsen.de/lfl/publikationen/download/5217_1.pdf
- [22] Rohde, Sylvia (Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Referat Oberflächen- und Grundwasser): schriftliche Mitteilung vom 11.04.2012
- [23] Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (Hrsg.): Bodenatlas des Freistaates Sachsen. Materialien zum Bodenschutz, verschiedene Aktualisierungsstände
Internet: <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/boden/11634.htm> (Zugriff: März 2012)
- [24] Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr (Hrsg.): Endgültige Energiedaten 2009 - Datenquelle: Statistisches Landesamt Sachsen (Stand der Angaben: Juni 2011).
Internet: http://www.smwa.sachsen.de/set/431/%C3%9Cbersicht_Energiedaten%202009%20endg_Vollversion.pdf (Zugriff: März 2012)
- [25] Länderarbeitskreis Energiebilanzen (Hrsg.): Energieintensität seit 1991 (Stand: 02.01.2012). xls-Datei.
Internet: http://www.lak-energiebilanzen.de/sixcms/media.php/4/lk_%204.xls (Zugriff: März 2012)
- [26] Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks – Zentralinnungsverband (ZIV) (Hrsg.): Erhebungen des Schornsteinfegerhandwerks in Sachsen für das Jahr 2010

- [27] Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr (Hrsg.): Energiebilanzen des Freistaates Sachsen (Datenquelle: Statistisches Landesamt Sachsen).
Internet:
http://www.smwa.sachsen.de/de/Wirtschaft/Energie/Energiebilanzen_des_Freistaates_Sachsen_seit_1994/138275.html (Zugriff: März 2012)
- [28] Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (Hrsg.) (2012): Siedlungsabfallbilanz 2010. Dresden 2011.
Internet: www.smul.sachsen.de/lfulg/6447.htm (Zugriff: März 2012)

Herausgeber:

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
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

Autorin:

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

Redaktion:

siehe Autorin

Redaktionsschluss:

30.04.2012

Hinweis:

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

Verteilerhinweis

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

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

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