

Fortschreibung des Berliner Emissionskatasters auf das Jahr 2023

Schlussbericht

Fortschreibung des Berliner Emissionskatasters auf das Jahr 2023

Schlussbericht

(SenMVKU0224)

Bearbeitung:

AVISO GmbH (Federführung):

Christiane Schneider
Nicola Toenges-Schuller
Michel Nacken
Michael Pelzer

IE Leipzig:

Marcel Ebert
Philipp Krause

Aachen, Leipzig, November 2025

Im Auftrag der Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt Berlin

AVISO GmbH

Am Hasselholz 15
52074 Aachen

Fon: +49 (0) 241 / 470358-0

Fax: +49 (0) 241 / 470358-9



Leipziger Institut
für Energie

E-Mail: info@avisogmbh.de

<http://www.avisogmbh.de>

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	I
Abbildungsverzeichnis.....	III
Tabellenverzeichnis.....	VI
1 Einleitung	13
2 Methodik zur Fortschreibung des Berliner Emissionskatasters.....	14
2.1 Luftschadstoffe und Treibhausgase.....	15
2.2 Ermittlung der Emissionen	19
3 Genehmigungsbedürftige Anlagen (Industrie und Gewerbe).....	20
3.1 Erklärungspflichtige Anlagen nach 11. BImSchV.....	20
3.1.1 Datenbasis	20
3.1.2 Emissionen erklärungspflichtiger Anlagen	29
3.2 Bewertung der Unsicherheiten	53
4 Gebäudeheizung.....	54
4.1 Methodik und Datenquellen.....	54
4.1.1 Ermittlung der Endenergieeinsätze.....	54
4.1.2 Schornstiefegerdaten	55
4.1.3 Volllaststunden.....	57
4.1.4 Energiebilanz Berlin	58
4.1.5 Energieatlas Berlin	59
4.1.6 Emissionsfaktoren.....	60
4.1.7 Vorgehen	64
4.2 Ergebnisse	65
4.2.1 Endenergieeinsätze	65
4.2.2 Emissionen	67
4.3 Bewertung der Unsicherheiten	75
4.4 Vergleich mit dem Emissionskataster 2012.....	75
5 Sonstiger Verkehr	77
5.1 Schienenverkehr	77
5.1.1 Datengrundlagen.....	77
5.1.2 Emissionen 2023.....	80
5.2 Schiffsverkehr	88
5.2.1 Datengrundlagen.....	88
November 2025	I

5.2.2	Emissionen 2023.....	99
5.3	Flugverkehr	104
5.3.1	Datengrundlagen.....	104
5.3.2	Emissionen 2023.....	110
5.4	Offroad-Verkehr	113
5.4.1	Datengrundlagen.....	114
5.4.2	Emissionen 2023.....	118
5.5	Bewertung der Unsicherheiten	127
6	Bausektor.....	129
6.1	Abgasemissionen der Baumaschinen	129
6.1.1	Datengrundlagen.....	129
6.1.2	Emissionen 2023.....	130
6.2	Staubemissionen aus Bautätigkeiten.....	137
6.2.1	Methodik Staubemissionen beim Neubau von Gebäuden und Straßen.....	137
6.2.2	Weitere Emissionsquellen	140
6.2.3	Datengrundlagen Berlin 2023.....	145
6.2.4	Staubemissionen durch Baustellen aus Aufwirbelung und Abrieb 2023	149
7	Sonstige nicht genehmigungsbedürftige Anlagen (Kleingewerbe)	155
7.1	Verwendung von Lösemitteln und andere Produktanwendungen	155
7.2	Verteilung von Mineralölprodukten	161
7.3	Sonstiges Kleingewerbe.....	165
7.3.1	Holzkohlegrills in der Gastronomie	165
7.3.2	Shisha-Bars	169
7.4	Bewertung der Unsicherheiten	173
8	Sonstige Quellen.....	175
8.1	Verteilung von Erdgas	175
8.2	Nutzung von Kühl-, Treib- und Löschmitteln.....	177
8.3	Abfall und Abwasser	182
8.4	Sonstige Anwendungen	186
8.5	Bewertung der Unsicherheiten	188
9	Zusammenfassung.....	190
Literatur	203

Abbildungsverzeichnis

Bild 3.1: Anzahl und Anteile der emissionserklärungspflichtigen Anlagen an den Haupttätigkeiten nach 11. BImSchV im Jahr 2020 /SVSU 2024/23

Bild 3.2: Geographische Lage emissionserklärungspflichtiger Arbeitsstätten nach 11. BImSchV in Berlin 2020 /SVSU2024/25

Bild 3.3: Anzahl der berichtspflichtigen PRTR-Betriebseinrichtungen nach Tätigkeiten Anhang I im Jahr 2020 /PRTR 2025/26

Bild 3.4: Anzahl der berichtspflichtigen PRTR-Betriebseinrichtungen mit Luft-Emissionen nach Tätigkeiten Anhang I im Jahr 2020 /PRTR 2025/27

Bild 3.5: Durchschnittliche jährliche Gesamtdauer des Anlagenbetriebs emissionserklärungspflichtiger Anlagen nach Haupttätigkeiten der 11. BImSchV im Jahr 2020 /SVSU 2024/28

Bild 3.6: Ermittlungsarten der Luftschadstoff-Emissionen erklärungspflichtiger und PRTR-Anlagen 2020 /SVSU 2024, PRTR 2025/29

Bild 3.7: NMVOC-Emissionen erklärungspflichtiger Anlagen in Berlin 2020 (11 BImSchV).32

Bild 3.8: CO-Emissionen erklärungspflichtiger Anlagen in Berlin 2020 (11. BImSchV)32

Bild 3.9: SO₂-Emissionen erklärungspflichtiger Anlagen in Berlin 2020 (11. BImSchV)36

Bild 3.10: NO_x-Emissionen erklärungspflichtiger Anlagen in Berlin 2020 (11. BImSchV).36

Bild 3.11: NH₃-Emissionen erklärungspflichtiger Anlagen in Berlin 2020 (11. BImSchV).37

Bild 3.12: PM₁₀-Emissionen erklärungspflichtiger Anlagen in Berlin 2020 (11. BImSchV).40

Bild 3.13: PM_{2,5}-Emissionen erklärungspflichtiger Anlagen in Berlin 2020 (11. BImSchV)40

Bild 3.14: BaP-Emissionen erklärungspflichtiger Anlagen in Berlin 2020 (11. BImSchV).43

Bild 3.15: PCDD/F-Emissionen erklärungspflichtiger Anlagen in Berlin 2020 (11. BImSchV)43

Bild 3.16: Anteil der Stoffe an den Schwermetall-Emissionen erklärungspflichtiger Arbeitsstätten im Jahr 2020 (11. BImSchV) /SVSU 2024/45

Bild 3.17: Schwermetall-Emissionen erklärungspflichtiger Anlagen in Berlin 2020 (11. BImSchV).....46

Bild 3.18: HCl-Emissionen erklärungspflichtiger Anlagen in Berlin 2020 (11. BImSchV) .50

Bild 3.19: HF-Emissionen erklärungspflichtiger Anlagen in Berlin 2020 (11. BImSchV)...50

Bild 4.1:	Monatsmittlere Temperatur in 2 m über Grund an der DWD-Station Berlin Tempelhof für die Jahre 2012 und 2023; Datenquelle: /DWD 2025/.....	66
Bild 4.2:	Beiträge der Brennstoffe Öl, Gas, und Festbrennstoffe jeweils zum Endenergieeinsatz (EEE) sowie zu den CO ₂ -, NO _x -, CO-, NMVOC- und PM10-Emissionen der Quellgruppe Gebäudeheizung in Berlin 2023.....	72
Bild 4.3:	Flächenbezogene NO _x -Emissionen aus Kleinf Feuerungsanlagen in Berlin 2023 ..	73
Bild 4.4:	Flächenbezogene PM10-Emissionen aus Kleinf Feuerungsanlagen in Berlin 2023..	74
Bild 4.5:	Flächenbezogene CO ₂ -Emissionen aus Kleinf Feuerungsanlagen in Berlin 2023 ..	74
Bild 5.1:	Streckennetz der DB AG, weiterer Werks- und Privatbahnen und überirdisch verlaufende Streckenabschnitte von U-Bahn und Straßenbahn, Berlin, Stand 2023 ..	78
Bild 5.2:	Anzahl Fahrten an einem Schultag 2024 der U-Bahn und Stadtbahn in Berlin auf den oberirdisch verlaufenen Streckenabschnitten /BERLIN 2025/.....	79
Bild 5.3:	NO _x -Emissionen des Schienenverkehrs auf dem DB-Schienennetz in Berlin, 2023 ..	85
Bild 5.4:	PM10-Gesamtemissionen (Abgas und Abriebe) des Schienenverkehrs auf dem DB-Schienennetz in Berlin, 2023.....	86
Bild 5.5:	PM10-Abriebsemissionen von Straßenbahnen und U-Bahnen in Berlin, 2023 ...	86
Bild 5.6:	Wasserstraßen, Schleusen und Häfen in der Region Berlin, Stand 2023	89
Bild 5.7:	Transportaufkommen im Güterverkehr in der Binnenschiffahrt Berlin 2023	93
Bild 5.8:	Schiffsbewegungen insgesamt (Fahrgastschiffe, Sportboote, Güterschiffe, Schubboote, sonstige Fahrzeuge) in der Binnenschiffahrt Berlin 2023	93
Bild 5.9:	NO _x -Emissionen Schiffsverkehr Berlin 2023	101
Bild 5.10:	PM10-Abgas-Emissionen Schiffsverkehr Berlin 2023.....	102
Bild 5.11:	Standard LTO-Zyklus nach der International Civil Aviation Organisation (ICAO), eigene Darstellung	104
Bild 5.12:	Flughafen Berlin Brandenburg /BER 2025/.....	105
Bild 5.13:	Verteilung des Kraftstoffverbrauchs und der NMVOC-, CO-, NO _x - und PM10-Abgas-Emissionen auf die einzelnen Teilsektoren des Offroad-Verkehrs in Berlin 2023.....	119
Bild 5.14:	NO _x -Emissionen Offroad-Verkehr Berlin 2023	125
Bild 5.15:	PM10-Emissionen Offroad-Verkehr Berlin 2023	125

Bild 5.16: NMVOC-Emissionen Offroad-Verkehr Berlin 2023126

Bild 6.1: PM10-Abgas-Emissionen von Baumaschinen Berlin 2023131

Bild 6.2: Von /Han et al. 2023/ hinsichtlich Feinstaub-Emissionen untersuchte Arbeitsschritte einer Straßenbaustelle: (a) Schneiden, (b) Brechen, (c) Entfernen der Bruchstücke, (d) Aushub, (e) Kehren, (f) Restaurierung, (g) Asphaltverlegung, (h) Verdichtung und (i) fertiggestellte Asphaltdecke; Quelle: /Han et al. 2023/ .143

Bild 6.3: Gemessene PM10-Konzentrationen bei Durchführung der fünf emissionsintensivsten Arbeitsschritte auf den beiden Baustellen-Testfeldern; Quelle: /Han et al. 2023/.....143

Bild 6.4: Straßensperrungen in Berlin, <https://daten.berlin.de/datensaetze/baustellen-sperrungen-und-sonstige-storungen-von-besonderem-verkehrlichem-interesse>; Abfrage: April 2025148

Bild 6.5: Flächenbezogene nicht-Abgas-bedingte PM10-Emissionen aus Bautätigkeiten in Berlin 2023154

Bild 7.1: NMVOC-Emissionen aus Lösemitteln und anderen Produktanwendungen nach Quellgruppen 2023; Analyse auf Basis von /THELOKE 2008, BBB 2025a/157

Bild 7.2: NMVOC-Emissionen aus Druckereien, Berlin 2023.....160

Bild 7.3: NMVOC-Emissionen der holzverarbeitenden Betriebe und Beschichtungsbetriebe, Berlin 2023.....160

Bild 7.4: NMVOC-Emissionen der Entfettungsanlagen, Reinigungsbetriebe und der chem. Reinigungen, Berlin 2023161

Bild 7.5: NMVOC-Emissionen aus Betankungsanlagen in Berlin 2023.....163

Bild 8.1: CH₄-Emissionen aus der Erdgasverteilung nach Herkunftsbereichen in Berlin 2012 und 2023; Analyse auf Basis von /UBA 2025b, UBA 2022b, NBB 2024, BES 2025/177

Bild 8.2: Metrische Mengen emittierter Kältemittel nach Herkunftsbereichen in Berlin 2012 und 2023; Analyse auf Basis von /UBA 2025b, BBB 2024/179

Bild 8.3: Feinstaub-Emissionen aus sonstigen Anwendungen nach Herkunftsbereichen in Berlin 2023.....188

Bild 9.1: NO_x-Emissionen im 100m x 100m - Raster (Quellgruppen Industrie, Gebäudeheizung, sonstiger Verkehr (Schiene, Schiff, Flug, Offroad), Bausektor und Sonstige Quellen), Berlin 2023197

Bild 9.2: PM10-Gesamtemissionen (Abgas, Abrieb, Aufwirbelung) im 100m x 100m - Raster (Quellgruppen Industrie, Gebäudeheizung, sonstiger Verkehr (Schiene, Schiff, Flug, Offroad), Bausektor und Sonstige Quellen), Berlin 2023198

Tabellenverzeichnis

Tab. 2.1:	Liste der relevanten Luftschadstoffe für das Berliner Emissionskataster	15
Tab. 2.2:	Gütestufen zur Bewertung der Unsicherheiten der Emissionsfaktoren nach EMEP/EEA /EEA 2023/.....	19
Tab. 3.1:	Hauptgruppen gemäß Anhang 4. BImSchV; /4. BImSchV/	21
Tab. 3.2:	Stadtbezirke Berlin	21
Tab. 3.3:	Erklärungspflichtige Arbeitsstätten nach Haupttätigkeiten und Stadtbezirken 2012 /SVSU 2014/	24
Tab. 3.4:	Erklärungspflichtige Arbeitsstätten nach Haupttätigkeiten und Stadtbezirken 2020 /SVSU 2024/	24
Tab. 3.5:	Erklärungspflichtige Anlagen nach Haupttätigkeiten und Stadtbezirken 2012 /SVSU 2014/	24
Tab. 3.6:	Erklärungspflichtige Anlagen nach Haupttätigkeiten und Stadtbezirken 2020 /SVSU 2024/	25
Tab. 3.7:	Emissionen von Ozonvorläufersubstanzen erklärungsspflichtiger Anlagen nach Kreisen und Branchen 2012 und 2020 (11. BImSchV) /SVSU 2014, SVSU 2024/.	31
Tab. 3.8:	Emissionen versauernder und eutrophierender Stoffe erklärungsspflichtiger Anlagen nach Stadtbezirken und Branchen 2012 und 2020 (11. BImSchV) /SVSU 2014, SVSU 2024/	35
Tab. 3.9:	Feinstaub-Emissionen erklärungsspflichtiger Anlagen nach Stadtbezirken und Branchen 2012 und 2020 (11. BImSchV) /SVSU 2014, SVSU 2024/	39
Tab. 3.10:	POP-Emissionen erklärungsspflichtiger Anlagen nach Stadtbezirken und Branchen 2012 und 2020 (11. BImSchV) /SVSU 2014, SVSU 2024/	42
Tab. 3.11:	Schwermetall-Emissionen erklärungsspflichtiger Anlagen nach Stadtbezirken und Branchen 2012 und 2020 (11. BImSchV) /SVSU 2014, SVSU 2024/	45
Tab. 3.12:	Schwermetallemissionen erklärungsspflichtiger Anlagen in Berlin 2020 – Differenzierung nach Stoffen, Stadtbezirken und Branchen (11. BImSchV) /SVSU 2024/	47
Tab. 3.13:	Chlor- und Fluorwasserstoff-Emissionen erklärungsspflichtiger Anlagen nach Stadtbezirken und Branchen 2012 und 2020 (11. BImSchV) /SVSU 2014, SVSU 2024/	49

Tab. 3.14: Treibhausgas-Emissionen erklärungsspflichtiger Anlagen nach Stadtbezirken und Branchen 2020 (11. BImSchV) /SVSU 2024/	52
Tab. 3.15: Treibhausgas-Emissionen erklärungsspflichtiger Anlagen nach Stadtbezirken und Branchen 2012 (11. BImSchV) /SVSU 2014/	53
Tab. 4.1: Schornsteinfegerdaten Berlin 2023, aggregiert für Berlin in Summe; Datenquelle: Schornsteinfegerinnung Berlin, August 2025.....	56
Tab. 4.2: Mittlere Nennwärmeleistung und jährliche Volllaststunden für Deutschland 2005; Quelle: /Struschka 2008/	58
Tab. 4.3: Energiebilanz Berlin 2023, Quelle: /EB 2023/.....	61
Tab. 4.4: Mittlere Emissionsfaktoren für kleine und mittlere Feuerungsanlagen für den Anlagenbestand in Deutschland 2023; Datenquelle: /LAI 2024/	62
Tab. 4.5: Staub-Emissionsfaktoren für Scheitholz in Einzelraumfeuerstätten in Haushalten nach Baujahr und Anlagentyp; Quelle: Vorab-Information UBA.....	63
Tab. 4.6: Rußanteile an den Gesamtstaub-Emissionen nach Brennstoff, Datenquelle: /IIASA 2004, IIASA 2007/	64
Tab. 4.7: Für Berlin 2023 ermittelte Endenergieeinsätze (EEE) jeweils nach Schritt drei, vier und fünf gemäß dem in Abschnitt 4.1.7 beschriebenen Vorgehen.....	65
Tab. 4.8: Endenergieeinsätze (EEE) in Kleinfeuerungsanlagen in Berlin 2023 gesamt nach Brennstoffen im Vergleich mit den Werten für 2012	66
Tab. 4.9: Emissionen der Luftschadstoffe (Treibhausgase) aus Kleinfeuerungsanlagen in Berlin 2023 nach Stadtbezirken (oben) und Herkunftsbereichen (unten).....	67
Tab. 4.10: Emissionen der Luftschadstoffe (versauernde und eutrophierende Stoffe sowie Ozonvorläufersubstanzen) aus Kleinfeuerungsanlagen in Berlin 2023 nach Stadtbezirken (oben) und Herkunftsbereichen (unten)	68
Tab. 4.11: Emissionen der Luftschadstoffe (Staubfraktionen und Inhaltsstoffe) aus Kleinfeuerungsanlagen in Berlin 2023 nach Stadtbezirken (oben) und Herkunftsbereichen (unten).....	69
Tab. 4.12: Emissionen der Luftschadstoffe (persistente organische Verbindungen) aus Kleinfeuerungsanlagen in Berlin 2023 nach Stadtbezirken (oben) und Herkunftsbereichen (unten).....	70
Tab. 4.13: Emissionen der Luftschadstoffe (Schwermetalle) aus Kleinfeuerungsanlagen in Berlin 2023 nach Stadtbezirken (oben) und Herkunftsbereichen (unten).....	71
Tab. 4.14: Endenergieeinsätze (EEE) und Emissionen ausgewählter Luftschadstoffe in Kleinfeuerungsanlagen in Berlin 2023 gesamt nach Brennstoffen im Vergleich mit den Werten für 2012	76

Tab. 5.1:	Abgas-Emissionen auf dem Schienennetz der DB und von Rangier- und Güterbahnhöfen für das Fahrplanjahr 2023 /DB 2024/	81
Tab. 5.2:	Abriebs-Emissionen auf dem Schienennetz der DB für das Fahrplanjahr 2023 /DB 2024/	82
Tab. 5.3:	Emissionen des Schienenverkehrs in Berlin (Basis Fahrplan 2023) auf dem Schienennetz der DB AG, differenziert nach Herkunftsbereichen (Treibhausgase)	83
Tab. 5.4:	Emissionen des Schienenverkehrs in Berlin (Basis Fahrplan 2023) auf dem Schienennetz der DB AG, differenziert nach Herkunftsbereichen (SO ₂ , NO _x , NH ₃ , NMVOC, CO)	83
Tab. 5.5:	Emissionen des Schienenverkehrs in Berlin (Basis Fahrplan 2023) auf dem Schienennetz der DB AG und der Straßenbahn und U-Bahn (oberirdisch), differenziert nach Herkunftsbereichen (PM ₁₀ , PM _{2,5} , BC, Schwermetalle)	84
Tab. 5.6:	Emissionen des Schienenverkehrs in Berlin (Basis Fahrplan 2023) auf dem Schienennetz der DB AG und der Straßenbahn und U-Bahn (oberirdisch), differenziert nach Herkunftsbereichen (BaP, PAK, PCDD/F)	84
Tab. 5.7:	Emissionen ausgewählter Luftschadstoffe des Schienenverkehrs in Berlin 2023 im Vergleich zum Emissionskataster 2012	87
Tab. 5.8:	Schleusungen im Jahr 2023 Im Untersuchungsgebiet Berlin /WSA 2024/	91
Tab. 5.9:	Schleusungen an der Mühlendammschleuse, Vergleich der Jahre 2012, 2019 und 2023	91
Tab. 5.10:	Transportleistungen des Güterverkehrs (tkm) sowie Fahrleistungen der Güterschiffe, Schubboote, Fahrgastschiffe (FGS), sonstigen Boote und Sportboote auf den Berliner Wasserstraßen im Jahr 2023, ermittelt auf Basis von Daten aus /WSA 2024, GENESIS 2025, Reeder 2024/	92
Tab. 5.11:	Emissionsfaktoren und Kraftstoffverbrauch für Binnenschiffe in g/kWh /BFG 2024/	94
Tab. 5.12:	Standardwerte für relevanten Eingangsdaten zur Emissionsberechnung /BFG 2024/	95
Tab. 5.13:	Flottenstruktur 2023 der Berliner Fahrgastschiffe, abgeleitet aus Befragungsergebnissen	96
Tab. 5.14:	Emissionsfaktoren für Binnenschiffsmotoren bei 35% der maximalen Motorlast (dem mittleren Lastfaktor für Binnenschiffsmotoren in realen Fahrsituationen) differenziert nach Abgasstufen /IFEU 2020/ und daraus ermittelten mittlere Emissionsfaktoren für die Fahrgastschiffe Berlin 2023	97

Tab. 5.15: Leistungsbezogene Emissionsfaktoren für die Schiffskategorien Güterschiffe/Schubboote, Fahrgastschiffe und Sportboote/Sonstige für das Emissionskataster Berlin 202397

Tab. 5.16: Emissionen der Binnenschifffahrt in Berlin 2023, differenziert nach Herkunftsbereichen (Treibhausgase)99

Tab. 5.17: Emissionen der Binnenschifffahrt in Berlin 2023, differenziert nach Herkunftsbereichen (SO₂, NO_x, NH₃, NMVOC, CO)100

Tab. 5.18: Emissionen der Binnenschifffahrt in Berlin 2023, differenziert nach Herkunftsbereichen (PM10, PM2.5, BC, Schwermetalle)100

Tab. 5.19: Emissionen der Binnenschifffahrt in Berlin 2023, differenziert nach Herkunftsbereichen (BaP, PAK; PCDD/F)101

Tab. 5.20: Emissionen ausgewählter Luftschadstoffe des Schiffverkehrs in Berlin 2023 im Vergleich zum Emissionskataster 2012102

Tab. 5.21: Flugbewegungen (Starts und Landungen) am Flughafen Berlin Brandenburg im Jahr 2023 /BER 2024/106

Tab. 5.22: Triebwerksverteilung für Modelle mit mehr als 1.000 Starts im Jahr 2023, abgeleitet aus den modellfeinen Flugbewegungsdaten /BER 2024/107

Tab. 5.23: Anzahl Flugbewegungen im gewerblichen Luftverkehr, sonstige Flugplätze /GENESIS 2024/107

Tab. 5.24: Emissionsfaktoren LTO-Zyklus für ausgewählte Triebwerke /ICAO 2024/108

Tab. 5.25: Emissionen des bodennahen Flugverkehrs (bis 3.000 ft) in Berlin 2023 in kg/a (Treibhausgase)111

Tab. 5.26: Emissionen des bodennahen Flugverkehrs (bis 3.000 ft) in Berlin 2023 in kg/a (SO₂, NO_x, NH₃, NMVOC, CO)111

Tab. 5.27: Emissionen des bodennahen Flugverkehrs (bis 3.000 ft) in Berlin 2023 in kg/a (PM10, PM2.5, BC, BaP)112

Tab. 5.28: Emissionen ausgewählter Luftschadstoffe des Flugverkehrs in Berlin 2023 im Vergleich zum Emissionskataster 2012112

Tab. 5.29: Kraftstoffverbrauch der mobilen Maschinen und Geräte in Deutschland 2012, 2023 und 2030 (ohne Strom) nach TREMOD MM 6.61 /UBA 2025c/116

Tab. 5.30: Emissionen der mobilen Maschinen und Geräte in Deutschland 2012, 2023 und 2030 in t/a nach TREMOD MM /UBA 2025c/117

Tab. 5.31: Kraftstoffverbrauch und NMVOC-, CO-, NO_x- und PM10-Abgas-Emissionen des Offroad-Verkehrs in Berlin 2023119

Tab. 5.32: Emissionen des Offroad-Verkehrs in Berlin 2023 (Treibhausgase)121

Tab. 5.33: Emissionen des Offroad-Verkehrs in Berlin 2023 (SO ₂ , NO _x , NH ₃ , NMVOC, CO)	122
Tab. 5.34: Emissionen des Offroad-Verkehrs in Berlin 2023 (PM ₁₀ , PM _{2.5} , BC, Schwermetalle)	123
Tab. 5.35: Emissionen des Offroad-Verkehrs in Berlin 2023 (BaP, PAK; PCDD/F)	124
Tab. 5.36: Kraftstoffverbrauch und Emissionen ausgewählter Luftschadstoffe des Offroad-Verkehrs in Berlin 2023 im Vergleich zum Emissionskataster 2012	126
Tab. 6.1: Abgas-Emissionen von Baumaschinen in Berlin 2023, differenziert nach Stadtbezirken und Herkunftsbereichen (Treibhausgase)	132
Tab. 6.2: Abgas-Emissionen von Baumaschinen in Berlin 2023, differenziert nach Stadtbezirken und Herkunftsbereichen (SO ₂ , NO _x , NH ₃ , NMVOC, CO)	133
Tab. 6.3: Abgas-Emissionen von Baumaschinen in Berlin 2023 (PM ₁₀ , PM _{2.5} ; BC, Schwermetalle)	134
Tab. 6.4: Abgas-Emissionen von Baumaschinen in Berlin 2023 (BaP, PAK, PCDD/F)	135
Tab. 6.5: Abgas-Emissionen ausgewählter Luftschadstoffe des Bausektors in Berlin 2023 im Vergleich zum Emissionskataster 2012	135
Tab. 6.6: An deutsche Verhältnisse angepasste Default-Werte nach Gebäudetyp und Staubfraktion für die Parameter zur Berechnung von Staubemissionen aus Baustellen (Neubauten) nach /UBA 2016/	138
Tab. 6.7: Von Baumaßnahmen betroffene Fläche nach Gebäudetyp, Default-Werte für Deutschland nach /UBA 2016/	139
Tab. 6.8: Vergleich der zur Berechnung von Staubemissionen aus Bautätigkeiten verwendeten Parameter für verschiedene Berechnungen in Deutschland	140
Tab. 6.9: Grobschätzung für Emissionsfaktoren für das Schneiden von Asphalt auf Straßenbaustellen, abgeleitet auf Basis von /Han et al. 2023/	145
Tab. 6.10: Baugenehmigungen bzw. Baufertigstellungen in Berlin 2023 nach Gebäudetyp; Quelle: /StaLa Berlin 2024a/ bzw. /StaLa Berlin 2024b/	146
Tab. 6.11: Mittelwerte aus Baugenehmigungen und Baufertigstellungen in Berlin 2023 nach Gebäudetyp auf Stadtbezirksebene, Quelle: /StaLa Berlin 2024a/ bzw. /StaLa Berlin 2024b/	146
Tab. 6.12: Bauabfall-Aufkommen Berlin 2022 zur Abschätzung der PM ₁₀ -Emissionen aus Gebäudeabrissen /IFEU 2023/	147
Tab. 6.13: Staubemissionen Berlin 2023 in Summe aus Aufwirbelung und Abrieben bei Neubauten von Gebäuden nach Gebäudetyp und Staubfraktion	150

Tab. 6.14:	Nicht-Abgas-bedingte Staubemissionen aus Bautätigkeiten in Berlin 2023 nach Stadtbezirken (oben) und Herkunftsbereichen (unten)	153
Tab. 7.1:	NMVOC-Emissionen aus Lösemitteln und anderen Produktanwendungen nach Bezirken in Berlin 2012 und 2023; Analyse auf Basis von /Theloke 2008/, /BBB 2025a/	158
Tab. 7.2:	NMVOC-Emissionen aus Betankungsprozessen von Diesel- und Benzin-Kraftfahrzeugen nach Bezirken in Berlin 2012 und 2023; Analyse auf Basis von /UBA 2025 b, BBB 2025 a/	163
Tab. 7.3:	NMVOC-Emissionen aus Betankungsprozessen mit leichtem Heizöl nach Stadtbezirken in Berlin 2012 und 2023; Analyse auf Basis von /UBA 2025b, BBB 2025/	164
Tab. 7.4:	NMVOC-Emissionen aus der Verteilung von Mineralölprodukten nach Stadtbezirken in Berlin 2012 und 2023; Analyse auf Basis von /UBA 2025b, BBB 2025/	165
Tab. 7.5:	Anzahl der Holzkohlgrills in der Gastronomie in Berlin und Deutschland 2023; Abschätzung auf Basis /DEHOGA 2025/ und Annahmen des IE Leipzig	167
Tab. 7.6:	Emissionen aus Gastronomiebetrieben mit Holzkohlegrills nach Stadtbezirken in Berlin 2023; Abschätzung auf Basis von /UBA 2024, Liesegang et al. 2021, DEHOGA 2025/ und Annahmen des IE Leipzig	168
Tab. 7.7:	Anzahl der Shisha-Bars in Berlin und Deutschland 2023; Abschätzung auf Basis Internetrecherche, /Merkur 2025, BBB 2025/	171
Tab. 7.8:	Emissionen aus Shisha-Bars nach Stadtbezirken in Berlin 2023; Abschätzung auf Basis von /Gurung 2016, Torrey 2015, LGL 2017, Zhou 2015, Monzer 2008, Merkur 2025/	172
Tab. 8.1:	Metrische Emissionen von HFKW, FKW und SF ₆ nach Bezirken in Berlin 2012 und 2023; Analyse auf Basis von /UBA 2025b, BBB 2024/	181
Tab. 8.2:	Treibhausgas-Emissionen aus kommunalen Abwässern nach Stadtbezirken und Herkunftsbereichen in Berlin 2022/2023; /UBA 2025b, BBB 2025/	184
Tab. 8.3:	Emissionen aus Eigenkompostierung nach Stadtbezirken in Berlin 2012 und 2023; UBA 2025b, IFEU 2023/	185
Tab. 8.4:	Feinstaub-Emissionen aus sonstigen Anwendungen nach Bezirken in Berlin 2012 und 2023; Analyse auf Basis von /DHS 2025, UBA 2002, UBA 2022a, UBA 2025, BBB 2025a/	187
Tab. 9.1:	Emissionen Berlin 2023 für die Quellgruppen Industrie, Gebäudeheizung, sonstiger Verkehr, Offroad-Verkehr, Bautätigkeiten und sonstige Quellen (Treibhausgase)	191

Tab. 9.2:	Emissionen Berlin 2023 für die Quellgruppen Industrie, Gebäudeheizung, sonstiger Verkehr, Offroad-Verkehr, Bautätigkeiten und sonstige Quellen (SO ₂ , NO _x , NH ₃).....	192
Tab. 9.3:	Emissionen Berlin 2023 für die Quellgruppen Industrie, Gebäudeheizung, sonstiger Verkehr, Offroad-Verkehr, Bautätigkeiten und sonstige Quellen (NMVOC, CO).....	193
Tab. 9.4:	Emissionen Berlin 2023 für die Quellgruppen Industrie, Gebäudeheizung, sonstiger Verkehr, Offroad-Verkehr, Bautätigkeiten und sonstige Quellen (PM10, PM2,5, BC, Schwermetalle)	194
Tab. 9.5:	Emissionen Berlin 2023 für die Quellgruppen Industrie, Gebäudeheizung, sonstiger Verkehr, Offroad-Verkehr, Bautätigkeiten und sonstige Quellen (BaP, PAK, PCDD/F)	195
Tab. 9.6:	Emissionen Berlin 2023 für CO ₂ , NMVOC, NO _x , PM10 und PM2.5, differenziert nach Quellgruppen und deren Anteile an den Gesamtemissionen Berlin 2023	196
Tab. 9.7:	Gegenüberstellung der Emissionen Berlin 2023 zu den Emissionen 2012 für CO ₂ , NMVOC, NO _x , PM10 und PM2.5, differenziert nach Quellgruppen	200
Tab. 9.8:	Übersicht der Bewertung der Unsicherheiten der zur Emissionsermittlung verwendeten Aktivitätsdaten und Emissionsfaktoren differenziert nach Quellgruppen	201

1 Einleitung

Das Berliner Emissionskataster, das für das Jahr 2012 vorlag, wurde auf das Jahr 2023 aktualisiert und fortgeschrieben. Es wurden die im Folgenden aufgeführten Emittentengruppen betrachtet:

- Genehmigungsbedürftige Anlagen (Industrie)
- Nicht genehmigungsbedürftige (Klein-)Feuerungsanlagen
- Sonstige nicht genehmigungsbedürftige Anlagen (Kleingewerbe)
- Sonstiger Verkehr (Schienen-, Flug-, Schiffsverkehr und Offroad-Verkehr)
- Bausektor
- Sonstige Quellen

Die Emissionen für die jeweiligen Emittentengruppen werden auf Jahresbasis ausgewiesen. Die räumliche Auflösung wurde emittentenspezifisch gestaltet und orientiert sich dabei an der des Emissionskatasters 2012.

Ein Emissionskataster Straßenverkehr wird in Berlin in regelmäßigen Abständen separat aktualisiert und ist nicht Gegenstand des hier vorliegenden Berichts.

2 Methodik zur Fortschreibung des Berliner Emissionskatasters

Für die Fortschreibung des Emissionskataster Berlin auf das Jahr 2023 wurden die Luftschadstoff-Emissionen für die folgenden Quellgruppen ermittelt, wobei sich je nach Quellgruppe die Ermittlungsmethoden unterscheiden:

1. **Industrie:** Emissionen der genehmigungsbedürftigen Anlagen der Energieversorgung und in der Industrie;
2. **Gebäudeheizung:** Emissionen aus nicht genehmigungspflichtigen Kleinfeuerungsanlagen, die zur Gebäudeheizung genutzt werden;
3. **Sonstiger Verkehr:** Emissionen des Schienenverkehrs, Schiffsverkehrs, Flugverkehrs und des Offroad-Verkehrs (Einsatz mobiler Maschinen und Geräte in Land- und Forstwirtschaft, Industrie/Werksverkehr und Militär);
4. **Kleingewerbe:** Emissionen von Betriebstätten und sonstigen ortsfesten Einrichtungen, die nicht unter die Quellgruppe „Industrie“ fallen und Emissionen von Grundstücken mit Stofflagerungen oder -ablagerungen;
5. **Baustellen:** Abgas-Emissionen der mobilen Maschinen, sonstige Staubemissionen durch Bautätigkeiten;
6. **Sonstige Quellen:** Emissionen verursacht durch den Einsatz von Rasenmähern, Motorsägen, Laubbläsern etc. (Offroad Gartenpflege/Hobby, Pflege öffentlicher Grünanlagen), Emissionen aus dem nichtgewerblichen Sektor (private Haushalte).

Getrennt nach den einzelnen Quellgruppen wurden die Jahresemissionen der relevanten Stoffe bzw. Stoffgruppen für das Jahr 2023 ermittelt und räumlich differenziert ausgewiesen, wobei die Emissionen je nach Quellgruppe über Punktquellen, Linienquellen oder Flächenquellen dargestellt werden. Außerdem wurden die Emissionen im 100 x 100 m²-Gitter gerastert.

Abweichend zur Erstellung des Emissionskatasters 2012 wurden die Emissionen der Emittengruppe „biogene Quellen“ nicht fortgeschrieben. Beim Schienenverkehr wurden aufgrund ihrer geringen Relevanz die Emissionen der Werks- und Privatbahnen nicht fortgeschrieben.

2.1 Luftschadstoffe und Treibhausgase

Für das Emissionskataster Berlin wurden die in Tab. 2.1 aufgeführten Luftschadstoff-Emissionen für alle wesentlichen Quellen ermittelt. Die angegebenen Luftschadstoffe sind nicht immer für alle Untergruppen einer Emittentengruppe relevant, bzw. es liegen nicht in allen Fällen Emissionsfaktoren vor. Für einzelne Sektoren können sich ggfs. auch weitere relevante Stoffe ergeben, die betrachtet werden.

Tab. 2.1: Liste der relevanten Luftschadstoffe für das Berliner Emissionskataster

Symbol	Bezeichnung
PAH	Summe polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (inklusive BaP)
BaP	Benzo[a]pyren
NH ₃	Ammoniak
PM10	Partikel D _d < 10 µm
PM2.5	Partikel D _d < 2,5 µm
EC/BC/OC	„Ruß“
SO _x	Schwefeloxide
C ₆ H ₆	Benzol
PCDD/F	Dioxine und Furane
Schwermetalle	Blei, Arsen, Cadmium, etc.
NMVOC	Flüchtige organische Verbindungen ohne Methan
NO _x	Summe Stickoxide, angegeben in NO ₂ -Äquivalenten
CO	Kohlenmonoxid
CO ₂	Kohlendioxid
CH ₄	Methan
N ₂ O	Distickstoffmonoxid

Es stehen zwar aktuell vor allem die Luftschadstoffe NO₂ und PM10 im Fokus der Betrachtungen, aber auch die übrigen Luftschadstoffe und Treibhausgase sind je nach Fragestellung von Relevanz. Im Folgenden findet sich eine allgemeine kurze Übersicht zu den Luftschadstoffen und Treibhausgasen und deren wesentlichen Quellen.

Treibhausgase

Treibhausgase gehören im eigentlichen Sinn nicht zu den klassischen Luftschadstoffen. Diese sind vielmehr vor dem Hintergrund des anthropogenen Klimawandels von Bedeutung. Als Treibhausgase gelten CO_2 , CH_4 , N_2O , HFKW, FKW und SF_6 . Die Treibhausgase werden dabei in direkte Treibhausgase (CO_2 , CH_4 , N_2O , wasserstoffhaltige und perfluorierte FKW) und indirekte Treibhausgase (C_mH_n , CO , NO_x) unterschieden. Im Rahmen der internationalen Berichterstattung werden unter den ausgewiesenen CO_2 -Äquivalent-Emissionen nur die direkten Treibhausgase berücksichtigt.

Kohlenstoffdioxid (CO_2) entsteht hauptsächlich bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe, wie Erdöl, Erdgas und Kohle, in den Sektoren Energieumwandlung, Industrie, Verkehr sowie kleine Feuerungsanlagen.

Methan (CH_4) entsteht im Wesentlichen bei der Verdauung von Wiederkäuern, bei der Lagerung und Ausbringung von Wirtschaftsdünger (Gülle) sowie bei Abbauprozessen in Deponien und bei der Erdgasverteilung. Es ist 28mal (GWP 28) so treibhauswirksam wie Kohlenstoffdioxid. Neben seiner Wirkung als Treibhausgas stellt es auch eine Ozonvorläufersubstanz dar.

Distickstoffmonoxid (N_2O), auch als Lachgas bekannt, wird beim Abbau von stickstoffhaltigem Dünger sowie bei der Güllelagerung frei. Lachgas ist 265mal (GWP 265) treibhauswirksamer im Vergleich zu Kohlenstoffdioxid. Hauptquelle von Lachgasemissionen ist die Landwirtschaft. Darüber hinaus entsteht Lachgas in der chemischen Industrie und in Abgaskatalysatoren.

Neben den direkten Treibhausgasen existieren mit den flüchtigen organischen Verbindungen ohne Methan (NMVOC), den Stickoxiden (NO_x) und dem Kohlenstoffmonoxid (CO) auch indirekte Treibhausgase, die zugleich als Luftschadstoffe, versauernde bzw. eutrophierende Stoffe und Ozonvorläufersubstanzen wirken.

Ozonvorläufersubstanzen

Ozon (O_3) entsteht vornehmlich aus Luftsauerstoff (O_2), Stickoxiden (NO_x) und flüchtigen Kohlenwasserstoffen (NMVOC) unter Einwirkung der Solarstrahlung. Neben der Konzentration der Ozonvorläufersubstanzen (NMVOC, CO , CH_4 , NO_x) in der Luft wird die Ozonbelastung hauptsächlich durch die Witterungsbedingungen beeinflusst.

Die **flüchtigen organischen Verbindungen ohne Methan (NMVOC)** entstehen im Wesentlichen durch die Verflüchtigung von Lösemitteln aus Lacken, Farben und Leimen sowie bei Verbrennungsprozessen. Zudem tragen auch die biogenen Quellen (u.a. Wald, Gewässer, Moore) zu den NMVOC-Emissionen bei.

Als Einzelkomponente der NMVOC wird häufig **Benzol** betrachtet.

Ebenso wie die NMVOC entsteht **Kohlenmonoxid (CO)** vornehmlich bei der unvollständigen Verbrennung von Brenn- und Treibstoffen (u.a. aus Feuerungsanlagen, Verkehr und Industrie).

Die Ozonvorläufersubstanz **Methan** (CH₄) ist zugleich ein direktes Treibhausgas (siehe Erläuterung unter Treibhausgasen). **Stickstoffoxide** (NO_x) wirken als Ozonvorläufersubstanz zugleich versauernd und eutrophierend sowie als indirektes Treibhausgas.

Versauernde und eutrophierende Stoffe

Für die Versauerung und Eutrophierung (Überdüngung) von Böden und Gewässern sind im Wesentlichen Schwefeldioxid (SO₂), Stickstoffoxide (NO_x), und Ammoniak (NH₃) verantwortlich.

Schwefeldioxid (SO₂) entsteht hauptsächlich bei der Verbrennung von schwefelhaltigen Brennstoffen, wie Kohle und Heizöl. Wesentliche Emissionsquellen sind Verbrennungsanlagen der Energiewirtschaft, Industrie, GHD und Haushalte. Eine hohe Konzentration von Schwefeldioxid in der Luft gefährdet sensible Ökosysteme (wie Wald und Gewässer) und kann die für die menschliche Blutbildung wichtigen B12-Vitamine schädigen und eine Anämie (Blutarmut) hervorrufen.

Stickstoffoxide (NO_x) wie Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO₂) entstehen überwiegend als thermisches NO_x durch die Verbrennung von Brenn- und Treibstoffen bei relativ hohen Temperaturen in Verbindung mit dem in der Verbrennungsluft enthaltenen Stickstoff (N₂). Neben dem thermischen NO_x werden Stickstoffoxide auch als Brennstoff-NO_x (durch den im Brennstoff gebundenen N₂) und „promptes“ NO_x (durch die Reaktion der Brennstoffradikale mit N₂) frei. Größte Verursacher von NO_x-Emissionen sind der Verkehr und Kraftwerke. Insbesondere Stickstoffdioxid (NO₂) kann die menschliche Lungenfunktion beeinträchtigen. Neben den säurebildenden, toxischen, smogbildenden und eutrophierend wirkenden Eigenschaften gilt NO_x auch als indirektes Treibhausgas und Ozonvorläufersubstanz.

Ammoniak (NH₃) entsteht beim Abbau von abgestorbenen Pflanzen, tierischen Exkrementen sowie mineralischem Dünger. Es ist ein giftiges Gas mit erstickender Wirkung, das aufgrund seiner guten Wasserlöslichkeit insbesondere für Fische und Wasserlebewesen gefährlich ist. Die Landwirtschaft ist die größte Quelle dieses versauernden und eutrophierenden Luftschadstoffes.

Staub

Staub (auch: **TSP** = total suspended particulate) ist eine Sammelbezeichnung für kleine Teilchen (Partikel), die aus organischen und anorganischen Stoffen bestehen können. Im Allgemeinen wird die Staubbelastung anhand der Masse verschiedener Größenfraktionen beschrieben. So sind die Feinstaub-Fraktionen PM₁₀ und PM_{2,5} definiert, die aus vielen verschiedenen chemischen Bestandteilen mit sehr unterschiedlichen Eigenschaften bestehen können.

Die als **Feinstaub PM₁₀** bezeichnete Staubfraktion enthält Partikel, deren aerodynamischer Durchmesser kleiner als 10 µm ist, **Feinstaub PM_{2,5}** sind Staubteilchen, deren aerodynamischer Durchmesser kleiner als 2,5 µm ist.

PM_{2,5}-Staubpartikel können über die Atemwege tief in die menschliche Lunge bzw. Lungenbläschen gelangen und zu Atemwegserkrankungen, wie Bronchitis, Asthma oder Lungenkrebs, führen. Die Hauptverursacher von Feinstaub sind der Verkehr (Diesel-Kfz, Abriebe, November 2025

Aufwirbelung von Straßenstaub), der Hausbrand (Festbrennstofffeuerungen), die Industrie sowie die Bauwirtschaft. Infolge der geringen Größe und Gewichts der Feinstaub-Partikel können insbesondere die kleinen Teilchen über Tage und Wochen in der Atmosphäre verweilen und weit transportiert werden.

Persistente organische Verbindungen

Zu den persistenten organischen Luftschadstoffen (POPs) gehören die polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAKs), Benzo(a)pyren (BaP) sowie Dioxine und Furane (PCDD/F). Es handelt sich bei diesen um schwer abbaubare Stoffe, die infolge ihrer Lipophilie (Fettlöslichkeit) in Organismen und Ökosystemen angereichert werden können. Sie entstehen in erster Linie infolge der unvollständigen Verbrennung von organischem Material und fossilen Brenn- und Treibstoffen. Wesentliche Verursacher sind Feuerungsanlagen, Kraftfahrzeugverkehr und Stahlwerke.

Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAKs) umfassen als Stoffgruppe Benzo(b)fluoranthren, Benzo(k)fluoranthren und Indeno(1,2,3-cd)pyren, die krebserregend sein können. Diese entstehen hauptsächlich bei der unvollständigen Verbrennung von organischem Material (z. B. Kohle, Heizöl, Kraftstoff, Holz, Tabak). Hauptverursacher sind veraltete Feuerungsanlagen mit festen Brennstoffen.

Benzo(a)pyren (BaP) ist ein Teil der PAK, ist jedoch hinsichtlich seiner krebserregenden und genverändernden Wirkung gut dokumentiert und wird deshalb separat als Leitindikator ausgewiesen. Eine Hauptquelle von BaP sind Festbrennstofffeuerungen.

Dioxine und Furane (PCDD/F) stellen eine Schadstoffgruppe mit ähnlichen Eigenschaften wie die BaP dar. Diese umfasst 75 polychlorierte Dibenzo-p-dioxine (PCDD) und 135 polychlorierte Dibenzofurane (PCDF). Dioxine und Furane entstehen hauptsächlich bei industriellen Prozessen und Verbrennungsvorgängen.

Schwermetalle

Im vorliegenden Emissionskataster werden für die Quellgruppe Industrie die Stoffe Blei (Pb), Cadmium (Cd), Chrom (Cr), Cobalt (Co), Kupfer (Cu), Mangan (Mn), Nickel (Ni), Quecksilber (Hg), Thallium (Tl), Vanadium (V) und Zink (Zn) in seinen Verbindungen als Schwermetalle ausgewiesen. Für die übrigen Quellgruppen werden die Schwermetallemissionen überwiegend nur summarisch ausgewiesen. Erhöhte Konzentrationen von Schwermetallen können bei Menschen und Tieren Schädigungen der Nieren, Leber und des Nerven- und Blutgefäßsystems hervorrufen. Darüber hinaus besitzen einige Schwermetalle eine krebserregende Wirkung. Wichtigste Aufnahmepfade für Schwermetalle sind beim Menschen die Nahrung, das Trinkwasser sowie das Tabakrauchen.

2.2 Ermittlung der Emissionen

Emissionen einzelner Quellgruppen können auf der Grundlage unterschiedlicher Erhebungsmethoden ermittelt werden. Sofern nicht direkte Messergebnisse von Luftschadstoff-Emissionen zur Verfügung stehen, erfolgt die Ermittlung von Luftschadstoff-Emissionen im Allgemeinen nach dem „**Bottom-up**“-Ansatz entsprechend folgender Gleichung:

$$\text{Emissionen} = \text{Aktivitätsrate} \times \text{Emissionsfaktor}$$

Als Aktivität ist dabei der Prozess zu verstehen, der ursächlich für die Emissionen ist. Der spezifische Emissionsfaktor quantifiziert die Menge eines Luftschadstoffes bezogen auf die Aktivität eines Prozesses (z.B. Erdgaseinsatz in einer Feuerungsanlage, Lösemitteleinsatz in chemischen Reinigungen).

Ansonsten wird bei entsprechend mangelhafter Datenlage und/oder geringer Bedeutung des Emissionssektors häufig begründet ein „**Top-down**“-Ansatz verwendet, bei dem summarische Eckwerte mittels sekundär-statistischer Daten räumlich verteilt werden.

Emissionsfaktoren werden ebenso wie die Aktivitätsraten in der Regel ohne Angabe der Bandbreite bzw. Unsicherheit in Publikationen angegeben. Die Einschätzung der Unsicherheiten der ermittelten Emissionen für das Berliner Emissionskataster erfolgt daher für jede Quellgruppe auf Basis von Angaben zu Gütestufen für Aktivitätsdaten und Emissionsfaktoren laut EMEP/EEA /EEA 2023/. Für die Aktivitätsdaten liegen gemäß EMEP/EEA die typischen Unsicherheiten für nationale Statistiken im Bereich von 0% bis 10%, für andere Datenquellen im Bereich von 30% bis 100%. Für Emissionsfaktoren werden die in Tab. 2.2 ausgewiesenen Gütestufen angegeben.

Tab. 2.2: Gütestufen zur Bewertung der Unsicherheiten der Emissionsfaktoren nach EMEP/EEA /EEA 2023/

Gütestufe	Definition	Typische Unsicherheit
A	Wert, der auf Messungen an zahlreichen Anlagen basiert, die den Sektor komplett abbilden	10 – 30 %
B	Wert, der auf Messungen an zahlreichen Anlagen basiert, die einen Großteil des Sektors abbilden	20 – 60 %
C	Schätzung basierend auf Messungen an einer geringen Zahl von repräsentativen Anlagen des Sektors	50 – 150 %
D	Schätzung basierend auf einzelnen Messungen oder Expertenmeinungen	100 – 300 %
E	Expertenmeinung basierend auf Annahmen	ohne Angabe

3 Genehmigungspflichtige Anlagen (Industrie und Gewerbe)

Der Industrie- und Gewerbesektor ist eine der größten Emissionsquellen. Gemäß der 11. und 13. Bundes-Immissionsschutzverordnung (BImSchV) sind die Betreiber bestimmter genehmigungsbedürftiger Anlagen verpflichtet, in regelmäßigen Abständen Emissionserklärungen abzugeben. Diese Daten werden zentral in der betrieblichen Umweltdatenberichtserstattung - BUBE erfasst und ausgewertet, um eine fundierte Grundlage für die Umweltüberwachung und Maßnahmen zur Emissionsminderung zu schaffen. Die Datenbasis der berichtspflichtigen Emissionen ist in Kapitel 3.1 dargestellt, die berichtspflichtigen Emissionen dieser Anlagen in Berlin sind in Kapitel 3.2 detailliert dokumentiert.

3.1 Erklärungspflichtige Anlagen nach 11. BImSchV

3.1.1 Datenbasis

In diesem Kapitel werden die Datenbasis sowie die Struktur der berichtspflichtigen Industrie- und Gewerbeanlagen nach gesetzlichen Vorgaben dargestellt. Die zugrunde liegenden Daten stammen aus den Emissionserklärungen der Anlagenbetreiber nach der 11. und 13. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchV) sowie aus dem Schadstofffreisetzungs- und -verbringungsregister (E-PRTR).

Emissionserklärungen gemäß 11. BImSchV

Auf der Grundlage des § 27 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) in Verbindung mit der Emissionserklärungsverordnung (11. BImSchV) sind Betreiber bestimmter genehmigungsbedürftiger Anlagen¹ gesetzlich verpflichtet, alle vier Jahre eine Emissionserklärung abzugeben. Diese Pflicht gilt jedoch nur für Anlagen, die bestimmte Mengenschwellen² für Emissionen überschreiten. Darüber hinaus kann eine Befreiung von der Erklärungspflicht beantragt werden, wenn die Anlage nur in geringem Umfang Luftverunreinigungen verursacht (§ 6 der 11. BImSchV).

Die Emissionserklärungsverordnung erfasst Daten über die Freisetzung von Schadstoffen in die Umweltmedien Luft, Wasser und Boden. In der vorliegenden Untersuchung wird ausschließlich die Freisetzung von Luftschadstoffen betrachtet.

¹ Ausnahme die im § 1 der 11. BImSchV genannten Anlagen, gem. § 27 BImSchG i.V.m. § 4 Abs. 3 der 11. BImSchV.

² Gemäß §3 der 11. BImSchV

Emissionserklärungen 13. BImSchV

Für Großfeuerungsanlagen (GFA) besteht nach der 13. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (13. BImSchV) nicht nur die Pflicht zur Abgabe einer Emissionserklärung nach der 11. BImSchV, sondern auch die Pflicht zur jährlichen Abgabe einer umfassenden Emissionserklärung. Diese muss detaillierte Angaben zu den emittierten Luftschadstoffen, insbesondere Schwefeloxiden (SO_x), Stickstoffoxiden (NO_x) und Staub, sowie zu den eingesetzten Brennstoffen enthalten. Die Emissionserklärung dient als Grundlage für die behördliche Überwachung, unterstützt die Beurteilung der Umweltbelastung durch Großfeuerungsanlagen und ermöglicht eine bessere Nachvollziehbarkeit der Emissionsentwicklung über die Jahre.

E-PRTR-Register

Gemäß der Verordnung (EG) Nr. 166/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Januar 2006 sind alle Mitgliedstaaten der Europäischen Union verpflichtet, ein Schadstofffreisetzungs- und -verbringungsregister (E-PRTR) einzurichten. Dieses Register dient der europaweiten Erfassung, Dokumentation und Veröffentlichung von Emissionsdaten und trägt wesentlich zur Erhöhung der Transparenz im Bereich der Umweltverschmutzung bei.

Die E-PRTR-Verordnung legt fest, welche Betriebseinrichtungen, Schadstoffe, Schwellenwerte und Abfallarten in das Register aufzunehmen sind. Die betroffenen Unternehmen sind verpflichtet, ihre jährlichen Emissionen in Luft, Wasser und Boden sowie die Verbringung von Abfällen und Schadstoffen zu melden, sofern bestimmte Schwellenwerte überschritten werden.

Hauptziel des Registers ist es, der Öffentlichkeit einen umfassenden Zugang zu umweltrelevanten Informationen zu ermöglichen und damit das Bewusstsein für Umweltbelastungen zu schärfen. Gleichzeitig unterstützt es Behörden, Wissenschaft und Industrie bei der Überwachung, Bewertung und Verbesserung der Umwelleistung von Industrieanlagen.

Erklärungspflichtige Arbeitsstätten und Anlagen nach 11.BImSchV in Berlin

Die Luftschadstoff-Emissionen der Quellgruppe Industrie und Gewerbe umfassen alle in der 4. BImSchV aufgeführten genehmigungsbedürftigen Anlagen im Land Berlin. Im Jahr 2020 unterlagen in Berlin insgesamt 152 Betriebe (2012: 160 Betriebe) der Anzeigepflicht nach der 11. BImSchV (siehe Tab 3.3 und Tab 3.4).

An diesen Arbeitsstätten wurden insgesamt 232 Anlagen (2012: 270 Anlagen) betrieben (siehe Tabellen 3.5 und 3.6). Davon waren im Jahr 2020 19 Anlagen nicht meldepflichtig, weitere 6 Anlagen waren nach § 6 der 11. BImSchV oder aus anderen Gründen von der Meldepflicht befreit. Somit verbleiben für das Erhebungsjahr 2020 insgesamt 207 meldepflichtige Anlagen (siehe Tab 3.6)

Rund 80 % dieser Anlagen lassen sich den Haupttätigkeiten 01 (Wärmeerzeugung, Bergbau und Energie), 03 (Stahlerzeugung und -bearbeitung) und 09 (Lagerung, Be- und Entladen von Stoffen und Gemischen) zuordnen (siehe Bild 3.1). Weitere relevante Tätigkeitsbereiche sind die Abfallwirtschaft (08, 11 Anlagen, 5 %), die Herstellung von Mineralien und Baustoffen (02, November 2025

5 Anlagen, 2 %) sowie die Oberflächenbehandlung (05, 8 Anlagen, 4 %). Die übrigen Industriezweige, darunter Chemie, Holzverarbeitung und sonstige Anlagen, spielen mit jeweils geringen Anteilen eine untergeordnete Rolle.

Diese Ergebnisse verdeutlichen die Branchenstruktur der emissionsrelevanten Industriebetriebe in Berlin. Insbesondere wird deutlich, dass sich die Hauptemissionsquellen auf wenige Wirtschaftszweige konzentrieren, die durch energieintensive und stofflich umfangreiche Umwandlungsprozesse gekennzeichnet sind.

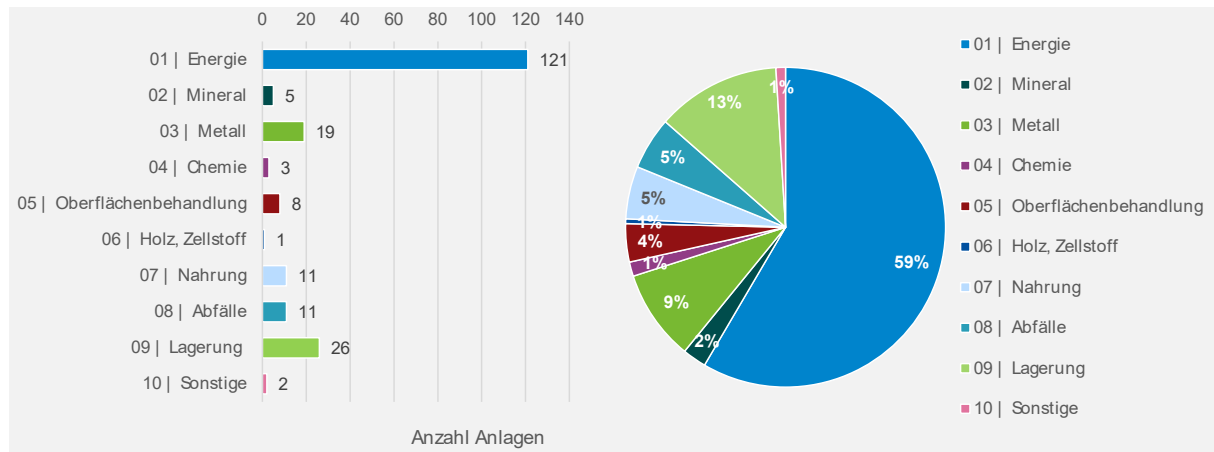


Bild 3.1: Anzahl und Anteile der emissionserklärungspflichtigen Anlagen an den Haupttätigkeiten nach 11. BImSchV im Jahr 2020 /SVSU 2024/

Rund zwei Drittel der emissionsberichtspflichtigen Anlagen in Berlin konzentrieren sich auf fünf Bezirke: Mitte, Neukölln, Reinickendorf, Spandau und Tempelhof-Schöneberg (siehe Tab 3.3 und Bild 3.2). Dabei zeigen sich branchenspezifische Schwerpunkte:

- Anlagen der Branche 01 (Wärmeerzeugung, Bergbau und Energie) sind überwiegend in den Bezirken Reinickendorf, Spandau und Mitte angesiedelt.
- Anlagen der Branche 02 (Steine und Erden, Glas, Keramik, Baustoffe) sind überwiegend im Bezirk Spandau angesiedelt.
- Anlagen der Branche 03 (Stahl, Eisen und andere Metalle einschließlich deren Verarbeitung) befinden sich vor allem in Marzahn-Hellersdorf, Treptow-Köpenick und Tempelhof-Schöneberg.
- Anlagen des Wirtschaftszweiges 09 (Lagerung sowie Be- und Entladen von Stoffen und Gemischen) konzentrieren sich auf die Bezirke Mitte und Neukölln.

Diese Verteilung spiegelt die strukturellen Gegebenheiten und wirtschaftlichen Schwerpunkte der jeweiligen Bezirke wider.

Tab. 3.3: Erklärungspflichtige Arbeitsstätten nach Haupttätigkeiten und Stadtbezirken 2012 /SVSU 2014/

Nr.	Stadtbezirk	Arbeitsstätten	Energie	Mineral	Metall	Chemie	Oberflächenbehandlung	Holz, Zellstoff	Nahrung	Abfälle	Lagerung	Sonstige
01	Mitte	18	10	1	2						3	2
02	Friedrichshain-Kreuzberg	4	2		1						1	
03	Pankow	9	5				1			2	1	
04	Charlottenburg-Wilmersdorf	11	6	1		1					3	
05	Spandau	20	5	2	1		4		1	2	5	
06	Steglitz-Zehlendorf	12	6		1		2			1	2	
07	Tempelhof-Schöneberg	18	5		5	1	2	3		1	1	
08	Neukölln	25	8	1	4	1	2	1	1	1	5	1
09	Treptow-Köpenick	12	9		2					1		
10	Marzahn-Hellersdorf	5	1		2					2		
11	Lichtenberg	7	4	1		1			1			
12	Reinickendorf	19	6		6		2			3		2
	Berlin	160	67	6	24	4	13	4	3	13	21	5

Tab. 3.4: Erklärungspflichtige Arbeitsstätten nach Haupttätigkeiten und Stadtbezirken 2020 /SVSU 2024/

Nr.	Stadtbezirk	Arbeitsstätten	Energie	Mineral	Metall	Chemie	Oberflächenbehandlung	Holz, Zellstoff	Nahrung	Abfälle	Lagerung	Sonstige
01	Mitte	19	11	1	1						5	1
02	Friedrichshain-Kreuzberg	5	3		1						1	
03	Pankow	9	6				1			2		
04	Charlottenburg-Wilmersdorf	10	7	1		1				0	1	
05	Spandau	18	8	2	1		2		1	2	2	
06	Steglitz-Zehlendorf	7	3		1					2	1	
07	Tempelhof-Schöneberg	19	10		4		1		1	1	2	
08	Neukölln	21	7		2	1	1	1	2	1	5	1
09	Treptow-Köpenick	14	11		2					1		
10	Marzahn-Hellersdorf	7	1		3				1	1	1	
11	Lichtenberg	8	4	1	1	1			1			
12	Reinickendorf	15	9		1		2		2	1		
	Berlin	152	80	5	17	3	7	1	8	11	18	2

Tab. 3.5: Erklärungspflichtige Anlagen nach Haupttätigkeiten und Stadtbezirken 2012 /SVSU 2014/

Nr.	Stadtbezirk	Anlagen	Energie	Mineral	Metall	Chemie	Oberflächenbehandlung	Holz, Zellstoff	Nahrung	Abfälle	Lagerung	Sonstige
01	Mitte	38	20	1	10						5	2
02	Friedrichshain-Kreuzberg	4	2		1						1	
03	Pankow	12	8				1			2	1	
04	Charlottenburg-Wilmersdorf	11	6	1		1					3	
05	Spandau	33	7	9	1		5		1	2	8	
06	Steglitz-Zehlendorf	16	10		1		2			1	2	
07	Tempelhof-Schöneberg	20	5		7	1	2	3		1	1	
08	Neukölln	30	11	1	4	1	4	1	1	1	5	1
09	Treptow-Köpenick	21	17		3					1		
10	Marzahn-Hellersdorf	5	1		2					2		
11	Lichtenberg	11	8	1		1			1			
12	Reinickendorf	33	9		15		2			4		3
	Berlin	234	104	13	44	4	16	4	3	14	26	6

Tab. 3.6: Erklärungspflichtige Anlagen nach Haupttätigkeiten und Stadtbezirken 2020 /SVSU 2024/

Nr.	Stadtbezirk	Anlagen	Energie	Mineral	Metall	Chemie	Oberflächen- behandlung	Holz, Zellstoff	Nahrung	Abfälle	Lagerung	Sonstige
01	Mitte	32	16	1	1						13	1
02	Friedrichshain-Kreuzberg	5	3		1						1	
03	Pankow	12	9				1			2		
04	Charlottenburg-Wilmersdorf	12	9	1		1					1	
05	Spandau	27	17	2	1		2		1	2	2	
06	Steglitz-Zehlendorf	9	5		1					2	1	
07	Tempelhof-Schöneberg	21	10		5		2		1	1	2	
08	Neukölln	28	11		2	1	1	1	5	1	5	1
09	Treptow-Köpenick	18	14		3					1		
10	Marzahn-Hellersdorf	7	1		3				1	1	1	
11	Lichtenberg	11	7	1	1	1			1			
12	Reinickendorf	25	19		1	0	2		2	1		
	Berlin	207	121	5	19	3	8	1	11	11	26	2

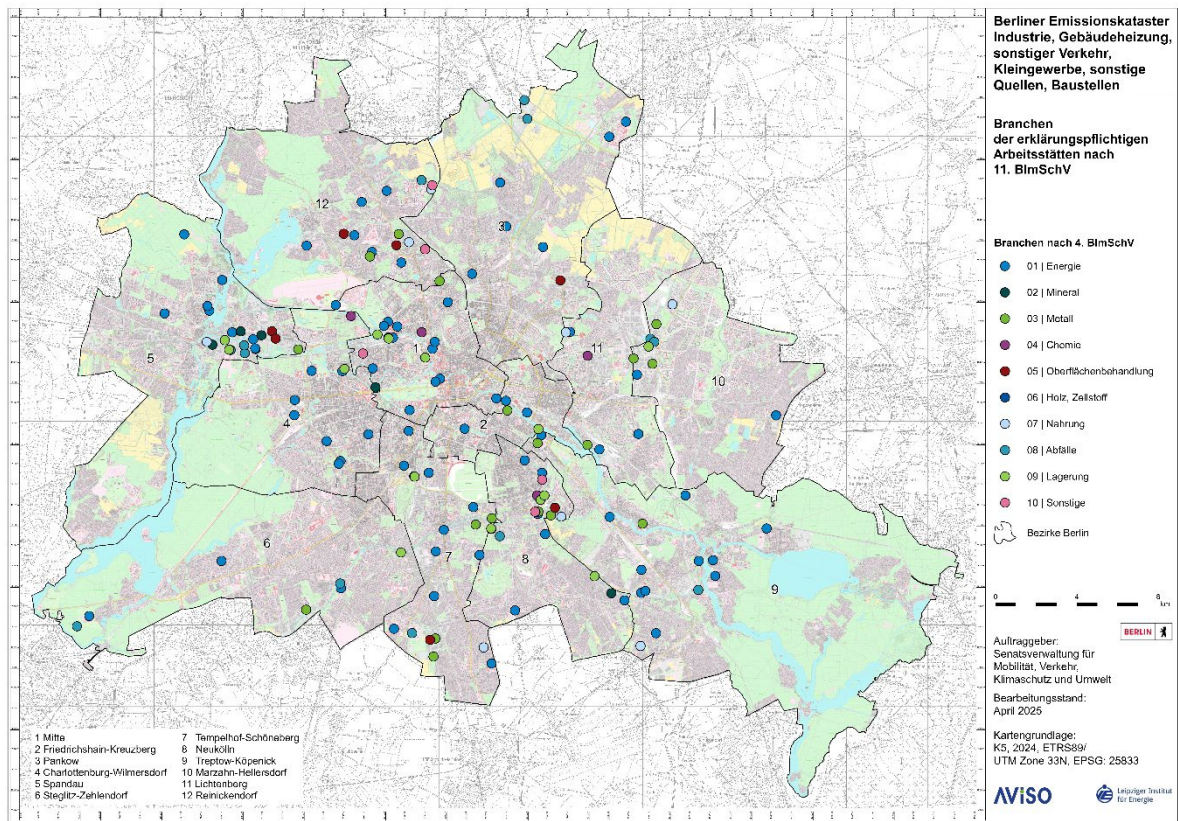


Bild 3.2: Geographische Lage emissionserklärungspflichtiger Arbeitsstätten nach 11. BImSchV in Berlin 2020 /SVSU2024/

Erklärungspflichtige PRTR-Arbeitsstätten in Berlin

Das Europäische Schadstoffregister (E-PRTR) wurde 2006 durch eine EU-Verordnung eingeführt, um eine einheitliche Berichterstattung über Schadstoffemissionen und Abfallmengen zu gewährleisten. Betriebe sind verpflichtet, ihre Emissionen zu melden, wenn sie bestimmte Tätigkeiten durchführen und definierte Kapazitätsschwellen überschreiten.

Bild 3.3 zeigt die Anzahl der PRTR-berichtspflichtigen Betriebseinrichtungen in Berlin im Zeitraum 2007 bis 2022, aufgeschlüsselt nach Wirtschaftszweigen gemäß Anhang I der PRTR-Verordnung. In diesem Zeitraum war die Anzahl der berichtspflichtigen Betriebseinrichtungen gewissen Schwankungen unterworfen. Seit Einführung der Berichtspflicht ist die Gesamtzahl jedoch relativ stabil geblieben, mit einem generellen Anstieg bis 2019 und einem leichten Rückgang in den Folgejahren. Im Jahr 2007 waren 61 Betriebe meldepflichtig, während die Zahl 2019 mit 72 ihren Höchststand erreichte. In den Jahren 2021 und 2022 ging die Zahl leicht auf 67 Betriebseinrichtungen zurück.

Im Jahr 2020 wurden in Berlin 69 PRTR-pflichtige Anlagen erfasst. Die dominierenden Branchen sind „Abfall und Abwasser“, gefolgt von „Energie“ und „Metall“. Während einige Branchen über die Jahre eine konstante Anzahl an Betriebseinrichtungen gemeldet haben, gab es in anderen Branchen leichte Veränderungen.

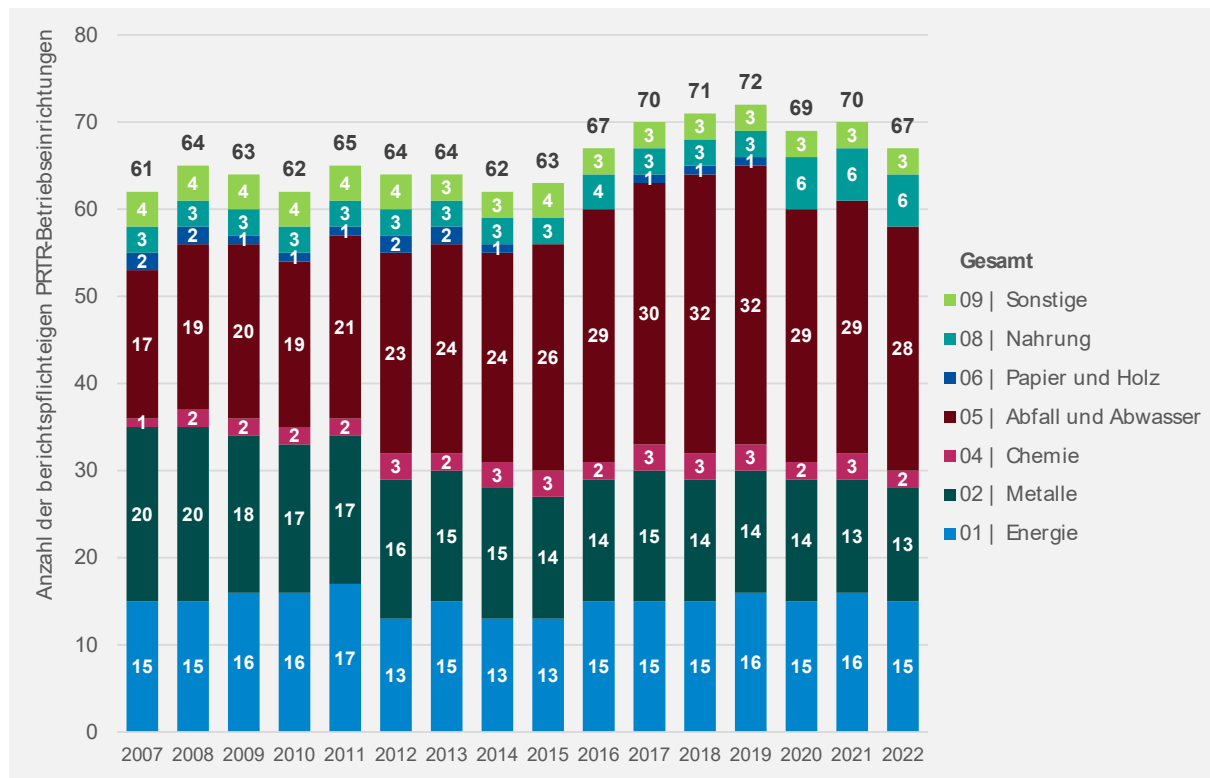


Bild 3.3: Anzahl der berichtspflichtigen PRTR-Betriebseinrichtungen nach Tätigkeiten Anhang I im Jahr 2020 /PRTR 2025/

Von den erfassten Anlagen meldeten nur 11 Betriebe relevante Emissionen in die Luft, womit sie für das Emissionskataster von besonderem Interesse sind. Die übrigen berichtspflichtigen Betriebsstätten gaben Emissionen hauptsächlich in Wasser, Boden oder Abwasser ab.

Wie in Bild 3.4 dargestellt, entfielen 82 % (9 von 11 Anlagen) der luftemittierenden PRTR-Betriebseinrichtungen auf den Energiesektor (Tätigkeit 01). Diese Dominanz unterstreicht die hohe Relevanz dieses Sektors für die gesamte Luftschadstoffemission in Berlin. Neben dem Energiesektor wurden jeweils eine Anlage in der Metallverarbeitung (Tätigkeit 02) und im Bereich Abfall und Abwasser (Tätigkeit 05) erfasst, die ebenfalls relevante Emissionen in die Luft freisetzen.

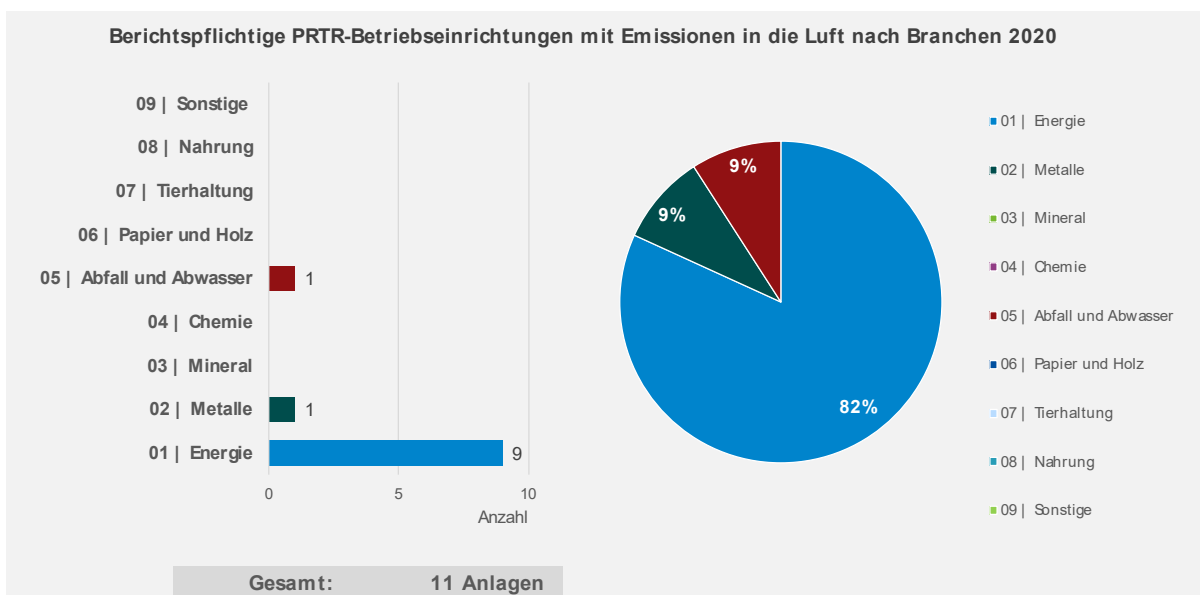


Bild 3.4: Anzahl der berichtspflichtigen PRTR-Betriebseinrichtungen mit Luft-Emissionen nach Tätigkeiten Anhang I im Jahr 2020 /PRTR 2025/

Die in PRTR erfassten Daten zu Luftemissionen in Berlin bilden eine Teilmenge der genehmigungspflichtigen Anlagen gemäß der 11. BImSchV. Die weiterführenden Auswertungen zu den Luftschadstoffemissionen basieren ausschließlich auf den Meldungen im Rahmen der 11. BImSchV und werden in der BUBE-Datenbank dokumentiert.

Betriebsweise der Anlagen in Berlin

Im Jahr 2020 wurden die nach der 11. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (11. BImSchV) emissions-erklärungspflichtigen Anlagen im Land Berlin durchschnittlich 3.235 Stunden betrieben (siehe Bild 3.5). Dies entspricht einem leichten Rückgang gegenüber dem Jahr 2012, in dem die durchschnittliche Betriebsdauer bei 3.326 Stunden lag.

Die Betriebsdauer variiert erheblich zwischen den verschiedenen Branchen. Die Branche „Abfallwirtschaft“ (08) verzeichnete mit 5.597 Stunden die höchste durchschnittliche Betriebsdauer, gefolgt von den Branchen „Holz, Zellstoff“ (06) mit 4.708 Stunden und „Oberflächenbehandlung“ (05) mit 4.676 Stunden. Diese hohen Betriebszeiten sind auf kontinuierliche oder häufige Betriebsprozesse in diesen Sektoren zurückzuführen. Demgegenüber waren Anlagen der Kategorien „Sonstige“ (10) mit 2.000 Stunden und „Mineralische Industrie“ (02) mit 2.422

Stunden am seltensten in Betrieb. Auch die Energiebranche (01) wies mit 2.512 Betriebsstunden eine vergleichsweise geringe Nutzung auf.

Die Unterschiede in der Betriebsdauer spiegeln die spezifischen Produktions- und Betriebsbedingungen der einzelnen Branchen wider. Während in der Abfallwirtschaft oft kontinuierliche Prozesse stattfinden, sind andere Branchen von diskontinuierlichen Produktionsabläufen oder wechselnden Betriebserfordernissen geprägt.

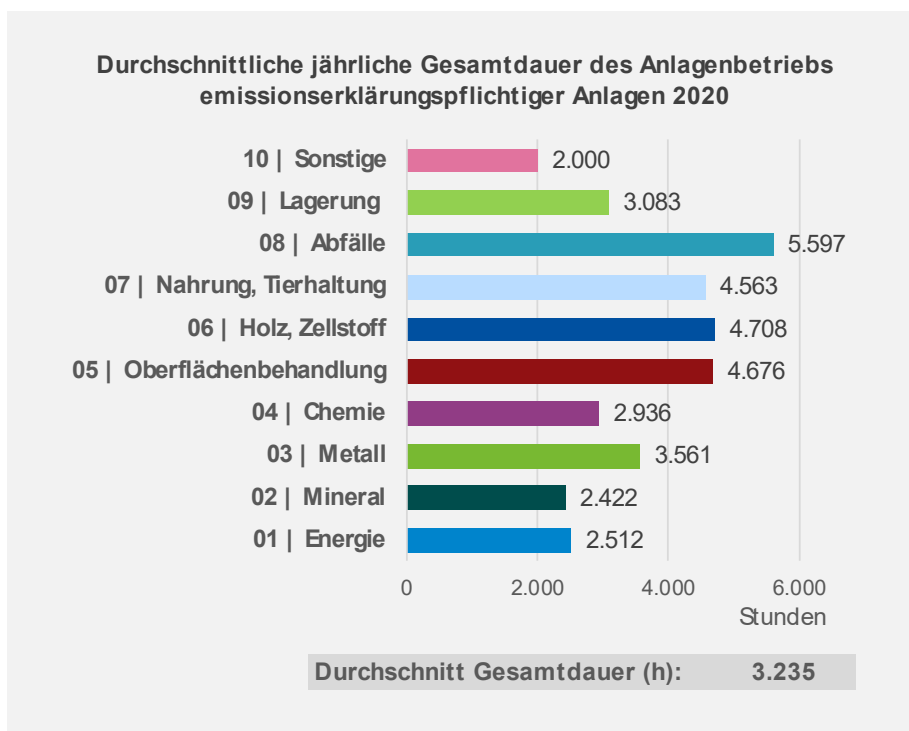


Bild 3.5: Durchschnittliche jährliche Gesamtdauer des Anlagenbetriebs emissionserklärungspflichtiger Anlagen nach Haupttätigkeiten der 11. BImSchV im Jahr 2020 /SVSU 2024/

Methoden der Emissionsermittlung

Gemäß der 11. BImSchV (§ 5) stehen Betreibern von Anlagen drei gleichrangige Methoden zur Ermittlung der Luftschadstoff-Emissionen zur Verfügung: Berechnung³, Messung oder Schätzung⁴. Die Wahl der Methodik hängt von verschiedenen Faktoren ab, darunter technische Machbarkeit, gesetzliche Anforderungen sowie die Datenverfügbarkeit.

Die Analyse der Daten für Berlin im Berichtsjahr 2020 zeigt deutliche Unterschiede in der Anwendung dieser Methoden zwischen allen emissionsberichtspflichtigen Anlagen und den PRTR-Anlagen. Wie in Bild 3.6 ersichtlich, wurden die Luftschadstoff-Emissionen für 74,5%

³ Zur Berechnung der Luftschadstoff-Emissionen stehen den Betreibern teilweise anlagenspezifische Emissionsfaktoren sowie schadstoffbezogene Emissionsfaktoren für verschiedene Einsatzstoffe und Prozesse zur Verfügung.

⁴ Schätzungen basieren größtenteils auf Angaben gleichartiger Anlagen.

aller emissionsberichtspflichtigen Anlagen und für 60,0 % der PRTR-Anlagen durch Berechnungen ermittelt. Demgegenüber basiert die Ermittlung bei 22,2 % der emissionsberichtspflichtigen Anlagen und 36,0 % der PRTR-Anlagen auf direkten Emissionsmessungen. Der Anteil der geschätzten Emissionen liegt bei allen emissionsberichtspflichtigen Anlagen bei 3,3 %, während für PRTR-Anlagen 4,0 % geschätzt wurden.

Die Wahl der Ermittlungsmethode variiert je nach Luftschadstoff. So ist der Anteil der gemessenen Emissionen insbesondere bei Ammoniak (NH₃) mit 75 %, Stickstoffoxiden (NO_x) mit 51 % und Kohlenmonoxid mit 51 % am höchsten. Dagegen erfolgt die Ermittlung der anderen Emissionen überwiegend über Berechnungen. Die Ergebnisse zeigen, dass für die Bestimmung der Luftschadstoff-Emissionen die Berechnungsmethode dominiert.

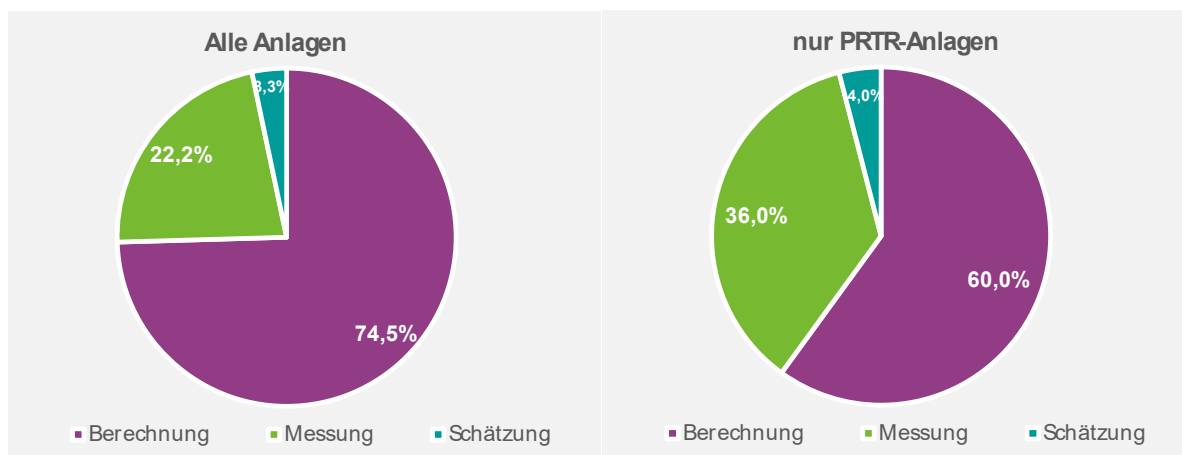


Bild 3.6: Ermittlungsarten der Luftschadstoff-Emissionen erklärungspflichtiger und PRTR-Anlagen 2020 /SVSU 2024, PRTR 2025/

3.1.2 Emissionen erklärungspflichtiger Anlagen

Die für Berlin verfügbaren Emissionsdaten aus erklärungspflichtigen Anlagen für das Jahr 2020 (vgl. Kap. 3.1.1) stammen aus der BUBE-Datenbank /SVSU 2024/. Diese wurden für die einzelnen Schadstoffe detailliert aufbereitet und ausgewertet. Die Ergebnisse werden im Folgenden dokumentiert und erläutert. Die Darstellung umfasst auch die Emissionswerte für das Jahr 2012, die im Rahmen der Erstellung des letzten Emissionskatasters im Jahr 2015 ermittelt wurden.

3.1.2.1 Emission von Ozonvorläufersubstanzen

Die Bildung von Ozon (O₃) erfolgt hauptsächlich aus Luftsauerstoff, flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) und Kohlenmonoxid (CO) unter Einwirkung von Sonnenstrahlung. Diese chemischen Reaktionen werden durch das Sonnenlicht katalysiert und spielen eine zentrale Rolle bei der Bildung von bodennahem Ozon. Die flüchtigen organischen Verbindungen können wie folgt unterschieden werden:

- flüchtige organische Verbindungen inkl. Benzol und ohne Methan (NMVOC)
- Kohlenmonoxid (CO)

Darüber hinaus gehören auch Stickoxide (NO_x) zu den Ozonvorläufersubstanzen. Sie werden jedoch separat unter den Luftschadstoffemissionen für Versauerung und Eutrophierung aufgeführt.

Flüchtige organische Verbindungen inkl. Benzol und ohne Methan (NMVOC)

Die Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen ohne Methan (NMVOC) von den erklärungspflichtigen Anlagen nach 11. BImSchV in Berlin betragen im Jahr 2020 insgesamt 97,0 t/a. Die Verteilung der Emissionen auf die Stadtbezirke zeigt eine starke Konzentration auf bestimmte Gebiete (siehe Tab 3.7 und Bild 3.7). Besonders hohe NMVOC-Emissionen wurden in Spandau (20,1 t/a), Neukölln (17,1 t/a) und Mitte (15,5 t/a) gemeldet. In anderen Stadtbezirken wie Friedrichshain-Kreuzberg (0,1 t/a) und Marzahn-Hellersdorf (0,1 t/a) sind die Emissionen vergleichsweise gering. Diese Unterschiede lassen sich unter anderem durch die industrielle und gewerbliche Nutzung der Flächen sowie durch spezifische Emissionsquellen erklären.

Auf Branchenebene hat die Energiewirtschaft mit 80,4 t/a den größten Anteil an den NMVOC-Emissionen, gefolgt von der Branche "Lagerung" mit 12,2 t/a. Andere Branchen wie die mineralverarbeitende Industrie (1,4 t/a) oder Sonstige (1,1 t/a) weisen deutlich geringere Emissionen auf (siehe Tab. 3.7). Dies unterstreicht die dominierende Rolle des Energiesektors bei den NMVOC-Emissionen in Berlin.

Kohlenmonoxid (CO)

Im Berichtsjahr 2020 wurden im Land Berlin von den erklärungspflichtigen Anlagen 1.233,6 t/a Kohlenmonoxid emittiert (siehe Tab. 3.7). Die räumliche Verteilung zeigt, dass die höchsten Emissionen in Neukölln (324,6 t/a) und Mitte (314,5 t/a) auftreten, während Bezirke wie Friedrichshain-Kreuzberg (0,3 t/a) und Marzahn-Hellersdorf (0,5 t/a) deutlich niedrigere Werte aufweisen. Die hohen CO-Belastungen in einigen Bezirken hängen mit der industriellen und energetischen Nutzung zusammen.

Hinsichtlich der sektoralen Verteilung entfallen die mit Abstand höchsten Emissionen mit 1.120,1 t/a auf den Energiesektor (siehe Tab. 3.7).

Die CO-Emittenten sind relativ ungleichmäßig über das Land Berlin verteilt. Rund zwei Drittel der gesamten CO-Emissionen der berichtspflichtigen Anlagen konzentrieren sich auf nur vier Emittenten bzw. Standorte (siehe Bild 3.8).

Entwicklung der Emissionen im Vergleich zu 2012

Im Vergleich zum Jahr 2012 sind die NMVOC-Emissionen in Berlin deutlich gesunken. Während 2012 noch 262,9 t/a freigesetzt wurden, beträgt der Wert im Jahr 2020 nur noch 97,0 t/a. Dies entspricht einer Reduktion um etwa 63 %. Besonders starke Rückgänge zeigen sich in Mitte (von 82,8 t/a auf 15,5 t/a) und im Energiesektor (von 111,7 t/a auf 80,4 t/a).

Auch die Kohlenmonoxid-Emissionen sind zwischen 2012 und 2020 erheblich gesunken. Im Jahr 2012 wurden in Berlin insgesamt 1.726,0 t/a CO freigesetzt, während es 2020 noch

1.233,6 t/a waren, was einer Reduktion um etwa 28 % entspricht. Besonders signifikant ist der Rückgang in Mitte (von 441,5 t/a auf 314,5 t/a) und im Energiesektor (von 1.471,9 t/a auf 1.120,1 t/a).

Insgesamt zeigt die Analyse der Emissionen in Berlin sowohl für NMVOC als auch für Kohlenmonoxid eine deutliche Reduktion zwischen 2012 und 2020, insbesondere im Energiesektor.

Tab. 3.7: Emissionen von Ozonvorläufersubstanzen erklärungsspflichtiger Anlagen nach Kreisen und Branchen 2012 und 2020 (11. BImSchV) /SVSU 2014, SVSU 2024/

	Nr.	Stadtbezirke	2020		2012	
			Ozonvorläufersubstanzen		Ozonvorläufersubstanzen	
			NMVOC (inkl. Benzol und ohne Methan) in kg/a	Kohlenmonoxid in kg/a	NMVOC (inkl. Benzol und ohne Methan) in kg/a	Kohlenmonoxid in kg/a
Stadtbezirke	01	Mitte	15.504	314.487	82.639	441.533
	02	Friedrichshain-Kreuzberg	66	278	50	104
	03	Pankow	2.108	6.584	742	6.790
	04	Charlottenburg-Wilmersdorf	4.070	52.565	3.142	14.564
	05	Spandau	20.060	212.677	68.106	376.773
	06	Steglitz-Zehlendorf	7.696	33.503	9.063	14.431
	07	Tempelhof-Schöneberg	979	10.841	2.596	15.598
	08	Neukölln	17.082	324.625	79.071	104.001
	09	Treptow-Köpenick	12.507	187.505	11.842	181.401
	10	Marzahn-Hellersdorf	55	495	0	3
	11	Lichtenberg	11.144	59.780	3.466	537.847
	12	Reinickendorf	5.709	30.224	2.193	32.965
		Berlin	96.980	1.233.565	262.910	1.726.011

	Nr.	Branche	2020		2012	
			Ozonvorläufersubstanzen		Ozonvorläufersubstanzen	
			NMVOC (inkl. Benzol und ohne Methan) in kg/a	Kohlenmonoxid in kg/a	NMVOC (inkl. Benzol und ohne Methan) in kg/a	Kohlenmonoxid in kg/a
Branchen 4. BImSchV	01	Energie	80.364	1.120.056	111.739	1.471.886
	02	Mineral	1.402	32.254	1.763	84.026
	03	Metall	15	8.038	529	17.720
	04	Chemie	552	2.791	846	2.802
	05	Oberflächenbehandlung	120	216	21.946	8.057
	06	Holz, Zellstoff	3	23	1.688	3.703
	07	Nahrung	895	63.201	509	51.284
	08	Abfälle	341	6.987	442	7.074
	09	Lagerung	12.172	0	56.214	
	10	Sonstige	1.115	0	67.235	79.459
		Berlin	96.980	1.233.565	262.910	1.726.011

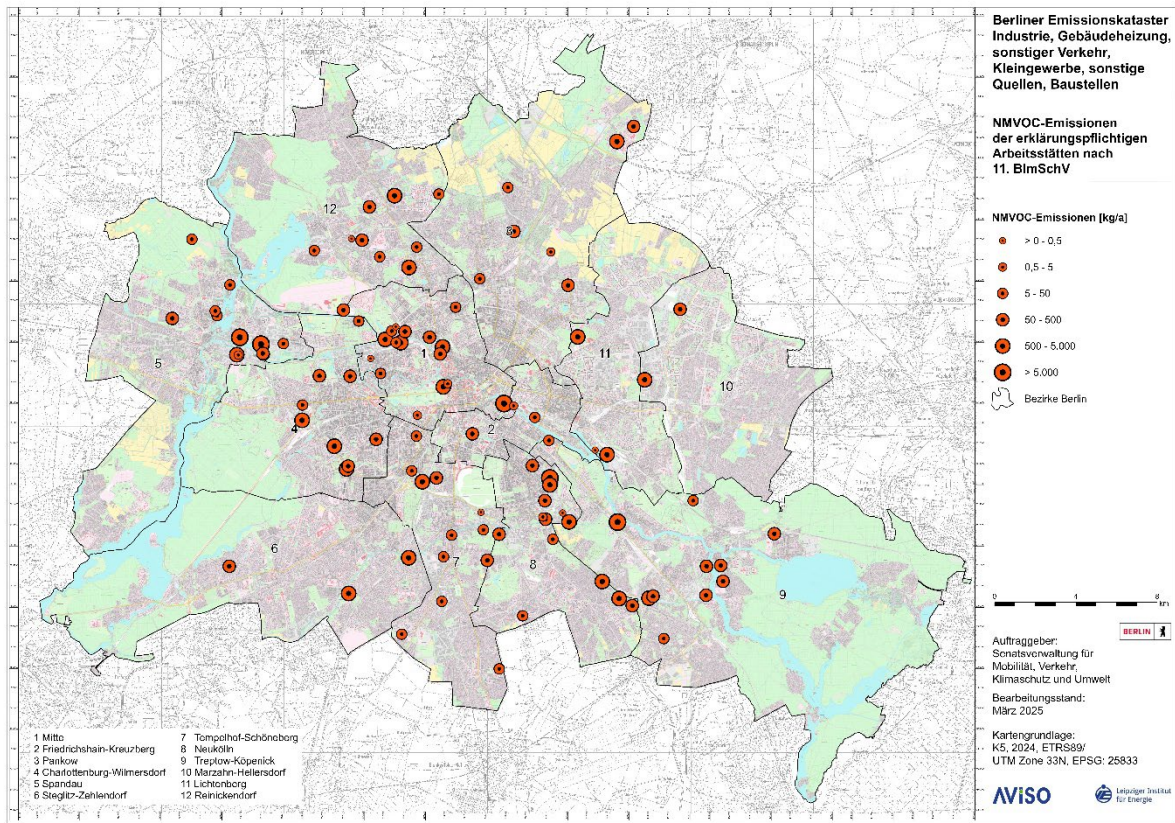


Bild 3.7: NMVOC-Emissionen erklärungspflichtiger Anlagen in Berlin 2020 (11 BImSchV)

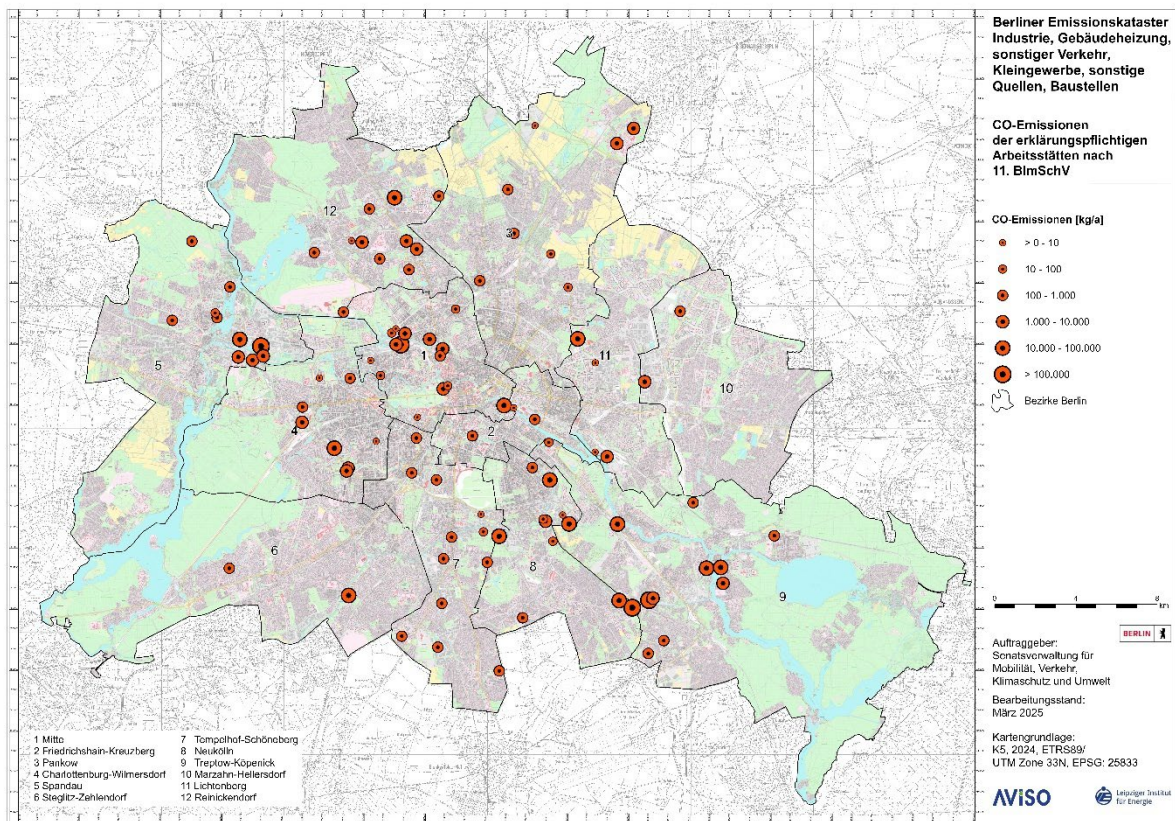


Bild 3.8: CO-Emissionen erklärungspflichtiger Anlagen in Berlin 2020 (11. BImSchV)

3.1.2.2 Emissionen versauernder und eutrophierender Stoffe

Versauerung und Eutrophierung (Überdüngung) von Böden und Gewässern werden maßgeblich durch Emissionen bestimmter Luftschadstoffe verursacht. Dazu gehören Schwefeldioxid (SO_2), Stickoxide (NO_x), insbesondere in Form von Stickstoffdioxid (NO_2), Lachgas (N_2O) sowie Ammoniak (NH_3). Diese Verbindungen tragen zur Versauerung der Böden, zu Nährstoffungleichgewichten und damit verbundenen Umweltschäden bei, indem sie in der Atmosphäre chemisch umgewandelt und mit den Niederschlägen in die Umwelt eingetragen werden.

Schwefeloxide (SO_x), angegeben als Schwefeldioxid (SO_2)

Im Jahr 2020 betragen die Schwefeldioxidemissionen (SO_2) in Berlin insgesamt 1.011,6 Tonnen pro Jahr (t/a). Die höchste Emissionsbelastung wies der Bezirk Spandau mit 583,6 t/a auf, gefolgt von Mitte mit 224,4 t/a. In den meisten anderen Bezirken lagen die Emissionen deutlich niedriger. So wurden in Lichtenberg nur 25,6 t/a und in Reinickendorf sogar nur 5,0 t/a registriert (siehe Tab 3.8 und Bild 3.9). In Friedrichshain-Kreuzberg, Pankow, Tempelhof-Schöneberg und Marzahn-Hellersdorf lagen die SO_x -Emissionen sogar noch niedriger weit unter 1 t/a.

Die Analyse der Emissionsquellen nach Branchen zeigt, dass die Energiewirtschaft mit 936,4 t/a die mit Abstand dominierende Rolle spielt und rund 92,5 % der gesamten Schwefeldioxidemissionen verursacht. Weitere relevante Quellen sind die Abfallwirtschaft mit 43,2 t/a und die mineralverarbeitende Industrie mit 30,8 t/a. Die übrigen Sektoren tragen dagegen nur in geringem Maße zur Gesamtemission bei (siehe Tab 3.8).

Stickoxide (NO_x), angegeben als NO_2

Die Stickoxidemissionen (NO_2) in Berlin beliefen sich im Jahr 2020 auf insgesamt 3.749,1 Tonnen pro Jahr (t/a). Der Stadtbezirk mit der höchsten Belastung war Spandau mit 1.362,7 t/a, gefolgt von Mitte (531,3 t/a) und Neukölln (511,6 t/a). Im Gegensatz dazu verzeichneten Marzahn-Hellersdorf (7,3 t/a) und Friedrichshain-Kreuzberg (3,8 t/a) deutlich niedrigere NO_2 -Emissionen (siehe Tab 3.8 und Bild 3.10).

Die branchenbezogene Analyse zeigt, dass der mit Abstand größte Anteil der NO_2 -Emissionen auf die Energiewirtschaft entfiel, die mit 3.280,3 t/a rund 87 % der gesamten Emissionen ausmachte. Weitere bedeutende Sektoren waren die Abfallwirtschaft mit 211,4 t/a sowie die Nahrungsmittelindustrie mit 148,8 t/a (siehe Tab 3.8). Diese Daten verdeutlichen, dass industrielle Prozesse, insbesondere die Energieerzeugung, maßgeblich zur Stickoxidemission in Berlin beitragen.

Ammoniak (NH_3)

Im Jahr 2012 verursachten die erklärungsspflichtigen Anlagen Ammoniak-Emissionen (NH_3) in Höhe von ca. 16 t (siehe Tab 3.8). In Stadtbezirken Friedrichshain-Kreuzberg, Pankow, Lichtenberg und Reinickendorf wurden keine NH_3 -Emissionen von den erklärungsspflichtigen Anlagen nach 11. BImSchV registriert. Schwerpunkte der NH_3 -Emissionen lagen in den Stadtbezirken Neukölln, Spandau und Mitte).

Die NH₃-Emissionen wurden im Jahr 2020 fast ausschließlich von der Branche „Wärmeerzeugung, Bergbau und Energie“ (Nr. 1 der 4. BImSchV) verursacht (siehe Tab 3.8).

Die Ammoniak-Emissionen in Berlin lagen im Jahr 2020 bei insgesamt 13,0 t/a. Die Stadtbezirke mit den höchsten Emissionen waren Neukölln mit 6,5 t/a, Pankow mit 2,98 t/a und Spandau mit 2,29 t/a. In anderen Bezirken wie Friedrichshain-Kreuzberg, Charlottenburg-Wilmersdorf, Tempelhof-Schöneberg, Lichtenberg und Reinickendorf waren hingegen keine NH₃-Emissionen zu verzeichnen (siehe Tab 3.8 und siehe Bild 3.10).

Branchenspezifisch betrachtet trug die Energiewirtschaft mit 7,36 t/a am meisten zu den NH₃-Emissionen bei, gefolgt von der Oberflächenbehandlung (2,98 t/a), Abfallwirtschaft (1,52 t/a) und Nahrungswirtschaft (1,12 t/a). Andere Industriezweige wie die Metallverarbeitung (0,06 t/a) spielten eine untergeordnete Rolle (siehe Tab 3.8).

Entwicklung der Emissionen im Vergleich zu 2012

Die Emissionen von Schwefeldioxid (SO₂), Stickoxiden (NO₂) und Ammoniak (NH₃) in Berlin sind zwischen 2012 und 2020 deutlich zurückgegangen.

Besonders ausgeprägt ist der Rückgang bei SO₂, dessen Emissionen von 2.371,6 t/a im Jahr 2012 auf 1.011,6 t/a im Jahr 2020 sinken - ein Minus von 57,3 %. Maßgeblichen Anteil daran hat die Energiewirtschaft, die ihre Emissionen um 1.337,9 t/a reduzierte.

Auch die NO₂-Emissionen sind im gleichen Zeitraum deutlich zurückgegangen: Sie sanken um 44,8 % von 6.794,1 t/a auf 3.748,9 t/a, wobei die Energiewirtschaft mit einem Rückgang von 5.614,9 t/a auf 3.280,3 t/a maßgeblich zur Minderung beitrug.

Die NH₃-Emissionen gingen ebenfalls zurück und lagen 2020 um 16,6 % unter dem Wert von 2012 (15,6 t/a). Auch hier spielte die Energiewirtschaft eine zentrale Rolle bei der Emissionsminderung (siehe Tab 3.8).

Tab. 3.8: Emissionen versauernder und eutrophierender Stoffe erklärungspflichtiger Anlagen nach Stadtbezirken und Branchen 2012 und 2020 (11. BImSchV) /SVSU 2014, SVSU 2024/

Nr.	Stadtbezirke	2020				2012				
		Versauernde und eutrophierende Stoffe		Versauernde und eutrophierende Stoffe		Versauernde und eutrophierende Stoffe		Versauernde und eutrophierende Stoffe		
		Schwefeldioxid in kg/a	Stickstoffoxide in kg/a	Ammoniak in kg/a	Schwefeldioxid in kg/a	Stickstoffoxide in kg/a	Ammoniak in kg/a	Schwefeldioxid in kg/a	Stickstoffoxide in kg/a	Ammoniak in kg/a
01	Mitte	224.449	531.310	35	318.508	1.128.882	2.889			
02	Friedrichshain-Kreuzberg	36	3.762		23	711				
03	Pankow	361	72.963	2.979	34.539	44.704				
04	Charlottenburg-Wilmersdorf	1.148	139.619		6.522	317.906	9			
05	Spandau	563.578	1.362.742	2.289	881.452	2.381.008	5.183			
06	Steglitz-Zehlendorf	2.355	212.453	64	8.707	266.618	19			
07	Tempelhof-Schöneberg	333	65.533		2.034	81.711	306			
08	Neukölln	80.538	511.593	6.487	85.112	1.124.355	6.651			
09	Treptow-Köpenick	87.111	326.001	538	94.929	330.454	502			
10	Marzahn-Hellersdorf	136	7.313	642	63	1.463	35			
11	Lichtenberg	26.528	368.484		929.256	958.896				
12	Reinickendorf	5.049	147.324		10.423	157.362				
	Berlin	1.011.621	3.749.095	13.033	2.371.568	6.794.068	15.595			
Stadtbezirke										
Nr.	Branche	Schwefeldioxid in kg/a	Stickstoffoxide in kg/a	Ammoniak in kg/a	Schwefeldioxid in kg/a	Stickstoffoxide in kg/a	Ammoniak in kg/a	Schwefeldioxid in kg/a	Stickstoffoxide in kg/a	Ammoniak in kg/a
01	Energie	936.424	3.280.258	7.359	2.274.287	5.614.964	15.235			
02	Mineral	30.785	25.779		42.935	42.533				
03	Metall	199	54.205	64	1.856	67.313	300			
04	Chemie	766	26.674		379	26.411				
05	Oberflächenbehandlung	14	1.731	2.979	2.119	16.536	19			
06	Holz, Zellstoff	3	222		783	8.986				
07	Nahrung	230	148.836	1.115	1.270	818.262				
08	Abfälle	43.200	211.390	1.516	46.571	184.713	41			
09	Lagerung									
10	Sonstige				1.368	14.349				
	Berlin	1.011.621	3.749.095	13.033	2.371.568	6.794.068	15.595			
Branchen 4. BImSchV										

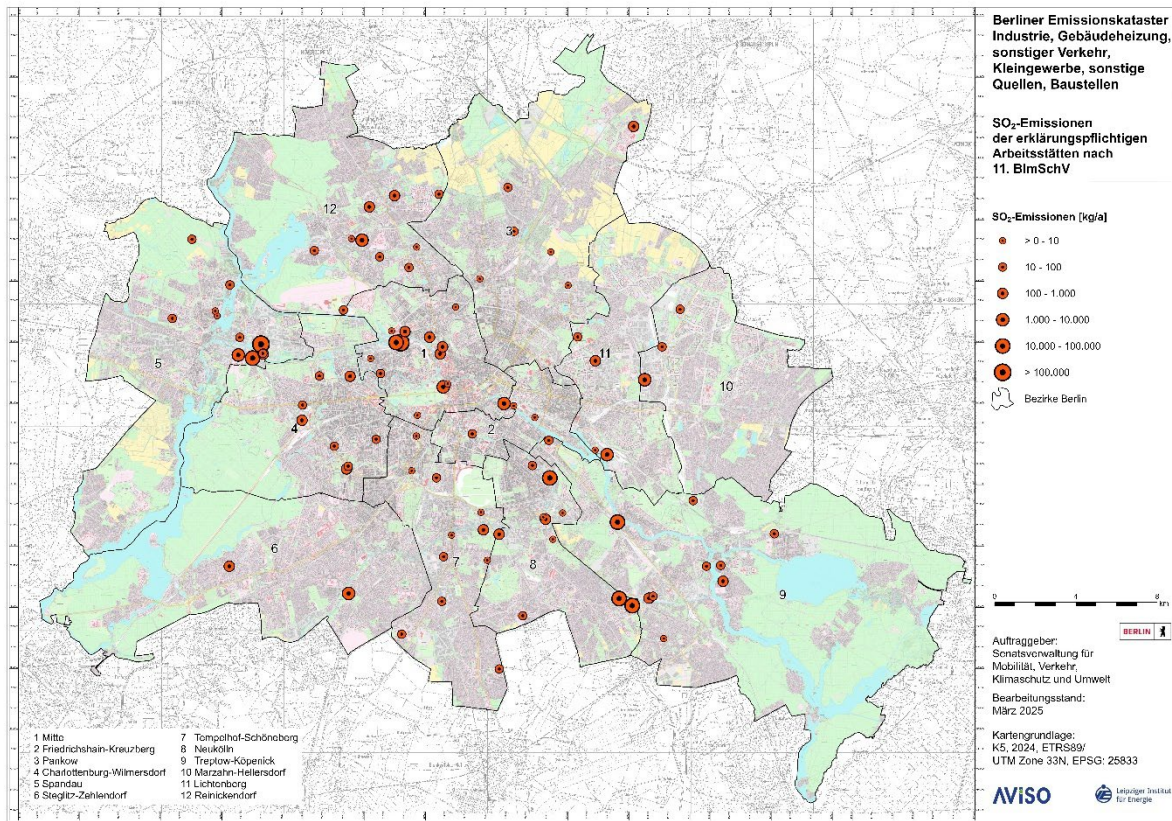


Bild 3.9: SO₂-Emissionen erklärungspflichtiger Anlagen in Berlin 2020 (11. BImSchV)

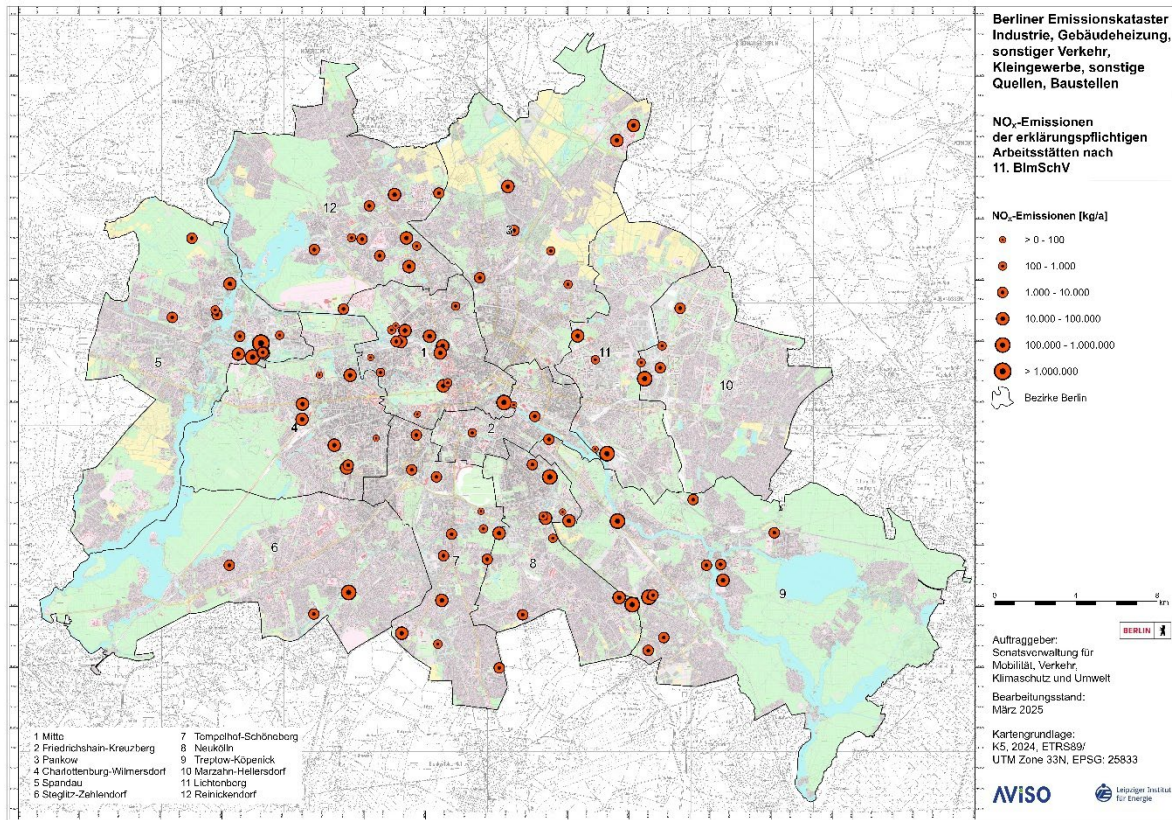


Bild 3.10: NO_x-Emissionen erklärungspflichtiger Anlagen in Berlin 2020 (11. BImSchV)

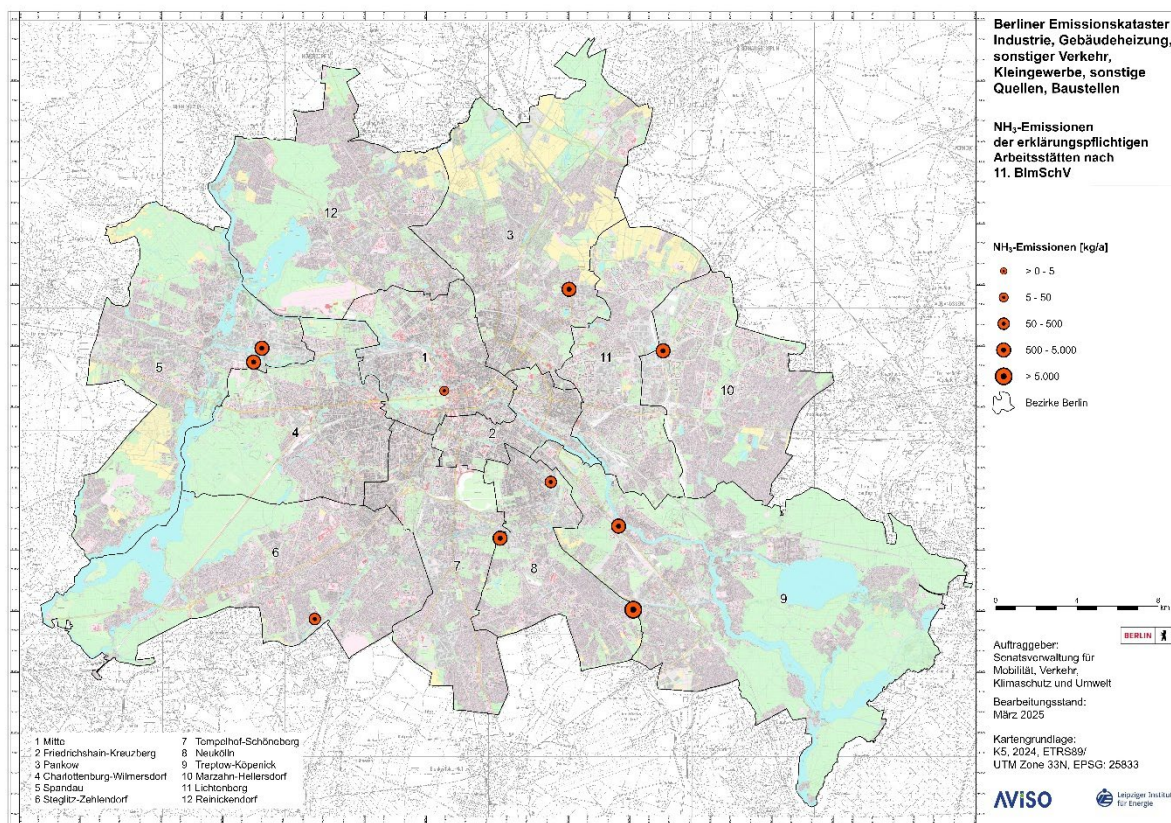


Bild 3.11: NH₃-Emissionen erklärungspflichtiger Anlagen in Berlin 2020 (11. BImSchV)

3.1.2.3 Feinstaub-Emissionen

Staub ist ein Sammelbegriff für feine Partikel, die sowohl aus organischen als auch anorganischen Stoffen bestehen können. Die Belastung durch Staub wird in der Regel anhand der Masse verschiedener Partikelgrößenfraktionen erfasst. Besonders gesundheitsschädlich sind die Feinstaubfraktionen PM_{2,5} und PM₁₀, da sie tief in die Atemwege eindringen können. Diese Feinstaubpartikel setzen sich aus einer Vielzahl chemischer Verbindungen mit unterschiedlichen physikalischen und chemischen Eigenschaften zusammen, die je nach Quelle variieren.

Feinstaub PM₁₀

Die PM₁₀-Emissionen in Berlin beliefen sich im Jahr 2020 auf insgesamt 76,4 t/a. Die Verteilung der Emissionen auf die Stadtbezirke zeigt erhebliche Unterschiede (siehe Bild 3.12). Mit großem Abstand weist der Bezirk Mitte die höchsten Emissionen auf, die sich auf 45,7 t/a summieren. Dahinter folgen Pankow mit 8,8 t/a und Neukölln mit 7,1 t/a (siehe Tab. 3.9). In anderen Bezirken, wie Friedrichshain-Kreuzberg und Marzahn-Hellersdorf, sind die Emissionen hingegen vergleichsweise gering und nahezu vernachlässigbar.

Betrachtet man die Branchenverteilung, so dominieren die Sektoren Mineralverarbeitung (24,7 t/a) und Lagerung (24,9 t/a) das Emissionsaufkommen. Ebenfalls bedeutende Beiträge leisten die Energiebranche (9,4 t/a) sowie die Abfallwirtschaft (9,0 t/a). Im Gegensatz dazu spielen

Branchen wie die chemische Industrie (0,4 t/a) oder die Holz- und Zellstoffverarbeitung (0,1 t/a) nur eine untergeordnete Rolle für die PM₁₀-Emissionen in Berlin (siehe Tab. 3.9).

Feinstaub PM_{2,5}

Die PM_{2,5}-Emissionen beliefen sich im Jahr 2020 auf insgesamt 36,8 Tonnen pro Jahr (t/a). Ähnlich wie bei PM₁₀ zeigt sich eine ungleiche Verteilung der Emissionen auf die verschiedenen Stadtbezirke. Spitzenreiter ist der Bezirk Mitte mit 20,4 t/a, gefolgt von Pankow mit 6,1 t/a und Neukölln mit 4,4 t/a – jeweils mit deutlichem Abstand. In anderen Bezirken wie Friedrichshain-Kreuzberg, Charlottenburg-Wilmersdorf sowie Marzahn-Hellersdorf sind die PM_{2,5}-Emissionen hingegen vergleichsweise gering (siehe Tab. 3.9 und Bild 3.13).

Auch auf Branchenebene zeigt sich ein ähnliches Muster wie bei PM₁₀. Die größten Emissionen entstehen durch die Lagerung von Stoffen (14,2 t/a), gefolgt von der Mineralindustrie (7,5 t/a) und der Abfallwirtschaft (6,4 t/a) (siehe Tab. 3.9).

80 % der gesamten PM_{2,5}-Emissionen der erklärungspflichtigen Anlagen nach 11. BImSchV konzentrierten sich auf nur neun Emittenten (siehe Bild 3.13).

Entwicklung der Emissionen im Vergleich zu 2012

Im Vergleich zu 2012 sind die Feinstaubemissionen in Berlin deutlich zurückgegangen. Die PM₁₀-Emissionen sanken von 141,5 t/a auf 76,4 t/a, was einem Rückgang von 46 % entspricht. Besonders deutlich ist der Rückgang in Spandau (von 48,6 t/a auf 5,8 t/a) und in Neukölln (von 29,4 t/a auf 7,1 t/a).

Auch die PM_{2,5}-Emissionen sinken von 77,8 t/a im Jahr 2012 auf 36,8 t/a im Jahr 2020. Besonders deutlich ist der Rückgang in Spandau (von 28,1 t/a auf 2,3 t/a) und Neukölln (von 20,4 t/a auf 4,4 t/a) (siehe Tab. 3.9).

Allerdings gibt es insgesamt drei Bezirke, in denen die Feinstaubemissionen im Jahr 2020 im Vergleich zu 2012 zugenommen haben. Besonders deutlich ist dies in Pankow: Hier stiegen die PM₁₀-Emissionen um 8.460 kg/a und die PM_{2,5}-Emissionen um 5.986 kg/a.

Tab. 3.9: Feinstaub-Emissionen erklärungsspflichtiger Anlagen nach Stadtbezirken und Branchen 2012 und 2020 (11. BImSchV) /SVSU 2014, SVSU 2024/

	Nr.	Stadtbezirke	2020 Staub		2012 Staub	
			Feinstaub PM10 in kg/a	Feinstaub PM2,5 in kg/a	Feinstaub PM10 in kg/a	Feinstaub PM2,5 in kg/a
Stadtbezirke	01	Mitte	45.690	20.442	34.554	15.615
	02	Friedrichshain-Kreuzberg	36	10	25	7
	03	Pankow	8.769	6.084	309	98
	04	Charlottenburg-Wilmersdorf	153	48	1.637	197
	05	Spandau	5.825	2.296	48.557	28.084
	06	Steglitz-Zehlendorf	323	96	2.754	712
	07	Tempelhof-Schöneberg	843	424	3.373	1.588
	08	Neukölln	7.120	4.355	29.424	20.378
	09	Treptow-Köpenick	736	466	761	233
	10	Marzahn-Hellersdorf	47	28	3	2
	11	Lichtenberg	5.625	1.893	15.667	7.902
	12	Reinickendorf	1.254	665	4.460	3.017
		Berlin	76.421	36.808	141.525	77.833

	Nr.	Branche	Staub		Staub	
			Feinstaub PM10 in kg/a	Feinstaub PM2,5 in kg/a	Feinstaub PM10 in kg/a	Feinstaub PM2,5 in kg/a
Branchen 4. BImSchV	01	Energie	9.383	3.505	90.326	48.767
	02	Mineral	24.745	7.521	12.539	4.237
	03	Metall	1.011	716	3.267	2.293
	04	Chemie	374	248	23	6
	05	Oberflächenbehandlung	266	85	894	744
	06	Holz, Zellstoff	88	25	2.056	685
	07	Nahrung	6.573	4.092	9.147	6.430
	08	Abfälle	8.989	6.390	19.377	13.506
	09	Lagerung	24.993	14.226	3.866	1.156
	10	Sonstige	0	0	30	9
		Berlin	76.421	36.808	141.525	77.833

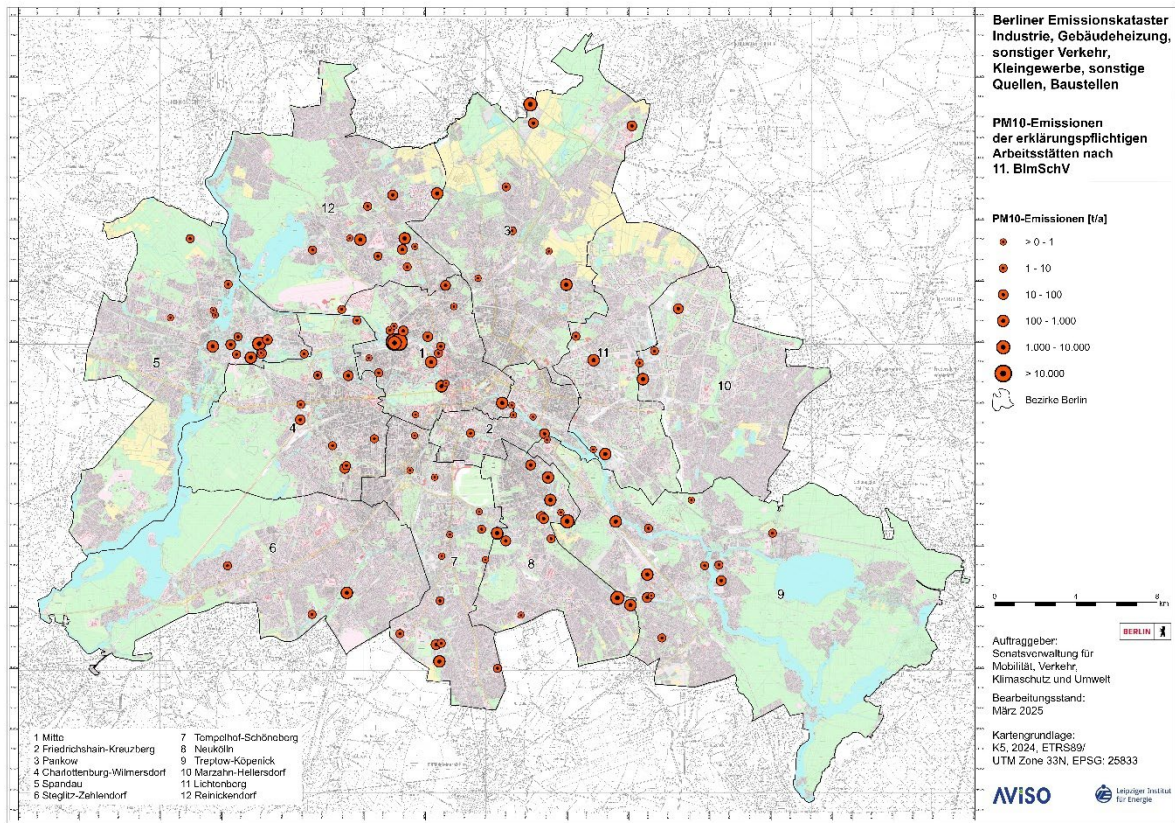


Bild 3.12: PM10-Emissionen erklärungspflichtiger Anlagen in Berlin 2020 (11. BImSchV)

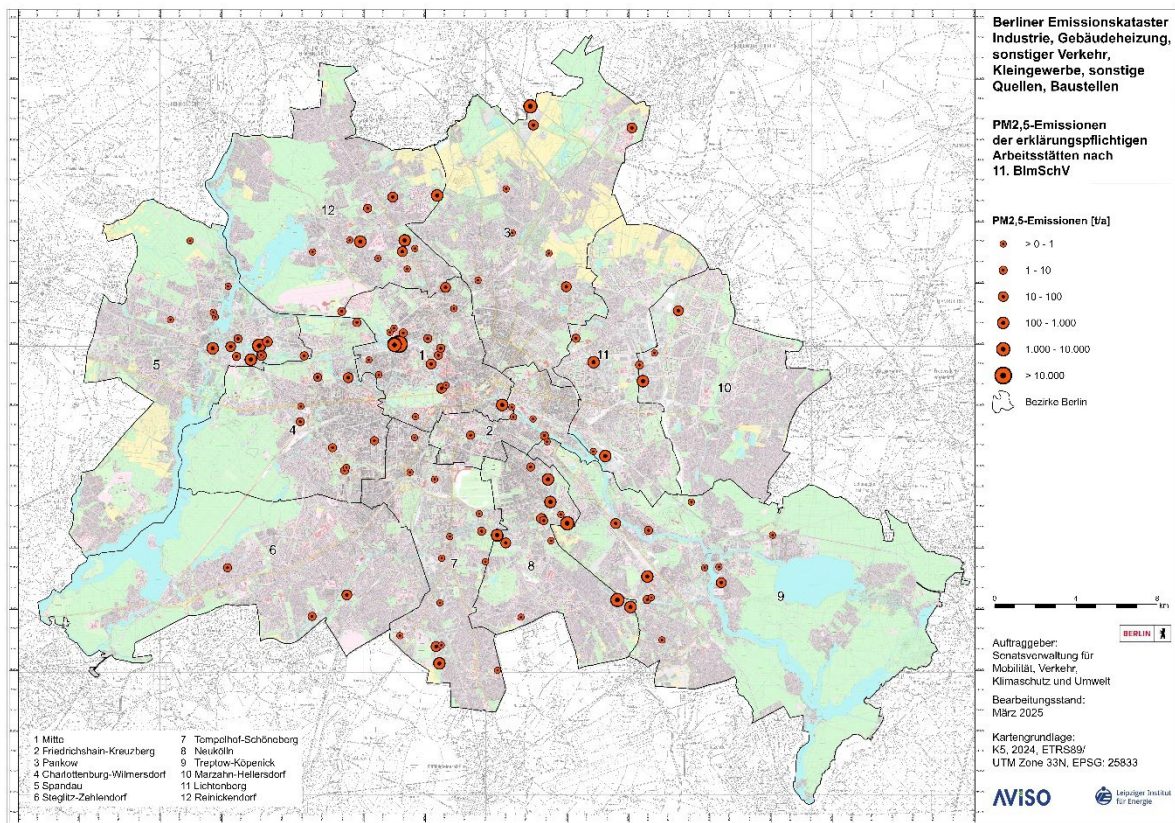


Bild 3.13: PM2,5-Emissionen erklärungspflichtiger Anlagen in Berlin 2020 (11. BImSchV) November 2025

3.1.2.4 Persistente organische Verbindungen

Zu den persistenten organischen Luftschadstoffen (POP) zählen unter anderem polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), Benzo(a)pyren (BaP) sowie Dioxine und Furane (PCDD/F). Diese langlebigen Schadstoffe entstehen vor allem bei unvollständigen Verbrennungsprozessen und industriellen Aktivitäten. Aufgrund ihrer hohen Toxizität, Umweltpersistenz und Bioakkumulationsfähigkeit stellen sie eine erhebliche Gefahr für die menschliche Gesundheit und die Umwelt dar. Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) als Sammelparameter wurden von den erklärungsrechtlichen Anlagen nach 11. BImSchV nicht gemeldet.

Benzo(a)pyrene (BaP)

Benzo(a)pyren (BaP) ist ein polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoff (PAK), der insbesondere bei Verbrennungsprozessen freigesetzt wird. Von den nach 11. BImSchV erklärungsrechtlichen Anlagen wurden im Jahr 2020 515,5 g/a emittiert. Die Verteilung der Emissionen zeigt deutliche Unterschiede zwischen den Bezirken. Die höchsten Emissionen wurden in Spandau (301 g/a) ermittelt, gefolgt von Mitte (84,9 g/a), Reinickendorf (47,6 g/a) und Neukölln (43,3 g/a). In anderen Bezirken wie Friedrichshain-Kreuzberg (3,3 mg/a) oder Steglitz-Zehlendorf (9 g/a) waren die Emissionen vergleichsweise gering (siehe Tab. 3.10). Für Pankow und Marzahn-Hellersdorf wurden keine BaP-Emissionen aus berichtspflichtigen Anlagen nach der 11. BImSchV gemeldet.

Die Auswertung nach Branchen zeigt, dass die Energiewirtschaft mit 513,1 g/a den größten Beitrag zu den BaP-Emissionen leistet. Deutlich geringere Werte sind für die Branchen Metall (1,4 g/a) und Chemie (1,1 g/a) zu verzeichnen.

Der Großteil (ca. 92 %) der Benzo(a)pyren-Emissionen im Land Berlin konzentriert sich im Jahr 2020 auf nur sechs Emittenten (siehe Bild 3.14).

Dioxine und Furane (PCDD/F)

Polychlorierte Dibenzop-dioxine und Dibenzofurane (PCDD/F) zählen zu den toxischsten persistenten organischen Schadstoffen. Die erklärungsrechtlichen Anlagen nach 11. BImSchV emittierten im Jahr 2020 im Land Berlin insgesamt 126,4 µg/a Dioxine und Furane (PCDD/F).

Die Verteilung nach Bezirken zeigt Spandau (57,1 µg/a) und Reinickendorf (53,7 µg/a) als Hauptemittenten, gefolgt von Mitte mit (10,5 µg/a). Die übrigen Bezirke weisen deutlich niedrigere Werte auf, darunter Neukölln (3,5 µg/a) oder Treptow-Köpenick (1,6 µg/a) (siehe Tab. 3.10 und Bild 3.15). In fünf Bezirken wurden keine PCDD/F-Emissionen aus nach der 11. BImSchV berichtspflichtigen Anlagen gemeldet.

Die sektorale Betrachtung zeigt, dass die Branchen „Energie“ (59,4 µg/a) und „Metall“ (52,8 µg/a) die dominierenden Emissionsquellen für Dioxine und Furane sind. Andere Industriezweige wie die Abfallwirtschaft (14,1 µg/a) tragen ebenfalls zur Gesamtbelastung bei, jedoch in geringerem Maße (siehe Tab. 3.10).

Rund 89 % der Dioxin- und Furan-Emissionen im Land Berlin konzentrieren sich im Jahr 2020 auf nur fünf Arbeitsstätten (siehe Bild 3.15).

Entwicklung der Emissionen im Vergleich zu 2012

Im Vergleich zu 2012 sind die Emissionen für Benzo(a)pyren zurückgegangen. Die BaP-Emissionen lagen 2012 noch bei 1,679 kg/a (1.679 g/a), was einer Reduktion von rund 69 % entspricht. Besonders deutliche Rückgänge sind im Energiesektor zu verzeichnen, wo die Emissionen von 1.183 g/a (2012) auf 513 g/a (2020) reduziert werden.

Anders sieht es bei den Dioxin- und Furanemissionen (PCDD/F) aus, die von 95,06 mg/a im Jahr 2012 auf 126,4 mg/a im Jahr 2020 ansteigen. Besonders deutlich sind die Zunahmen im Energiesektor (+39,6 mg/a) und in der Abfallwirtschaft (+8,2 mg/a).

Tab. 3.10: POP-Emissionen erklärungsspflichtiger Anlagen nach Stadtbezirken und Branchen 2012 und 2020 (11. BImSchV) /SVSU 2014, SVSU 2024/

	Nr.	Stadtbezirke	2020		2012	
			Persistente organische Verbindungen		Persistente organische Verbindungen	
			Benzo(a)pyren (BaP) in g/a	PCDD/F in mg/a	Benzo(a)pyren (BaP) in g/a	PCDD/F in mg/a
Stadtbezirke	01	Mitte	84,853	10,469	179,220	4,0316
	02	Friedrichshain-Kreuzberg	0,302	0,000	0,244	0,0000
	03	Pankow	0,000	0,000	7,918	0,0085
	04	Charlottenburg-Wilmersdorf	13,635	0,015	329,583	0,3792
	05	Spandau	301,181	57,038	479,626	6,0956
	06	Steglitz-Zehlendorf	0,896	0,013	28,603	0,2129
	07	Tempelhof-Schöneberg	1,369	0,001	472,100	9,3437
	08	Neukölln	43,448	3,468	34,678	9,6610
	09	Treptow-Köpenick	11,222	1,628	140,227	3,3342
	10	Marzahn-Hellersdorf	0,000	0,000	0,000	0,0000
	11	Lichtenberg	11,034	0,000	5,086	1,9166
	12	Reinickendorf	47,580	53,743	2,152	60,0740
		Berlin	515,52	126,375	1.679,437	95,0574

	Nr.	Branche	2020		2012	
			Persistente organische Verbindungen		Persistente organische Verbindungen	
			Benzo(a)pyren (BaP) in g/a	PCDD/F in mg/a	Benzo(a)pyren (BaP) in g/a	PCDD/F in mg/a
Branchen 4. BImSchV	01	Energie	513,066	59,439	1.183,075	19,7926
	02	Mineral	0,000	0,000	0,000	0,0000
	03	Metall	1,372	52,838	13,703	62,7619
	04	Chemie	1,050	0,001	0,722	0,0008
	05	Oberflächenbehandlung	0,000	0,000	15,670	0,0319
	06	Holz, Zellstoff	0,000	0,000	466,240	6,5903
	07	Nahrung	0,000	0,000	0,000	0,0000
	08	Abfälle	0,030	14,097	0,027	5,8800
	09	Lagerung	0,000	0,000	0,000	0,0000
	10	Sonstige	0,000	0,000	0,000	0,0000
		Berlin	515,519	126,375	1.679,437	95,0574

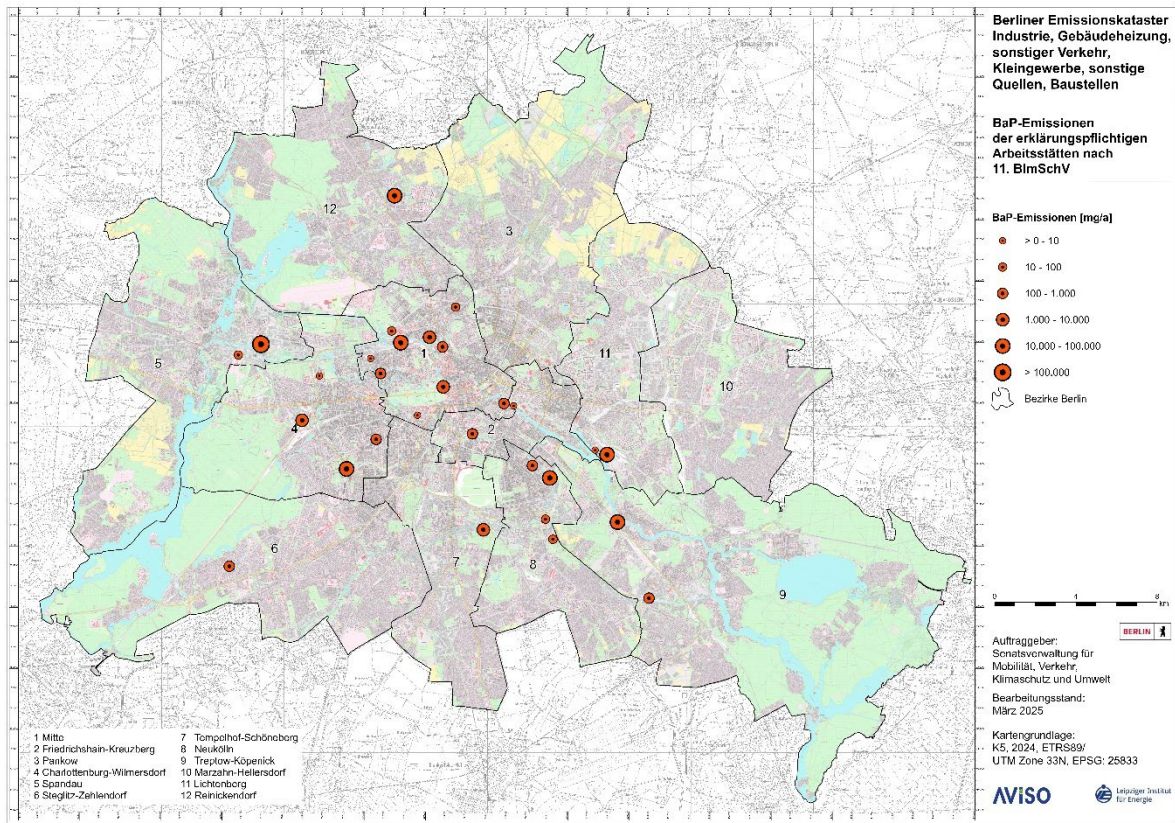


Bild 3.14: BaP-Emissionen erklärungspflichtiger Anlagen in Berlin 2020 (11. BImSchV)

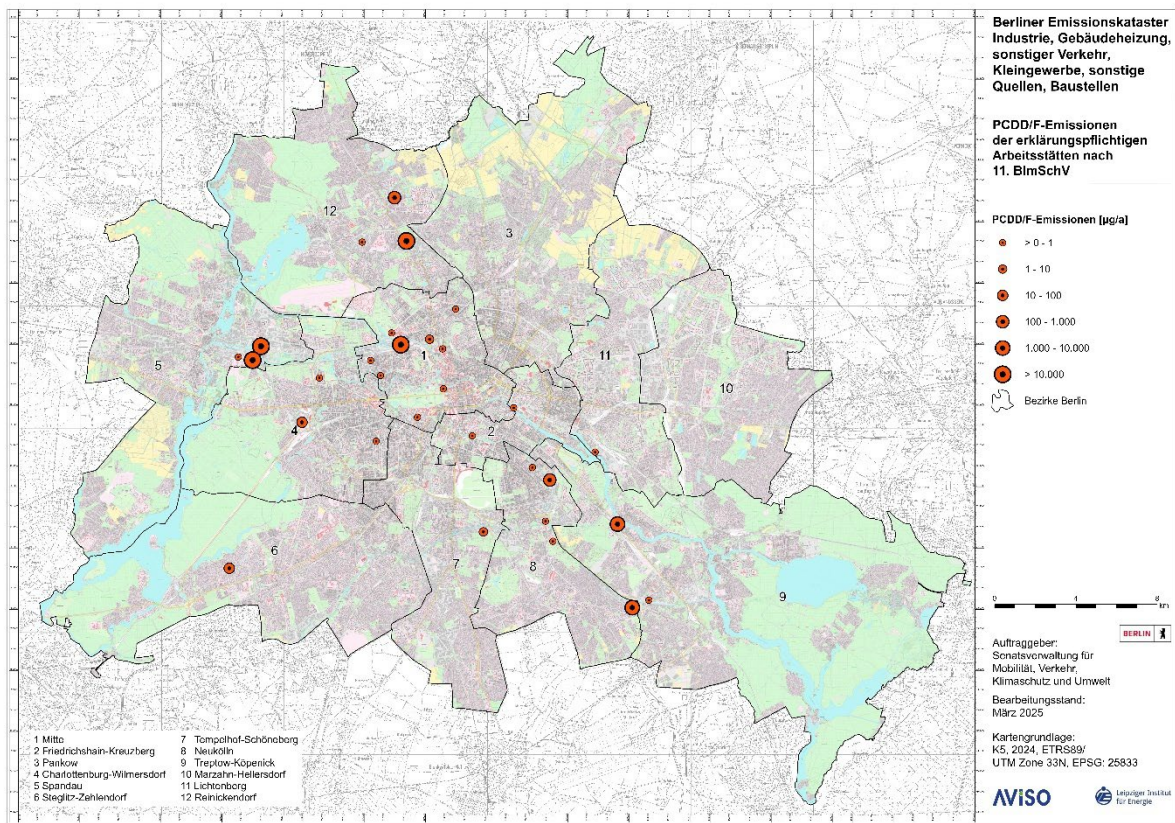


Bild 3.15: PCDD/F-Emissionen erklärungspflichtiger Anlagen in Berlin 2020 (11. BImSchV)
November 2025

3.1.2.5 Schwermetalle

In der Stoffgruppe Schwermetalle werden die Emissionen von zwölf Stoffen (Arsen, Blei, Cadmium, Chrom, Cobalt, Kupfer, Mangan, Nickel, Quecksilber, Thallium, Vanadium, Zink) zusammengefasst. Reglementierte Schwermetalle sind in den EU-Richtlinien 2008/50/EG und 2004/107/EG erfasst, die mit der 39. BImSchV in deutsches Recht umgesetzt wurden und seit dem 6. August 2010 in Kraft sind. In der 39. BImSchV ist für den Schadstoff Blei⁵ ein Grenzwert festgelegt, während für Arsen⁶, Cadmium⁷ und Nickel Zielwerte⁸ definiert sind.

Schwermetalle (As, Pb, Cd, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, Hg, Tl, V, Zn)

Im Jahr 2020 wurden von den erklärungsspflichtigen Anlagen nach 11. BImSchV in Berlin insgesamt 771 kg Schwermetalle emittiert. Die Verteilung dieser Emissionen zeigt deutliche Unterschiede zwischen den Stadtbezirken. Besonders hohe Emissionswerte sind in Spandau (287 kg/a), Tempelhof-Schöneberg (207 kg/a) und Reinickendorf (150 kg/a) festzustellen, während in anderen Bezirken wie Friedrichshain-Kreuzberg, Pankow, Charlottenburg-Wilmersdorf oder Lichtenberg kaum relevante Mengen an Schwermetallen gemeldet wurden (siehe Tab. 3.11).

Die sektorale Betrachtung der Emissionen nach Branchen zeigt, dass der Energiesektor mit 375 kg/a den größten Anteil an den Schwermetallemissionen in Berlin im Jahr 2020 aufweist. Ebenfalls hohe Werte sind in der Metallbranche (245 kg/a) sowie im Bereich der Abfälle (151 kg/a) zu verzeichnen.

Die Stoffe Zink, Nickel und Blei sind für ca. 77 % der Schwermetall-Emissionen der erklärungsspflichtigen Anlagen im Land Berlin verantwortlich (siehe Bild 3.16).

Der Großteil (ca. 79 %) der Schwermetall-Emissionen im Land Berlin konzentrierte sich im Jahr 2020 auf nur drei Emittenten bzw. Arbeitsstätten (siehe Bild 3.17).

Entwicklung der Emissionen im Vergleich zu 2012

Ein Vergleich mit den Emissionsdaten aus dem Jahr 2012 verdeutlicht eine signifikante Reduktion der Schwermetallemissionen. Während im Jahr 2012 noch 1.629 kg emittiert wurden, ist dieser Wert im Jahr 2020 auf 771 kg gesunken. Besonders in der Metallbranche (503 kg auf 245 kg) und im Bereich der Abfallwirtschaft (685 kg auf 151 kg) zeigt sich ein deutlicher Rückgang der Emissionen. Auch in den meisten Stadtbezirken sind die Emissionen rückläufig, insbesondere in Spandau, wo die Belastung von 911 kg/a (2012) auf 287 kg/a (2020) gesunken ist (siehe Tab. 3.11).

⁵ Blei (Pb): Grenzwert von 0,5 µg/m³ als Jahresmittelwert (Richtlinie 2008/50/EG)

⁶ Arsen (As): Zielwert von 6 ng/m³ als Jahresmittelwert (Richtlinie 2004/107/EG)

⁷ Cadmium (Cd): Zielwert von 5 ng/m³ als Jahresmittelwert (Richtlinie 2004/107/EG)

⁸ Nickel (Ni): Zielwert von 20 ng/m³ als Jahresmittelwert (Richtlinie 2004/107/EG)

Tab. 3.11: *Schwermetall-Emissionen erklärungspflichtiger Anlagen nach Stadtbezirken und Branchen 2012 und 2020 (11. BImSchV) /SVSU 2014, SVSU 2024/*

		2020	2012
		Schwermetalle	Schwermetalle
Nr.	Stadtbezirke	Schwermetalle in kg/a	Schwermetalle in kg/a
Stadtbezirke	01 Mitte	56	84
	02 Friedrichshain-Kreuzberg	1	1
	03 Pankow	0	0
	04 Charlottenburg-Wilmersdorf	1	17
	05 Spandau	287	911
	06 Steglitz-Zehlendorf	13	12
	07 Tempelhof-Schöneberg	207	471
	08 Neukölln	33	47
	09 Treptow-Köpenick	19	19
	10 Marzahn-Hellersdorf	4	4
	11 Lichtenberg	1	63
	12 Reinickendorf	150	0
Berlin		771	1.629

		2020	2012
		Schwermetalle	Schwermetalle
Nr.	Branche	Schwermetalle in kg/a	Schwermetalle in kg/a
Branchen 4. BImSchV	01 Energie	375	423
	02 Mineral	0	
	03 Metall	245	503
	04 Chemie	0	0
	05 Oberflächenbehandlung	0	9
	06 Holz, Zellstoff	0	8
	07 Nahrung	0	
	08 Abfälle	151	685
	09 Lagerung	0	
	10 Sonstige	0	
Berlin		771	1.629

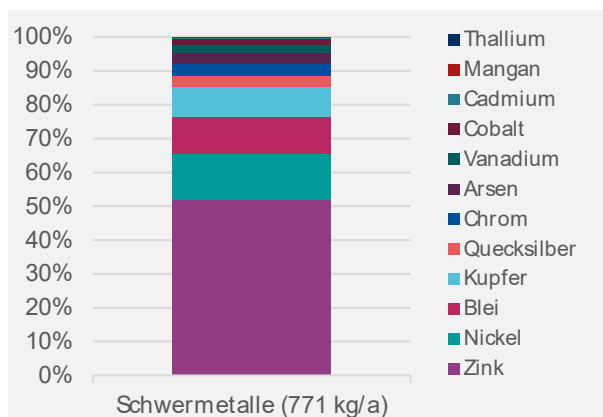


Bild 3.16: *Anteil der Stoffe an den Schwermetall-Emissionen erklärungspflichtiger Arbeitsstätten im Jahr 2020 (11. BImSchV) /SVSU 2024/*

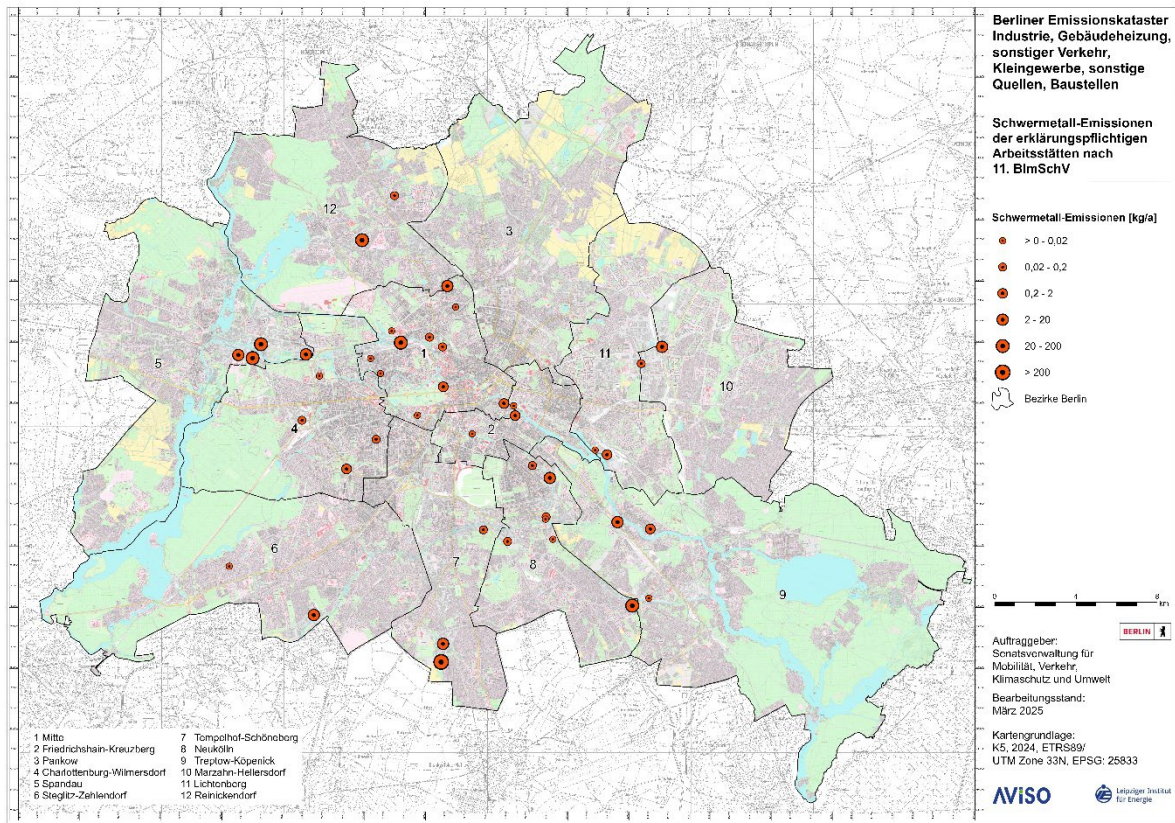


Bild 3.17: Schwermetall-Emissionen erklärungspflichtiger Anlagen in Berlin 2020 (11. BIm-SchV)

Tab. 3.12: Schwermetallemissionen erklärungspflichtiger Anlagen in Berlin 2020 – Differenzierung nach Stoffen, Stadtbezirken und Branchen (11. BImSchV) /SVSU 2024/

Nr.	Stadtbezirke / Branche	Schwermetalle in kg/a	Arsen in kg/a	Blei in kg/a	Cadmium in kg/a	Chrom in kg/a	Cobalt in kg/a	Kupfer in kg/a	Mangan in kg/a	Nickel in kg/a	Quecksilber in kg/a	Thallium in kg/a	Vanadium in kg/a	Zink in kg/a
Stadtbezirke														
01	Mitte	56	6,03	3,34	0,17	1,90	0,00	2,39	0,00	4,88	11,21	0,00	4,02	22,12
02	Friedrichshain-Krauzberg	1	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,48	0,00	0,00	0,00	0,00
03	Pankow	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04	Charlottenburg-Wilmersdorf	1	0,04	0,03	0,00	0,03	0,00	0,06	0,00	0,26	0,01	0,00	0,13	0,08
05	Spandau	287	16,65	73,92	2,33	19,04	14,36	52,75	0,18	70,93	7,92	0,01	6,06	22,74
06	Steglitz-Zehlendorf	13	0,00	0,00	0,00	2,34	0,00	7,01	0,00	3,97	0,00	0,00	0,00	0,01
07	Tempelhof-Schöneberg	207	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	3,14	0,00	0,00	0,01	203,94
08	Neukölln	33	1,75	4,22	0,21	1,44	0,29	2,53	0,00	17,84	2,15	0,00	1,75	0,63
09	Treptow-Köpenick	19	1,57	3,23	0,03	1,28	0,00	0,15	0,00	2,68	4,95	0,00	3,84	0,77
10	Marzahn-Hellersdorf	4	0,00	1,23	0,49	0,15	0,41	1,23	0,04	0,08	0,49	0,00	0,00	0,00
11	Lichtenberg	1	0,03	0,03	0,03	0,03	0,00	0,06	0,00	0,22	0,01	0,00	0,30	0,06
12	Reinickendorf	150	0,00	0,10	0,02	0,05	0,00	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	149,55
	Berlin	771	26,27	86,10	3,33	26,30	15,06	66,20	0,22	104,48	26,73	0,01	16,11	399,89
Branchen 4. BImSchV														
01	Energie	336	20,22	18,79	1,22	20,33	0,29	11,42	0,00	67,94	9,98	0,0	12,20	173,88
02	Mineral	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00
03	Metall	245	0,00	1,61	0,00	3,57	1,62	7,01	0,00	10,71	0,00	0,0	0,01	220,44
04	Chemie	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00
05	Oberflächenbehandlung	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00
06	Holz, Zellstoff	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00
07	Nahrung	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00
08	Abfälle	151	0,07	62,41	1,97	0,54	13,15	45,46	0,22	21,26	5,54	0,0	0,03	0,03
09	Lagerung	39	5,98	3,30	0,14	1,86	0,00	2,31	0,00	4,57	11,20	0,0	3,87	5,54
10	Sonstige	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00
	Berlin	771	26,27	86,10	3,33	26,30	15,06	66,20	0,22	104,48	26,73	0,0	16,11	399,89

3.1.2.6 Emissionen von Chlor- und Fluorwasserstoff

Chlorwasserstoff

Im Jahr 2020 betragen die Gesamt-Emissionen von Chlorwasserstoff (HCl) von den erklärungspflichtigen Anlagen nach 11. BImSchV in Berlin 35,9 t/a. Die Verteilung nach Stadtbezirken zeigt deutliche Unterschiede. Spitzenreiter ist der Bezirk Spandau mit 17,5 t/a, gefolgt von Neukölln mit 10,4 t/a und Reinickendorf mit 4,4 t/a (siehe Tab 3.13). Weitere Bezirke weisen vergleichsweise geringe Emissionen auf, während in einigen Stadtteilen wie Mitte, Lichtenberg und Pankow keine Chlorwasserstoff-Emissionen registriert wurden.

Die sektorale Betrachtung zeigt, dass die höchsten Emissionen aus der Abfallwirtschaft stammen, die mit 16,9 t/a einen erheblichen Anteil zur Gesamtbelastung beiträgt. Auch der Energiesektor (13,1 t/a) stellt eine wesentliche Quelle dar, während die Metallverarbeitung mit 5,2 t/a ebenfalls signifikante Emissionen aufweist. Andere Branchen, wie die Metallindustrie oder Oberflächenbehandlung, tragen hingegen nur in geringem Umfang zu den Emissionen bei.

Der Großteil (ca. 95 %) der Emissionen von Chlorwasserstoff konzentrierte sich im Jahr 2020 im Land Berlin auf nur acht Hauptemittenten (siehe Bild 3.18).

Fluorwasserstoff

Die Gesamtmenge an Fluorwasserstoff (HF) von erklärungspflichtigen Anlagen nach 11. BImSchV in Berlin belief sich im Jahr 2020 auf 15,6 t/a. Besonders hohe Emissionen wurden in Spandau mit 11,9 t/a verzeichnet. Weitere signifikante Emissionen traten in Mitte mit 2,5 t/a sowie in Neukölln mit 0,5 t/a auf. In vielen Stadtbezirken wurden hingegen keine oder nur sehr geringe Mengen an Fluorwasserstoff emittiert (siehe Tab 3.13).

Branchenbezogen ist der Energiesektor mit 15,0 t/a der Hauptverursacher, gefolgt von der Metallindustrie mit 0,29 t/a und der Abfallwirtschaft mit 0,23 t/a. Andere Sektoren zeigen nur marginale Emissionen. Dies deutet darauf hin, dass Fluorwasserstoff-Emissionen stark von der Verbrennung und energieintensiven Prozessen abhängen.

Der Großteil (ca. 97 %) der Emissionen von Chlorwasserstoff im Land Berlin konzentrierte sich im Jahr 2020 auf nur sechs Emittenten (siehe Bild 3.19).

Entwicklung der Emissionen im Vergleich zu 2012

Ein Vergleich der Emissionen von 2012 und 2020 zeigt eine signifikante Reduktion der Emissionen. Während 2012 noch 98,3 t/a Chlorwasserstoff emittiert wurden, waren es 2020 nur noch 35,9 t/a, was einem Rückgang um etwa 63,5 % entspricht. Besonders auffällig ist die Reduktion im Energiesektor von 85,8 t/a (2012) auf 13,1 t/a (2020), was auf Maßnahmen zur Emissionsminderung, veränderte Technologien oder strengere regulatorische Vorgaben hindeutet.

Ähnlich verhält es sich mit den Fluorwasserstoff-Emissionen: Diese reduzierten sich von 31,1 t/a (2012) auf 15,6 t/a (2020), was einem Rückgang um etwa 50 % entspricht. Hier war insbesondere der Rückgang im Energiesektor von 30,9 t/a (2012) auf 15,0 t/a (2020) entscheidend.

Tab. 3.13: Chlor- und Fluorwasserstoff-Emissionen erklärungsspflichtiger Anlagen nach Stadtbezirken und Branchen 2012 und 2020 (11. BImSchV) /SVSU 2014, SVSU 2024/

	Nr.	Stadtbezirke	2020		2012	
			Anorganische Verbindungen		Anorganische Verbindungen	
			Chlorwasserstoff in kg/a	Fluorwasserstoff in kg/a	Chlorwasserstoff in kg/a	Fluorwasserstoff in kg/a
Stadtbezirke	01	Mitte	0	2.473	35.722	2.692
	02	Friedrichshain-Kreuzberg	103	0	86	
	03	Pankow	0	0	21	1
	04	Charlottenburg-Wilmersdorf	20	1	46	2
	05	Spandau	17.504	11.948	39.984	22.099
	06	Steglitz-Zehlendorf	271	5	540	7
	07	Tempelhof-Schöneberg	290	0	1.095	62
	08	Neukölln	10.443	539	5.516	339
	09	Treptow-Köpenick	2.574	246	2.511	233
	10	Marzahn-Hellersdorf	336	19	250	
	11	Lichtenberg	0	0	11.084	5.301
	12	Reinickendorf	4.383	325	1.438	361
		Berlin	35.923	15.555	98.296	31.097
	Nr.	Branche	Anorganische Verbindungen		Anorganische Verbindungen	
			Chlorwasserstoff in kg/a	Fluorwasserstoff in kg/a	Chlorwasserstoff in kg/a	Fluorwasserstoff in kg/a
Branchen 4. BImSchV	01	Energie	13.097	15.034	85.825	30.668
	02	Mineral	5	3	1	1
	03	Metall	5.227	293	3.049	424
	04	Chemie	0	0		
	05	Oberflächenbehandlung	616	0	6	1
	06	Holz, Zellstoff	0	0	108	4
	07	Nahrung	0	0		
	08	Abfälle	16.979	225	9.306	
	09	Lagerung	0	0		
	10	Sonstige	0	0		
		Berlin	35.923	15.555	98.296	31.097

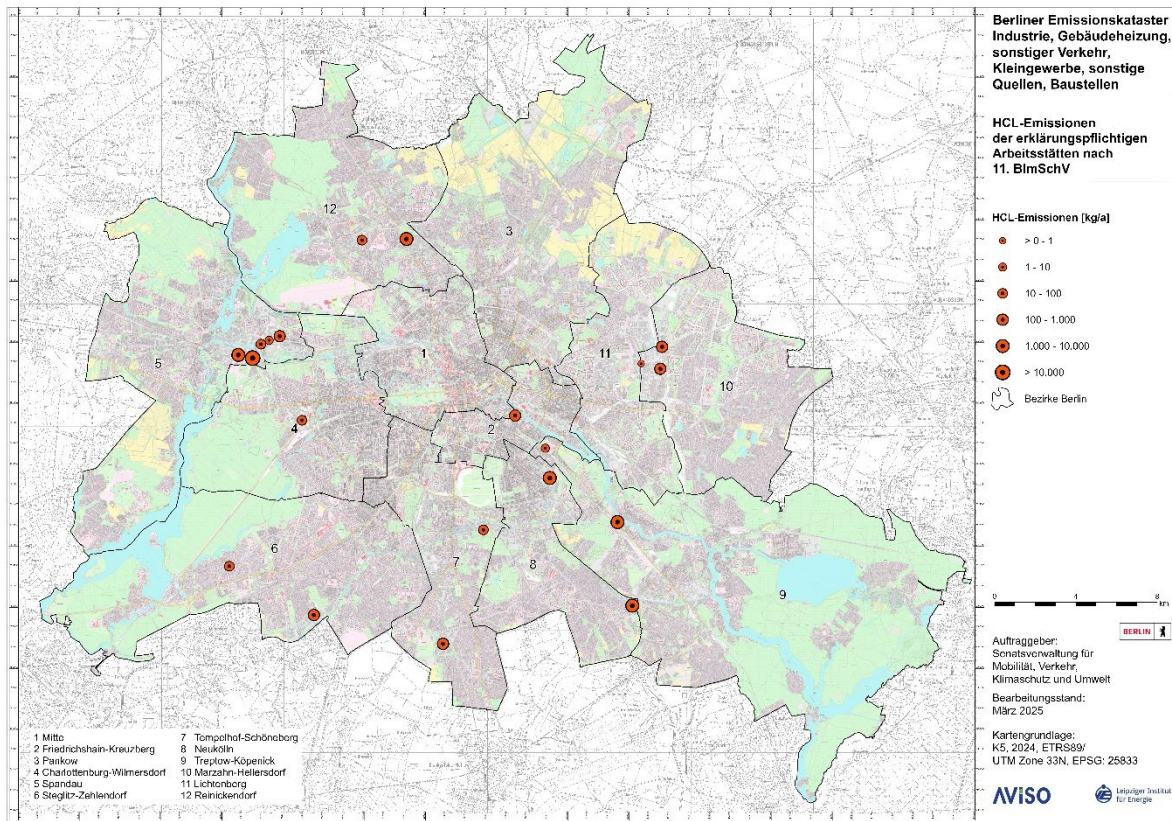


Bild 3.18: HCL-Emissionen erklärungspflichtiger Anlagen in Berlin 2020 (11. BImSchV)

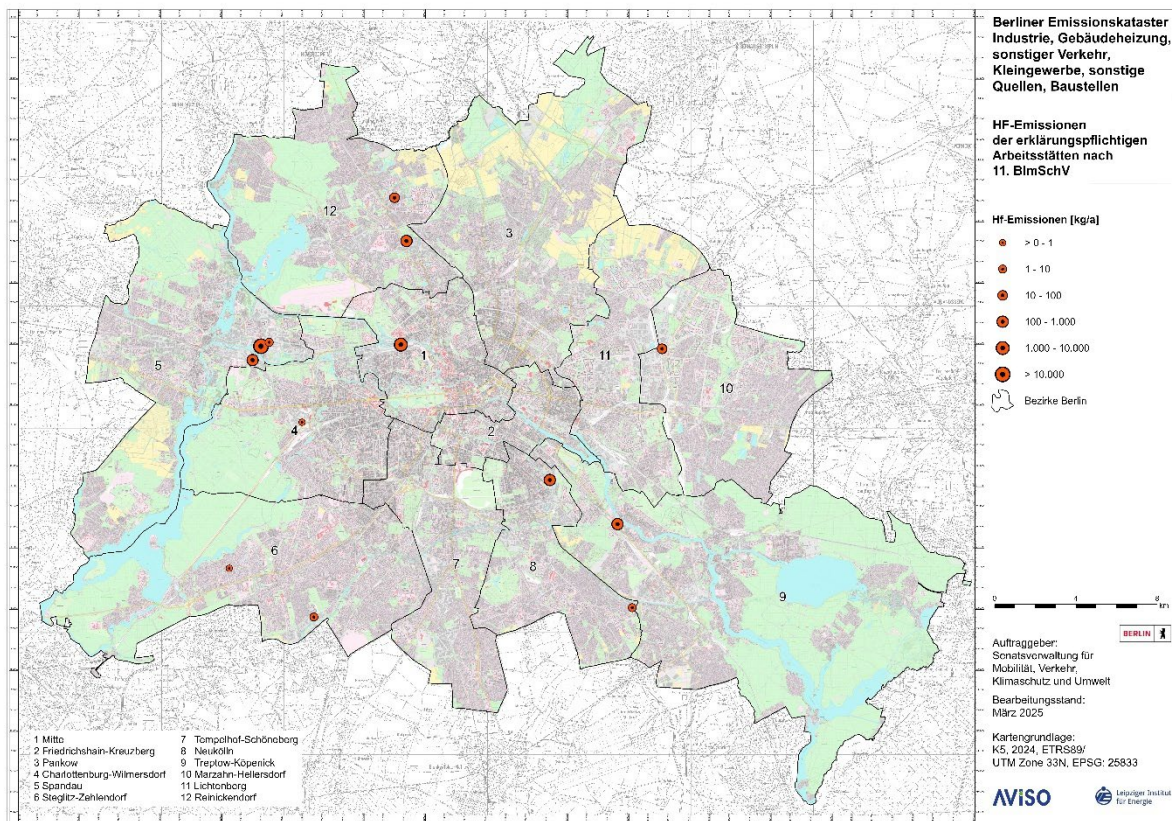


Bild 3.19: HF-Emissionen erklärungspflichtiger Anlagen in Berlin 2020 (11. BImSchV)

3.1.2.7 Treibhausgas-Emissionen

Dargestellt werden die direkten Treibhausgasemissionen (CO_2 , CH_4 , N_2O) der nach 11. BImSchV erklärungsspflichtigen Anlagen sowie die daraus resultierenden CO_2 -Äquivalente. Treibhausgase zählen zwar nicht zu den klassischen Luftschadstoffen, sind jedoch im Kontext des anthropogenen Klimawandels von zentraler Bedeutung.

Im Jahr 2020 emittierten die erklärungsspflichtigen Anlagen rund 5,51 Mio. t CO_2 . Über 80 % dieser Emissionen entfielen auf die Stadtbezirke Spandau, Lichtenberg und Mitte (siehe Tab. 3.14). Etwa 89 % der CO_2 -Emissionen wurden durch die Branche „Wärmeerzeugung, Bergbau und Energie“ (Nr. 1 der 4. BImSchV) verursacht. Die Methanemissionen (CH_4) beliefen sich im Berichtsjahr 2020 auf etwa 672 t (siehe Tab. 3.14), die nahezu vollständig der Branche „Wärmeerzeugung, Bergbau und Energie“ zuzuordnen sind. Im selben Jahr wurden rund 230 t Distickstoffmonoxid (N_2O) ausgestoßen. Wie bei CO_2 und CH_4 stammten auch die N_2O -Emissionen überwiegend aus der Branche „Wärmeerzeugung, Bergbau und Energie“. Der größte Anteil entfiel auf den Bezirk Mitte (siehe Tab. 3.14).

CO_2 ist mit Abstand das wichtigste Treibhausgas der erklärungsspflichtigen Anlagen im Land Berlin. Unter Berücksichtigung der GWP-Faktoren von Methan und Distickstoffmonoxid entfallen etwa 98,6 % der gesamten CO_2 -Äquivalente (5,59 Mio. t) auf CO_2 . Die Beiträge von CH_4 und N_2O zu den CO_2 -Äquivalenten der erklärungsspflichtigen Anlagen waren im Jahr 2020 entsprechend gering (siehe Tab. 3.14).

Im Vergleich zum vorherigen Emissionskataster mit dem Datenstand 2012 sind die CO_2 -Äquivalent-Emissionen um nahezu 30 % zurückgegangen (2012: 7,96 Mio. t $\text{CO}_{2\text{äq}}$ siehe Tab. 3.15).

Tab. 3.14: Treibhausgas-Emissionen erklärungsspflichtiger Anlagen nach Stadtbezirken und Branchen 2020 (11. BImSchV) /SVSU 2024/

Nr.	Stadtbezirke	Treibhausgase			
		CO ₂ -Äquivalent in t/a	Kohlenstoffdioxid in t/a	Methan in t/a	Distickstoffoxid in t/a
01	Mitte	1.384.016	1.336.736	122	166
02	Friedrichshain-Kreuzberg	981	889	3	0
03	Pankow	61.342	60.253	27	1
04	Charlottenburg-Wilmersdorf	106.770	104.432	60	2
05	Spandau	2.158.103	2.154.018	53	10
06	Steglitz-Zehlendorf	417.597	415.237	13	8
07	Tempelhof-Schöneberg	20.754	18.926	57	1
08	Neukölln	116.588	111.266	122	7
09	Treptow-Köpenick	169.297	162.111	139	12
10	Marzahn-Hellersdorf	7.123	7.086	0	0
11	Lichtenberg	1.069.620	1.063.642	31	19
12	Reinickendorf	81.143	78.895	46	4
	Berlin	5.593.334	5.513.491	672	230

Nr.	Branche	Treibhausgase			
		CO ₂ -Äquivalent in t/a	Kohlenstoffdioxid in t/a	Methan in t/a	Distickstoffoxid in t/a
01	Energie	4.992.621	4.913.276	669	229
02	Mineral	7.175	7.175	0	0
03	Metall	232	231	0	0
04	Chemie	39.988	39.781	1	1
05	Oberflächenbehandlung	1.795	1.786	0	0
06	Holz, Zellstoff	337	336	0	0
07	Nahrung	29.951	29.676	2	1
08	Abfälle	521.231	521.231	0	0
09	Lagerung	4	0	0	0
10	Sonstige	0	0	0	0
	Berlin	5.593.334	5.513.491	672	230

Tab. 3.15: Treibhausgas-Emissionen erklärungsspflichtiger Anlagen nach Stadtbezirken und Branchen 2012 (11. BImSchV) /SVSU 2014/

Nr.	Stadtbezirke	Treibhausgase			
		CO ₂ -Äquivalent in t/a	Kohlenstoffdioxid in t/a	Methan in t/a	Distickstoffoxid in t/a
01	Mitte	1.513.068	1.453.241	35	191
02	Friedrichshain-Kreuzberg	42	39	0	0
03	Pankow	49.849	49.406	8	1
04	Charlottenburg-Wilmersdorf	210.016	208.713	4	4
05	Spandau	3.558.487	3.552.665	30	17
06	Steglitz-Zehlendorf	593.617	590.050	11	11
07	Tempelhof-Schöneberg	29.224	28.828	11	1
08	Neukölln	128.215	125.815	24	6
09	Treptow-Köpenick	157.650	151.527	121	12
10	Marzahn-Hellersdorf	3	3	0	0
11	Lichtenberg	1.597.259	1.591.342	4	19
12	Reinickendorf	125.956	124.103	50	3
	Berlin	7.963.385	7.875.731	300	262

Nr.	Branche	Treibhausgase			
		CO ₂ -Äquivalent in t/a	Kohlenstoffdioxid in t/a	Methan in t/a	Distickstoffoxid in t/a
01	Energie	7.441.407	7.354.208	297	261
02	Mineral	6.166	6.166	0	0
03	Metall	11.345	11.330	0	0
04	Chemie	40.249	40.016	1	1
05	Oberflächenbehandlung	13.663	13.582	0	0
06	Holz, Zellstoff	6.708	6.623	1	0
07	Nahrung	23.219	23.178	0	0
08	Abfälle	380.435	380.435	0	0
09	Lagerung	0	0	0	0
10	Sonstige	40.194	40.194	0	0
	Berlin	7.963.385	7.875.731	300	262

3.2 Bewertung der Unsicherheiten

Die Unsicherheiten der Emissionen genehmigungspflichtiger Anlagen in Berlin ergeben sich unmittelbar aus den Unsicherheiten der in BUBE gemeldeten Emissionsdaten. Wie erläutert, können diese Daten auf Messungen, Berechnungen oder Abschätzungen beruhen (vgl. Bild 3.6). Für Berlin basieren ca. 22 % der Angaben auf Messungen, ca. 75 % auf Berechnungen und lediglich ca. 3% auf Schätzungen.

Da somit für den überwiegenden Teil der Anlagen emissionsrelevante Daten aus individuellen Messungen oder Berechnungen vorliegen, entspricht die Gesamtdatenqualität gemäß dem Einstufungsschema für Gütestufen (vgl. Tab. 2.2) der Gütestufe A bis B („Wert, der auf Messungen an zahlreichen Anlagen basiert, die den Sektor vollständig oder weitgehend repräsentieren“).

4 Gebäudeheizung

Die Quellgruppe Gebäudeheizung umfasst die Luftschadstoffemissionen aus nicht genehmigungsbedürftigen Kleinf Feuerungsanlagen

- im Bereich GHD (Gewerbe, Handel, Dienstleistungen) und in öffentlichen Gebäuden (NFR 1A4ai) und
- in privaten Haushalten (NFR 1A4bi)

Die Emissionen dieser Quellgruppe, die sich aus einer Vielzahl von kleinen Quellen zusammensetzt, sind in den letzten Jahren stärker in den Fokus geraten.

4.1 Methodik und Datenquellen

Zur Ermittlung der Emissionen aus Kleinf Feuerungsanlagen wird zunächst der Endenergieeinsatz pro Energieträger ermittelt, die Emissionen ergeben sich durch Multiplikation mit geeigneten Emissionsfaktoren. Das konkrete Vorgehen ergibt sich aus den jeweils verfügbaren Daten. Die wesentliche Datenquelle sind kleinräumig differenziert auf Baublockebene vorliegende Schornsteinfegerdaten. Andere Daten liegen in aggregierter Form (Postleitzahlbezirk oder Berlin in Summe) vor. Methodik und Datenquellen werden im Folgenden beschrieben.

4.1.1 Ermittlung der Endenergieeinsätze

Der Endenergieeinsatz (EEE) in einer Kleinf Feuerungsanlage ergibt sich grundsätzlich als Produkt der Nennwärmeleistung (NWL, aus Schornsteinfegerdaten) der Feuerungsanlage und den jährlichen Volllaststunden h (nach Anlagenkategorie und Verbrauchssektor).

Als Volllaststunden wird die Zeitspanne bezeichnet, die eine Anlage bei Nennleistung betrieben werden müsste, um die gleiche Energie umzusetzen, die diese Anlage innerhalb des betrachteten Jahres tatsächlich umgesetzt hat. Die Volllaststunden sind witterungsabhängig (Ort und Jahr), die Witterungsabhängigkeit kann bei Verwendung mittlerer Werte auch durch Skalierung der EEE in Summe mit der Energiebilanz für das betrachtete Jahr im Nachgang berücksichtigt werden.

Für einen Ort (Berlin) und ein Jahr (2023) ergibt sich

$$EEE^{Ort, 2023} = \sum_{j=1}^{\#Anlagenkategorien} \sum_{k=1}^{\#Sektoren} \sum_{i=1}^{N_{j,k}} \frac{NWL^i \times h_{k,j}^{Ort, 2023}}{\eta_j}$$

Darin bedeuten

$N_{j,k}$: Anzahl Anlagen pro Sektor und Anlagenkategorie

η_j : Jahresnutzungsgrad nach Anlagentyp j (entspricht jahresmittlerem Wirkungsgrad); häufig werden die Volllaststunden so definiert, dass der Jahresnutzungsgrad bereits einbezogen ist, so dass gilt $\eta = 1$.

Je nach Differenzierung der vorliegenden Schornsteinfegerdaten können dabei Anlagekategorien wie

- Anlagentyp (Zentralheizung, Anlage zur Warmwasserbereitung, Einzelraumfeuerstätte, ...),
- energetische Nutzung (Brennwert/Heizwert),
- Leistungsklasse,
- Altersklasse,
- Anlagenart (Einzelraumfeuerstätte: offene Kamine, Kaminkassetten, Kaminöfen, Kachelofeneinsätze, Herde, Grundöfen, ...)

und Verbrauchssektoren (Haushalte, Sektor „Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“) berücksichtigt werden.

Liegen die Schornsteinfegerdaten weniger differenziert vor, ergeben sich die Endenergieeinsätze als Produkt aus mittleren Nennwärmeleistungen mit passenden Volllaststunden.

4.1.2 Schornsteinfegerdaten

Die zentrale Datenquelle zur Ermittlung der Endenergieeinsätze in Kleinfeuerungsanlagen in Berlin sind Schornsteinfegerdaten. Diese wurden für das Jahr 2023 von der Schornsteinfegerinnung Berlin im August 2025 zur Verfügung gestellt. Der Datensatz umfasst Anlagenanzahlen und installierte Nennwärmeleistung auf Baublockebene für 185 von insgesamt 189 Kehrbezirken in Berlin. Die Anlagen sind differenziert

- nach Brennstoff (Gas, Öl, Pellets, sonst. Festbrennstoffe)
- nach Anlagentyp (Heizkessel (HK), Kombi-Wasserheizer (KW), Umlauf-Wasserheizer (UW), Sonstige)
- nach Brennstoff (Gas, Öl, Festbrennstoffe)
- für Gas und Öl: zusätzlich nach Art der energetischen Nutzung (Brennwert/Heizwert)
- für Festbrennstoffe: zusätzlich nach Kehrhäufigkeiten

In Tab. 4.1 sind die Summen für Berlin gesamt in dieser Differenzierung ausgewiesen.

Tab. 4.1: Schornsteinfegerdaten Berlin 2023, aggregiert für Berlin in Summe; Datenquelle: Schornsteinfegerinnung Berlin, August 2025

Kennzeichen	Anzahl	NWL in kW
Gesamt	649.892	18.298.210
Gas-Gesamt	446.874	14.267.415
Gas-Gesamt-Brennwert	158.565	6.382.619
Gas-Brennwert-HK	40.421	3.399.834
Gas-Brennwert-KW	68.001	1.604.237
Gas-Brennwert-UW	49.008	1.325.578
Gas-Brennwert-Sonstige	1.135	53.534
Gas-Gesamt-Heizwert	288.309	7.884.991
Gas-Heizwert-HK	26.503	3.252.580
Gas-Heizwert-KW	143.946	2.690.504
Gas-Heizwert-UW	59.201	813.807
Gas-Heizwert-Sonstige	58.659	1.128.257
Oel-Gesamt	52.192	2.902.523
Oel-Gesamt-Heizwert	43.882	2.638.226
Oel-Heizwert-HK	41.867	2.268.088
Oel-Heizwert-KW	1	19
Oel-Heizwert-UW	2	91
Oel-Heizwert-Sonstige	2.012	370.039
Oel-Gesamt-Brennwert	8.310	264.367
Oel-Brennwert-HK	8.291	262.980
Oel-Brennwert-KW	6	142
Oel-Brennwert-UW	1	19
Oel-Brennwert-Sonstige	12	1.226
FestBlmSchV-Gesamt	1.977	63.976
FestBlmSchV-Kehren>3x	204	12.442
FestBlmSchV-Kehren3x	276	11.674
FestBlmSchV-Kehren2x	669	19.627
FestBlmSchV-Kehren1x	657	17.046
FestBlmSchV-Pellets	851	32.016
FestBlmSchV-Unbenutzt	10	180
FestBlmSchV-Stillgelegt	2	31
FestBlmSchV-Betriebsbereit-Unbenutzt	8	126
FestBlmSchV-Sonstige	1.126	31.963

Einzelraumfeuerstätten sind in dieser Datei nicht explizit ausgewiesen. Es wird hier (in Übereinstimmung mit dem Vorgehen für den Energieatlas Berlin) angesetzt, dass die Differenz der Gesamtzahl aller Anlagen (und entsprechend der gesamten Nennwärmeleistung aller Anlagen) zu den Gesamtzahlen für Gas, Öl und Festbrennstoffe der Anzahl Einzelraumfeuerstätten entspricht. Für diese wird angesetzt, dass es sich um Anlagen für Festbrennstoffe handelt. Dieser pauschale Ansatz dient lediglich der räumlichen Verteilung. Die Gesamtsumme der

Endenergieeinsätze pro Energieträger wird im Anschluss ohnehin mit den entsprechenden Endenergieeinsätzen aus der Energiebilanz für Berlin skaliert, siehe Abschnitt 4.1.4.

4.1.3 Volllaststunden

Analog zum Vorgehen beim letzten Emissionskataster werden die Volllaststunden für Deutschland gesamt 2005 nach /Struschka 2008/ angesetzt (siehe Tab. 4.2). Eine Anpassung an Berlin 2023 erfolgt im Anschluss durch Skalierung mit der Energiebilanz Berlin 2023.

Da die Schornsteinfegerdaten nicht nach Leistungsklassen differenziert vorliegen, wird analog zum Vorgehen beim Emissionskataster 2012 Folgendes angesetzt:

Gas und Öl:

- Mittlere Nennwärmeleistung pro Baublock < 25 kW: Gas: 1000 h, Öl: 1040 h,
- sonst: Gas: 950 h, Öl: 980 h

Festbrennstoffe:

- Zentralheizungen < 4 Kehrungen: 959 h
- 4 Kehrungen: 1919 h

Einzelraumfeuerstätten:

- mittlere Nennwärmeleistung pro Baublock ≤ 6 kW: 350 h,
- sonst: 596 h

Tab. 4.2: Mittlere Nennwärmeleistung und jährliche Volllaststunden für Deutschland 2005;
Quelle: /Struschka 2008/

Feuerungsanlagen	Leistungsklasse	mittlere Nenn- wärmeleistung [kW]	jährliche Voll- laststunden [h/a]
Gas			
Zentralheizungen	> 4 - 11 kW	10	1.000
	11 - 25 kW	21	1.000
	25 - 50 kW	45	950
	50 - 100 kW	90	950
	> 100 kW	150	950
Öl			
Zentralheizungen	> 4 - 11 kW	10	442
	11 - 25 kW	21	1.040
	25 - 50 kW	45	980
	50 - 100 kW	90	980
	> 100 kW	150	980
Festbrennstoffe			
kohlestämmig	> 4 - 15 kW	10	1.020
	> 15 - 50 kW	40	928
	> 50 kW	80	930
Holz, unbehandelt	> 4 - 15 kW	10	1.020
	15 - 50 kW	40	928
	> 50 kW	80	930
Holzbriketts, Pellets	> 4 - 15 kW	10	1.020
	15 - 50 kW	40	928
	> 50 kW	80	930
Holz, behandelt	> 30 - 50	40	928
	> 50 kW	80	930
Stroh, Getreideausputz, etc.	> 4 - 15 kW	10	1.020
	15 - 50 kW	40	928
	> 50 kW	80	930
sonstige nachwachsende Rohstoffe	> 4 - 15 kW	10	1.020
	15 - 50 kW	40	928
	> 50 kW	80	930
alle Brennstoffe			
Einzelraum- feuerstätten	≤ 6 kW	4	350
	> 6 kW; ≤ 8 kW	7	596
	> 8 kW	10	596

4.1.4 Energiebilanz Berlin

In Energiebilanzen werden das Aufkommen, die Umwandlung und die Verwendung von Energieträgern in der Volkswirtschaft oder in einem Wirtschaftsraum für einen bestimmten Zeitraum möglichst lückenlos und detailliert nachgewiesen. Hier werden als Basis aus der Energiebilanz Berlin 2023 /BBB 2025/ die Endenergieeinsätze in Haushalten sowie im Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen nach Energieträger herangezogen. Diese sind in Tab. 4.3 ausgewiesen.

Verglichen mit der Energiebilanz 2012 haben die Endenergieeinsätze in privaten Haushalten und im Gewerbe deutlich abgenommen, beim Gas z.B. um fast 50%. Dies ist auf eine November 2025

verbesserte Wärmedämmung sowie auf zunehmenden Einsatz nicht kamengebundener Energieträger (Wärmepumpen, Fernwärme, Solarthermie) zurückzuführen.

Energieeinsätze in mittleren Feuerungsanlagen (z.B. dezentrale Kraftwärmekopplung, Kontraktoren) werden in der Energiebilanz nicht im Sektor „Haushalte und Kleinverbraucher“, sondern im Sektor „Umwandlung“ verbucht.

4.1.5 Energieatlas Berlin

Für den Energieträger Gas enthält der Energieatlas Berlin 2023 Gasabgaben auf Baublockebene. Die Datenquelle sind abgerechnete Mengen aus Zählerdaten der Netzgesellschaft Berlin-Brandenburg & Co KG. Aus Datenschutzgründen werden diese nur für Baublöcke mit mehr als zwei Gasanschlüssen veröffentlicht.

Da die Unsicherheit für diese Datenquelle (Zählerstände) sehr gering ist, werden für alle Baublöcke, für die hier Daten vorliegen, diese auch verwendet.

Einschub: Mittelgroße Feuerungsanlagen

Der Energieatlas beinhaltet keine Gaseinsätze in Heizkraftwerken, Gaseinsätze in Anlagen für dezentrale Kraftwärmekopplung sind jedoch enthalten.

Solche mittelgroßen Feuerungsanlagen fallen nicht unter die 1. BImSchV (diese umfasst die Kleinf Feuerungsanlagen), sondern sind nach der 44. BImSchV geregelt. Sie können von Schornsteinfegern geprüft werden, müssen es aber nicht, in der 44. BImSchV werden auch andere mögliche Prüfstellen genannt. Es ist daher unklar, ob diese Anlagen in den Schornsteinfegerdaten enthalten sind. Es handelt sich im Vergleich zu den Kleinf Feuerungsanlagen um eine geringe Anzahl Anlagen mit mittleren Nennwärmeleistungen.

In der Energiebilanz Berlin ist der Gaseinsatz der Kraftwärmekopplungsanlagen unter „Umwandlung“ verbucht, ebenso wie der in Heizkraftwerken. Die Gasabsätze aus dem Energieatlas sind daher höher als die Gaseinsätze aus der Energiebilanz im Sektor „Haushalte und Kleinverbraucher“.

Für mittelgroße Feuerungsanlagen für die Brennstoffe Gas und Öl müssen nur dann Emissionserklärungen nach 11. BImSchV abgegeben werden, wenn ihre Feuerungswärmeleistung über 20 MW liegt, für Festbrennstoffe liegt die Schwelle bei 1 MW. Ihre Emissionen sind bei den Quellgruppen „Großfeuerungsanlagen“ oder „Industrie“ daher nur teilweise erfasst.

Damit die Emissionen mittelgroßer Feuerungsanlagen für Gas mit Feuerungsleistung < 20 MW im Emissionskataster Berlin näherungsweise berücksichtigt werden, wurde in Absprache mit der Senatsverwaltung Berlin entschieden, die Gasabsätze aus dem Energieatlas auch über die Energiebilanz hinausgehend anzusetzen. Mögliche Unterschiede zwischen den Emissionsfaktoren der Kleinf Feuerungsanlagen und der mittelgroßen Feuerungsanlagen können bei der Emissionsberechnung nicht berücksichtigt werden.

4.1.6 Emissionsfaktoren

Für den mittleren Anlagenbestand in Deutschland für das Jahr 2023 liegen Emissionsfaktoren für Kleinfeuerungsanlagen für alle hier betrachteten Luftschadstoffe nach /LAI 2024/ vor, diese sind in Tab. 4.4 ausgewiesen.

In einem aktuellen UBA-Projekt, dessen Abschlussbericht zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichts noch nicht veröffentlicht war, wurden Emissionsfaktoren für Kleinfeuerungsanlagen mit Schwerpunkt auf Holzfeuerungsanlagen für die Luftschadstoffe NO_x, Gesamtstaub, CO, CH₄, NMVOC aktualisiert. Diese wurden vom UBA auf Einzelanlagen-Ebene sowie für den mittleren Anlagenbestand in Deutschland für das Jahr 2018 vorab zur Verfügung gestellt. Staub-Emissionsfaktoren für Scheitholz in Einzelraumfeuerstätten in Haushalten sind exemplarisch in Tab. 4.5 ausgewiesen, ebenso angegeben ist der Mittelwert für Deutschland 2018. Da die Anlagenarten in Berlin (z.B. für Einzelraumfeuerstätten: offene Kamine, Kaminkassetten, Kaminöfen, Kachelofeneinsätze, Herde, Grundöfen, ...) nicht bekannt sind, wurden die deutschlandweiten Mittelwerte der Emissionsfaktoren für das Jahr 2018 angesetzt.

Bei den UBA-Emissionsfaktoren handelt es sich um neue Messungen. Die auf dieser Basis bestimmten mittleren Emissionsfaktoren für den Anlagenbestand in Deutschland 2018 wurden daher als aktueller angesehen als die mittleren Emissionsfaktoren nach LAI, die zwar für den Anlagenbestand in Deutschland 2023 bestimmt wurden, aber auf älteren Messungen beruhen. Für das Berliner Emissionskataster 2023 wurden daher, soweit vorhanden, die UBA-Emissionsfaktoren verwendet.

Tab. 4.3: Energiebilanz Berlin 2023, Quelle: /EB 2023/

Energiebilanz Berlin 2023		Zeile	Braunkohlen		Mineralöle und			Mineralölprodukte		Gase		Erneuerbare Energien			E. Strom u.a. Energieträger		Energie-träger ins-gesamt		
			Bri-ketts	And. Braun-kohlen-prod.	Otto-kraft-stoffe	Diesel-kraft-stoffe	Flug-turbin-en-kraft-stoffe	Heizöl leicht	And. Mineral-ölpro-dukte	Flüs-sig-gas	Erdgas	Was-ser-stoff	Solar-ener-gie	Biomasse		Um-welt-wärme, Geo-thermie		Strom	Wärme
														Bio-mas-se	Bio-treib-stof-fe				
in Terajoule			Terajoule								Terajoule								
Endenergieverbrauch nach Sektoren	Gew. v. Steinen u. Erden, sonst. Bergbau u. Verarb. Gewerbe insg.	30	75		0		277		32	3 558	1	0	246		1	4 658	764	9 612	
	Schieneverkehr	31			342									25		2 900		3 266	
	Straßenverkehr	32		20 784	27 103				258	206	10			2 988		382		51 731	
	Luftverkehr	33																	
	Küsten- und Binnenschifffahrt	34			493		5							36				535	
	Verkehr insgesamt	35		20 784	27 938		5		258	206	10			3 049		3 282		55 532	
	Haushalte	36	175		28		7 285	1	277	17 417		112	539		857	14 276	27 062	68 029	
	Gewerbe, Handel, Dienstl. u. übrige Verbraucher	37			96	1 253	3 923		126	22 473		5	291	96	80	20 192	12 267	60 802	
	Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher insgesamt	38	175		124	1 253	11 209	1	403	39 890		117	829	96	936	34 469	39 330	128 831	

Tab. 4.4: Mittlere Emissionsfaktoren für kleine und mittlere Feuerungsanlagen für den Anlagenbestand in Deutschland 2023; Datenquelle: /LAI 2024/

Emittierter Stoff	E-kat.- Stoff-Nr.	Einheit	Heizöl EL	Erdgas	Flüssig- gas	Braunkohlebrikett				Steinkohle			Stein- kohlemix BW	Holz stückig	Holz pellet	Hack schnittzel	Stroh
						Lausitz	Mittel- deutsch	Böhmen	Rhein- land	Koks	Brikett	Kohle					
<i>Heizwert</i>		<i>MJ/kg</i>	42,6	48,9(HN)	46	18,9	19,7	22,0	19,7	28,7	29,2	32,1	32,1	15,0	17,6	14,4	15,3
CO	1110	kg/TJ	17,3	10,9	13	2.435	3.504	3.800	1.402	5.448	543	328	328	1.430	61	50	1.200
NOx (NO+NO2 als NO2)	79910	kg/TJ	41	18,1	36	89	72	89	77	40	90	121	121	79	76	111	55
SO2	1020	kg/TJ	2,23	0,14	0,5	121	719	121	425	459	563	275	275	6,0	4,3	3,3	84
HF(gasf.anorg.Fluorverb.als HF)	1040	kg/TJ	vn	vn	vn	0,3	0,3	1,0	0,0625	1,5	0,215	0,215	0,215	0,060	0,31	0,091	kA
HCl(gasf.anorg.Chlorverb.als HCl)	1050	kg/TJ	vn	vn	vn	4,2	4,5	0,58	2,5	24	8,6	8,6	8,6	2,38	9,26	4,52	kA
CO2	1120	kg/TJ	73.318	55.796	65.000	101.000	97.000	97.010	99.000	106.167	95.457	95.930	95.930	102.034	104.000	102.108	108.000
N2O	4230	kg/TJ	0,56	0,25	0,3	6,3	3,3	6,3	4,1	0,94	10	12	12	1,42	1,5	1,42	kA
VOC	-	kg/TJ	1,48	6,93	1,3	241	318	368	172	25	82	38	38	131	2,7	2,8	810
CH4	10000	kg/TJ	0,04	6,5	0,9	51	99	126	79	13	55	25	25	48	1,0	1,0	kA
Benzol	10060	g/TJ	11,7	0,49	0,25	1.100	750	1.100	6.232	6.100	1.857	2.479	2.479	3.428	1.350	76	kA
Gesamtstaub	99900	kg/TJ	0,75	0,03	0,03	51	120	336	24,3	17	11,2	12,8	12,8	51	21,1	23,6	370
PM10-Feinstaub	99920	kg/TJ	0,75	0,03	0,03	48	113	319	23,1	16	10,7	12,2	12,2	50	20,4	22,1	330
PM2.5-Feinstaub	99930	kg/TJ	0,75	0,03	0,03	43	102	285	20,6	14	9,6	10,9	10,9	47	18,1	20,5	kA
PM1-Feinstaub		kg/TJ	0,64	0,026	0,03	40	94	263	19,0	12	8,0	10,0	10,0	45	17,3	19,7	kA
BaP	22500	g/TJ	0,017	vn	vn	40	60	900	6,6	8,8	2,0	0,10	0,10	11,8	1,5	5,4	1,0
Arsen	330	g/TJ	0,002	vn	vn	0,7	5,1	0,71	1,76	3,9	4,1	3,24	3,24	0,14	0,007	0,034	kA
Cadmium	480	g/TJ	0,001	vn	vn	0,35	0,45	0,35	1,24	1,4	11	1,43	1,43	2,3	0,21	3,68	3,0
Blei	820	g/TJ	0,012	vn	vn	11	17	11	15,8	124	215	230	230	19,4	2,0	24,7	251
Chrom	240	g/TJ	0,2	vn	vn	0,7	1,1	0,74	1,50	kA	kA	kA	kA	17,5	2,34	11,1	kA
Kupfer	290	g/TJ	0,13	vn	vn	0,3	0,36	0,29	0,40	kA	kA	kA	kA	8,7	0,44	21,7	kA
Nickel	280	g/TJ	0,005	vn	vn	4,3	11	4,3	1,92	3,0	kA	kA	kA	1,7	0,20	1,79	kA
PCDD/F (ITE gem. NATO-CCMS)	42010	µgTE/TJ	1,54	1,9	1,9	24	20	24	8,5	46	0,85	15,7	15,7	41	0,67	18,5	kA
NM VOC		kg/TJ	1,44	0,43	0,4	190	219	242	93	12	27	13	13	83	1,7	1,8	kA
Quecksilber		g/TJ	0,12	0,06	0,06	2,3	2,3	2,3	2,31	3,6	3,6	3,57	3,57	0,56	0,56	0,56	0,56

Tab. 4.5: Staub-Emissionsfaktoren für Scheitholz in Einzelraumfeuerstätten in Haushalten nach Baujahr und Anlagentyp; Quelle: Vorab-Information UBA

Staub-Emissionsfaktor Real HH [mg/MJ]	alle Feuerungsanlagen								
	(Scheitholz inkl. Holzbriketts sowie Pellets)								
Baujahr / Datum auf dem Typschild der Anlage	Volllast + Teillast								Gesamt
	offene Kamine	Kamineinsatz / Kaminkassette	Kaminöfen und Raumheizer	Kachelofen- einsätze	Herde (inkl. Heizungsherde)	Speichereinzel- feuerstätten / Grundöfen	Pellet- kaminofen	Sonstige	
bis 31.12.1949	41,69	50,89	57,97	172,78	81,33	164,20		124,99	
1950 bis 1974	41,69	50,89	57,97	172,78	71,30	164,20		124,99	
01.01.1975 bis 31.12.1984	41,69	50,89	57,97	227,18	353,89	164,20		124,99	
01.01.1985 bis 31.12.1994	41,69	57,97	78,00	162,77	88,44	175,88	44,72	124,99	
01.01.1995 bis 21. März 2010	41,69	43,83	45,84	184,84	40,91	166,62	40,32	84,07	
ab 22.3.2010 bis 31.12.2014	41,69	54,74	61,82	168,49	90,63	161,03	45,81	124,99	
ab 01.01.2015 bis 31.12.2018	41,69	50,89	63,75	159,38	97,61	172,65	42,83	124,99	
Mittelwert	41,69	48,74	55,56	176,53	104,60	168,14	43,14	111,54	81,07

Für EC (elemental carbon, „Ruß“) werden weder nach /LAI 2024/ noch im laufenden UBA-Projekt Emissionsfaktoren angegeben. Analog zum Kataster 2012 werden daher brennstoffabhängige Anteilwerte an den Gesamtstaub-Emissionen nach /IIASA 2007/ verwendet, diese sind in Tab. 4.6 ausgewiesen.

Tab. 4.6: *Rußanteile an den Gesamtstaub-Emissionen nach Brennstoff, Datenquelle: /IIASA 2004, IIASA 2007/*

	Anteil Ruß an Gesamtstaub
Erdgas / Flüssiggas	7,0%
Heizöl EL	32,4%
Braunkohle stämmig	4,4%
Steinkohle stämmig	44,0%
Holz, stückig	17,5%
Holz, Pellets	35,0%

Für die übrigen Luftschadstoffe wurde auf die Emissionsfaktoren nach LAI zurückgegriffen.

4.1.7 Vorgehen

Die Berechnung der Emissionen aus Kleinfeuerungsanlagen wird in sechs Schritten durchgeführt, von denen sich fünf Schritte auf die Ermittlung der Endenergieeinsätze beziehen.

1. Auf Basis der Schornsteinfegerdaten wird pro Baublock die installierte Nennwärmeleistung aller Kleinfeuerungsanlagen differenziert nach Anlagentyp (Zentralheizung, Einzelraumfeuerstätte) und Energieträger ermittelt.
2. In Kehrbezirken, für die keine Schornsteinfegerdaten vorliegen, werden mittlere Werte für Anlagenanzahl und Anlagenleistung nach Energieträger aus benachbarten Kehrbezirken ergänzt.
3. Pro Baublock wird der Endenergieeinsatz nach Anlagentyp und Brennstoff berechnet als Produkt aus der installierten Nennwärmeleistung und den Volllaststunden.
4. Die Endenergieeinsätze werden so skaliert, dass die Summen für Berlin 2023 mit denen aus der Energiebilanz übereinstimmen.
5. Für die Baublöcke, für die Erdgasabsätze aus dem Energieatlas vorhanden sind, werden diese angesetzt.
6. Die Emissionen werden als Produkt aus Endenergieeinsatz und Emissionsfaktor berechnet. Wie in Abschnitt 4.1.6 beschrieben, werden Emissionsfaktoren aus dem laufenden UBA-Projekt für alle Luftschadstoffe verwendet, für die diese vorliegen.

4.2 Ergebnisse

Auf Basis der in Abschnitt 4.1 beschriebenen Daten und Methodik wurden Endenergieeinsätze (siehe Abschnitt 4.2.1) und Emissionen (Siehe Abschnitt 4.2.2) aus Kleinf Feuerungsanlagen für Berlin ermittelt.

4.2.1 Endenergieeinsätze

Die jeweils nach Schritt drei, vier und fünf des in Abschnitt 4.1.7 beschriebenen Vorgehens ermittelten Endenergieeinsätze (EEE) in Kleinf Feuerungsanlagen in Berlin 2023 in Summe sind in Tab. 4.7 ausgewiesen.

Tab. 4.7: Für Berlin 2023 ermittelte Endenergieeinsätze (EEE) jeweils nach Schritt drei, vier und fünf gemäß dem in Abschnitt 4.1.7 beschriebenen Vorgehen

EEE in TJ, Berlin gesamt	nach Schritt 3 (Auswertung Schornsteinfegerdaten, unskaliert)	nach Schritt 4 (Skalierung mit Energiebilanz)	nach Schritt 5 (Gasabsatz aus Energieatlas)	Differenz Schritt 5 ggü. Schritt 3
Gas	51.445	40.293	51.700	0,5%
Öl	10.708	11.209	11.209	4,7%
Festbrennstoffe	2.291	1.100	1.100	-52,0%
gesamt	64.443	52.602	64.010	-0,7%

Die gute Übereinstimmung für die EEE von Gas und Öl nach Schritt 5 zu den entsprechenden Werten nach Schritt 3 (Auswertung Schornsteinfegerdaten ohne Skalierung) deutet auf eine geringe Unsicherheit für diese Energieträger hin. Hier wird Gütestufe A (< 30 %) angesetzt.

Für die Festbrennstoffe ist die Abweichung deutlich höher: Diese werden vornehmlich in Einzelraumfeuerstätten verbrannt, die in den Schornsteinfegerdaten nur implizit enthalten sind und die vollständig als Anlagen für Festbrennstoffe angesetzt wurden (siehe Abschnitt 4.1.2). Es war daher zu erwarten, dass die Auswertung der Schornsteinfegerdaten ohne Skalierung (nach Schritt 3) die EEE der Festbrennstoffe überschätzt wurden. Die Skalierung mit der Energiebilanz führt zu einer Reduktion auf etwa die Hälfte. Die Unsicherheit für den EEE der Festbrennstoffe ist entsprechend höher, die Schätzung der Gütestufe wird mit B (20 bis 60 %) bis C (50 bis 150 %) aus dem letzten Kataster übernommen.

In Tab. 4.8 werden die EEE nach Energieträgern für Berlin 2023 in Summe im Vergleich mit den Werten für 2012 dargestellt.

Tab. 4.8: Endenergieeinsätze (EEE) in Kleinfeuerungsanlagen in Berlin 2023 gesamt nach Brennstoffen im Vergleich mit den Werten für 2012

EEE in TJ, Berlin gesamt	Kataster 2012	Kataster 2023	Änderung
Gas	77.544	51.700	-33%
Öl	16.150	11.209	-31%
Festbrennstoffe	3.298	1.100	-67%
gesamt	96.991	64.010	-34%

Über alle kamingebundenen Energieträger in Summe lag der EEE in Berlin 2023 insgesamt bei 64.010 TJ. Das ist etwa ein Drittel weniger als im Jahr 2012. Diese Änderung setzt sich einerseits aus Reduktionen (verbesserte Wärmedämmung, zunehmender Einsatz nicht-kamingebundener Energieträger wie Wärmepumpen und Fernwärme, wärmerer Winter 2023 ggü. 2012, siehe Bild 4.1 für die Messstation Berlin Tempelhof) und andererseits aus Zunahmen (Bevölkerungswachstum in Berlin um 13 % im betrachteten Zeitraum) zusammen.

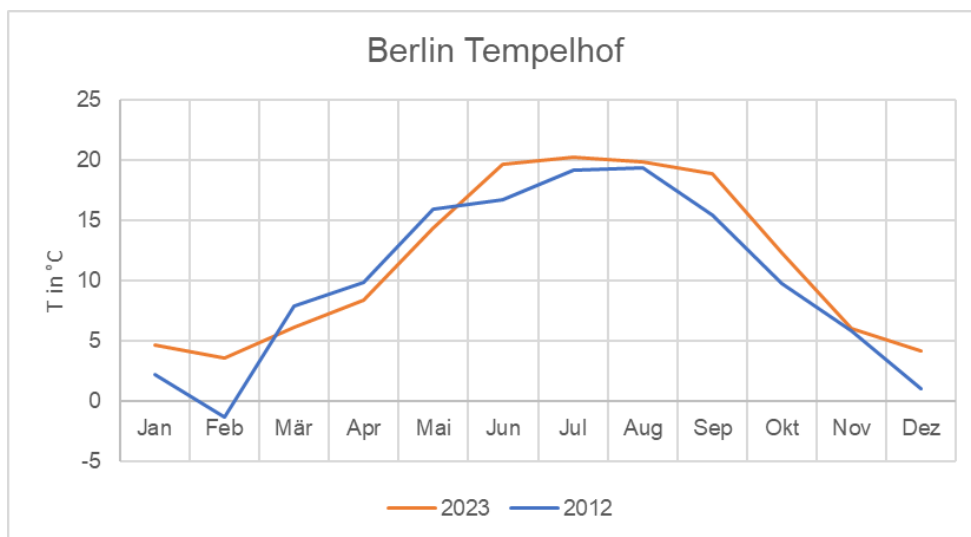


Bild 4.1: Monatsmittlere Temperatur in 2 m über Grund an der DWD-Station Berlin Tempelhof für die Jahre 2012 und 2023; Datenquelle: /DWD 2025/

Auch eine methodische Änderung führte zu Zunahmen des EEE: Beim Kataster 2012 wurde der Endenergieeinsatz Erdgas mit dem aus der Energiebilanz 2012 skaliert. Beim Kataster 2023 wurden für Erdgas die Gasabgaben aus dem Energieatlas angesetzt für alle Baublöcke, wo diese Daten vorhanden waren (siehe Abschnitt 4.1.5). Diese beinhalten über die Energiebilanz hinausgehend auch Gaseinsätze in lokalen Anlagen zur Kraftwärmekopplung. Dadurch liegt der insgesamt ermittelte EEE für Gas mit 51.700 TJ um 28% über dem Wert von ca. 40.300 TJ aus der Energiebilanz (siehe Tab. 4.7).





































Insgesamt führen alle genannten Effekte zusammen zur genannten Abnahme des kamingebundenen EEE von 34%.









4.2.2 Emissionen

Tabellarische Zusammenfassungen
















































Die aus den Endenergieeinsätzen und den Emissionsfaktoren berechneten Emissionen der Luftschadstoffe aus Kleinfeuerungsanlagen in Berlin 2023 sind in nachfolgenden Tabellen (Tab. 4.9 bis Tab. 4.13), differenziert nach Stadtbezirken und differenziert nach Brennstoff/Heizungsart ausgewiesen. Es wurde in Berlin 2023 von den Kleinfeuerungsanlagen 1.489 t NO_x und 79 t PM10 freigesetzt.




















Tab. 4.9: Emissionen der Luftschadstoffe (Treibhausgase) aus Kleinfeuerungsanlagen in Berlin 2023 nach Stadtbezirken (oben) und Herkunftsbereichen (unten)

Nr.	Stadtbezirk	Treibhausgase		
		Kohlenstoffdioxid in kg/a	Methan in kg/a	Distickstoffmonoxid in kg/a
1	Mitte	 365.309.833	 31.208	 1.978
2	Friedrichshain-Kreuzberg	 217.309.999	 22.199	 1.130
3	Pankow	 365.314.840	 42.785	 1.910
4	Charlottenburg-Wilmersdorf	 294.411.205	 24.029	 1.668
5	Spandau	 318.404.341	 28.206	 1.852
6	Marzahn-Hellersdorf	 416.413.438	 35.278	 2.517
7	Tempelhof-Schöneberg	 528.549.303	 41.428	 2.999
8	Neukölln	 314.905.719	 27.653	 1.789
9	Treptow -Köpenick	 276.029.413	 33.140	 1.446
10	Marzahn-Hellersdorf	 126.641.416	 16.346	 729
11	Lichtenberg	 118.687.789	 12.217	 606
12	Reinickendorf	 481.371.253	 52.368	 2.855
	Berlin	3.823.348.548	366.855	21.480

Nr.	Herkunftsbereich	Treibhausgase		
		Kohlenstoffdioxid in kg/a	Methan in kg/a	Distickstoffmonoxid in kg/a
01	Gas	 2.889.426.035	 253.099	 12.951
02	Heizöl	 821.800.420	453	 6.277
03	ZH Pellets	6.242.457	25	90
04	ZH sonstige Festbrennstoffe	5.248.794	502	107
05	Einzelraumfeuerstätten	 100.630.842	 112.777	 2.055
	Berlin	3.823.348.548	366.855	21.480

Tab. 4.10: Emissionen der Luftschadstoffe (versauernde und eutrophierende Stoffe sowie Ozonvorläufersubstanzen) aus Kleinfeuerungsanlagen in Berlin 2023 nach Stadtbezirken (oben) und Herkunftsbereichen (unten)

Nr.	Stadtbezirk	versauernde und eutrophierende Stoffe		Ozonvorläufersubstanzen	
		Schwefeldioxid in kg/a	Stickstoffoxide in kg/a	NMVOG	Kohlenmonoxid in kg/a
1	Mitte	 5.405	 140.576	 14.851	 256.674
2	Friedrichshain-Kreuzberg	 3.223	 78.770	 11.593	 201.980
3	Pankow	 6.633	 129.104	 26.010	 452.041
4	Charlottenburg-Wilmersdorf	 5.170	 118.165	 13.402	 227.615
5	Spandau	 6.651	 129.125	 19.065	 321.789
6	Marzahn-Hellersdorf	 9.688	 174.844	 26.108	 437.286
7	Tempelhof-Schöneberg	 9.174	 213.289	 21.846	 371.513
8	Neukölln	 6.001	 125.332	 16.757	 285.080
9	Treptow-Köpenick	 5.138	 97.373	 20.982	 363.483
10	Marzahn-Hellersdorf	 3.481	 47.651	 13.528	 230.105
11	Lichtenberg	 1.634	 42.275	 5.941	 104.422
12	Reinickendorf	 12.447	 192.251	 42.986	 725.165
	Berlin	74.647	1.488.754	233.068	3.977.152

Nr.	Herkunftsbereich	versauernde und eutrophierende Stoffe		Ozonvorläufersubstanzen	
		Schwefeldioxid in kg/a	Stickstoffoxide in kg/a	NMVOG	Kohlenmonoxid in kg/a
01	Gas	 7.424	 956.421	 22.664	 547.181
02	Heizöl	 24.995	 462.549	 16.507	 198.961
03	ZH Pellets	 258	 4.249	 43	 1.710
04	ZH sonstige Festbrennstoffe	 2.081	 4.736	 879	 18.438
05	Einzelraumfeuerstätten	 39.889	 60.800	 192.975	 3.210.863
	Berlin	74.647	1.488.754	233.068	3.977.152

Tab. 4.11: Emissionen der Luftschadstoffe (Staubfraktionen und Inhaltsstoffe) aus Kleinfeuerungsanlagen in Berlin 2023 nach Stadtbezirken (oben) und Herkunftsbereichen (unten)

		Staub			
Nr.	Stadtbezirk	PM10 in kg/a	PM2.5 in kg/a	EC in kg/a	Schw ermetalle in kg/a
1	Mitte	4.544	3.591	788	3.440
2	Friedrichshain-Kreuzberg	3.852	2.636	531	2.658
3	Pankow	9.422	6.389	1.268	6.449
4	Charlottenburg-Wilmersdorf	4.134	3.372	755	3.165
5	Spandau	6.240	4.786	1.040	4.562
6	Marzahn-Hellersdorf	8.791	7.026	1.581	6.505
7	Tempelhof-Schöneberg	6.658	5.812	1.313	5.427
8	Neukölln	5.483	4.314	938	4.116
9	Treptow -Köpenick	7.544	4.970	981	5.031
10	Marzahn-Hellersdorf	4.918	3.299	654	3.312
11	Lichtenberg	2.011	1.389	280	1.400
12	Reinickendorf	15.030	10.466	2.176	10.213
	Berlin	78.627	58.051	12.304	56.279

		Staub			
Nr.	Herkunftsbereich	PM10 in kg/a	PM2.5 in kg/a	EC in kg/a	Schw ermetalle in kg/a
01	Gas	1.473	1.551	109	3
02	Heizöl	1.059	8.407	2.724	5
03	ZH Pellets	1.127	1.086	443	0
04	ZH sonstige Festbrennstoffe	1.331	2.330	448	2
05	Einzelraumfeuerstätten	73.637	44.677	8.581	45
	Berlin	78.627	58.051	12.304	56

Tab. 4.12: Emissionen der Luftschadstoffe (persistente organische Verbindungen) aus Kleinfeuerungsanlagen in Berlin 2023 nach Stadtbezirken (oben) und Herkunftsbereichen (unten)

		persistente organische Verbindungen	
Nr.	Stadtbezirk	Benzo(a)pyren in kg/a	PCDD/F in g/a
1	Mitte	0,86	0,013
2	Friedrichshain-Kreuzberg	0,74	0,009
3	Pankow	1,90	0,017
4	Charlottenburg-Wilmersdorf	0,78	0,011
5	Spandau	1,21	0,012
6	Marzahn-Hellersdorf	1,71	0,016
7	Tempelhof-Schöneberg	1,32	0,019
8	Neukölln	1,08	0,012
9	Treptow -Köpenick	1,49	0,013
10	Marzahn-Hellersdorf	0,99	0,006
11	Lichtenberg	0,39	0,005
12	Reinickendorf	2,91	0,022
	Berlin	15,38	0,155

		persistente organische Verbindungen	
Nr.	Herkunftsbereich	Benzo(a)pyren in kg/a	PCDD/F in g/a
01	Gas	-	0,098
02	Heizöl	0,19	0,017
03	ZH Pellets	0,09	0,000
04	ZH sonstige Festbrennstoffe	0,75	0,002
05	Einzelraumfeuerstätten	14,35	0,037
	Berlin	15,38	0,155

Die hier im Bericht genannten Summen für die Schadstoffe und die Endenergieeinsätze weichen (geringfügig) von den Summen der gerasterten Emissionen ab. Grund dafür ist, dass die Summen hier alle 12.240 Baublöcke (Datei der Schornsteinfeger und Ergänzungen der fehlenden Kehrbezirke) umfassen. 11 Baublöcke aus dieser Liste konnten jedoch nicht räumlich den Berliner Baublöcken zugeordnet werden. Es wird davon ausgegangen, dass sich die Anlagen in diesen Baublöcken auf Berliner Gebiet befinden (daher zu Recht Teil der Gesamtsumme sind), ihre genaue räumliche Lage jedoch unbekannt ist.

Tab. 4.13: Emissionen der Luftschadstoffe (Schwermetalle) aus Kleinfeuerungsanlagen in Berlin 2023 nach Stadtbezirken (oben) und Herkunftsbereichen (unten)

		Schwermetalle							
Nr.	Stadtbezirk	Arsen in g/a	Cadmium in g/a	Blei in g/a	Chrom in g/a	Kupfer in g/a	Nickel in g/a	Quecksilber in g/a	gesamt in g/a
1	Mitte	18	119	1.071	1.072	562	120	479	3.440,2
2	Friedrichshain-Kreuzberg	15	103	928	815	412	102	284	2.658,3
3	Pankow	37	266	2.398	1.997	989	261	500	6.448,7
4	Charlottenburg-Wilmersdorf	17	109	980	1.012	535	110	402	3.165,4
5	Spandau	26	168	1.513	1.469	764	169	454	4.561,6
6	Marzahn-Hellersdorf	37	238	2.147	2.124	1.103	240	617	6.504,9
7	Tempelhof-Schöneberg	29	183	1.648	1.738	923	186	719	5.427,3
8	Neukölln	23	150	1.356	1.314	683	151	438	4.116,2
9	Treptow-Köpenick	29	209	1.877	1.559	773	204	380	5.030,5
10	Marzahn-Hellersdorf	20	138	1.244	1.052	527	136	195	3.312,3
11	Lichtenberg	8	55	493	425	213	54	153	1.400,2
12	Reinickendorf	60	407	3.662	3.282	1.670	403	730	10.213,0
	Berlin	319	2.144	19.316	17.859	9.154	2.135	5.351	56.278,8

		Schwermetalle							
Nr.	Herkunftsbereich	Arsen in g/a	Cadmium in g/a	Blei in g/a	Chrom in g/a	Kupfer in g/a	Nickel in g/a	Quecksilber in g/a	gesamt in g/a
01	Gas	0	-	-	-	-	-	3.102	3.102,0
02	Heizöl	22	11	135	2.242	1.457	56	1.345	5.268,1
03	ZH Pellets	0	13	120	140	26	12	34	345,6
04	ZH sonstige Festbrennstoffe	15	105	945	767	380	102	43	2.357,9
05	Einzelraumfeuerstätten	282	2.015	18.117	14.710	7.290	1.965	827	45.205,3
	Berlin	319	2.144	19.316	17.859	9.154	2.135	5.351	56.278,8

Relative Beiträge zu ausgewählten Schadstoffen

In Bild 4.2 sind die Beiträge der unterschiedlichen Brennstoffe jeweils zum Endenergieeinsatz sowie zu den CO₂-, NO_x-, CO-, NMVOC- und PM₁₀-Emissionen anteilig dargestellt.

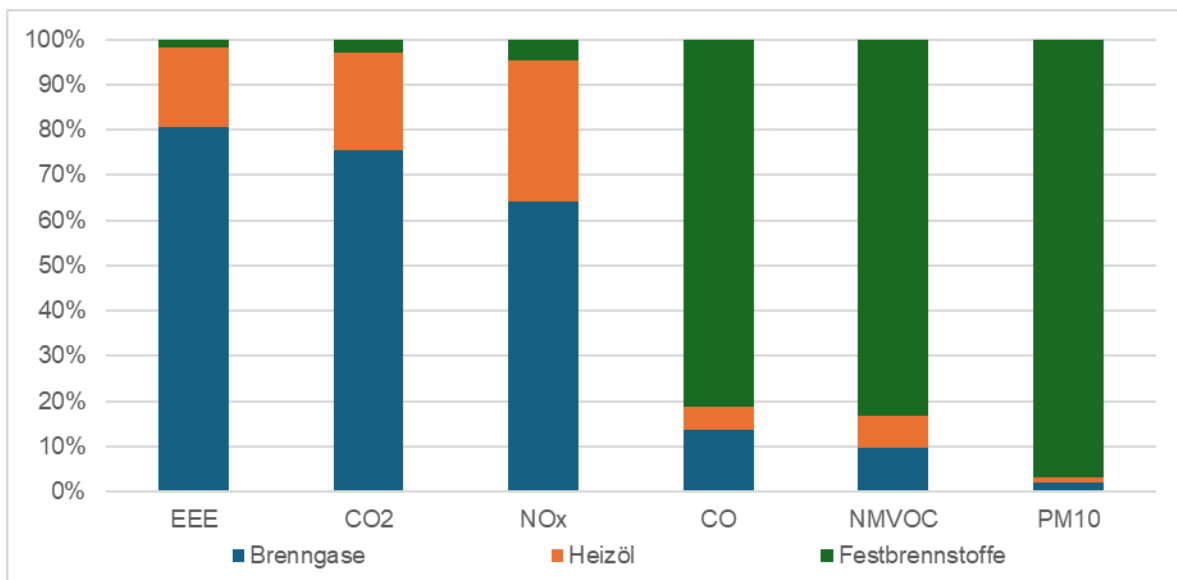


Bild 4.2: Beiträge der Brennstoffe Öl, Gas, und Festbrennstoffe jeweils zum Endenergieeinsatz (EEE) sowie zu den CO₂-, NO_x-, CO-, NMVOC- und PM₁₀-Emissionen der Quellgruppe Gebäudeheizung in Berlin 2023

Es ist gut zu erkennen, dass die Brennstoffe sehr unterschiedlich zu den Emissionen der verschiedenen Luftschadstoffe beitragen:

- Der Beitrag der Brenngase (Erdgas und Flüssiggas) zum Endenergieeinsatz lag in Berlin im Jahr 2023 bei ca. 80 %, ihr Beitrag zu den CO₂-Emissionen war mit ca. 75 % etwas geringer und zu den NO_x-Emissionen mit knapp 65 % noch etwas geringer, aber immer noch dominierend. Zu den CO-, den NMVOC- und insbesondere zu den PM₁₀-Emissionen ist der Beitrag der Brenngase mit 14 % (CO), 10 % (NMVOC) bzw. 2 % (PM₁₀) dagegen deutlich geringer.
- Die Verbrennung von Heizöl trägt mit ca. 18 % zum EEE bei. Ihr Beitrag zu den CO₂- bzw. den NO_x-Emissionen ist mit ca. 20 % bzw. ca. 30 % etwas höher als zum EEE, zu den CO-, NMVOC- bzw. PM₁₀-Emissionen mit 5 %, 7 % bzw. 1 % deutlich geringer als zum EEE.
- Bei den Festbrennstoffen (Pellets, Scheitholz und Kohle) ist das Verhältnis umgekehrt: Ihr Beitrag zum Endenergieeinsatz in Berlin 2023 ist gering (2 %), gleiches gilt für ihren Beitrag zu den CO₂-Emissionen (3 %) und den NO_x-Emissionen (5 %). Deutlich höher ist jedoch der Betrag der Festbrennstoffe zu den CO-Emissionen (ca. 80 %), zu den NMVOC-Emissionen (etwas über 80 %) und zu den PM₁₀-Emissionen (ca. 97 %).

Wie die unteren Teiltabellen von Tab. 4.9 bis Tab. 4.13 zeigen, werden die meisten betrachteten Emissionen von der Verbrennung von Festbrennstoffen dominiert.

Kartografische Darstellungen

Die räumliche Verteilung der flächenbezogenen Emissionen (Emissionsdichten) ist für NO_x in Bild 4.3, für PM₁₀ in Bild 4.4 und für CO₂ in Bild 4.5 grafisch dargestellt. Bezüglich der räumlichen Verteilungsstruktur der Emissionen zeigt sich für alle drei Stoffe im Grundsatz ein ähnliches Bild, die höchsten Emissionsdichten treten im Zentrum von Berlin auf. PM₁₀, dessen Emissionen durch die Verbrennung von Festbrennstoffen (im Wesentlichen: Holz) dominiert werden, ist dabei weniger stark auf das Zentrum konzentriert als NO_x und CO₂.

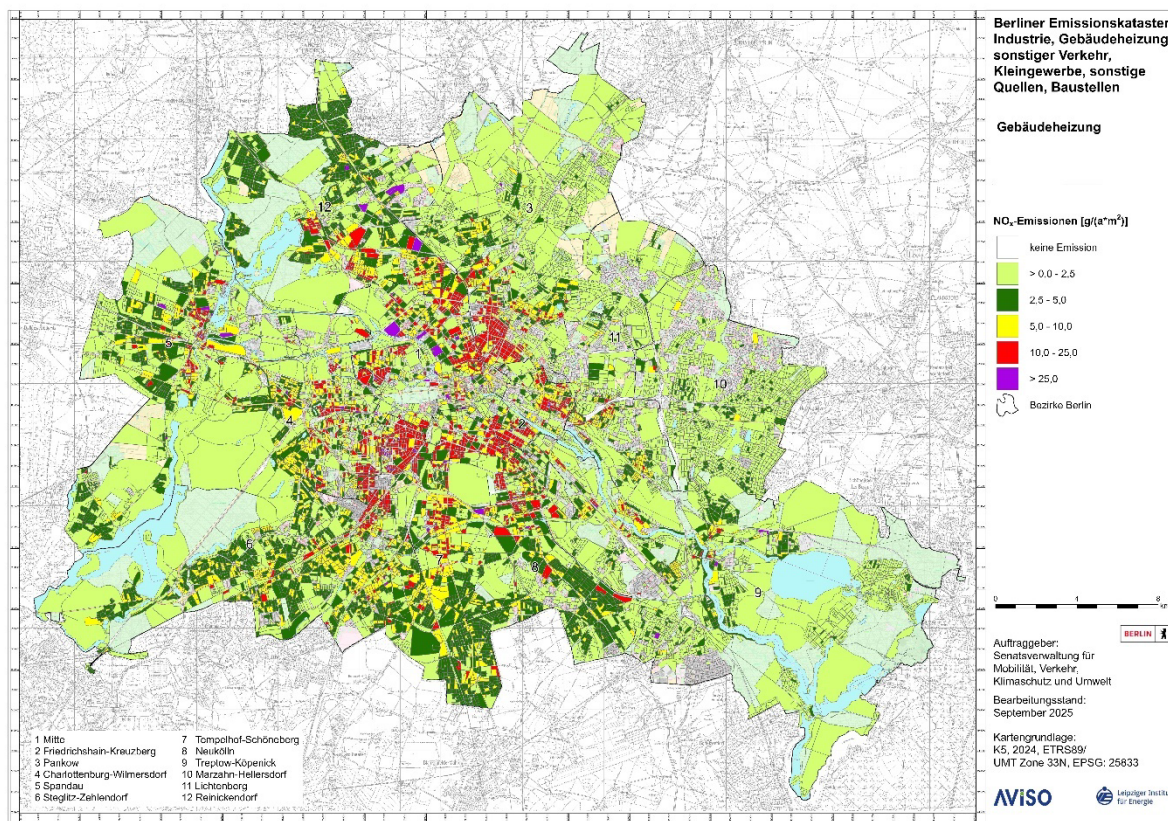


Bild 4.3: Flächenbezogene NO_x-Emissionen aus Kleinfeuerungsanlagen in Berlin 2023

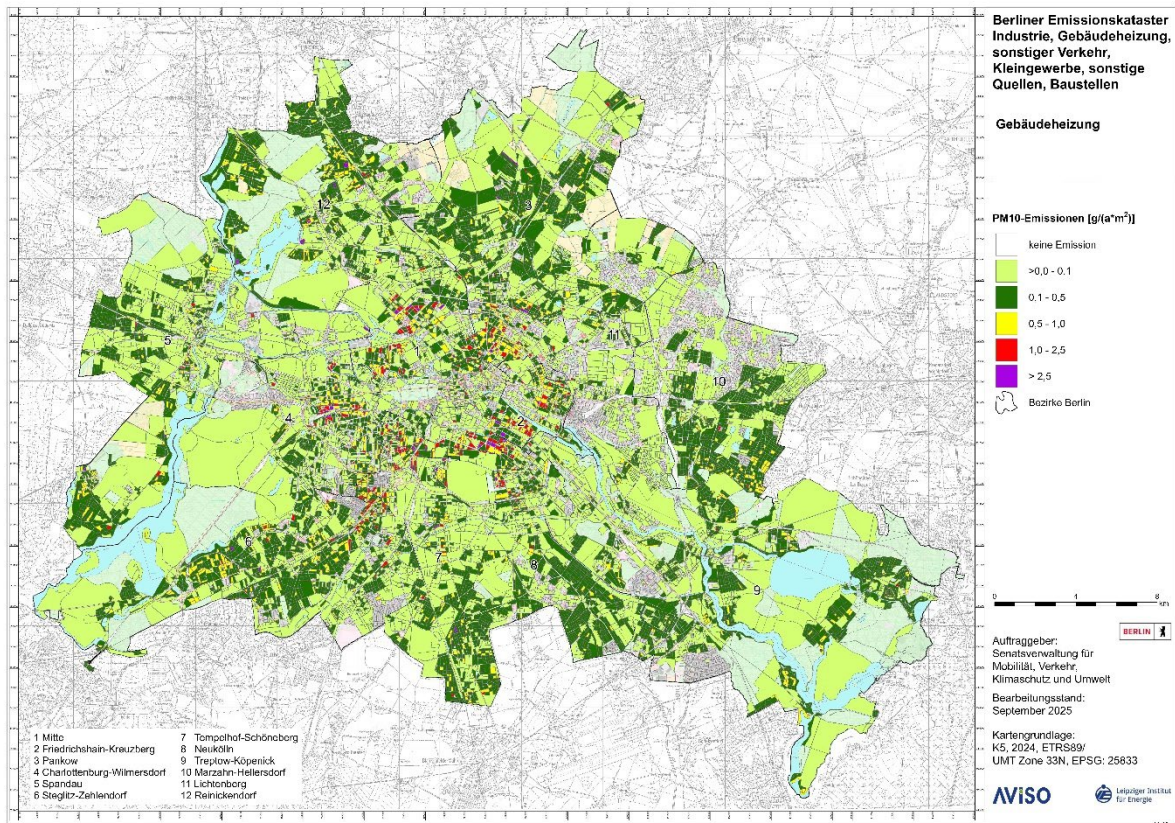


Bild 4.4: Flächenbezogene PM10-Emissionen aus Kleinf Feuerungsanlagen in Berlin 2023

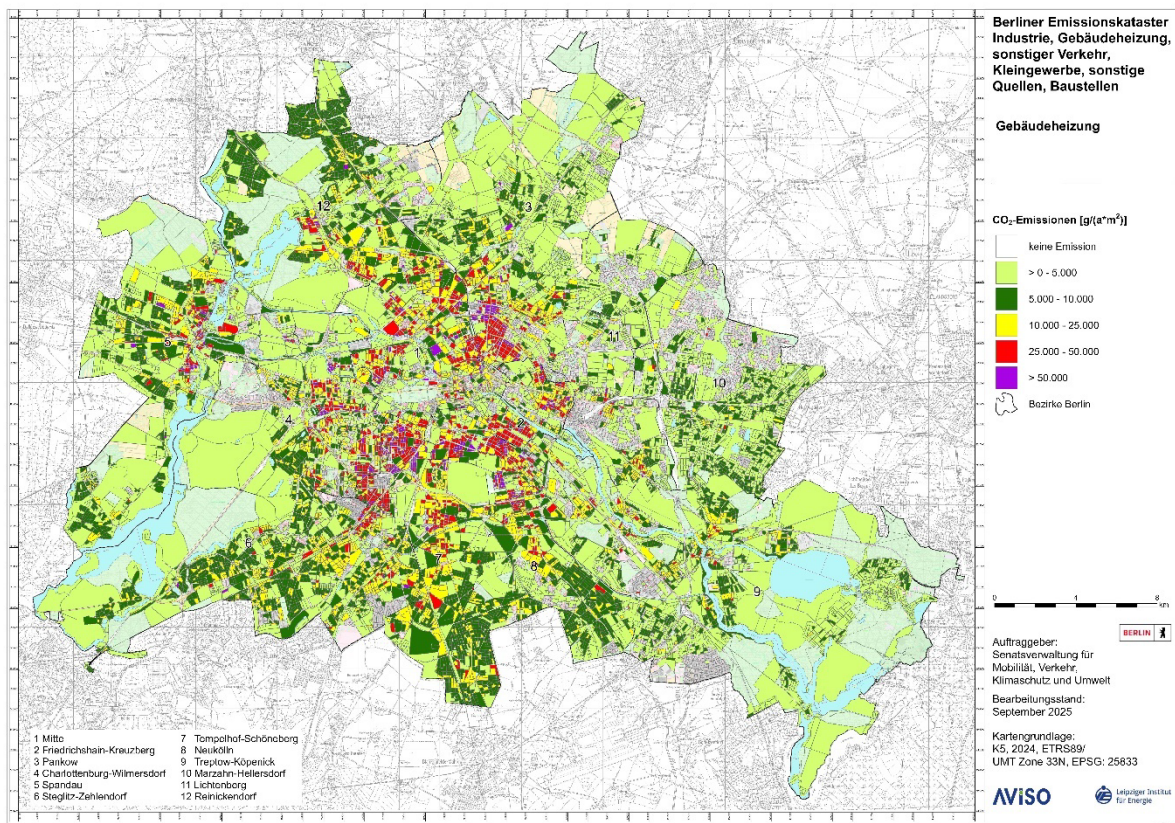


Bild 4.5: Flächenbezogene CO₂-Emissionen aus Kleinf Feuerungsanlagen in Berlin 2023

4.3 Bewertung der Unsicherheiten

Die Unsicherheiten für die Emissionen aus Kleinf Feuerungsanlagen ergeben sich aus den Unsicherheiten der Endenergieeinsätze (Aktivitätsraten) und der Emissionsfaktoren sowie aus der räumlichen Verteilung. Generell sind die Unsicherheiten bei Betrachtung einzelner Baublöcke höher als für die Summen über Berlin als Ganzes.

Die Unsicherheiten für die Endenergieeinsätze sind je nach betrachtetem Brennstoff sehr unterschiedlich: Während die Gaseinsätze sogar auf Baublockebene sehr genau bekannt sind (abgelesene Zählerstände: Gütestufe A, typische Unsicherheit: < 30%), sind die Endenergieeinsätze der Festbrennstoffe (vornehmlich in Einzelraumfeuerstätten, die in den Schornsteinfegerdaten nur implizit enthalten sind als Differenz aus der Gesamtzahl der Anlagen und der Anzahl der Zentralheizungen) wesentlich weniger genau bekannt. Der Endenergieeinsatz für Berlin in Summe stammt aus der Energiebilanz 2023, auch hier ist die Unsicherheit für die Festbrennstoffe am höchsten. Im Rahmen des Katasters 2012 wurde hier die Gütestufe B bis C abgeschätzt. Da die meisten betrachteten Luftschadstoffe durch Verbrennung der Festbrennstoffe freigesetzt werden (vergleiche Bild 4.2), ist hier die Gütestufe B (typische Unsicherheit: 20 bis 60 %) bis C (typische Unsicherheit: 50 bis 150 %) relevant.

Die Unsicherheit der Emissionsfaktoren kann – für die Stoffe, die in beiden Quellen vorhanden sind – aus dem Vergleich der Emissionsfaktoren nach LAI (Tab. 4.4) mit denen aus dem aktuellen UBA-Projekt abgeschätzt werden. Exemplarisch werden hier die in Tab. 4.5 ausgewiesenen PM10-Emissionsfaktoren betrachtet:

- LAI, Deutschland gesamt 2023: Pellets: 20,4 kg/TJ, Stückholz: 51 kg/TJ
- UBA, Einzelraumfeuerstätten Scheitholz, inklusive Holzbriketts und Pellets: Bandbreite über Anlagenarten von 40 bis 185 kg/TJ, deutschlandweiter Mittelwert für 2018: 81 kg/TJ

Für den PM10-Emissionsfaktor für Einzelraumfeuerstätten ergibt sich damit die Gütestufe C.

Für die Emissionen ergibt sich insgesamt ebenfalls die Gütestufe C, das heißt eine Unsicherheit von 50 bis 150 %.

4.4 Vergleich mit dem Emissionskataster 2012

Die Endenergieeinsätze (EEE) (siehe Abschnitt 4.2.1) in Kleinf Feuerungsanlagen über alle Energieträger in Summe in Berlin 2023 und die daraus ermittelten Emissionen ausgewählter Luftschadstoffe sind in Tab. 4.14 im Vergleich mit den entsprechenden Werten für 2012 ausgewiesen.

Tab. 4.14: Endenergieeinsätze (EEE) und Emissionen ausgewählter Luftschadstoffe in Kleinfeuerungsanlagen in Berlin 2023 gesamt nach Brennstoffen im Vergleich mit den Werten für 2012

Berlin gesamt	EEE in TJ	NO_x in t	PM₁₀ in t	CO in t	CH₄ in t	NM_{VOC} in t
Kataster 2012	96.991	1.994	241	11.257	452	403
Kataster 2023	64.010	1.489	79	3.977	367	233
Diff 2023 zu 2012	-34%	-25%	-67%	-65%	-19%	-42%

Wie bereits in Abschnitt 4.2.1 beschrieben, nahm der Endenergieeinsatz insgesamt seit 2012 um ca. 34% ab. Die Änderungen bei den Schadstoffemissionen sind teilweise größer, teilweise kleiner als die der EEE. Dies lässt sich einerseits durch Änderungen der Anteile der Energieträger und andererseits durch Änderungen bei den Emissionsfaktoren erklären:

- Der Anteil von Gas am EEE der kamingebundenen Energieträger nahm zu (stärkere Abnahmen bei Öl und Festbrennstoffen als bei Gas). Dies führt zu unterproportionalen Abnahmen bei NO_x und CH₄ (durch Gas dominiert).
- Bei den Anlagen für Festbrennstoffe nahm der Anteil von Pellet-Zentralheizungen zu. Dies führt zu überproportionalen Abnahmen bei PM₁₀, CO und den NM_{VOC}, da die Verbrennung in Pellet-Zentralheizungen sauberer abläuft als in meist manuell beschickten Einzelraumfeuerstätten. Teilweise kann das auch ein Effekt der verbesserten Datenlage, also methodisch bedingt, sein.
- Der Anlagenbestand verjüngte sich zwischen 2012 und 2023, die Anlagen wurden sauberer. Auch dies betrifft insbesondere PM₁₀ (Filter) und CO.
- Die Emissionsfaktoren aus dem aktuellen UBA-Projekt basieren auf neuen Messungen.

Verglichen mit 2012 nahmen die Emissionen aus Kleinfeuerungsanlagen Berlin bis 2023 um Werte zwischen 19 % und 67 % ab.

5 Sonstiger Verkehr

Die Quellgruppe „Sonstiger Verkehr“ setzt sich zusammen aus den Teilgruppen

- Schienenverkehr,
- Schiffsverkehr,
- Flugverkehr,
- mobile Maschinen und Geräte (Offroad) in
 - Land- und Forstwirtschaft,
 - Industrie,
 - Militär sowie
 - Gartenpflege privat und Pflege öffentlicher Grünflächen.

Im Folgenden wird die Ermittlung der Beiträge dieser Teilgruppen zu den Emissionen in Berlin erläutert und die Ergebnisse für das Jahr 2023 beschrieben. Die Emissionen aus dem Einsatz mobiler Maschinen und Geräte in der Bauwirtschaft werden in dem separaten Kapitel Bausektor betrachtet.

5.1 Schienenverkehr

5.1.1 Datengrundlagen

Durch den Schienenverkehr entstehen neben Abgas-Emissionen der dieselbetriebenen Schienenfahrzeuge auch Partikel-Emissionen durch Abriebe (Bremsen, Räder, Schienen, Fahrdrabt und Stromabnehmer) sowohl bei den diesel- als auch bei den elektrobetriebenen Schienenfahrzeugen.

Es werden für Berlin neben den Emissionen des Schienenverkehrs, der auf dem Schienennetz der DB AG abgewickelt wird, auch die Emissionen des sonstigen Schienenverkehrs, der Straßenbahn/Tram und U-Bahn (oberirdische Streckenabschnitte), betrachtet (vgl. Bild 5.1).

Werks- oder Privatbahnen wurden im Emissionskataster 2012 zusätzlich betrachtet und Datengrundlagen dazu recherchiert. Es zeigte sich, dass deren Emissionen im Vergleich zu den anderen Schienenverkehrsemissionen vernachlässigbar gering sind, daher werden diese bei der aktuellen Fortschreibung 2023 nicht weiter betrachtet.

Zur Ermittlung der Emissionen des Schienenverkehrs in Berlin wurden Daten und Informationen aus unterschiedlichen Datenquellen verwendet, wie im Folgenden erläutert.

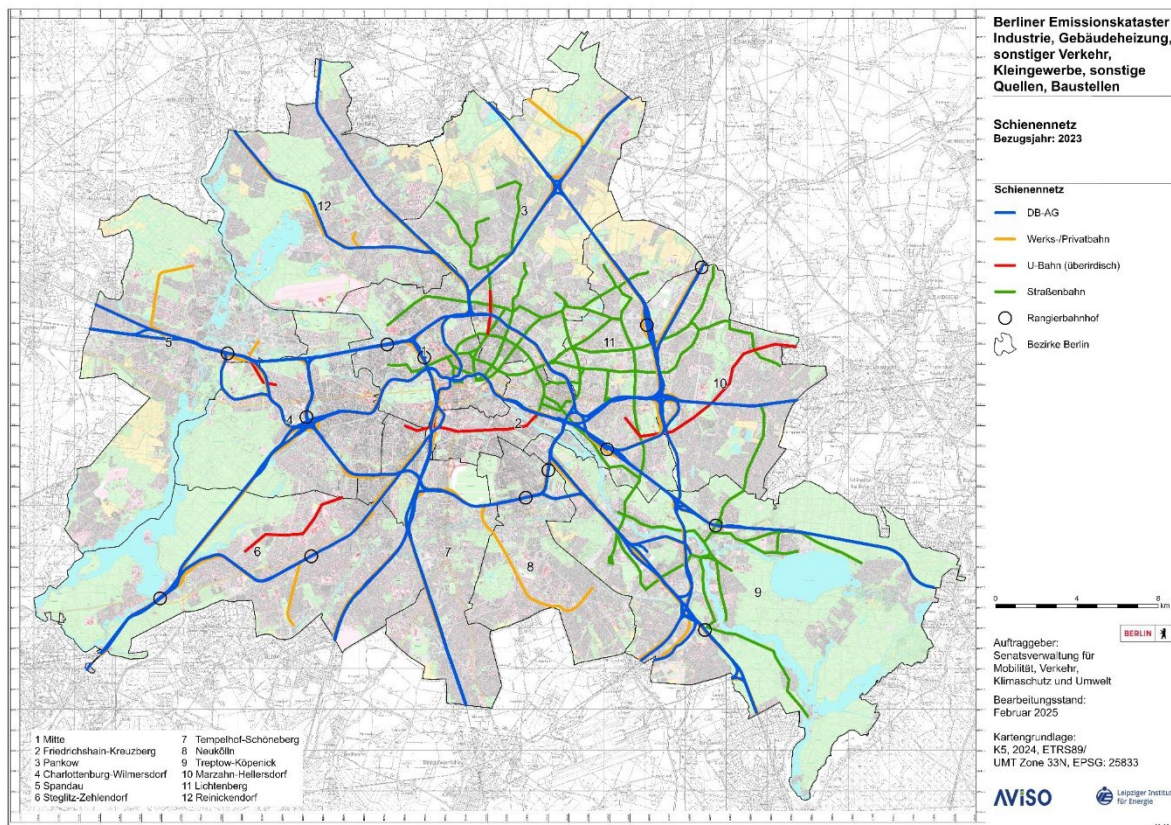


Bild 5.1: Streckennetz der DB AG, weiterer Werks- und Privatbahnen und überirdisch verlaufende Streckenabschnitte von U-Bahn und Straßenbahn, Berlin, Stand 2023

Schiennenverkehr auf dem Streckennetz der DB AG

Das DB-Umweltzentrum betreibt ein eigenes Emissionsberechnungsmodell. Die Emissionen 2023 für Berlin wurden von dort übernommen, wobei darauf hingewiesen wurde, dass vor zwei Jahren die Berechnungsmethodik aktualisiert wurde und dies bei direkten Vergleichen mit früheren Jahren zu berücksichtigen ist. Es handelt sich um die Emissionen von Schienenfahrzeugen auf dem DB-Streckennetz sowohl des DB-Schiennenverkehrs als auch des Schienenverkehrs von anderen Unternehmen (Sonstige). Außerdem wurden erstmalig Emissionen von Rangier- und Güterbahnhöfen zur Verfügung gestellt. Neben den Abgasemissionen der Dieseltraktion wurden auch die PM10-Emissionen durch Abriebe ausgewiesen, die von allen Schienenfahrzeugen, d.h. auch der Elektrotraktion, freigesetzt werden. Angaben zu den Fahrleistungen im Schienenverkehr wurden nicht zur Verfügung gestellt.

Straßenbahn und U-Bahn

Die Straßenbahn und die U-Bahn werden elektrisch betrieben, es fallen also lediglich Abriebs-Emissionen an. Für die Straßenbahn und die U-Bahn liegen streckenabschnittsbezogen Informationen über die Anzahl Züge pro Tag vor /BERLIN 2025/. Diese enthalten nur für überirdisch verlaufende Streckenabschnitte Daten (vgl. Bild 5.2) und es wurden auch nur für diese Abschnitte Abriebs-Emissionen ermittelt.

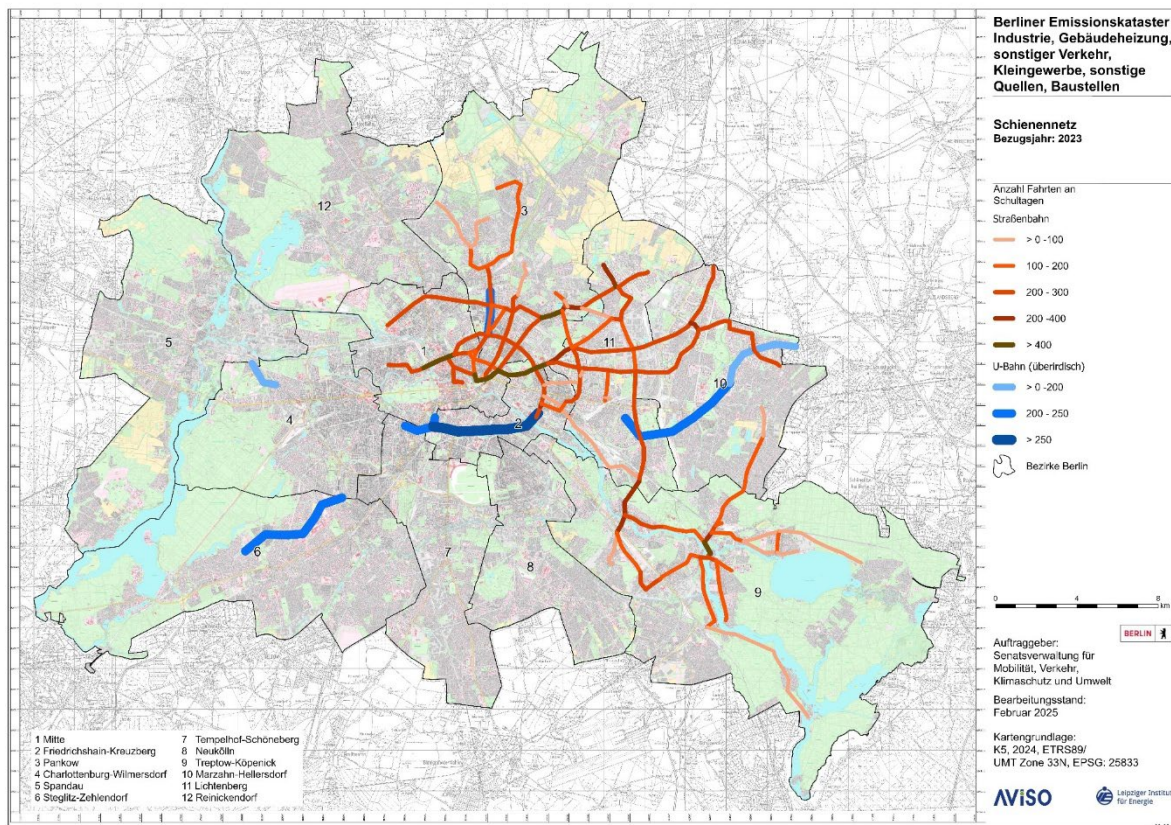


Bild 5.2: Anzahl Fahrten an einem Schultag 2024 der U-Bahn und Stadtbahn in Berlin auf den oberirdisch verlaufenden Streckenabschnitten /BERLIN 2025/

Zur Ermittlung der Abriebsemissionen von Stadtbahnen und U-Bahnen werden spezifische Emissionsfaktoren für diese Schienenfahrzeugtypen benötigt. In Ermangelung besserer Daten wurden in der Vergangenheit Emissionsfaktoren typischerweise durch Skalierung entsprechender Emissionsfaktoren des Eisenbahnverkehrs abgeleitet. Dadurch wurden sie, wie von /Ulrich 2022/ gezeigt, wahrscheinlich deutlich (Faktor 3-5) überschätzt. Daher wird für die aktuelle Fortschreibung des Emissionskatasters der Emissionsfaktor, der für das Jahr 2012 verwendet wurde, um 2/3 reduziert. Auch aktuell ist die Datenlage zu Partikelemissionen durch Abriebe beim Straßenbahnverkehr noch ziemlich dünn, es gibt derzeit keine aussagekräftigen Emissionsfaktoren für Straßenbahnen, diese sollten durch Messungen an der Quelle bestimmt werden.

Emissionen von Schwermetallen und weiteren Schadstoffen

Die von der DB AG übermittelten Abgas- und Abriebsemissionen liefern nicht für alle hier betrachteten Schadstoffe Daten. Daher wurden für die weiteren Schadstoffe geeignete Berechnungsansätze aus der Literatur herangezogen. Für die Ermittlung der Emissionen der Schadstoffe BaP, PAK, PCDD/F und der Schwermetalle im Abgas wurden kraftstoffbezogene Emissionsfaktoren und für die PM_{2.5}-Emissionen durch Abriebe und die Schwermetalle aus Abrieben deren Anteile an PM₁₀ aus /IIR 2025/ verwendet, für die Schadstoffe NH₃ und BC entsprechende kraftstoffbezogene Emissionsfaktoren aus /EEA 2023/.

Aufwirbelung

Weder die Emissionsdaten der DB AG noch die Emissionsfaktoren nach EMEP/EEA enthalten Informationen zu den durch die Luftbewegung der fahrenden Züge (wieder-) aufgewirbelten Partikeln. Im Emissionskataster 2012 wurde davon ausgegangen, dass diese Emissionen beim Schienenverkehr im Vergleich zu den Abriebsemissionen gering und daher vernachlässigbar sind.

In der Literatur finden sich Hinweise, dass die Emissionen durch Aufwirbelung zumindest bei U-Bahnen in den unterirdisch liegenden Bereichen eine Relevanz haben können. Daher werden in einigen Städten Spezialzüge eingesetzt, um in den unterirdischen Bereichen einschließlich der Haltestellen in regelmäßigen Abständen Staub-beladene Luft einzusaugen und die Staubbelastung dadurch zu reduzieren.

Aktuell wird weiterhin keine Abschätzung von Emissionen durch Aufwirbelung für die oberirdisch verlaufenden Streckenabschnitte des DB-Schienennetzes, der U-Bahn und der Straßenbahn durchgeführt.

5.1.2 Emissionen 2023

Emissionen 2023 auf dem Streckennetz der DB AG

Die auf dem DB-Schienennetz und auf den Rangier- und Güterbahnhöfen freigesetzten Abgasemissionen im Jahr 2023, die von der DB AG zur Verfügung gestellt wurden, sind in Tab. 5.1 ausgewiesen. Dabei wird nach Schienenpersonennahverkehr (SPNV), Schienenpersonenfernverkehr (SPFV), sonstigen Schienenpersonenverkehr (Sonstige), Schienengüterverkehr (SGV), S-Bahn und Rangier- und Güterbahnhöfen unterschieden.

Insgesamt wurden von den Schienenfahrzeugen auf dem DB-Schienennetz im Jahr 2023 45,2 t NO_x-Emissionen und 0,9 t PM-Abgasemissionen freigesetzt. Es zeigt sich für alle Schadstoffe und auch für den Dieserverbrauch eine recht ähnliche Verteilung bezüglich des Herkunftsbereichs: den größten Anteil an den Abgasemissionen hat der Schienenpersonennahverkehr (45% bis 64%), gefolgt vom Güterverkehr (23% bis 36%) und dem Schienenpersonenfernverkehr (8% bis 12%). Der Anteil der Rangierfahrten liegt bei 4%-5%.

Tab. 5.1: Abgas-Emissionen auf dem Schienennetz der DB und von Rangier- und Güterbahnhöfen für das Fahrplanjahr 2023 /DB 2024/

	PM10 Abgas in kg/a	NOX in kg/a	HC in kg/a	NMHC in kg/a	CO in kg/a	SO2 in kg/a	CO2 in t/a	N2O in kg/a	CH4 in kg/a	EEV Diesel in kg/a
SPNV	559,4	24.377,2	1.302,5	1.271,2	2.686,0	16,5	3.014,2	113,5	31,3	1.032,3
SPFV	0,3	35,9	1,3	1,3	4,6	0,0	2,4	0,1	0,0	0,8
SONSTIGE	97,1	4.689,8	338,4	330,2	776,7	2,0	363,3	13,7	8,1	124,4
SGV	264,4	13.393,1	1.009,6	985,4	2.271,9	6,0	1.086,2	40,9	24,2	372,0
SBAHN										
RANGIEREN	41,7	2.752,9	157,9	154,1	311,9	1,4	255,3	9,6	3,8	87,4
Summe	963,0	45.248,8	2.809,7	2.742,2	6.051,1	25,9	4.721,4	177,9	67,4	1.616,9
	Anteil an Gesamt									
SPNV	58,1%	53,9%	46,4%	46,4%	44,4%	63,8%	63,8%	63,8%	46,4%	63,8%
SPFV	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,0%	0,1%
SONSTIGE	10,1%	10,4%	12,0%	12,0%	12,8%	7,7%	7,7%	7,7%	12,0%	7,7%
SGV	27,5%	29,6%	35,9%	35,9%	37,5%	23,0%	23,0%	23,0%	35,9%	23,0%
SBAHN	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
RANGIEREN	4,3%	6,1%	5,6%	5,6%	5,2%	5,4%	5,4%	5,4%	5,6%	5,4%

Zusätzlich sind in Tab. 5.2 die von der DB AG zur Verfügung gestellten Abriebsemissionen differenziert nach der Herkunft (Rad/Schiene, Fahrrad, Kohlebürsten, Brems sand und Bremsen) aufgeführt. Diese liegen nur für das Schienennetz und nicht für die Rangier- und Güterbahnhöfe vor und dominieren mit 81,9 t die gesamten PM10-Emissionen deutlich (99%). Zu den Abriebsemissionen tragen nicht nur die dieselbetriebenen Züge, sondern auch die elektrisch betriebenen Züge bei. Bei den Abriebsemissionen kommen die höchsten Beiträge von der S-Bahn (53%) gefolgt von dem SPNV (19%) und dem Güterverkehr (15%).

Tab. 5.2: Abriebs-Emissionen auf dem Schienennetz der DB für das Fahrplanjahr 2023 /DB 2024/

	PM10 Rad/Schiene in kg/a	PM10 Fahrdraht in kg/a	PM10 Kohlebürsten in kg/a	PM10 Brems sand in kg/a	PM10 Bremsen in kg/a	PM10 Abriebe gesamt in kg/a
SPNV	6.130,0	1.005,6	57,4	6.465,1	2.087,5	15.745,6
SPFV	2.471,5	463,4	31,7	5.109,3	1.953,1	10.029,1
SONSTIGE	427,4	16,6	0,9	442,6	17,3	904,9
SGV	2.082,1	115,7	6,6	2.246,9	7.695,5	12.146,8
SBAHN	15.390,4	3.470,2	198,0	14.182,7	9.837,3	43.078,7
Summe	26.501,4	5.071,6	294,7	28.446,7	21.590,7	81.905,1
	Anteil an Gesamt					
SPNV	23,1%	19,8%	19,5%	22,7%	9,7%	19,2%
SPFV	9,3%	9,1%	10,8%	18,0%	9,0%	12,2%
SONSTIGE	1,6%	0,3%	0,3%	1,6%	0,1%	1,1%
SGV	7,9%	2,3%	2,2%	7,9%	35,6%	14,8%
SBAHN	58,1%	68,4%	67,2%	49,9%	45,6%	52,6%

Emissionen 2023 der Straßenbahnen und U-Bahn










Auf Basis der grob abgeschätzten Emissionsfaktoren für Abriebsemissionen (Straßenbahn 0,933 g PM10 / Fzgkm, U-Bahn 0,350 g PM10 / Fzgkm) wurden die Emissionen für das Jahr 2023 streckenabschnittsbezogen ermittelt. Insgesamt ergeben sich hierfür PM10-Emissionen von 21,8 t/a für Berlin.

Gesamtemissionen des Schienenverkehrs 2023





















In Tab. 5.3 bis Tab. 5.6 sind die Ergebnisse für den gesamten Schienenverkehr in Berlin, differenziert nach den Herkunftsbereichen aufgeführt. Es sind die Abgasemissionen und die Abriebsemissionen getrennt ausgewiesen. Insgesamt wurden vom Schienenverkehr in Berlin 4,7 kt CO₂, 45,3 t NO_x und 104,7 t PM10 im Jahr 2023 emittiert.

Es zeigt sich für alle Schadstoffe bis auf PM10, PM2,5 und die Schwermetalle eine recht ähnliche Verteilung bezüglich des Herkunftsbereichs: den größten Anteil an den (Abgas-)Emissionen hat der Schienenpersonennahverkehr (SPNV). Für PM10, PM2,5 und die Schwermetalle kommen die höchsten Beiträge von den Abriebsemissionen im DB-Netz, zu denen nicht nur die dieselbetriebenen, sondern auch die elektrobetriebenen Züge beitragen. Der Anteil der PM2,5-Emissionen an den PM10-Emissionen liegt bei 50%:

Tab. 5.3: Emissionen des Schienenverkehrs in Berlin (Basis Fahrplan 2023) auf dem Schienennetz der DB AG, differenziert nach Herkunftsbereichen (Treibhausgase)

Nr.	Herkunftsbereich	Treibhausgase		
		Kohlenstoffdioxid in kg/a	Methan in kg/a	Distickstoffmonoxid in kg/a
01	Abgas SPNV	 3.014.211	 31,26	 113,5
02	Abgas SPFV	2.428	0,03	0,1
03	Abgas Sonstige	 363.274	 8,12	 13,7
04	Abgas SGV	 1.086.215	 24,23	 40,9
05	Abgas S-Bahn			
06	Abgas Rangieren	255.263	3,79	9,6
07	Abrieb DB-Netz			
08	Abrieb Straßenbahn			
09	Abrieb U-Bahn oberirdisch			
	Berlin	4.721.390	67,43	177,9

Tab. 5.4: Emissionen des Schienenverkehrs in Berlin (Basis Fahrplan 2023) auf dem Schienennetz der DB AG, differenziert nach Herkunftsbereichen (SO₂, NO_x, NH₃, NMVOC, CO)

Nr.	Herkunftsbereich	versauernde und eutrophierende Stoffe			Ozonvorläufersubstanzen	
		Schwefeldioxid in kg/a	Stickstoffoxide in kg/a	Ammoniak in kg/a	NMVOC in kg/a	Kohlenmonoxid in kg/a
01	Abgas SPNV	 16,52	 24.377,2	 7,2	 1.271	 2.686
02	Abgas SPFV	0,01	35,9	0,0	1	5
03	Abgas Sonstige	 1,99	 4.689,8	 0,9	 330	 777
04	Abgas SGV	 5,95	 13.393,1	 2,6	 985	 2.272
05	Abgas S-Bahn					
06	Abgas Rangieren	 1,40	 2.752,9	 0,6	 154	 312
07	Abrieb DB-Netz					
08	Abrieb Straßenbahn					
09	Abrieb U-Bahn oberirdisch					
	Berlin	25,87	45.248,8	11,3	2.742	6.051

Tab. 5.5: Emissionen des Schienenverkehrs in Berlin (Basis Fahrplan 2023) auf dem Schienennetz der DB AG und der Straßenbahn und U-Bahn (oberirdisch), differenziert nach Herkunftsbereichen (PM10, PM2,5, BC, Schwermetalle)

Nr.	Herkunftsbereich	Staub			
		PM10 in kg/a	PM2.5 in kg/a	BC in kg/a	Schwermetalle in kg/a
01	Abgas SPNV	559	559	363,6	3,0
02	Abgas SPFV	0	0	0,2	0,0
03	Abgas Sonstige	97	97	63,1	0,4
04	Abgas SGV	264	264	171,9	1,1
05	Abgas S-Bahn				
06	Abgas Rangieren	42	42	27,1	0,3
07	Abrieb DB-Netz	81.905	40.953	-	5.719,3
08	Abrieb Straßenbahn	20.373	10.186	-	-
09	Abrieb U-Bahn oberirdisch	1.440	720	-	-
	Berlin	104.681	52.822	625,9	5.724,0

Tab. 5.6: Emissionen des Schienenverkehrs in Berlin (Basis Fahrplan 2023) auf dem Schienennetz der DB AG und der Straßenbahn und U-Bahn (oberirdisch), differenziert nach Herkunftsbereichen (BaP, PAK, PCDD/F)

Nr.	Herkunftsbereich	persistente organische Verbindungen		
		Benzo(a)pyren in kg/a	PAK in kg/a	PCDD/F in kg/a
01	Abgas SPNV	0,031	0,126	0,000000093
02	Abgas SPFV	0,000	0,000	0,000000000
03	Abgas Sonstige	0,004	0,015	0,000000011
04	Abgas SGV	0,011	0,045	0,000000033
05	Abgas S-Bahn			
06	Abgas Rangieren	0,003	0,011	0,000000008
07	Abrieb DB-Netz	-	-	-
08	Abrieb Straßenbahn	-	-	-
09	Abrieb U-Bahn oberirdisch	-	-	-
	Berlin	0,048	0,198	0,000000145

In Bild 5.3 und Bild 5.4 sind die NO_x- und PM10-Gesamtemissionen 2023 auf dem DB-Schienennetzes dargestellt. Während für die NO_x-Emissionen, die nur durch den dieselbetriebenen Schienenverkehr verursacht werden, in den äußeren Bezirken die höchsten

Emissionsdichten auftreten, finden sich für die PM10-Gesamtemissionen auf dem DB-Schienennetz auch im Zentrum hohe Emissionsdichten.

Die Abriebsemissionen 2023 der Straßenbahnen und U-Bahn sind in Bild 5.5 für das Streckennetz dargestellt. Entsprechend der Lage des Streckennetzes treten die Emissionen überwiegend im Nordosten bis Südosten von Berlin auf, wobei die höchsten Emissionsdichten im Zentrum zu erkennen sind.

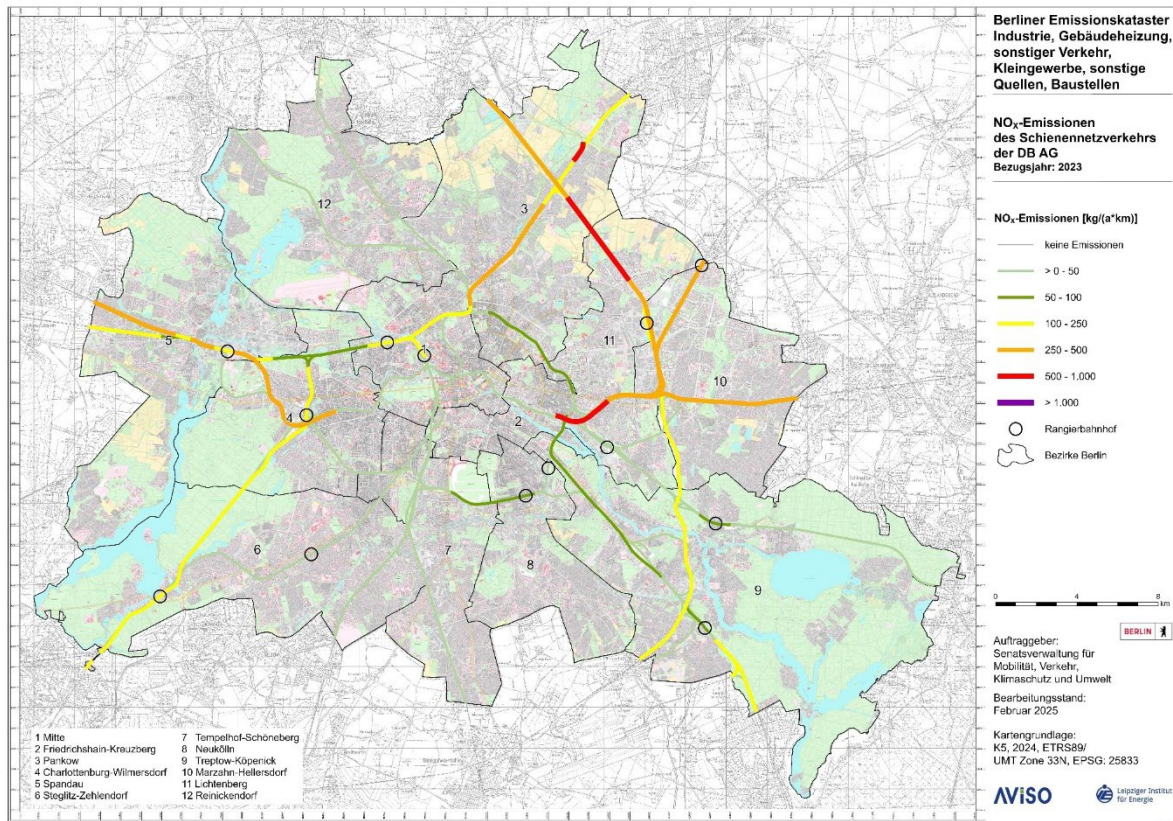


Bild 5.3: NO_x-Emissionen des Schienenverkehrs auf dem DB-Schienennetz in Berlin, 2023

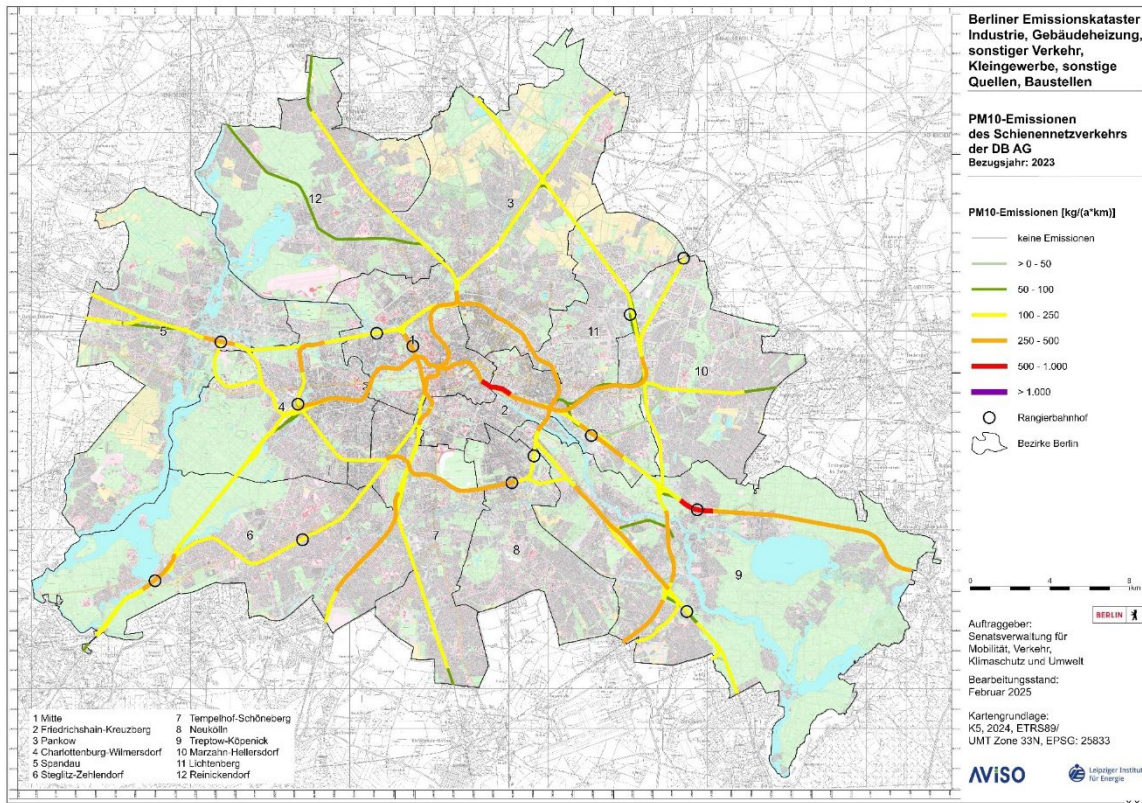


Bild 5.4: PM10-Gesamtemissionen (Abgas und Abriebe) des Schienenverkehrs auf dem DB-Schienennetz in Berlin, 2023

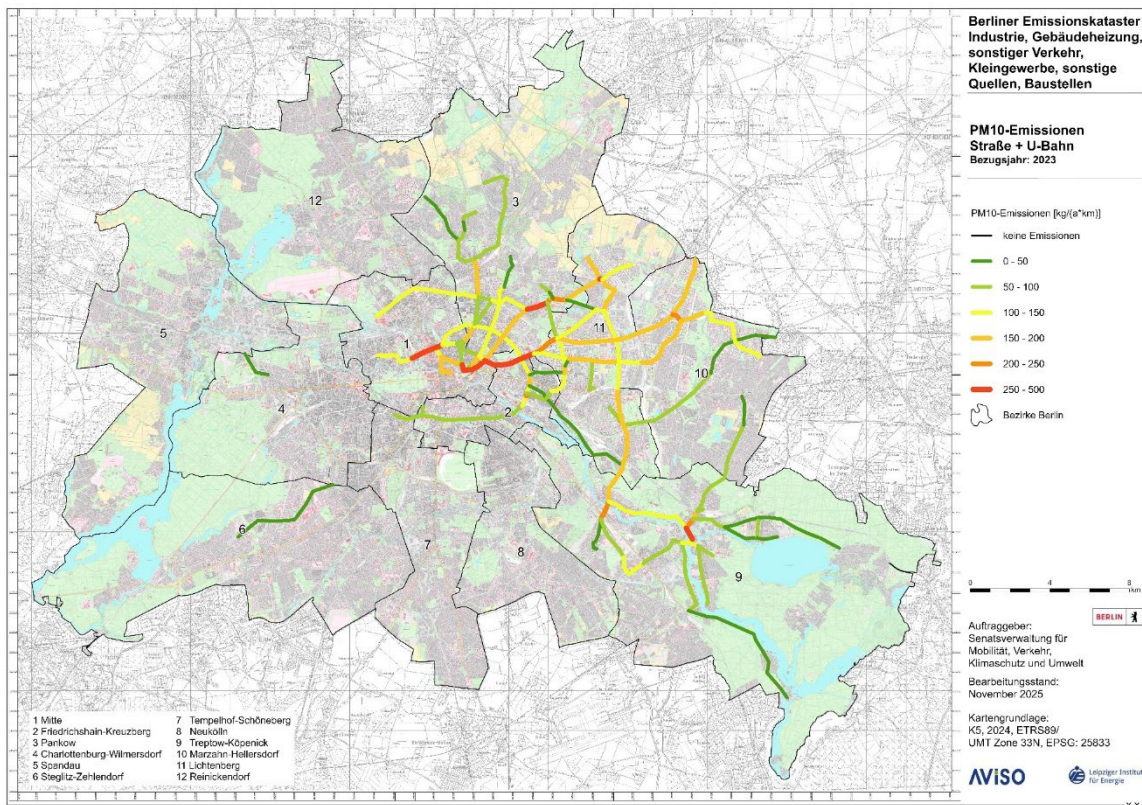


Bild 5.5: PM10-Abriebsemissionen von Straßenbahnen und U-Bahnen in Berlin, 2023
November 2025

Vergleich mit Emissionskataster 2012

Ein Vergleich der für das Jahr 2023 ermittelten Emissionen des Schienenverkehrs Berlin zu den Daten aus dem Emissionskataster 2012 ist in Tab. 5.7 für ausgewählte Luftschadstoffe aufgeführt.

Tab. 5.7: Emissionen ausgewählter Luftschadstoffe des Schienenverkehrs in Berlin 2023 im Vergleich zum Emissionskataster 2012

2023	NO _x	HC	NMHC	CO	SO ₂	CO ₂	PM10 Abgas	PM10 Abriebe
	in kg/a	in kg/a	in kg/a	in kg/a	in kg/a	in t/a	in kg/a	in kg/a
SPNV	24.377,2	1.302,5	1.271,2	2.686,0	16,5	3.014,2	559,4	15.745,6
SPFV	35,9	1,3	1,3	4,6	0,0	2,4	0,3	10.029,1
SONSTIGE	4.689,8	338,4	330,2	776,7	2,0	363,3	97,1	904,9
SGV	13.393,1	1.009,6	985,4	2.271,9	6,0	1.086,2	264,4	12.146,8
SBAHN								43.078,7
RANGIEREN	2.752,9	157,9	154,1	311,9	1,4	255,3	41,7	
Straßenbahn								20.372,8
U-Bahn								1.440,0
Summe	45.248,8	2.809,7	2.742,2	6.051,1	25,9	4.721,4	963,0	103.717,8

2012	NO _x	HC	NMHC	CO	SO ₂	CO ₂	PM10 Abgas	PM10 Abriebe
	in kg/a	in kg/a	in kg/a	in kg/a	in kg/a	in t/a	in kg/a	in kg/a
DB-Netz	113.635,3	5.630,9	5.495,8	12.585,6	50,4	6.936,4	2.030,6	157.556,1
Straßenbahn								62.812,5
U-Bahn								4.830,7
Summe	113.635,3	5.630,9	5.495,8	12.585,6	50,4	6.936,4	2.030,6	225.199,3

2023 / 2012	-60,2%	-50,1%	-50,1%	-51,9%	-48,7%	-31,9%	-52,6%	-53,9%
--------------------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Für die CO₂-Emissionen zeigt sich eine Abnahme von 32%, die sonstigen Abgas-Emissionen sind im Bereich von -49% (SO₂) und -60% (NO_x) gesunken. Diese Reduktionen sind überwiegend auf die Reduktion des Dieserverbrauchs und auf das verbesserte Emissionsverhalten der eingesetzten Lokomotiven zurückzuführen. Daneben wurde auch die Berechnungsmethodik bei der DB AG aktualisiert.

Bei den Abriebsemissionen hat sich insgesamt auch eine deutliche Reduktion von 54% ergeben. Diese ist vor allem methodisch verursacht, da Berechnungsgrundlagen bei der DB AG aktualisiert wurden und sich die Abriebs-Emissionsfaktoren dadurch signifikant reduziert haben. Auch die PM10-Abriebsemissionen von Straßenbahnen und U-Bahnen haben sich gegenüber dem Emissionskataster 2012 deutlich um knapp 70% reduziert. Die Hauptursache hierfür ist ebenfalls methodisch bedingt und liegt an der Reduktion des Emissionsfaktors gegenüber 2012 um 2/3.

5.2 Schiffsverkehr

Das Berliner Stadtbild ist von Wasserstraßen geprägt. Im Zentrum konzentriert sich auf diesen die Fahrgastschifffahrt, entlang der Hauptwasserstraßen findet auch Güterverkehr im nennenswerten Umfang statt. Die Schiffe werden überwiegend mit Dieselmotoren betrieben, deren Abgase zumindest lokal zu deutlichen Emissionsbeiträgen führen können.

Für den Güterschiffsverkehr sowie die Freizeit- und Fahrgastschifffahrt wurden die Abgas-Emissionen, die entlang der Wasserstraßen und in den Schleusen und den relevanten Häfen und an den Anlegestellen im Zentrum von Berlin freigesetzt werden, ermittelt.

5.2.1 Datengrundlagen

Wesentliche Datengrundlagen zur Ermittlung der Emissionen aus dem Schiffsverkehr liefern die Statistiken der jährlichen Schleusungen /WSA 2024/ und die jährlichen Veröffentlichungen von DESTATIS /GENESIS 2025/.

Analog zum Vorgehen für die Ermittlung der Emissionen für das Jahr 2012 wurde wieder eine Befragung der Reedereien in Berlin durchgeführt /Reeder 2024/, um Angaben zu den Fahrplänen und der eingesetzten Schiffsflotte in der Fahrgastschifffahrt zu erhalten. Zur Ableitung der Bewegungen der Fahrgastschiffe auf dem Berliner Wasserstraßennetz wurden in Ergänzung die online verfügbaren Fahrpläne der Reedereien, auch der, die nicht auf die Befragung geantwortet hatten, ausgewertet.

Weitere Informationen und technische Daten zu den Wasserstraßen, wie z.B. die zulässige Höchstgeschwindigkeit, wurden aus dem Emissionskataster 2012 übernommen, ergänzt um Angaben aus einem Gutachten zur Ermittlung der innerstädtischen Luftschadstoffbelastung an innerstädtischen Wasserstraßen /LOHMEYER 2019/.

Aus den vorliegenden Statistiken und zusätzlich durchgeführten Datenauswertungen wurden für jeden Abschnitt der Berliner Wasserstraßen Schiffsbewegungszahlen stromab- und aufwärts getrennt nach Personen- und Freizeitschifffahrt sowie Güterschifffahrt mit Güterschiffen und Schubbooten abgeleitet.

Infrastruktur

Im Hinblick auf die Ermittlung der Abgasemissionen werden nur die schiffbaren Flussabschnitte und Kanäle mit den jeweiligen Schleusen sowie emissionsrelevanten Hafenanlagen betrachtet. Bild 5.6 zeigt eine Übersicht der schiffbaren Wasserstraßen in Berlin und die Lage der Schleusen und Häfen. Zusätzlich ist im Zentrum der Bereich gekennzeichnet, in dem sich die Anlegestellen der Fahrgastschifffahrt konzentrieren.

Von den dargestellten Wasserstraßen in Berlin sind folgende (Teil-) Längen schiffbar und somit im Emissionskataster enthalten:

- Berliner Havel, die ab der Landesgrenze bis hin zur Spreemündung aus der Havel-Oder-Wasserstraße und ab der Spreemündung bis hin zur Landesgrenze aus der Unteren Havel-Oder-Wasserstraße besteht,
- Berlin-Spandauer-Schiffahrtskanal (Hohenzollernkanal) auf seiner gesamten Länge,
- Spree-Oder-Wasserstraße, beginnend an der Spreemündung aus der Havel-Oder-Wasserstraße bis hin zur Landesgrenze am Spree-Oder-Kanal,
- Teltowkanal auf seiner gesamten Länge,
- Britzer Zweigkanal auf seiner gesamten Länge.

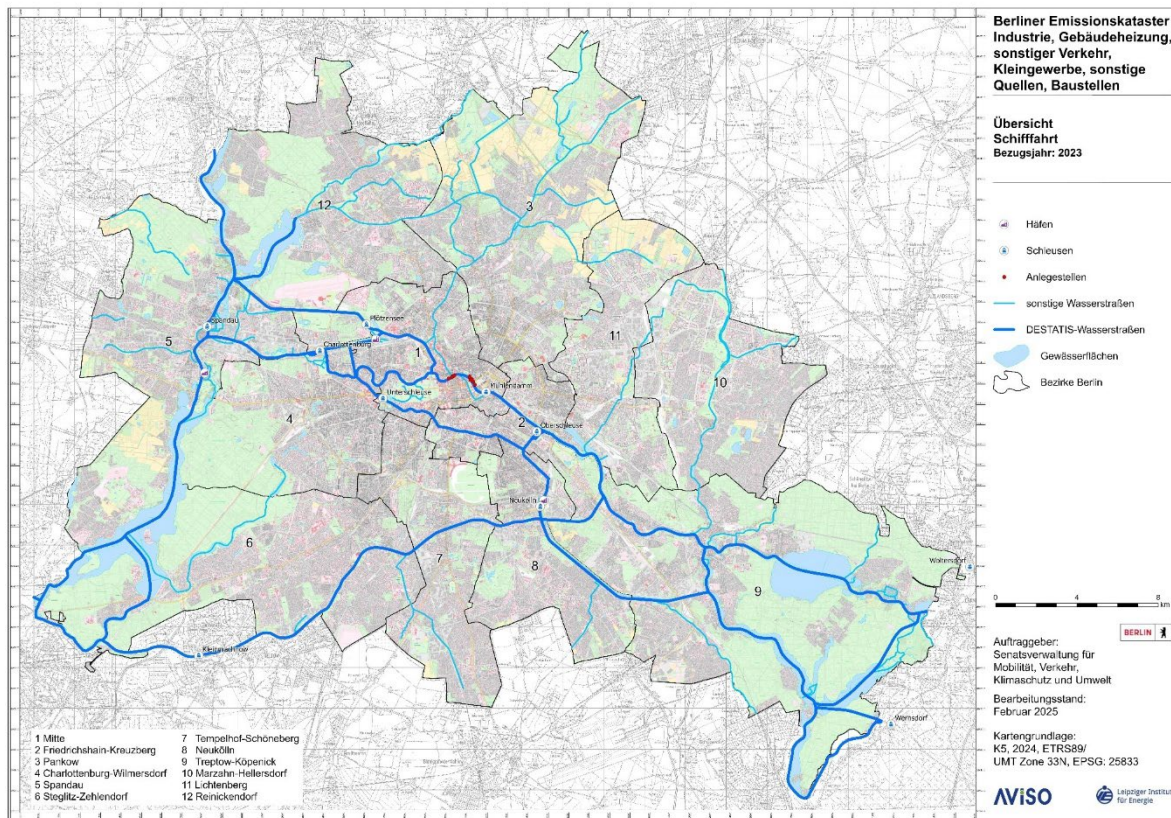


Bild 5.6: Wasserstraßen, Schleusen und Häfen in der Region Berlin, Stand 2023

Ferner sind folgende Kanäle und Seen auf ihrer gesamten Länge im Emissionskataster enthalten:

- Westhafenkanal,
- Charlottenburger Verbindungskanal,
- Landwehrkanal,
- Neuköllner Schifffahrtskanal,
- Müggelspree,
- Dahme-Wasserstraße,
- Tegeler See,
- Wannsee, Griebnitzkanal,
- Wernsdorfer Seenkette,

- Seddinsee, Gosener Kanal und Rüdersdorfer Gewässer.

Bei den betrachteten Wasserstraßen handelt es sich um staugeregelte Wasserstraßen, die entweder als solche oder als Kanal klassifiziert sind. Alle Wasserstraßen sind ganzjährig schiffbar.

Aktivitätsdaten (Schiffsbewegungen und Transportleistungen)

Aus den Jahresstatistiken der Schleusen /WSA 2024/ liegen Angaben zu den Schleusungen im Jahr 2023 differenziert nach Güterschiffen, Schubbooten, Fahrgastschiffen, Sportbooten und sonstigen Schiffen vor (vgl. Tab. 5.8).

Die Schleusen Charlottenburg, Kleinmachnow und Spandau zeigen mit mehr als 2.000 Schleusungen von Güterschiffen im Jahr 2023 die höchsten Werte für den Güterverkehr. An den Schleusen Mühlendamm (im Zentrum) und Wernsdorf (östlich von Berlin) liegen die Schleusungen von Güterschiffen etwa 50% niedriger. Auffällig an der Mühlendammschleuse ist der hohe Wert von Fahrgastschiffen mit über 10.000 Schleusungen im Jahr 2023.

Für die Oberschleuse und der Unterschleuse lagen die Angaben zu den geschleusten Sportbooten differenziert nach motorisierten und nicht-motorisierten Booten vor. An der Oberschleuse waren 22% und an der Unterschleuse 57% der Sportboote motorisiert.

Die Entwicklung der Anzahl Schleusungen pro Jahr von 2012 bis 2023 zeigt Tab. 5.9 exemplarisch für die Mühlendammschleuse. Für die Güterschiffe hat sich von 2012 bis 2023 ein Rückgang (-28%) ergeben, wobei im Jahr 2019 eine noch geringere Anzahl von Güterschiffen geschleust wurde als im Jahr 2023. Für die Fahrgastschiffe (FGS) zeigt sich eine Stagnation von 2012 bis 2019 und danach bis 2023 ein deutlicher Rückgang (-54%). Dagegen hat die Anzahl der geschleusten Sportboote von 2012 bis 2023 um 30% zugenommen. Die Gesamtanzahl der geschleusten Schiffe ist an der Mühlendammschleuse von 2012 bis 2023 um 35% gesunken.

Für die Personen- und Freizeitschiffahrt wurden die Schiffsbewegungszahlen aus den Schleusenbelegungszahlen und den Fahrplänen der Personenschiffahrt abgeleitet. Es wurde, neben den vom WSA Berlin erfassten Schiffsschleusungen, der regelmäßige Linienverkehr der Fahrgastschiffahrt nach Auswertung der Fahrpläne abschnittspezifisch den betroffenen Wasserstraßenabschnitten zugewiesen. Damit wurden auch die Fahrten berücksichtigt, die zwischen Schleusen stattfinden und so vom WSA Berlin nicht erfasst werden können. Dies betrifft insbesondere das Zentrum von Berlin. Viele Fahrgastschiffe fahren bis zur Mühlendammschleuse und wenden dort. Daher ist die Anzahl der Schiffsbewegungen der Fahrgastschiffe in dem Abschnitt westlich der Mühlendammschleuse deutlich höher als die Anzahl der geschleusten Fahrgastschiffe.

Tab. 5.8: Schleusungen im Jahr 2023 Im Untersuchungsgebiet Berlin /WSA 2024/

Schleusungen 2023	Charlottenburg	Kleinmachnow	Mühlendamm	Plätzensee	Spandau	Woltersdorf	Wernsdorf	Unterschleuse	Oberschleuse
Güterschiffe bis 900 t	1.412	1.548	970	284	1.566	178	1.122		
Güterschiffe bis 1200 t	346	660	64	10	717	2	139		
Güterschiffe bis 1500 t	188	57	0	0	168	0	0		
Güterschiffe bis 2000 t	71	27	4	0	1	0	0		
Güterschiffe bis 2500 t	2	0	0	0	3	0	0		
Güterschiffe über 2500 t	2	2	6	0	1	0	0		
Güterschiffe gesamt	1.046	1.151	536	174	1.230	92	627		
zu Berg	975	1.143	508	120	1.226	88	634		
davon Leerfahrzeuge	441	319	136	147	1.088	11	573		
zu Tal	678	623	295	70	269	84	550		
Schubboote	1.024	993	843	296	887	146	282		
Fahrgastschiffe/FGKS	448	64	10.718	138	254	72	0	937	864
Sportboote	3.026	6.310	8.248	2.678	11.892	5.907	1.308	2.449	6.251
davon motorisiert								1.395	1.386
sonstige Fahrzeuge	843	347	1.007	566	760	288	473	286	235
Fahrzeuge gesamt	7.364	10.012	21.871	3.978	16.254	6.594	3.325	3.672	7.350
Fahrzeuge									
zu Berg	3.660	5.199	12.061	2.054	7.958	3.282	1.752		
zu Tal	3.704	4.813	9.810	1.924	8.296	3.312	1.573		
Schubverbände									
zu Berg	405	465	261	151	344	78	209		
zu Tal	399	455	257	146	330	85	210		
Auslastung bel. Fahr	70	69	73	71	69	81	78		
Tragfähigkeitstonnen									
zu Berg	631.546	809.951	259.900	57.822	835.090	42.707	364.924		
zu Tal	585.961	817.450	248.314	35.589	840.677	40.626	370.510		
gesamt	1.217.507	1.627.401	508.214	93.411	1.675.767	83.333	735.434		
Ladungstonnen									
zu Berg	310.982	419.143	165.800	5.472	60.063	32.945	40.814		
zu Tal	131.957	224.413	72.459	14.505	526.331	464	282.763		
gesamt	442.939	643.556	238.259	19.977	586.394	33.409	323.577		
Tage o. Schleusungen	67	4	4	45	29	100			

Tab. 5.9: Schleusungen an der Mühlendammshleuse, Vergleich der Jahre 2012, 2019 und 2023

Jahr	Güterschiffe	Schubboote	FGS	Sportboote	Sonstige	insgesamt
Anzahl Schleusungen pro Jahr						
2012	1.452	1.176	23.449	6.345	1.651	34.073
2018 *	849	578	23.389	8.877		33.693
2023	1.044	843	10.718	8.248	1.007	21.860
Differenz						
2019 / 2012	-41,5%	-50,9%	-0,3%	39,9%		-1,1%
2023 / 2012	-28,1%	-28,3%	-54,3%	30,0%	-39,0%	-35,8%
2023 / 2019	23,0%	45,8%	-54,2%	-7,1%		-35,1%

* Schleusendaten 2016 verwendet für 2018 in /LOHMEYER 2019/

Für den Güterverkehr stehen pro Wasserstraßenabschnitt außerdem Angaben zu Güterbeförderung (Ladungstonnen in t/a und Beförderungsleistung in tkm/a) aus /GENESIS 2025/ zur Verfügung.

Sowohl für den Güterverkehr als auch für den Personenverkehr wurden die Angaben zu den jeweiligen Schiffsbewegungszahlen als Ausgangsbasis zur Ermittlung der Emissionen

herangezogen. Die aus den Daten zur Anzahl der Schiffsbewegungen im Jahr 2023 ermittelten Fahrleistungen der Personen- und Freizeitschifffahrt, der Güterschiffe und Schubboote und die Transportleistungen im Güterverkehr sind für Berlin für das Jahr 2023 summarisch in Tab. 5.10 ausgewiesen.

Das erfasste schiffbare Wasserstraßennetz hat eine Länge von ca. 193 km. Insgesamt betrug im Jahr 2023 die Güterbeförderung auf den Wasserstraßen Berlin gemäß DESTATIS 65,7 Mio. tkm. Die Fahrleistung Güterschiffe und Schubboote betrug 331 Mio. Schiffskilometer und die der übrigen Schiffe (Fahrgastschiffe, Sportboote und sonstige Boote) betrug 1.510,7 Mio. Schiffskilometer.

Die Verteilung des Gütertransportaufkommens und der Schiffsbewegungen insgesamt auf die einzelnen Abschnitte der Wasserstraßen zeigen Bild 5.7 und Bild 5.8. Für das Gütertransportaufkommen zeigen sich deutlich die Hauptrouten durch das Berliner Stadtgebiet entlang der Spree und über den südlich verlaufenden Teltowkanal und die westlich verlaufende Nord-/Süd-Verbindung über die Havel-Wasserstraße.

Bei den Schiffsbewegungen (überwiegend Personen- und Freizeitschifffahrt) ist die hohe Dichte in Berlin Mitte besonders auffallend, die vor allem durch die hohe Anzahl von Fahrten der Fahrgastschifffahrt verursacht wird.

Tab. 5.10: Transportleistungen des Güterverkehrs (tkm) sowie Fahrleistungen der Güterschiffe, Schubboote, Fahrgastschiffe (FGS), sonstigen Boote und Sportboote auf den Berliner Wasserstraßen im Jahr 2023, ermittelt auf Basis von Daten aus WSA 2024, GENESIS 2025, Reeder 2024/

	Länge [km]	Güterbeförderung [Mio. tkm]	Güterschiffe	FGS	Schubboote	Sonst. Boote	Sportboote
Hauptwasserstraßen Berlin							
Berliner Havel	29,1	13,9	62,2	47,2	22,5	12,3	205,5
Berlin-Spandauer-Schiffahrtskanal, Hohenzollernkanal	12,1	1,2	3,5	8,1	3,6	6,8	32,3
Spree-Oder (Untere-, Berliner- und Treptow Spree)	32,3	8,5	39,6	374,9	23,6	28,7	180,4
Spree-Oder (Dahme, Langer See, Oder-Spree-Kanal)	14,3	8,1	23,5	17,7	5,0	7,1	26,3
Teltowkanal	39,0	29,2	89,4	10,2	34,8	10,2	206,3
Britzer Zweigkanal	3,7	0,5	1,5	0,1	1,5	0,7	7,4
Nebenwasserstraßen Berlin							
Tegeler See	4,8		0,0	12,0	0,0	3,5	28,7
Wannsee, Griebnitzkanal	7,0	1,0	3,5	47,6	1,7	1,4	28,0
Westhafenkanal	3,2	0,5	1,9	5,8	1,3	1,0	6,4
Charlottenburger Verbindungskanal	1,6		0,0	0,0	0,3	0,5	1,6
Landwehrkanal	10,8		0,0	17,7	0,0	3,0	31,4
Neuköllner Schiffahrtskanal	4,0	0,2	0,6	0,0	0,4	0,4	8,0
Müggelspree	12,0	0,5	1,8	18,1	1,7	3,5	71,9
Dahmewasserstraße	4,3	2,3	2,6	0,9	0,6	0,9	4,3
Wernsdorfer Seenkette	6,7		1,3	0,4	0,3	0,7	6,7
Seddinsee, Gosener Kanal und Rüdersdorfer Gewässer	7,7		1,5	1,7	1,2	5,5	16,8
Berlin gesamt	192,5	65,8	232,9	562,5	98,5	86,2	862,0

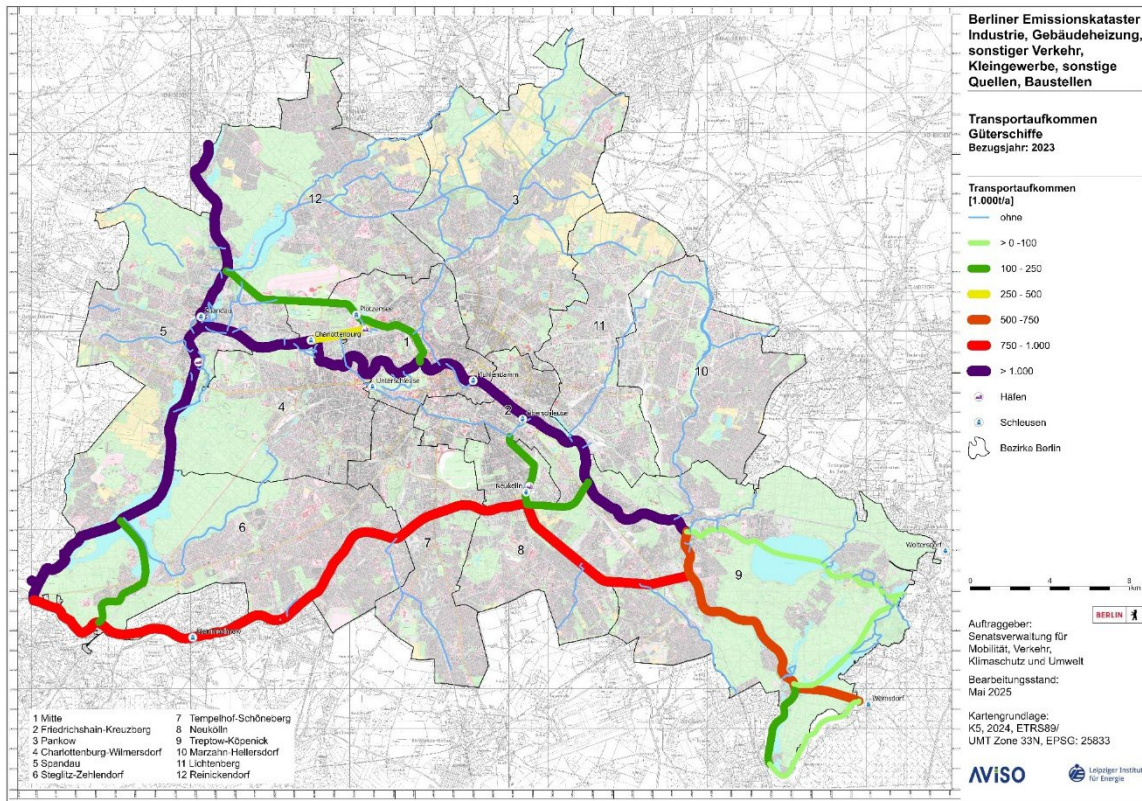


Bild 5.7: Transportaufkommen im Güterverkehr in der Binnenschifffahrt Berlin 2023

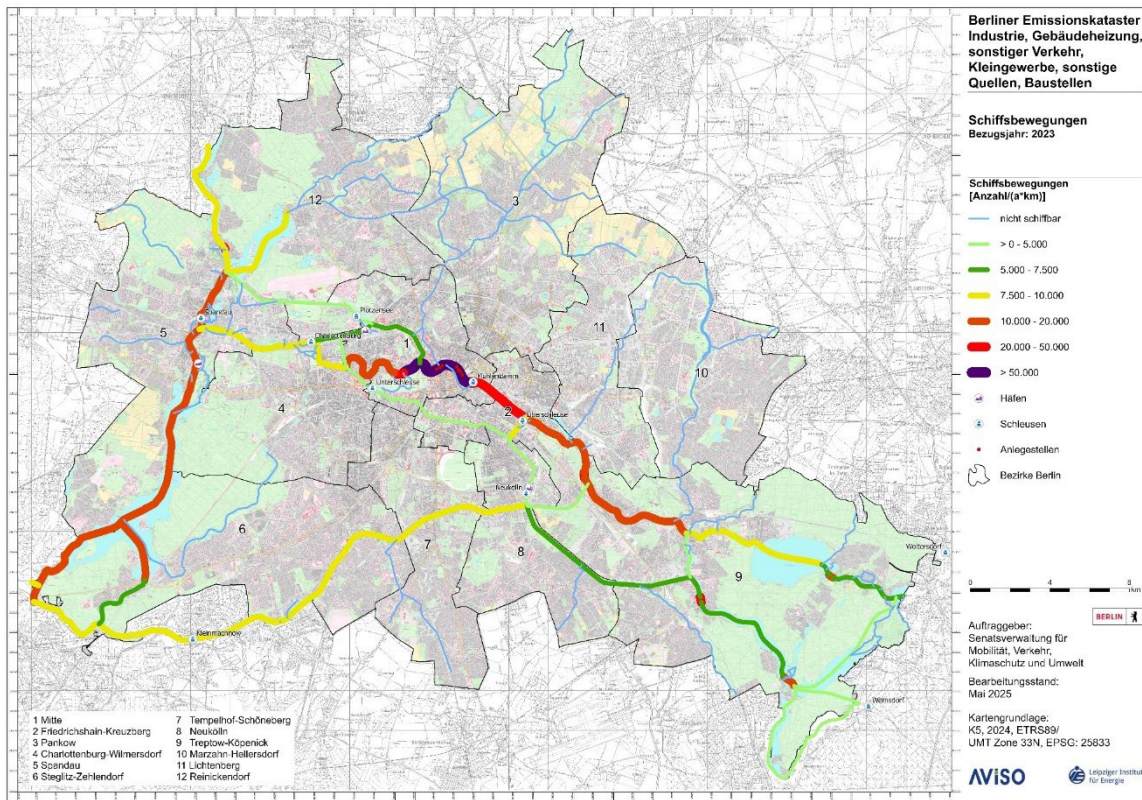


Bild 5.8: Schiffsbewegungen insgesamt (Fahrgastschiffe, Sportboote, Güterschiffe, Schubboote, sonstige Fahrzeuge) in der Binnenschifffahrt Berlin 2023

Emissionsfaktoren

Aus dem BfG-Bericht 2179 /BFG 2024/ stehen aktuelle bezugsjahrabhängige Emissionsfaktoren zur Berechnung von Luftschadstoffemissionen von Binnenschiffen zur Verfügung. Diese basieren auf Ergebnissen der Arbeiten von ifeu zur Fortschreibung des TREMOD-Modells für das UBA und sind in Tab. 5.11 ausgewiesen. Die Emissionsfaktoren berücksichtigen implizit die Flottenstruktur der Binnenschiffe in Deutschland und deren Entwicklung. Für das Jahr 2023 werden die entsprechenden Emissionsfaktoren durch Interpolation zwischen den Werten für die Jahre 2020 und 2025 ermittelt.

Tab. 5.11: Emissionsfaktoren und Kraftstoffverbrauch für Binnenschiffe in g/kWh /BFG 2024/

	Diesel				LNG
	2015	2020	2025	2030	alle Jahre
	Emissionsfaktor in g/kWh				
CO	1,69	1,46	1,28	1,07	0,70
HC	0,47	0,42	0,50	0,58	4,73
NO _x	9,77	9,02	7,24	5,00	1,80
NO ₂	0,68	0,63	0,59	0,54	0,45
PM10	0,24	0,21	0,17	0,12	0,015
PM2,5	0,24	0,21	0,17	0,12	0,015
Ruß	0,13	0,12	0,10	0,06	0,002
SO ₂	0,0032	0,0032	0,0032	0,0032	0,0035
NH ₃	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
CO ₂	634,40	633,80	626,60	618,10	558,00
CH ₄					
N ₂ O					
Benzol	0,0089	0,0080	0,0138	0,0195	0,2370
Kraftstoffverbrauch in g/kWh	200	200	200	200	

Die Emissionsfaktoren liegen leistungsbezogen vor und zu deren Anwendung werden Angaben zur aufgebrauchten Leistung der eingesetzten Schiffsmotoren benötigt. Hierfür werden in /BFG 2024/ Angaben zur typischen Nennleistung für Güterschiffe in Abhängigkeit der Tragfähigkeit, für Fahrgastschiffe in Abhängigkeit der Größe und für Sportboote als Standardwerte angegeben, ebenso wie zu weiteren relevanten Einflussgrößen (Fahrgeschwindigkeit, Beladungsgrad, Wassertiefe, Kurvenfahrt, Gegenverkehr), die über einen sogenannten Reibungskoeffizienten bei der Berechnung der aufzubringenden Motorleistung und der resultierenden Emissionen berücksichtigt werden. Die Berechnungsgrundlagen werden in /BFG 2024/ detailliert beschrieben. Die aufgebrauchte Motorleistung eines frei fahrenden Schiffes wird wie folgt ermittelt:

$$P(v) = P_{\text{nenn}} * f_{\text{leer}} + k * v^3$$

mit P_{nenn} = Nennleistung des Motors in kW
 f_{leer} = Leerlauffaktor

k = Reibungskoeffizient in kW / (km/h)³

v = Fahrgeschwindigkeit des Schiffs durchs Wasser in km/h

Bei Fließgewässern muss zusätzlich die Fließgeschwindigkeit bei der Berechnung der Motorleistung differenziert nach Tal- und Bergfahrt berücksichtigt werden.

Für die Fahrgeschwindigkeit wird analog zu /LOHMEYER 2019/ von 10 km/h ausgegangen, als Fließgeschwindigkeit der Spree wird 0,15 m/s angesetzt. Die Spree wird hier als Kanal eingestuft.

Standardwerte für relevante Eingangsdaten zur Emissionsberechnung sind in Tab. 5.12 ausgewiesen.

Weitere Einflüsse auf die benötigte Motorleistung z.B. durch den Beladungsgrad, der Wassertiefe, bei Kanalfahrt und durch Gegenverkehr und Kurvenfahrt wurden gemäß /BFG 2024/ über zusätzliche Modifikationen des Reibungskoeffizienten k indirekt berücksichtigt.

Tab. 5.12: Standardwerte für relevanten Eingangsdaten zur Emissionsberechnung /BFG 2024/

Schiffskategorie	Nennleistung in kW	Reibungskoeff. k in kw/(km/h) ³	Gesamtmasse in t	mittlere Tragfähigkeit in t
0 - 400 TT	200	0,104	413	200
401 - 650 TT	255	0,084	792	525,5
651 - 900 TT	330	0,073	1154	775,5
901 - 1000 TT	412	0,091	1436	950,5
1001 - 1500 TT	580	0,127	1830	1250,5
1501 - 2000 TT	750	0,116	2577	1750,5
2001 - 3500 TT	2000	0,309	3726	2750,5
> 3500 TT	3000	0,659	4787	3500
1001 - 1500 TT SV mit SL	870	0,134	2250	1250,5
1501 - 2000 TT SV mit SL	1120	0,173	3000	1750,5
2001 - 3500 TT SV mit SL	1300	0,201	3750	2750,5
3501 - 5000 TT SV mit SL	2000	0,439	5852	4250,5
5000 - 8000 TT SV mit SL	2800	0,918	8950	6500,5
8001 - 11000 TT SV mit SL	3400	1,115	13080	9500,5
> 11000 TT SV mit SL	4500	1,843	15000	11000
Standardfahrgastschiff (klein)	500	0,077	600	-
Standardfahrgastschiff (groß)	1200	0,185	900	-
Sportboot	30	0,005	50	-

TT = Tragfähigkeit in t, SV = Schubverband, SL = Schubleichter

Für die Emissionsberechnung wurde in Anlehnung an /LOHMEYER 2019/ für die Güterschiffe von einem Beladungsgrad von 54% ausgegangen.

Die Emissionsfaktoren in Tab. 5.11 werden für die Berechnung der Emissionen des Güterverkehrs verwendet. Für die Fahrgastschiffahrt, die von den Fahrten der Berliner Reedereien dominiert wird, wurden eigene Emissionsfaktoren unter Berücksichtigung der aktuellen Flottenstruktur ermittelt. Hierfür wurden die Rückmeldungen von Reedereien zur eingesetzten Schiffsflotte, ergänzt um entsprechende Angaben aus /LOHMEYER 2019/, herangezogen. Die

ermittelte Flottenzusammensetzung in Tab. 5.13 zeigt, dass der Anteil der Schiffe, die die Abgasstufe II oder besser einhalten, bei über 70% liegt. 19% der Flotte sind nachgerüstet (Partikelfilter, SCR), diese werden bezüglich der Abgasstufe wie Motoren der Abgasstufe V behandelt.

Auffallend gegenüber der Flottenstruktur in /LOHMEYER 2019/ ist, dass im Jahr 2023 bereits 14% der Flotte elektrisch betrieben wird, während im Jahr 2018 noch kein elektrisches Schiff vorhanden war.

Die Nennleistung eines mittleren Fahrgastschiffes abgeleitet aus den recherchierten Daten zur Schiffsflotte in Berlin liegt im Jahr 2023 bei 197 kW.

Tab. 5.13: Flottenstruktur 2023 der Berliner Fahrgastschiffe, abgeleitet aus Befragungsergebnissen

Hauptmaschine	Anzahl Schiffe	Anteil an Flotte 2023
Abgasstufe 0 (1980-1989)	4	9,5%
Abgasstufe 0 (1990-2002)	4	9,5%
Abgasstufe I	3	7,1%
Abgasstufe II	17	40,5%
Abgasstufe V (nachgerüstet)	8	19,0%
Elektroantrieb	6	14,3%
Summe Schiffe	42	100,0%
mittlere Leistung der Flotte in kW	197	

Um auf Basis dieser Flottenzusammensetzung Emissionsfaktoren zu berechnen, wurden die Emissionsfaktoren pro Abgasstufe aus /IFEU 2020/ herangezogen (Tab. 5.14). Die flottengewichteten Emissionsfaktoren für Fahrgastschiffe in Berlin liegen demnach, außer für HC, zwischen den Emissionsfaktoren für Binnenschiffe für die Jahre 2025 und 2030 aus Tab. 5.11.

Tab. 5.14: Emissionsfaktoren für Binnenschiffsmotoren bei 35% der maximalen Motorlast (dem mittleren Lastfaktor für Binnenschiffsmotoren in realen Fahrsituationen) differenziert nach Abgasstufen /IFEU 2020/ und daraus ermittelten mittlere Emissionsfaktoren für die Fahrgastschiffe Berlin 2023

	Emissionsfaktoren in g/kWh			
	NO _x	PM	CO	HC
vor 1970	11,00	0,60	4,50	1,10
1970-1980	11,00	0,50	4,00	0,90
1980-1989	12,88	0,33	3,12	0,51
1990-2002	11,85	0,16	1,40	0,51
2003-2006 (ZKR I)	9,27	0,13	1,40	0,51
2007-2018 (ZKR II)	7,77	0,13	1,09	0,38
2019+ (EU V) < 300 kW	3,15	0,11	1,09	0,38
2019+ (EU V) >= 300 kW	2,93	0,02	1,09	0,24
2019+ (EU V) LNG	2,93	0,02	1,09	4,73
Flotte Berlin 2023	6,76	0,13	1,18	0,36

Leistungsbezogene Emissionsfaktoren für Sportboote wurden aus Daten des UBA für Deutschland (aus TREMOD MM, vgl. Offroad-Sektor Kap. 5.4) abgeleitet. In diesen steckt implizit die Mischung von Benzin 2-Takter-, 4-Takter- und Dieselmotoren, die für die Sportboote in TREMOD MM hinterlegt ist.

In Tab. 5.15 sind die verwendeten leistungsbezogenen Emissionsfaktoren der verschiedenen Schiffskategorien zusammengefasst aufgeführt.

Tab. 5.15: Leistungsbezogene Emissionsfaktoren für die Schiffskategorien Güterschiffe/Schubboote, Fahrgastschiffe und Sportboote/Sonstige für das Emissionskataster Berlin 2023

	Emissionsfaktoren in g/kWh					
	NO _x	PM	CO	HC	CO ₂	SO ₂
Güterschiffe, Schubboote	7,95	0,19	1,35	0,47	629,5	0,0032
Fahrgastschiffe	6,76	0,13	1,18	0,36	805,0	0,0041
Sportboote, Sonstige Boote	5,20	0,98	125,55	9,98	1181,0	0,0060

Es wurde gemäß /BFG 2024/ für die Güterschiffe von einem spezifischen Kraftstoffverbrauch von 200 g Diesel pro kWh ausgegangen. In diesem spezifischen Kraftstoffverbrauch ist der Wirkungsgrad des Motors enthalten /BFG 2024/. Für die Fahrgastschiffe und die Sportboote wurden die spezifischen Kraftstoffverbräuche aus den TREMOD MM Daten /UBA 2025c/ abgeleitet und liegen bei 253 g Diesel pro kWh für die Fahrgastschiffahrt und bei 375 g Kraftstoff

pro kWh für Sportboote (darin wie auch in den Emissionsfaktoren in Tab. 5.15 steckt implizit die Mischung aus 2-Takt-, 4-Takt- und Dieselmotoren aus TREMOD MM für Sportboote).

Ermittlung der Emissionen auf dem Wasserstraßennetz 2023

Die Berechnung der Emissionen basiert wie oben beschrieben auf leistungsbezogenen Emissionsfaktoren und Angaben zur aufgebrauchten Leistung. Dazu wurde zunächst der durchschnittliche Leistungsbedarf pro Schiff (differenziert nach Güterschiffe, Schubboote, Fahrgastschiffe, Sportboote, Sonstige) wie oben beschrieben anhand verschiedener Parameter berechnet, z.B. Schiffstyp/-größe, installierte Nennleistung, Leerlauffaktor, Beladungsgrad, Wassertiefe, Geschwindigkeit über Grund, Kurvenfahrt, Gegenverkehr. Unter Berücksichtigung der Anzahl der fahrenden Schiffe und der Länge pro Streckenabschnitt wurde daraus der benötigte Leistungsbedarf in kWh und die Emissionen über leistungsbezogene Emissionsfaktoren ermittelt.

Ermittlung der Emissionen an Schleusen, Häfen und Anlegestellen

Die Ermittlung der Emissionen, die im Bereich der Schleusen und Häfen aufgrund der dort durchgeführten Fahrmanöver zusätzlich entstehen, wurden ebenfalls auf Basis der leistungsbezogenen Emissionsfaktoren durchgeführt.

Bei der Emissionsberechnung wird die Schleusendurchfahrt eines Schiffes in drei Phasen unterteilt: Die Annäherung (Abbremsvorgang), der Schleusenvorgang selbst (Hauptmaschine im Leerlauf) und das Verlassen der Schleuse (Beschleunigungsvorgang). Die drei Phasen eines Schleusungsvorganges setzen sich jeweils aus den folgenden Teilvorgängen zusammen:

- Leerlauf, bei 10% Nennmotorleistung (zum Auslaufenlassen bei der Annäherung und bei den Wartezeiten)
- Brems- und Beschleunigungsvorgänge, mit 80% Nennmotorleistung
- langsame Fahrt bei 3 km/h (in die Schleuse hinein und heraus, bei ca. 15% der Nennleistung)

In /BFG 2024/ finden sich detaillierte Angaben zu der Berechnung der Emissionen für diese Einzelphasen.

Letztendlich wurden die Emissionen durch die Schleusungen, die sich zusätzlich zu den Streckenemissionen der fahrenden Schiffe in den betroffenen Streckenabschnitten ergeben, als Punktquellen berücksichtigt

Für die Häfen, ebenfalls als zusätzliche Punktquellen berücksichtigt, wurde angenommen, dass die Schiffe langsam ein- und ausfahren und davor abgebremst und danach beschleunigt werden. Die Emissionsermittlung erfolgte unter diesen Rahmenbedingungen analog zu den Schleusen über die leistungsbezogenen Emissionsfaktoren.

Für die Anlegestellen erfolgte eine Abschätzung der Emissionen in Anlehnung an die Verhältnisse der Emissionen der fahrenden Schiffe zu den Emissionen an den Anlegestellen aus /LOHMEYER 2019/. Es wurde dabei angenommen, dass ein Bereich von knapp 100 m durch diese Manöver betroffen ist (ab ca. 40 m vor der Anlegestelle wird gebremst und ca. 40 m

nach Ablegen wird beschleunigt). Auch die Emissionen der Anlegestellen wurden als zusätzliche Punktquellen berücksichtigt.

5.2.2 Emissionen 2023

Die Berechnung der Abgas-Emissionen des Schiffsverkehrs in Berlin für das Jahr 2023 wurde auf Basis der o.g. Grundlagendaten und Emissionsfaktoren durchgeführt.

Die für die Berliner Wasserstraßen sowie den Häfen, Schleusen und Anlegestellen im Zentrum berechneten Luftschadstoffemissionen sind in Tab. 5.16 bis Tab. 5.19, differenziert nach Herkunftsbereichen, zusammengestellt.

Insgesamt wurden von dem Schiffsverkehr im Jahr 2023 in Berlin 10,6 kt CO₂, 100,5 t NO_x und 2,4 t PM₁₀ emittiert. Dominierend auf den Wasserstraßen ist vor allem die Fahrgastschiffahrt.

Tab. 5.16: Emissionen der Binnenschiffahrt in Berlin 2023, differenziert nach Herkunftsbereichen (Treibhausgase)

Nr.	Herkunftsbereich	Treibhausgase		
		Kohlenstoffdioxid in kg/a	Methan in kg/a	Distickstoffmonoxid in kg/a
01	Güterschiffe	1.969.184	35,14	26,90
02	Schubboote	832.954	14,86	11,38
03	Fahrgastschiffe	7.007.659	75,21	74,86
04	Sportboote	294.808	72,23	7,99
05	Sonstige Boote	92.097	22,56	2,50
06	Schleusen	235.949	13,54	3,80
07	Häfen	34.665	0,62	0,47
08	Anlegestellen	186.269	2,00	1,99
	Berlin	10.653.584	236,17	129,90

Tab. 5.17: Emissionen der Binnenschifffahrt in Berlin 2023, differenziert nach Herkunftsbereichen (SO₂, NO_x, NH₃, NMVOC, CO)

Nr.	Herkunftsbereich	versauernde und eutrophierende Stoffe			Ozonvorläufersubstanzen	
		Schwefeldioxid in kg/a	Stickstoffoxide in kg/a	Ammoniak in kg/a	NMVOC in kg/a	Kohlenmonoxid in kg/a
01	Güterschiffe	10,01	24.876,0	6,26	1.429	4.229
02	Schubboote	4,23	10.522,4	2,65	604	1.789
03	Fahrgastschiffe	35,34	58.846,9	17,41	3.059	10.272
04	Sportboote	1,50	1.297,7	0,50	2.418	31.341
05	Sonstige Boote	0,47	405,4	0,16	756	9.791
06	Schleusen	1,20	2.523,8	0,69	476	4.883
07	Häfen	0,2	437,9	0,11	25	74
08	Anlegestellen	0,9	1.564,2	0,46	81	273
	Berlin	53,87	100.474,4	28,23	8.849	62.652

Tab. 5.18: Emissionen der Binnenschifffahrt in Berlin 2023, differenziert nach Herkunftsbereichen (PM10, PM2.5, BC, Schwermetalle)

Nr.	Herkunftsbereich	Staub			
		PM10 in kg/a	PM2.5 in kg/a	BC in kg/a	Schwermetalle in kg/a
01	Güterschiffe	582	582	343,3	1,81
02	Schubboote	246	246	145,2	0,76
03	Fahrgastschiffe	1.132	1.132	667,7	6,36
04	Sportboote	245	245	105,4	0,12
05	Sonstige Boote	77	77	32,9	0,04
06	Schleusen	87	87	45,7	0,20
07	Häfen	10	10	6,0	0,03
08	Anlegestellen	30	30	17,7	0,17
	Berlin	2.409	2.409	1.364,0	9,49

Tab. 5.19: Emissionen der Binnenschifffahrt in Berlin 2023, differenziert nach Herkunftsbereichen (BaP, PAK; PCDD/F)

Nr.	Herkunftsbereich	persistente organische Verbindungen		
		Benzo(a)pyren in kg/a	PAK in kg/a	PCDD/F in kg/a
01	Güterschiffe	0,019	0,077	0,000000081
02	Schubboote	0,008	0,032	0,000000034
03	Fahrgastschiffe	0,066	0,269	0,000000286
04	Sportboote	0,003	0,010	0,000000138
05	Sonstige Boote	0,001	0,003	0,000000043
06	Schleusen	0,002	0,009	0,000000028
07	Häfen	0,000	0,001	0,000000001
08	Anlegestellen	0,002	0,007	0,000000008
	Berlin	0,101	0,408	0,000000620

Die räumliche Verteilung der Emissionen des Schiffsverkehrs sind für die Schadstoffe NO_x und PM₁₀ in Bild 5.9 und Bild 5.10 dargestellt. Es zeigen sich besonders hohe Beiträge auf den Wasserstraßen in Berlin Mitte, der Hauptverursacher hierfür ist die Fahrgastschifffahrt.

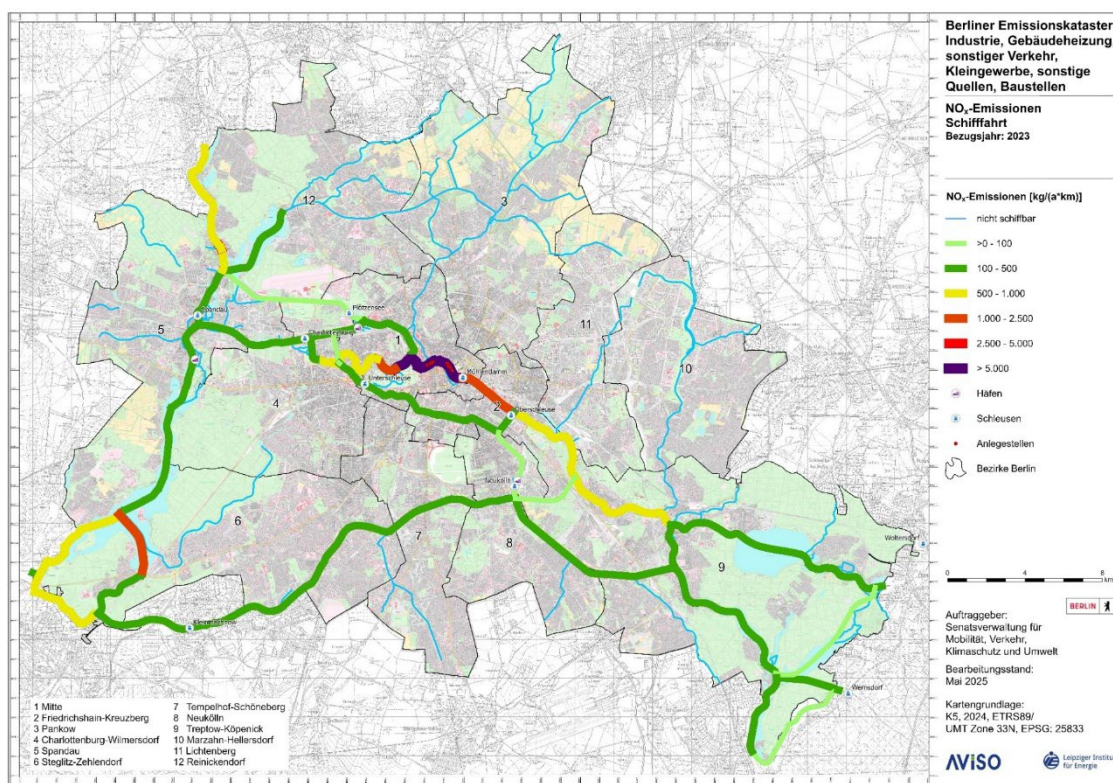


Bild 5.9: NO_x-Emissionen Schiffsverkehr Berlin 2023

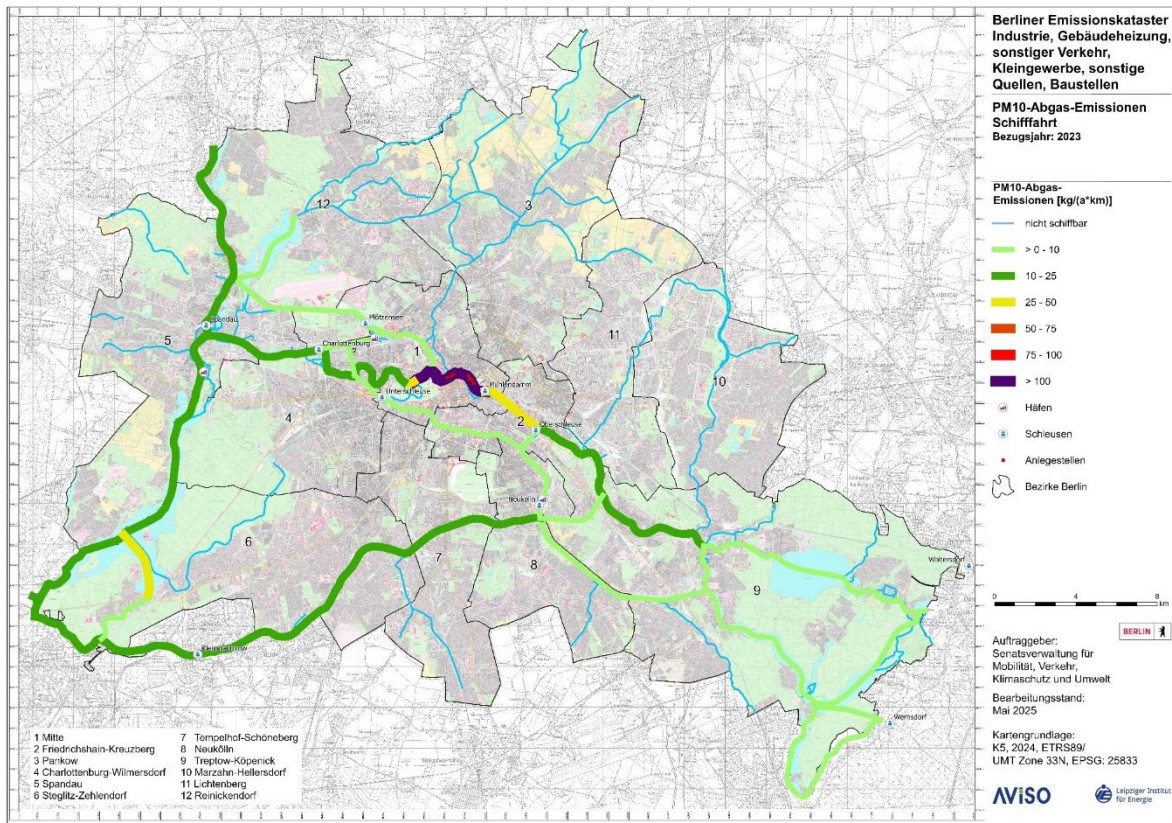


Bild 5.10: PM10-Abgas-Emissionen Schiffsverkehr Berlin 2023

Vergleich mit Emissionskataster 2012

Ein Vergleich der für das Jahr 2023 ermittelten Emissionen des Schiffsverkehr Berlin zu den Daten aus dem Emissionskataster 2012 ist in Tab. 5.20 für ausgewählte Luftschadstoffe aufgeführt.

Tab. 5.20: Emissionen ausgewählter Luftschadstoffe des Schiffsverkehrs in Berlin 2023 im Vergleich zum Emissionskataster 2012

2023	NO _x	HC	NMHC	CO	SO ₂	CO ₂	N ₂ O	CH ₄	PM10 Abgas
	in t/a	in t/a	in t/a	in t/a	in t/a	in t/a	in t/a	in t/a	
Güterverkehr Schiff	24,9	1,5	1,4	4,2	0,01	1.969	0,027	0,04	0,58
Güterverkehr Schubboote	10,5	0,6	0,6	1,8	0,00	833	0,011	0,01	0,25
Fahrgastschiffahrt	58,8	3,1	3,1	10,3	0,04	7.008	0,075	0,08	1,13
Sportboote	1,3	2,5	2,4	31,3	0,00	295	0,008	0,07	0,25
Sonstige	0,4	0,8	0,8	9,8	0,00	92	0,002	0,02	0,08
Schleusen, Häfen, Anlegest.	4,5	0,6	0,6	5,2	0,00	457	0,006	0,02	0,13
Summe	100,5	9,1	8,8	62,7	0,05	10.654	0,130	0,24	2,41
2012	253,5	70,7	68,9	210,0	0,09	17.690	0,20	1,75	9,55
2023 / 2012	-60%	-87%	-87%	-70%	-40%	-40%	-34%	-87%	-75%

Für die CO₂-Emissionen zeigt sich eine Abnahme von 40%, die sonstigen Abgas-Emissionen sind im Bereich von -34% (N₂O) und -87% (HC) gesunken. Diese Reduktionen sind überwiegend auf die allgemein geringere Anzahl von Schiffsbewegungen im Jahr 2023 und dem damit verbundenen geringeren Kraftstoffverbrauch und auf das verbesserte Emissionsverhalten der eingesetzten Schiffsflotte zurückzuführen. Daneben gab aber auch methodische Veränderungen bei der Emissionsberechnung, z.B. bei den verwendeten Datenquellen für die leistungsbezogenen Emissionsfaktoren und der Berechnungsmethodik des Leistungsbedarfs der Schiffe.

5.3 Flugverkehr

Für den Flugverkehr sind die Abgas-Emissionen des zivilen Instrumenten- und Sichtflugverkehrs im Bodennahbereich der Flughäfen bzw. Verkehrslandeplätze (LTO-Zyklus bis 3.000 ft = 915 m Höhe) relevant. Neben den LTO-Emissionen wurden auch die Emissionen ermittelt, die sich aufgrund von sonstigen Vorfeldaktivitäten ergeben.

5.3.1 Datengrundlagen

Während im Jahr 2012 noch die Flughäfen Tegel und Schönefeld im Betrieb waren, sind diese seit der Öffnung des neuen Flughafens Berlin Brandenburg im Jahr 2020 schrittweise außer Betrieb genommen worden. Die Emissionen des bodennahen Flugverkehrs für das Jahr 2023 wurden daher für den internationalen Flughafen Berlin Brandenburg und die Hubschrauberlandeplätze in Berlin ermittelt. Zur Berechnung der Emissionen wurde wie für die Ermittlung der Emissionen für das Jahr 2012 das Emissionsmodell *airTEIM3D /AVISO 2014/* eingesetzt.

Die Berechnung der Abgas-Emissionen des Flugverkehrs erfolgt mittels multiplikativer Verknüpfung von zeitabhängigen mittleren Emissionsfaktoren für die verschiedenen Phasen des Start- und Landevorganges (LTO-Zyklus) mit der Verweilzeit in der jeweiligen Phase und der Anzahl der Flugbewegungen (Starts und Landungen).

Der standardisierte LTO-Zyklus (vgl. Bild 5.11) nach der International Civil Aviation Organisation (ICAO) setzt sich aus dem Landeanflug unter 3.000 ft (ca. 915 m) (Approach), dem Rollen nach der Landung bis zur Abfertigungsposition (Taxi in) sowie dem Rollen vor dem Start bis zur Startschwelle (Taxi Out), der Startbeschleunigung bis zum Abhebepunkt (Take Off) und dem Steigflug bis zum Erreichen der Höhe von 3.000 ft (Climb Out) zusammen.

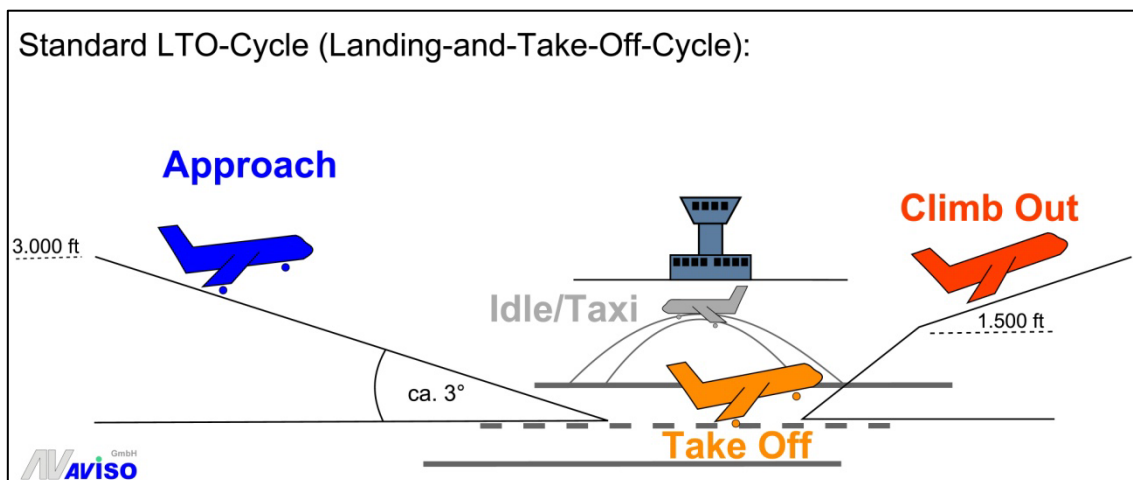


Bild 5.11: Standard LTO-Zyklus nach der International Civil Aviation Organisation (ICAO), eigene Darstellung

Infrastruktur

Basis für die Lage der Start- und Landebahnen bilden die aktuellen Flugplatzkarten der Deutschen Flugsicherung (DFS). Die Stadt- und Landebahnen wurden als Linienquellen und die An- und Abflugsektoren als trichterförmige dreidimensionale Quellen zur Berücksichtigung der Streuung der Flugrouten festgelegt. Die Rollwege und Abfertigungsprozesse wurden jeweils separaten Flächenquellen zugeordnet.

Die typische Verteilung der An- und Abflüge auf die unterschiedlichen Flugrouten zeigt Bild 5.12 (hier für das Jahr 2024).

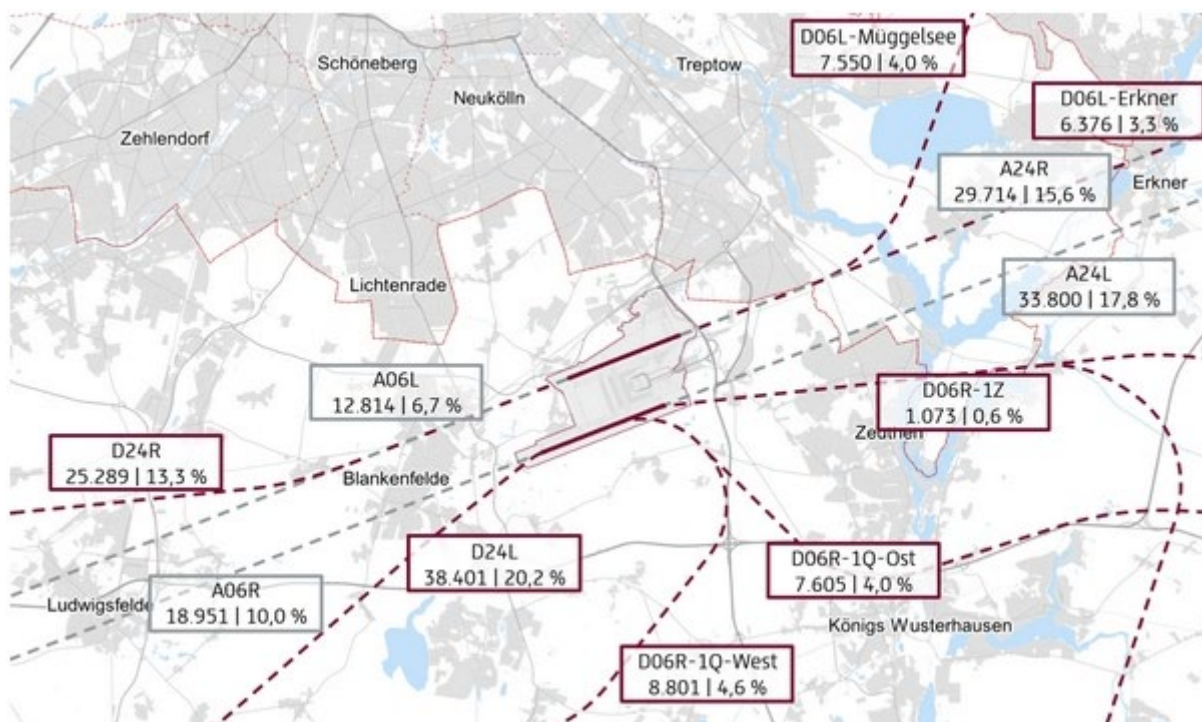


Bild 5.12: Flughafen Berlin Brandenburg /BER 2025/

Flugbewegungsdaten 2023

Vom Flughafenbetreiber Berlin Brandenburg wurden modellfeine Daten zu den Flugbewegungen aus dem Flugtagebuch zur Verfügung gestellt /BER 2024/. In aggregierter Form sind die Flugbewegungen, die den relevanten Luftfahrzeuggruppen zugewiesen wurden, in Tab. 5.21 ausgewiesen.

Da die Taxi-Zeiten stark von der Infrastruktur des Flughafens abhängen, wurden diese auch beim Flughafenbetreiber abgefragt und wurden als mittlere Taxi-In-/Out-Zeiten pro Start-/Landebahn für das Jahr 2023 zur Verfügung gestellt.

Tab. 5.21: Flugbewegungen (Starts und Landungen) am Flughafen Berlin Brandenburg im Jahr 2023 /BER 2024/

Luftfahrzeuggruppe	Anzahl Flugbewegungen BER 2023	Definition der Luftfahrzeuggruppe
H1.1	928	zivile oder militärische Hubschrauber mit einer Höchststartmasse (MTOM) über 1,0 t bis 3,0 t.
H1.2	34	zivile oder militärische Hubschrauber mit einer Höchststartmasse (MTOM) über 3,0 t bis 5,0 t.
H2.1	80	zivile oder militärische Hubschrauber mit einer Höchststartmasse (MTOM) über 5,0 t bis 10,0 t.
H2.2	44	zivile oder militärische Hubschrauber mit einer Höchststartmasse (MTOM) über 10,0 t.
P1.0	2	Ultraleichtflugzeuge
P1.3	142	Propellerflugzeuge mit einer Höchststartmasse (MTOM) bis 2 t
P1.4	981	Propellerflugzeuge mit einer Höchststartmasse (MTOM) über 2 bis 5,7 t
P2.1	3.468	Propellerflugzeuge mit einer Höchststartmasse (MTOM) über 5,7 t
S3.2	8	Strahlflugzeuge mit vier Triebwerken und einer Höchststartmasse (MTOM) über 100 t
S5.1	18.974	Strahlflugzeuge mit einer Höchststartmasse (MTOM) bis 50 t
S5.2	146.014	Strahlflugzeuge mit einer Höchststartmasse (MTOM) über 50 t bis 120 t und einem Triebwerks-Nebenstromverhältnis größer als 3 und im Jahr 1982 oder danach gebaut wurden.
S5.3	2	Strahlflugzeuge mit einer Höchststartmasse (MTOM) über 50 t bis 120 t und einem Triebwerks-Nebenstromverhältnis bis 3 im Jahr 1982 oder danach gebaut wurden.
S6.1	5.876	Strahlflugzeuge mit zwei Triebwerken und einer Höchststartmasse (MTOM) über 120 t wurden.
S6.2	20	Strahlflugzeuge mit drei oder vier Triebwerken und einer Höchststartmasse (MTOM) über 120 t bis 300 t danach gebaut wurden. Das Luftfahrzeugmuster Airbus A340 ist von dieser Gruppe ausgenommen, da es in der Gruppe S 6.3 gesondert erfasst wird.
S6.3	70	Luftfahrzeuge des Luftfahrzeugmusters Airbus A340
S7	6	Strahlflugzeuge mit drei oder vier Triebwerken und einer Höchststartmasse (MTOM) über 300 t bis 500 t
Summe	176.649	

Die modellfein vorliegenden Flugbewegungsdaten enthalten auch Angaben zu den Triebwerksbestückungen. Daraus wurden typische Triebwerksverteilungen abgeleitet. Für die Modelle mit mehr als 1.000 Starts pro Jahr (ca. 82% aller Starts) sind die ermittelten Triebwerksverteilungen in Tab. 5.22 ausgewiesen.

Tab. 5.22: Triebwerksverteilung für Modelle mit mehr als 1.000 Starts im Jahr 2023, abgeleitet aus den modellfeinen Flugbewegungsdaten /BER 2024/

Modell	Starts	Anteil Triebwerk 1 in %	Triebwerk 1	Anteil Triebwerk 2 in %	Triebwerk 2	Anteil Triebwerk 3 in %	Triebwerk 3
A320	27.928	59,4%	CFM56-5B4/3	22,0%	CFM56-5B4/P	15,0%	V2527-A5
B738	15.754	62,5%	CFM56-7B26E	21,4%	CFM56-7B26	6,1%	CFM56-7B26/3
A319	7.482	31,5%	CFM56-5B5/3	25,9%	CFM56-5B5/P	16,7%	V2524-A5
A321	6.267	66,9%	V2533-A5	16,2%	V2530-A5	10,3%	CFM56-5B1/P
A20N	3.996	64,0%	LEAP-1A26/26E1	17,3%	PW1127G-JM	14,8%	PW1127G-JM
B38M	3.734	91,5%	LEAP-1B27	4,4%	LEAP-1B28/28B1/28B2/28B3	4,1%	LEAP-1B25
A21N	3.260	38,7%	LEAP-1A35A/33/33B2/32/30	28,9%	PW1133GA-JM	20,3%	PW1133G-JM
BCS3	2.246	82,1%	PW1521G	17,9%	PW1524G	0,0%	-
E190	1.902	59,2%	CF34-10E5A1	16,4%	CF34-10E5	9,3%	CF34-10E5

Modell	Starts	Anteil Triebwerk 4 in %	Triebwerk 4	Anteil Triebwerk 5 in %	Triebwerk 5	Anteil Triebwerk 6 in %	Triebwerk 6
A320	27.928	1,5%	CFM56-5B6/3	1,1%	CFM56-5B6/P	1,0%	CFM56-5B4/2P
B738	15.754	5,1%	CFM56-7B24	3,4%	CFM56-7B24/3	1,5%	CFM56-7B24E
A319	7.482	9,6%	CFM56-5B6/P	9,3%	CFM56-5B6/3	6,9%	CFM56-5A5
A321	6.267	2,5%	CFM56-5B2/P	2,2%	CFM56-5B3/3	1,9%	CFM56-5B3/P
A20N	3.996	2,1%	PW1127GA-JM	1,7%	PW1127GA-JM	0,0%	LEAP-1A26CJ
B38M	3.734	0,0%	-	0,0%	-	0,0%	-
A21N	3.260	6,8%	PW1133G-JM	5,3%	PW1133GA-JM	0,0%	-
BCS3	2.246	0,0%	-	0,0%	-	0,0%	-
E190	1.902	7,1%	CF34-10E5A1	4,5%	CF34-10E5	3,5%	CF34-10E5

Die Flugbewegungsdaten für den sonstigen Flugverkehr, d.h. für die Hubschrauberlandeplätze, wurden aus den Daten des Statistischen Bundesamtes /GENESIS 2024/ entnommen (vgl. Tab. 5.23). Mit 7.508 Flugbewegungen im Jahr 2023 entspricht dies ca. 4% der gesamten Flugbewegungen in Berlin.

Tab. 5.23: Anzahl Flugbewegungen im gewerblichen Luftverkehr, sonstige Flugplätze /GENESIS 2024/

Flugplatz	Flugbewegungen
	Anzahl
Berlin, BG Klinikum	2.090
Berlin, Charité	556
Berlin, Humboldt-Klinikum	36
Berlin, Klinikum Benjamin Franklin	4.590
Berlin, Klinikum Buch	208
Berlin, Klinikum Neukölln	28
Summe	7.508

Emissionsfaktoren LTO-Zyklus

In der ICAO-Triebwerkdatenbank /ICAO 2024/ sind Verbrauchsfaktoren und Emissionsfaktoren differenziert nach den unterschiedlichen Phasen des LTO-Zyklus auf Triebwerksebene für die Schadstoffe NO_x, HC, CO enthalten. Diese bilden die Basis zur Ermittlung von mittleren Emissionsfaktoren wobei die modellfeinen Daten der Flugbewegungen, differenziert nach Flugzeug- und Triebwerkstypen, berücksichtigt wurden.

Für die zehn am häufigsten vorkommenden Triebwerke sind in Tab. 5.24 der Kraftstoffverbrauch in g/sec und die Emissionsfaktoren in g/ kg Kraftstoff für die 4 Teilzyklen Take Off T/O, Climb Out C/O, Approach und Idle, ausgewiesen. Insbesondere bei den HC-Emissionen zeigt sich eine große Bandbreite der spezifischen Emissionen zwischen den Triebwerken.

Tab. 5.24: Emissionsfaktoren LTO-Zyklus für ausgewählte Triebwerke /ICAO 2024/

UID	Engine	Manufacturer	HCEB				COE			
			T/O	C/O	App	Idle	T/O	C/O	App	Idle
			in g/ kg Kraftstoff				in g/ kg Kraftstoff			
3QM026	CFM56-5B4/P	CFM International	0,20	0,20	0,50	4,60	0,90	0,90	2,3	23,4
3QM027	CFM56-5B5/P	CFM International	0,20	0,20	0,70	6,20	0,90	1,00	3,4	30
01P08QM105	CFM56-5B4/3	CFM International	0,02	0,02	0,05	1,92	0,25	0,16	3,2	32,1
01P08QM106	CFM56-5B5/3	CFM International	0,03	0,03	0,08	3,55	0,15	0,20	4,9	41,8
8QM051	CFM56-7B26	CFM International	0,10	0,10	0,10	1,90	0,20	0,60	1,6	18,8
01P11QM116	CFM56-7B26E	CFM International	0,02	0,02	0,05	1,75	0,20	0,16	3,1	30,9
01P20QM128	LEAP-1A26/26E1	CFM International	0,02	0,02	0,04	0,29	0,24	0,26	2,7	21,6
1IA005	V2530-A5	International Aero Engines	0,05	0,04	0,06	0,10	0,45	0,52	1,8	11,0
3IA008	V2533-A5	International Aero Engines	0,05	0,04	0,05	0,10	0,46	0,52	1,7	9,3
01P22PW163	PW1127G-JM	Pratt & Whitney	0,07	0,07	0,06	0,46	0,27	0,36	4,9	24,5

UID	Engine	Manufacturer	NOx				Fuel Flow			
			T/O	C/O	App	Idle	T/O	C/O	App	Idle
			in g/ kg Kraftstoff				in g/ sec			
3QM026	CFM56-5B4/P	CFM International	28,0	23,2	10,0	4,3	1,13	0,94	0,31	0,10
3QM027	CFM56-5B5/P	CFM International	21,9	18,5	8,7	3,8	0,89	0,74	0,26	0,09
01P08QM105	CFM56-5B4/3	CFM International	21,6	17,2	8,9	4,2	1,14	0,94	0,32	0,10
01P08QM106	CFM56-5B5/3	CFM International	16,4	14,0	8,0	3,8	0,89	0,74	0,26	0,09
8QM051	CFM56-7B26	CFM International	28,8	22,5	10,8	4,7	1,22	1,00	0,34	0,11
01P11QM116	CFM56-7B26E	CFM International	21,8	17,1	8,9	4,3	1,21	0,99	0,33	0,11
01P20QM128	LEAP-1A26/26E1	CFM International	30,8	13,4	8,8	4,6	0,86	0,71	0,24	0,09
1IA005	V2530-A5	International Aero Engines	33,8	27,1	10,1	5,0	1,33	1,08	0,38	0,14
3IA008	V2533-A5	International Aero Engines	36,5	28,7	10,8	5,2	1,43	1,14	0,39	0,14
01P22PW163	PW1127G-JM	Pratt & Whitney	20,8	17,0	10,6	5,2	0,80	0,67	0,23	0,08

Seit der Version V28 der ICAO-Datenbank werden dort zusätzlich auch Emissionsfaktoren für die non-volatilen Partikel (nvPM⁹ und nvPN) angegeben. Dies erfolgt zunächst nur für einen Teil der dort enthaltenen Triebwerke und wird zukünftig stetig erweitert. Aktuell wurden daher die Partikel-Emissionsfaktoren ebenso wie die Emissionsfaktoren der weiteren hier betrachteten Luftschadstoffe über geeignete Literaturwerte ergänzt /IIR 2025, EEA 2023/.

⁹ nvPM = emitted particles that exist at a gas turbine engine exhaust nozzle exit plane that do not volatilize when heated to a temperature of 350° /ICAO 2024/

Emissionen aus Vorfeldaktivitäten

Neben den Emissionen des bodennahen Flugverkehrs wurden zusätzlich die Emissionen aus Aktivitäten auf dem Vorfeld auf dem Flughafengelände ermittelt. Es werden die folgenden flugzeugbezogenen Aktivitäten betrachtet:

- Hilfstriebwerke APU (auxiliary power unit)
- Fahrzeugverkehr und sonstiger Geräteeinsatz auf dem Vorfeld (GSE, ground support equipment), einschließlich Bodenstromversorgungssystemen GPU (ground power unit)
- Betankung von Flugzeugen
- Triebwerkstarts

Als Aktivitätsdaten zur Abschätzung der Vorfeldemissionen dienen Angaben zum Einsatz der betrachteten Systeme. Dies sind z. B. Einsatzzeiten oder der Kraftstoffverbrauch. Da Detailinformationen hierzu in der Regel nicht vorliegen, wurden typische Verbrauchs- und Emissionskennwerte verwendet, die aus Literaturdaten abgeleitet wurden /ICAO 2020, FAA 2024, UBA 2019, ULTRAFLEB 2025/.

Flugzeuge mit Strahlantrieb und Turboprops sind im Allgemeinen mit Hilfsturbinen (APUs) ausgerüstet. Diese dienen zur Energiebereitstellung während der Abfertigung am Boden, wenn die Haupttriebwerke ausgeschaltet sind. Zum einen wird Energie für die Versorgung der elektrischen Systeme benötigt, zum anderen wird abhängig von den Witterungsverhältnissen Energie für klimatisierte Luft zum Beheizen oder Kühlen benötigt. APUs werden immer zumindest für den Start der Triebwerke benötigt. An den Abstellpositionen ist auch die Nutzung von externen Systemen zur Stromerzeugung (GPUs) für die sonstige Stromversorgung möglich, so dass dann die APUs ggfs. nicht benötigt werden und ausgeschaltet werden können.

GPUs stellen im Bereich der Abfertigung den Flugzeugen Strom bereit. Es handelt sich um mobile Systeme, die an verschiedenen Abstellpositionen eingesetzt werden können. Bei größeren Flughäfen, wie auch am Flughafen Berlin Brandenburg, sind häufig die Gate-Positionen mit stationären Bodenstromversorgungssystemen (SGP Stationary Ground Power) ausgestattet, teilweise auch mit einer stationären Klimaversorgung (PCA Pre-Conditioned Air System) und GPUs werden nur an den Außenpositionen eingesetzt.

Zur Abfertigung der Flugzeuge auf dem Vorfeld werden verschiedene Geräte und Fahrzeuge eingesetzt, z.B. Crewbusse, Gepäckförderbänder, Lastkarren, Bussen, Hebebühnen, Tankwagen, Wartungsfahrzeuge, Flugzeugschlepper. Diese werden als vorfeldseitiger Fahrzeugverkehr und sonstiger Geräteeinsatz (GSE Ground Support Equipment) auf dem Vorfeld zusammengefasst betrachtet und hierfür neben den Abgasemissionen auch Abriebemissionen (analog zum Straßenverkehr) ermittelt.

Beim Kraftstoffhandling auf dem Vorfeld entstehen Verdunstungen (Emissionen von Kohlenwasserstoffen) beim Tanklagerumschlag, z.B. beim Befüllen von Tanklagern oder Tankfahrzeugen, sowie bei der unmittelbaren Betankung der Flugzeuge. Zur Ermittlung der Verdunstungsemissionen wurde ein vereinfachter Ansatz zugrunde gelegt, der davon ausgeht, dass

am Flughafen Berlin Brandenburg aufgrund der unterirdisch verlegten Versorgungssysteme nur beim Betanken der Flugzeuge entsprechende Emissionen auftreten.

Beim Starten von Triebwerken wird unverbranntes Kerosin freigesetzt. Auch diese Emissionen wurden abgeschätzt und den Vorfeldemissionen zugeordnet.

Vom Flughafenbetreiber Berlin wurden für die Ermittlung der Vorfeldemissionen die im Jahr 2023 an den drei Betriebstankstellen abgegebenen Kraftstoffmengen zur Verfügung gestellt. Es wurde angenommen, dass diese überwiegend für den Einsatz der auf dem Vorfeld eingesetzten Fahrzeuge und Geräte, einschließlich der GPUs, verwendet wurden.

5.3.2 Emissionen 2023

Die Berechnung des Kraftstoffverbrauchs und der Abgas-Emissionen vom Flugverkehr in Berlin für das Jahr 2023 erfolgte auf Basis der o.g. Grundlagendaten und Emissionsfaktorendatensätze. Es wurden sowohl die bodennahen Emissionen aus dem LTO-Zyklus (entlang der An- und Abflugtrichter und der Taxi-in und Taxi-out Bereiche) als auch die Vorfeld-Emissionen ermittelt.

Die für die den Flugverkehr in Berlin berechneten Luftschadstoff-Emissionen 2023 sind in den nachfolgenden Tabellen zusammengestellt. Die Emissionen des Vorfeldverkehrs sind darin enthalten und haben einen Anteil an den Gesamt-Emissionen von bis zu 10 %, außer für NMVOC (Anteil 44%) und PM10 (Anteil 36%).

Im Jahr 2023 wurden in Berlin auf dem Flughafen Berlin Brandenburg sowie den Hubschrauberlandeplätzen im bodennahen Bereich bis 3.000 ft insgesamt 57,7 t Kraftstoff verbraucht und 204,7 kt CO₂-Emissionen freigesetzt.

Auffällig bei den Hubschrauberlandeplätzen ist, dass diese 4 % aller Starts aufweisen, jedoch mit einem Anteil von 0,5 % an den CO₂-Emissionen nicht ins Gewicht fallen. Dies ist dem grundlegend unterschiedlichen Treibstoffverbrauch von Flugzeugen und Hubschraubern geschuldet.

Es wurden durch den bodennahen Flugverkehr in Berlin im Jahr 2023 893,8 t NO_x-Emissionen und 84,4 t NMHC-Emissionen freigesetzt.

















Tab. 5.25: Emissionen des bodennahen Flugverkehrs (bis 3.000 ft) in Berlin 2023 in kg/a (Treibhausgase)

Nr.	Herkunftsbereich	Treibhausgase		
		Kohlenstoffdioxid in kg/a	Methan in kg/a	Distickstoffmonoxid in kg/a
01	Flughafen Berlin Brandenburg			
	LTO	181.823.398	4.810	5.763
	APU	17.129.718	845	
	GSE	3.193.873	42	
	sonst. Vorfeldverkehr	1.633.666	25	57
	Triebw erkstarts			
	Betankung Flugzeuge			
02	sonstige Flugplätze Berlin	934.113	272	30
	Summe Flughäfen	203.780.654	5.721	5.820
	Summe Flugplätze	934.113	272	30
	Berlin	204.714.767	5.993	5.849

Tab. 5.26: Emissionen des bodennahen Flugverkehrs (bis 3.000 ft) in Berlin 2023 in kg/a (SO₂, NO_x, NH₃, NMVOC, CO)

Nr.	Herkunftsbereich	versauernde und eutrophierende Stoffe		Ozonvorläufersubstanzen	
		Schw efeldioxid in kg/a	Stickstoffoxide in kg/a	NMVOC in kg/a	Kohlenmonoxid in kg/a
01	Flughafen Berlin Brandenburg				
	LTO	48.452,6	827.262,6	43.286	532.658
	APU	4.567,9	35.336,4	7.605	43.226
	GSE	1,7	22.676,9	1.703	8.722
	sonst. Vorfeldverkehr	8,8	6.679,5	135	2.005
	Triebw erkstarts			22.996	
	Betankung Flugzeuge			6.105	
02	sonstige Flugplätze Berlin	236,6	1.874,1	2.446	7.936
	Summe Flughäfen	53.031,1	891.955,5	81.829,2	586.610,8
	Summe Flugplätze	236,6	1.874,1	2.445,9	7.936,3
	Berlin	53.267,8	893.829,6	84.275,1	594.547,1

Tab. 5.27: Emissionen des bodennahen Flugverkehrs (bis 3.000 ft) in Berlin 2023 in kg/a (PM10, PM2.5, BC, BaP)

Nr.	Herkunftsbereich	Staub			Persist. Org. Verb.
		PM10 in kg/a	PM2.5 in kg/a	BC in kg/a	Benzo(a)pyren in kg/a
01	Flughafen Berlin Brandenburg				
	LTO	 5.053	 5.053	 1.732,6	 1,482
	APU	 1.535	 1.535	 163,1	 0,275
	GSE	 1.308	 1.308	 196,2	 0,057
	sonst. Vorfeldverkehr	 550	 165	 29,8	 0,009
	Triebw erkstarts				
	Betankung Flugzeuge				
02	sonstige Flugplätze Berlin	43	43	9,3	0,085
	Summe Flughäfen	8.446,2	8.060,9	2.121,8	1,824
	Summe Flugplätze	43,1	43,1	9,3	0,085
	Berlin	8.489	8.104	2.131	1,908

Vergleich mit Emissionskataster 2012

Ein Vergleich der für das Jahr 2023 ermittelten Emissionen des Flugverkehrs Berlin zu den Daten aus dem Emissionskataster 2012 ist in Tab. 5.28 für ausgewählte Luftschadstoffe aufgeführt. Bei der Gegenüberstellung ist zu beachten, dass in Jahr 2012 die beiden Flughäfen Berlin Tegel und Berlin Schönefeld im Betrieb waren, im Jahr 2023 nur noch der neue Flughafen Berlin Brandenburg. Bezüglich der Anzahl der Starts auf diesen Flughäfen zeigt sich für das Jahr 2023 mit 88.324 Starts ein deutlicher Rückgang (-27%) gegenüber dem Jahr 2012 mit 121.437 Starts.

Tab. 5.28: Emissionen ausgewählter Luftschadstoffe des Flugverkehrs in Berlin 2023 im Vergleich zum Emissionskataster 2012

2023	NO _x in t/a	HC in t/a	NMHC in t/a	CO in t/a	SO ₂ in t/a	CO ₂ in t/a	CH ₄ in t/a	PM10 in t/a
Flughafen Berlin Brandenburg								
LTO	827,3	48,1	43,3	532,7	48,5	181.823,4	4,8	5,1
Vorfeld	64,7	39,5	38,5	54,0	4,6	21.957,3	0,911	3,394
Flugplätze Berlin	1,9	2,7	2,4	7,9	0,2	934,1	0,272	0,043
Summe	893,8	90,3	84,3	594,5	53,3	204.714,8	6,0	8,5
2012	1.227,9	140,2	132,4	634,1	16,8	232.149,0	7,8	12,9
2023 / 2012	-27%	-36%	-36%	-6%	216%	-12%	-23%	-34%

Für die CO₂-Emissionen zeigt sich eine Abnahme von 12%, die Reduktionen der sonstigen Abgas-Emissionen (außer SO₂) liegen im Bereich von -6% (CO) und --36% (HC). Diese Reduktionen sind auf die geringere Anzahl der Starts, dem damit verbundenen geringeren Kraftstoffverbrauch und der veränderten Flottenzusammensetzung zurückzuführen.

Die deutliche Zunahme bei den SO₂-Emissionen beruht auf einem aktualisierten Emissionsfaktor für das Jahr 2023. Es wurde im IIR für Deutschland der SO₂-Emissionsfaktor für Kerosin erhöht, da aufgrund neuerer Erkenntnisse nicht mehr davon ausgegangen wird, dass der Schwefelgehalt von Kerosin seit 1990 deutlich abgenommen hat. Es wird jetzt der von Euro-control verwendete Emissionsfaktor angesetzt.

5.4 Offroad-Verkehr

Der Offroad-Verkehr im Emissionskataster Berlin umfasst die folgenden Teilsektoren:

- **Landwirtschaft:** mobile Geräte und Maschinen, die in der Landwirtschaft eingesetzt werden, z.B. Zugmaschinen, Traktoren, Mähdrescher, Radlader;
- **Forstwirtschaft:** mobile Geräte und Maschinen, die in der Forstwirtschaft eingesetzt werden, z.B. Forstschlepper, Vollernter, Entrindungsanlagen, Motorsägen;
- **Industrie / Werkverkehr, ohne Bausektor:** mobile Geräte und Maschinen, die im industriellen Bereich eingesetzt werden, z.B. dieselbetriebene Stapler oder Generatoren;
- **Gartenpflege / Hobby:** mobile Geräte und Maschinen, die im privaten Bereich eingesetzt werden, z.B. benzinbetriebene Rasenmäher, Motorsägen, Trimmer, Laubbläser, etc.;
- **Öffentliche Grünflächen:** mobile Geräte und Maschinen, die in der professionellen Grünpflege eingesetzt werden, z.B. benzinbetriebene Rasenmäher, Motorsägen, Trimmer, Laubbläser, etc.;
- **Militär:** mobile Geräte und Maschinen, die an militärischen Standorten in Berlin eingesetzt werden

Diese Teilsektoren sind den NFR-Sektoren NFR-Code 1 A 4 c ii (agriculture/forestry/fishing: off-road vehicles & other machinery), NFR-Code 1 A 2 g vii (mobile combustion in manufacturing industries and construction), NFR-Code 1 A 4 c ii (agriculture/forestry/fishing: off-road vehicles & other machinery), NFR-Code 1 A 4 b ii (residential: household and gardening, mobile), NFR-Code 1 A 4 a ii (commercial / institutional: mobile) zuzuordnen.

Der Beitrag des Offroad-Verkehrs zu den Gesamtemissionen im Emissionskataster 2012 betrug maximal 11% für CO, für die meisten Luftschadstoffe lag der Anteil unter 1%. Dies zeigt die vergleichsweise geringe Relevanz dieses Sektors für Berlin.

Die Emissionen des Teilsektor Bauwirtschaft werden separat im Kap.6 betrachtet.

5.4.1 Datengrundlagen

Die Emissionen von Motoren in mobilen Maschinen und Geräten sind durch die 28. BImSchV geregelt. Die Grenzwerte sind bei Dieselmotoren nach Leistungsklassen und bei Ottomotoren nach Hubraumklassen differenziert. Bis Ende der 90ziger Jahre waren die Abgasemissionen dieser Motoren nicht limitiert, damit hat deren Begrenzung deutlich später eingesetzt als für Fahrzeuge im Straßenverkehr. Seitdem wurden die Abgasgrenzwerte stufenweise verschärft, wobei sich die Einführungszeitpunkte der einzelnen Stufen für Diesel- und Ottomotoren und verschiedene Leistungsklassen unterscheiden. Die aktuelle Stufe V wurde im Jahr 2019 eingeführt.

Wesentliche Grundlagen für die Ermittlung der Emissionen des Offroad-Sektors auf nationaler Ebene finden sich in den Untersuchungen des Schweizer BAFU Non-road-Datenbank /BAFU 2025/ und des Umweltbundesamtes (TREMOMM /UBA 2020/).

Die Abgasemissionen werden gemäß /UBA 2020/ nach der sogenannten „Bestandsmethode“ berechnet. Dazu wurde eine umfassende Ermittlung der Bestände von mobilen Maschinen und Geräten für die relevanten Teilsektoren für Deutschland durchgeführt, die kontinuierlich fortgeschrieben wird. Für jeden Maschinentyp wurde berücksichtigt, welche Motoren (Leistungsklasse / Hubraumklasse) eingesetzt werden und deren mittlere Nennleistung, jährliche Betriebsstunden und typische Lastfaktoren erfasst. Außerdem wurde pro Motorklasse eine Altersstruktur bestimmt, die relevant ist im Hinblick auf eine Zuordnung zur Emissionsstufe. Ergänzend wurde in Abhängigkeit des Alters eine Abnahme der Nutzungsintensität der Maschinen unterstellt. Letztendlich wurde pro Teilsektor und Maschinentyp auf Basis dieser Daten der jährliche Leistungsbedarf ermittelt.

Im Weiteren wurden spezifische leistungsbezogene Emissionsfaktoren in g/kWh für die Emissionsberechnungen verwendet, die auf Basis umfangreicher Recherchen zu Messdaten und unter Berücksichtigung der Verschärfung der Grenzwertstufen für mobile Maschinen und Geräte abgeleitet wurden. Es wird in /UBA 2020/ darauf hingewiesen, dass die verwendeten Datengrundlagen teilweise alt, die Unsicherheiten recht hoch sind und ein großer Bedarf an einer umfassenden Aktualisierung dieser Daten besteht.

Grundsätzlich ist es für den Offroad-Sektor schwierig, differenzierte Aktivitätsdaten (z.B. jährliche Einsatzstunden der mobilen Geräte und Maschinen in den Teilsektoren) auf regionaler Ebene zu erheben und auf dieser Basis gemäß dem Ansatz der Bestandsmethodik Kraftstoffverbrauch und Abgasemissionen zu berechnen. Daher wurden im Rahmen des Emissionskatasters 2012 für jeden Teilsektor spezifische Verbrauchsfaktoren bezogen auf geeignete Indikatorgrößen zur Berechnung des Kraftstoffverbrauchs und auf den Kraftstoffverbrauch bezogenen Emissionsfaktoren zur Berechnung der Abgasemissionen verwendet.

Für die Fortschreibung des Emissionskatasters auf das Jahr 2023 wurden zunächst diese Verbrauchs- und Emissionsfaktoren aktualisiert. Wesentliche Datenbasis hierzu stellen die Daten aus dem Modell TREMOD MM des UBA für den Offroad-Sektor für Deutschland dar.

Emissionen des Offroad-Sektors für Deutschland (TREMOMM 6.61)

Das Modell TREMOD MM wurde von ifeu Heidelberg im Auftrag des Bundesumweltamtes seit 2004 entwickelt. In der Veröffentlichung /UBA 2020/ ist eine vollständige Dokumentation aller dafür verwendeten Daten zusammengestellt. In TREMOD-MM werden die Emissionen der folgenden Offroad-Kategorien für Deutschland, ermittelt:

- Landwirtschaft
- Bauwirtschaft
- Forstwirtschaft
- Haushalt und Garten (Grünpflege privat und professionell)
- Fahrgastschiffe und Sportboote
- Industrie / Sonstige

In TREMOD-MM werden die mobilen Maschinen betrachtet, die üblicherweise Arbeitsgeräte sind und damit nicht dem Transport dienen (Ausnahme Fahrgastschiffe und Sportboote). Emissionen der sonstigen „klassischen“ Off-road-Sektoren wie Schiene, Schiff (Güterverkehr), und Flugverkehr werden in separaten TREMOD-Modulen behandelt. Es werden in TREMOD-MM aktuell die direkten Abgasemissionen für BC, CH₄, CO, CO₂, HC, NMHC, N₂O, NH₃, NO_x, Partikel (Abgas) und SO₂ berechnet. Zusätzlich werden der Kraftstoffverbrauch und die Maschinenleistung ausgewiesen.

Vom Umweltbundesamt wurden die aktuellen Emissionsdaten aus TREMOD MM Version 6.61, differenziert nach Offroad-Kategorie, Geräte-/Maschinentyp und Kraftstoffart zur Verfügung gestellt /UBA 2025c/.

In Tab. 5.29 ist die Entwicklung des Kraftstoffverbrauchs (Diesel, Benzin, Flüssiggas) der mobilen Maschinen in Deutschland von 2012 bis 2023 und 2030 aus /UBA 2025c/ aufgeführt.

Im Jahr 2023 dominieren für Deutschland die Sektoren Landwirtschaft und Bauwirtschaft den Kraftstoffverbrauch des Offroad-Sektors. Für diese beiden Sektoren und auch für die Forstwirtschaft werden Zunahme des Kraftstoffverbrauchs prognostiziert. Für die Teilsektoren Industrie und Garten/Hobby zeigen sich Abnahmen des Kraftstoffverbrauchs von 2012 bis 2023.

Tab. 5.29: Kraftstoffverbrauch der mobilen Maschinen und Geräte in Deutschland 2012, 2023 und 2030 (ohne Strom) nach TREMOD MM 6.61 /UBA 2025c/

Sektor	Kraftstoffart		2012	2023	2030	2023 / 2012	2030 / 2012
gesamt	KV gesamt	t/a	4.183.465,0	4.609.181,7	4.748.077,3	10,2%	13,5%
	Diesel	t/a	3.943.692,2	4.386.909,9	4.546.632,6	11,2%	15,3%
	Flüssiggas	t/a	96.216,9	83.941,8	72.550,9	-12,8%	-24,6%
	Benzin 4T	t/a	106.739,1	107.260,8	104.743,0	0,5%	-1,9%
	Benzin 2T	t/a	36.816,9	31.069,2	24.150,7	-15,6%	-34,4%
Baumaschinen	KV gesamt	t/a	1.636.304,8	1.769.186,5	1.834.193,2	8,1%	12,1%
	Diesel	t/a	1.613.969,6	1.745.465,1	1.809.600,2	8,1%	12,1%
	Benzin 4T	t/a	22.335,2	23.721,4	24.593,1	6,2%	10,1%
Landwirtschaft	KV gesamt	t/a	1.813.737,8	2.098.455,7	2.216.486,7	15,7%	22,2%
	Diesel	t/a	1.813.737,8	2.098.455,7	2.216.486,7	15,7%	22,2%
Forstwirtschaft	KV gesamt	t/a	114.756,6	156.073,7	153.570,3	36,0%	33,8%
	Diesel	t/a	104.134,8	143.969,3	143.969,3	38,3%	38,3%
	Benzin 2T	t/a	10.621,8	12.104,3	9.601,0	14,0%	-9,6%
Industrie	KV gesamt	t/a	453.786,4	427.054,7	393.220,4	-5,9%	-13,3%
	Diesel	t/a	357.569,5	343.112,9	320.669,5	-4,0%	-10,3%
	Flüssiggas	t/a	96.216,9	83.941,8	72.550,9	-12,8%	-24,6%
Garten-Hobby	KV gesamt	t/a	97.845,3	88.908,2	81.614,1	-9,1%	-16,6%
	Benzin 4T	t/a	74.312,2	71.022,9	67.064,3	-4,4%	-9,8%
	Benzin 2T	t/a	23.533,1	17.885,3	14.549,8	-24,0%	-38,2%
Schiffe (Fahrgast und Sport)	KV gesamt	t/a	67.034,1	69.503,0	68.992,5	3,7%	2,9%
	Diesel	t/a	54.280,5	55.906,9	55.906,9	3,0%	3,0%
	Benzin 4T	t/a	10.091,7	12.516,5	13.085,6	24,0%	29,7%
	Benzin 2T	t/a	2.661,9	1.079,6	0,0	-59,4%	-100,0%

Die Entwicklung der Emissionen des gesamten Offroad-Verkehrs von 2012 bis 2023 und 2030 für Deutschland ist in sind in Tab. 5.30 ausgewiesen. Wie der Kraftstoffverbrauch steigen auch die CO₂-, N₂O-, NH₃- und SO₂-Emissionen von 2012 bis 2023 und weiter bis 2030 leicht an. Für die HC-, CO-, NO_x- und Partikelemissionen werden von 2012 bis 2023 Abnahmen im Bereich von -21% bis -50% und bis 2030 von Abnahmen im Bereich von -78% prognostiziert. Die Ursache ist vor allem im verbesserten Abgasverhalten aufgrund strengerer Grenzwerte und in den Verschiebungen von Benzin (2T, 4T) und Flüssiggas zu Diesel zu sehen.

Tab. 5.30: Emissionen der mobilen Maschinen und Geräte in Deutschland 2012, 2023 und 2030 in t/a nach TREMOD MM /UBA 2025c/

		2012	2023	2030	2023/2012	2030/2012
KV	t/a	4.183.465,0	4.609.181,7	4.748.077,3	10,2%	13,5%
	Diesel t/a	3.943.692,2	4.386.909,9	4.546.632,6	11,2%	15,3%
	Flüssiggas t/a	96.216,9	83.941,8	72.550,9	-12,8%	-24,6%
	Benzin 4T t/a	106.739,1	107.260,8	104.743,0	0,5%	-1,9%
	Benzin 2T t/a	36.816,9	31.069,2	24.150,7	-15,6%	-34,4%
BC	t/a	6.304,9	3.228,1	1.389,7	-48,8%	-78,0%
CH4	t/a	970,4	562,7	397,9	-42,0%	-59,0%
CO	t/a	228.495,1	181.096,7	133.598,0	-20,7%	-41,5%
CO2	t/a	13.274.711,4	14.630.656,7	15.074.802,2	10,2%	13,6%
HC	t/a	32.522,6	21.325,5	15.864,9	-34,4%	-51,2%
N20	t/a	523,1	577,7	596,5	10,5%	14,0%
NH3	t/a	30,1	33,2	34,2	10,3%	13,8%
NMHC	t/a	31.552,2	20.762,8	15.467,0	-34,2%	-51,0%
NOx	t/a	98.829,7	62.925,6	39.917,5	-36,3%	-59,6%
PM	t/a	9.986,3	5.015,4	2.476,0	-49,8%	-75,2%
SO2	t/a	67,2	74,0	76,2	10,1%	13,3%

Ermittlung des Kraftstoffverbrauchs Berlin

Im Rahmen der Erstellung des Emissionskatasters 2012 wurden für die verschiedenen Off-road-Teilsektoren spezifische Verbrauchswerte bezogen auf geeignete Indikatorgrößen aus vorliegenden Daten für Nordrhein-Westfalen auf Berlin übertragen. Für den Teilsektor öffentliche Grünpflege wurden spezifische Verbrauchswerte auf Basis der Ergebnisse einer direkten Befragung in Berlin abgeleitet.

Aktuell wurden für das Jahr 2023 die Daten aus TREMOD MM, die vom UBA sehr differenziert zur Verfügung gestellt worden waren, ausgewertet, um für jeden hier relevanten Offroad-Teilsektor spezifische Kraftstoffverbrauchswerte bezogen auf geeignete Indikatoren abzuleiten (Top-down-Ansatz). Es wurden hierzu die folgenden statistischen Indikatorgrößen verwendet:

- Landwirtschaft: Landwirtschaftliche Fläche
- Forstwirtschaft: Gesamte Waldfläche
- Industrie: Anzahl der Beschäftigten im Verarbeitenden Gewerbe

Für die Teilsektoren Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Industrie wurde über diese spezifischen Verbrauchswerte der Kraftstoffverbrauch für Berlin bestimmt. Die Verbrauchsfaktoren pro Teilsektor enthalten implizit die typische Aufteilung des Kraftstoffverbrauchs auf die Kraftstoffarten Diesel, Benzin 2-Takter, Benzin 4-Takter und Flüssiggas (LPG), wie sie in den Daten in TREMOD MM für Deutschland berücksichtigt sind (vgl. Tab. 5.29).

Für den Teilsektor Grünpflege professionell war für das Emissionskataster 2012 zur Ermittlung des Kraftstoffverbrauchs in Berlin eine Befragung bei Bezirksämtern durchgeführt worden. Auf Basis der Stichprobe, für die Daten vorlagen, wurden spezifischen Verbrauchsfaktoren pro November 2025

Maschinenart ermittelt und für die Berechnungen 2012 verwendet. Im Rahmen der Aktualisierung wurden für den Teilsektor Grünpflege die Berlin-spezifischen Verbrauchswerte 2012 unter Berücksichtigung der relativen Entwicklung aus TREMOD MM auf das Jahr 2023 fortgeschrieben. Ebenso wurde für den Teilsektor Militär der Kraftstoffverbrauch 2012 in Anlehnung an die Entwicklung der Dienstposten in Berlin auf das Jahr 2023 fortgeschrieben.

Emissionsfaktoren

Für die Teilsektoren Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Industrie wurden die nationalen Abgas-Emissionen für Deutschland aus TREMOD-MM differenziert nach Teilsektoren und Kraftstoffart (Diesel/Otto) ausgewertet und daraus für das Jahr 2023 kraftstoffbezogene Emissionsfaktoren pro Teilsektor abgeleitet.

Für die öffentlichen Grünflächen wurden im Rahmen der Erstellung des Emissionskatasters 2012 Emissionsfaktoren aus der BAFU Non-road-Datenbank pro Geräte-/Maschinentyp Emissionen berechnet. Aus diesen Daten wurden mittlere kraftstoffbezogene Emissionsfaktoren berechnet und mit der Entwicklung aus TREMOD MM auf das Jahr 2023 fortgeschrieben.

Für die Emissionsfaktoren des Teilsektors Militär wurde auf die Emissionsfaktoren der Schweizer Non-road-Datenbank zurückgegriffen.

Bezüglich der zusätzlichen Abschätzung der PM10-Emissionen durch Aufwirbelung und Abrieb wurde analog zum Emissionskataster 2015 orientiert an den Verhältnissen im Straßenverkehr ein Faktor 5 bezogen auf die PM10-Abgemissionen angenommen.

Für die Luftschadstoffe Benzol (C₆H₆), BAP, PAK, PCDD/F und Schwermetalle liegen aus TREMOD MM keine Daten vor. Daher wurden aus den Angaben im IIR Deutschland /IIR 2025/ für Benzol Anteilswerte an HC und für BAP, PAK, PCDD/F und die Schwermetalle kraftstoffbezogene Emissionsfaktoren übernommen.

5.4.2 Emissionen 2023

Der Kraftstoffverbrauch und die Emissionen des Offroad-Verkehrs für Berlin 2023 wurden auf Basis der beschriebenen Datengrundlagen ermittelt. Der Kraftstoffverbrauch sowie die NMVOC-, CO-, NO_x- und PM10-Emissionen und deren Verteilung auf die einzelnen Offroad-Kategorien sind in Tab. 5.31 und Bild 5.13 dargestellt. Der gesamte Kraftstoffverbrauch des Sektors liegt bei 10.097 t/a. Den größten Anteil am Kraftstoffverbrauch und auch den NO_x- und PM10-Abgas-Emissionen hat der Offroad-Sektor Industrie. Zu den NMVOC- und CO-Emissionen trägt der Sektor Gartenpflege/Hobby am meisten bei. Ursache hierfür ist, dass in diesem Bereich ausschließlich Ottokraftstoff (4-Takt- und 2-Takt-Motoren) eingesetzt wird, während in allen anderen Offroad-Kategorien (ausgenommen Militär) der Diesel-Anteil am Kraftstoffeinsatz deutlich überwiegt.

Tab. 5.31: Kraftstoffverbrauch und NMVOC-, CO-, NO_x- und PM10-Abgas-Emissionen des Offroad-Verkehrs in Berlin 2023

2023	Kraftstoffverbrauch	NO _x	HC	CO	PM10 Abgas	PM10 Abriebe
	in t/a	in t/a	in t/a	in t/a	in t/a	in t/a
Landwirtschaft	413,3	7,1	1,0	4,9	0,7	3,6
Forstwirtschaft	230,4	1,4	2,9	13,5	0,1	0,7
Industrie	7.119,4	135,6	14,0	48,5	4,3	21,4
Haushalt/Garten Grünpflege privat	761,5	4,8	42,4	779,7	0,0	0,0
Haushalt/Garten Grünpflege professionell	853,7	7,1	19,4	140,8	0,1	0,5
Militär	818,6	9,0	10,4	209,4	0,1	0,5
Summe	10.196,9	165,0	90,1	1.196,8	5,3	26,5

2023	Kraftstoffverbrauch	NO _x	HC	CO	PM10 Abgas	PM10 Abriebe
Landwirtschaft	4,1%	4,3%	1,1%	0,4%	13,5%	13,5%
Forstwirtschaft	2,3%	0,9%	3,2%	1,1%	2,5%	2,5%
Industrie	69,8%	82,2%	15,6%	4,1%	80,6%	80,6%
Haushalt/Garten Grünpflege privat	7,5%	2,9%	47,1%	65,1%	0,0%	0,0%
Haushalt/Garten Grünpflege professionell	8,4%	4,3%	21,5%	11,8%	1,7%	1,7%
Militär	8,0%	5,4%	11,6%	17,5%	1,7%	1,7%
Summe	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

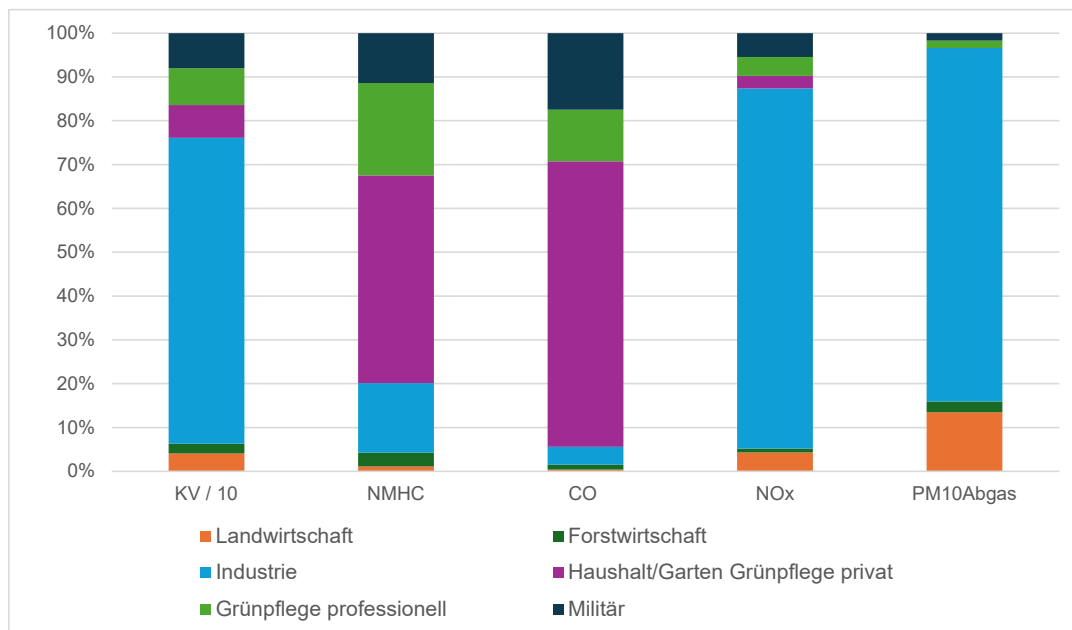


Bild 5.13: Verteilung des Kraftstoffverbrauchs und der NMVOC-, CO-, NO_x- und PM10-Abgas-Emissionen auf die einzelnen Teilsektoren des Offroad-Verkehrs in Berlin 2023

Die für Berlin insgesamt ermittelten Emissionen pro Offroad-Teilsektor wurden über geeignete Verteilparameter auf die Stadtbezirke verteilt. Dies erfolgte, wie im Emissionskataster 2012, über die folgenden Indikatorgrößen, die pro Stadtbezirk vorliegen.

- Landwirtschaft: Landwirtschaftliche Fläche
- Forstwirtschaft: Gesamte Waldfläche
- Industrie: Anzahl der Beschäftigten im Verarbeitenden Gewerbe
- Gartenpflege/Hobby: Wohnfläche
- Öffentliche Grünflächen: Summe aus Fläche Grünanlage und Friedhofsfläche
- Militär: Anzahl der Dienstposten





































Innerhalb der Stadtbezirke wurden die Emissionen den entsprechenden Flächen gemäß der Landnutzungsdaten zugewiesen (Flächenquellenebene).



















In Tab. 5.32 bis Tab. 5.34 sind die Emissionen des Offroad-Verkehrs in Berlin, differenziert nach Stadtbezirken und Kategorien, aufgeführt. Auch hier zeigt sich, dass je nach Schadstoff die größten Beiträge zu den Emissionen entweder durch den Sektor Industrie oder den Sektor Gartenpflege/Hobby verursacht werden.

Aus den hier betrachteten Sektoren des Offroad-Verkehrs werden in Berlin 2023 insgesamt 165 kt NO_x und 32 kt PM₁₀ (davon entfallen 5,3 t auf die PM₁₀-Abgas-Emissionen) emittiert.

Die räumliche Verteilung der NO_x, PM₁₀ und NMVOC-Emissionen auf Bezirksebene zeigen Bild 5.14 bis Bild 5.16. Die höchsten Emissionsdichten sind in den Stadtbezirken Friedrichshain-Kreuzberg, Tempelhof-Schöneberg und Neukölln zu verzeichnen.

Tab. 5.32: Emissionen des Offroad-Verkehrs in Berlin 2023 (Treibhausgase)

Nr.	Stadtbezirk	Treibhausgase		
		Kohlenstoffdioxid in kg/a	Methan in kg/a	Distickstoffmonoxid in kg/a
1	Mitte	 1.999.200	 254	 76
2	Friedrichshain-Kreuzberg	 1.478.801	 128	 60
3	Pankow	 2.997.912	 559	 104
4	Charlottenburg-Wilmersdorf	 1.606.822	 316	 57
5	Spandau	 4.688.587	 526	 183
6	Steglitz-Zehlendorf	 2.149.151	 535	 73
7	Tempelhof-Schöneberg	 3.871.768	 430	 152
8	Neukölln	 3.003.713	 409	 114
9	Treptow -Köpenick	 3.518.336	 647	 128
10	Marzahn-Hellersdorf	 1.895.863	 442	 64
11	Lichtenberg	 1.435.482	 291	 49
12	Reinickendorf	 3.419.776	 503	 130
	Berlin	32.065.412	5.039	1.189

Nr.	Herkunftsbereich	Treibhausgase		
		Kohlenstoffdioxid in kg/a	Methan in kg/a	Distickstoffmonoxid in kg/a
01	Landwirtschaft	 1.313.882	 23	 52
02	Forstwirtschaft	 731.630	 172	 29
03	Industrie	 22.365.470	 545	 971
04	Gartenpflege/Hobby	 2.391.968	 2.046	 47
05	öffentliche Grünflächen	 2.689.681	 1.514	 27
06	Militär	 2.572.781	 739	 63
	Berlin	32.065.412	5.039	1.189

Tab. 5.33: Emissionen des Offroad-Verkehrs in Berlin 2023 (SO₂, NO_x, NH₃, NMVOC, CO)

Nr.	Stadtbezirk	versauernde und eutrophierende Stoffe			Ozonvorläufersubstanzen	
		Schwefeldioxid in kg/a	Stickstoffoxide in kg/a	Ammoniak in kg/a	NMVOC	Kohlenmonoxid in kg/a
1	Mitte	9,9	10.792	4,4	4.132	52.561
2	Friedrichshain-Kreuzberg	7,6	8.380	3,4	2.304	28.499
3	Pankow	14,3	14.532	6,0	9.233	130.799
4	Charlottenburg-Wilmersdorf	7,8	7.796	3,3	5.163	73.710
5	Spandau	23,6	25.435	10,6	9.117	116.230
6	Steglitz-Zehlendorf	10,4	9.785	4,2	9.087	143.384
7	Tempelhof-Schöneberg	19,6	21.365	8,8	7.467	98.157
8	Neukölln	15,0	16.133	6,6	6.977	95.941
9	Treptow-Köpenick	17,3	16.963	7,4	10.731	147.263
10	Marzahn-Hellersdorf	9,1	9.060	3,7	7.423	116.835
11	Lichtenberg	6,8	6.914	2,8	4.670	67.354
12	Reinickendorf	17,2	17.852	7,5	8.759	126.107
	Berlin	158,5	165.006	68,8	85.061	1.196.840





































Nr.	Herkunftsbereich	versauernde und eutrophierende Stoffe			Ozonvorläufersubstanzen	
		Schwefeldioxid in kg/a	Stickstoffoxide in kg/a	Ammoniak in kg/a	NMVOC	Kohlenmonoxid in kg/a
01	Landwirtschaft	6,6	7.085	3,0	940	4.919
02	Forstwirtschaft	3,7	1.441	1,7	2.690	13.490
03	Industrie	118,4	135.614	55,9	13.476	48.533
04	Gartenpflege/Hobby	12,1	4.791	3,0	40.350	779.703
05	öffentliche Grünflächen	4,7	7.089	1,5	17.898	140.810
06	Militär	13,0	8.987	3,8	9.707	209.386
	Berlin	158,5	165.006	68,8	85.061	1.196.840

















Tab. 5.34: Emissionen des Offroad-Verkehrs in Berlin 2023 (PM10, PM2.5, BC, Schwermetalle)

Nr.	Stadtbezirk	Staub			
		PM10 in kg/a	PM2.5 in kg/a	BC in kg/a	Schw ermetalle in kg/a
1	Mitte	1.890	315	231	0,199
2	Friedrichshain-Kreuzberg	1.516	253	186	0,088
3	Pankow	3.854	642	437	0,482
4	Charlottenburg-Wilmersdorf	1.349	225	160	0,282
5	Spandau	5.199	867	620	0,431
6	Steglitz-Zehlendorf	1.640	273	192	0,458
7	Tempelhof-Schöneberg	3.846	641	471	0,321
8	Neukölln	2.858	476	350	0,321
9	Treptow -Köpenick	3.161	527	365	0,642
10	Marzahn-Hellersdorf	1.510	252	182	0,347
11	Lichtenberg	1.578	263	182	0,237
12	Reinickendorf	3.399	567	406	0,409
	Berlin	31.801	5.300	3.782	4,216

Nr.	Herkunftsbereich	Staub			
		PM10 in kg/a	PM2.5 in kg/a	BC in kg/a	Schw ermetalle in kg/a
01	Landw irtschaft	4.288	715	463	0,016
02	Forstw irtschaft	781	130	51	0,456
03	Industrie	25.644	4.274	3.167	0,220
04	Gartenpflege/Hobby	0	-	-	1,608
05	öffentliche Grünflächen	542	90	55	1,917
06	Militär	546	91	45	-
	Berlin	31.801	5.300	3.782	4,216

Tab. 5.35: Emissionen des Offroad-Verkehrs in Berlin 2023 (BaP, PAK; PCDD/F)

Nr.	Stadtbezirk	persistente organische Verbindungen		
		Benzo(a)pyren in kg/a	PAK in kg/a	PCDD/F in g/a
1	Mitte	 0,015	 58,79	 0,000057
2	Friedrichshain-Kreuzberg	 0,011	 44,28	 0,000036
3	Pankow	 0,024	 91,06	 0,000110
4	Charlottenburg-Wilmersdorf	 0,012	 46,15	 0,000060
5	Spandau	 0,036	 142,32	 0,000131
6	Steglitz-Zehlendorf	 0,017	 59,94	 0,000091
7	Tempelhof-Schöneberg	 0,030	 115,48	 0,000104
8	Neukölln	 0,023	 89,16	 0,000089
9	Treptow-Köpenick	 0,027	 103,97	 0,000133
10	Marzahn-Hellersdorf	 0,015	 53,03	 0,000074
11	Lichtenberg	 0,011	 41,67	 0,000054
12	Reinickendorf	 0,026	 100,99	 0,000107
	Berlin	0,248	946,84	0,001047

Nr.	Herkunftsbereich	persistente organische Verbindungen		
		Benzo(a)pyren in kg/a	PAK in kg/a	PCDD/F in g/a
01	Landwirtschaft	 0,012	 0,051	 0,000029
02	Forstwirtschaft	 0,007	 0,028	 0,000058
03	Industrie	 0,172	 0,700	 0,000398
04	Gartenpflege/Hobby	 0,030	 0,069	 0,000234
05	öffentliche Grünflächen	 0,027	 0,100	 0,000240
06	Militär	-	-	 0,000087
	Berlin	0,248	0,947	0,001047

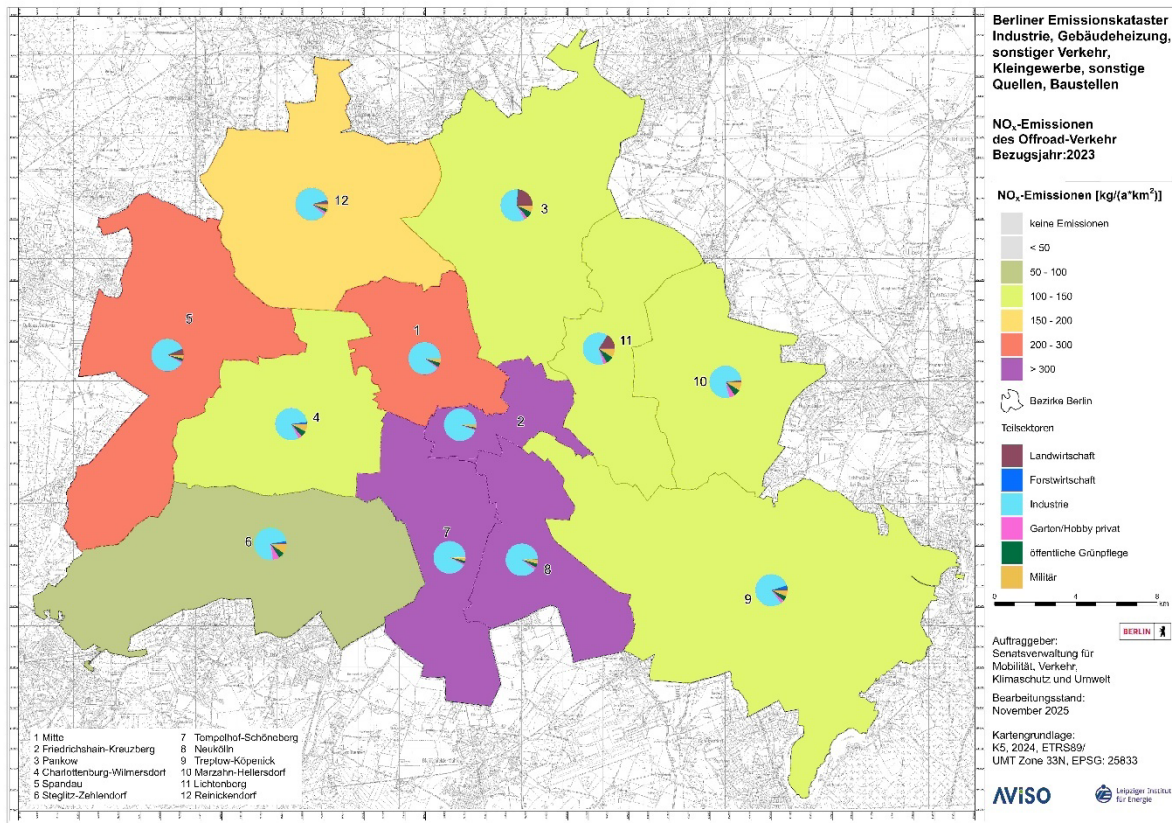


Bild 5.14: NO_x-Emissionen Offroad-Verkehr Berlin 2023

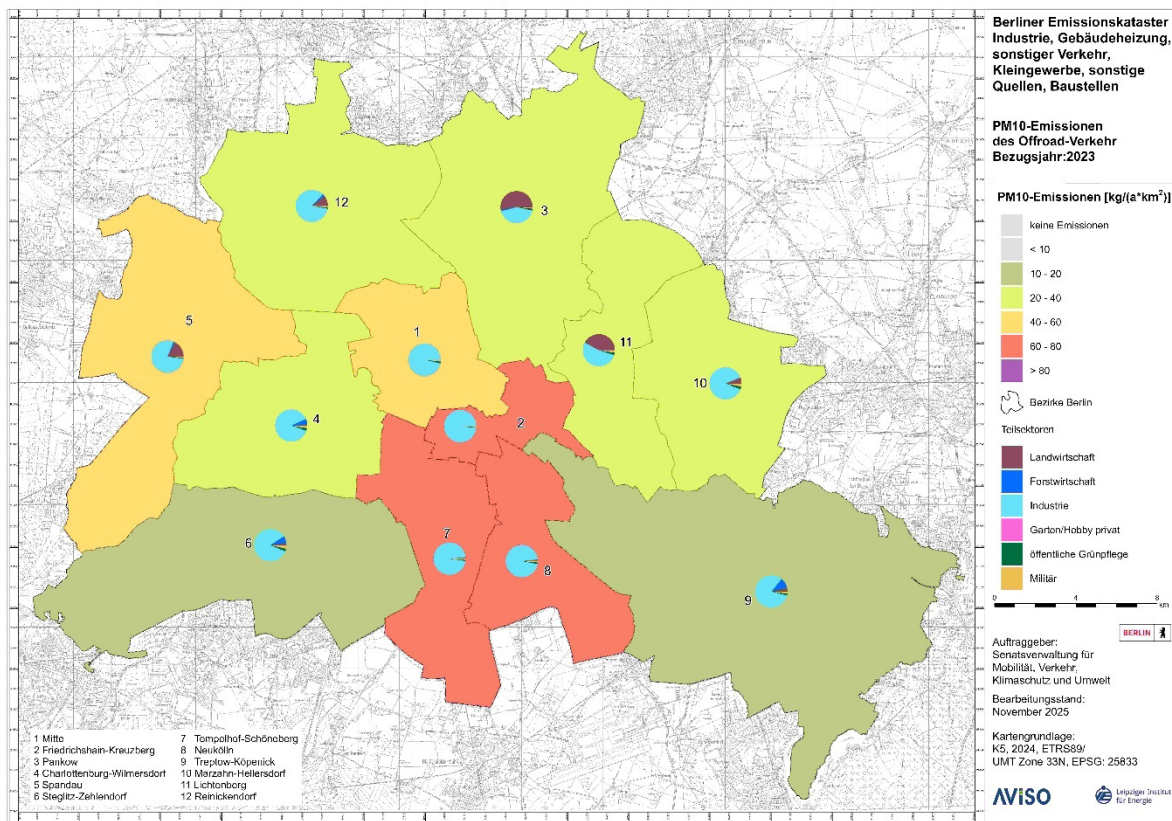


Bild 5.15: PM10-Emissionen Offroad-Verkehr Berlin 2023

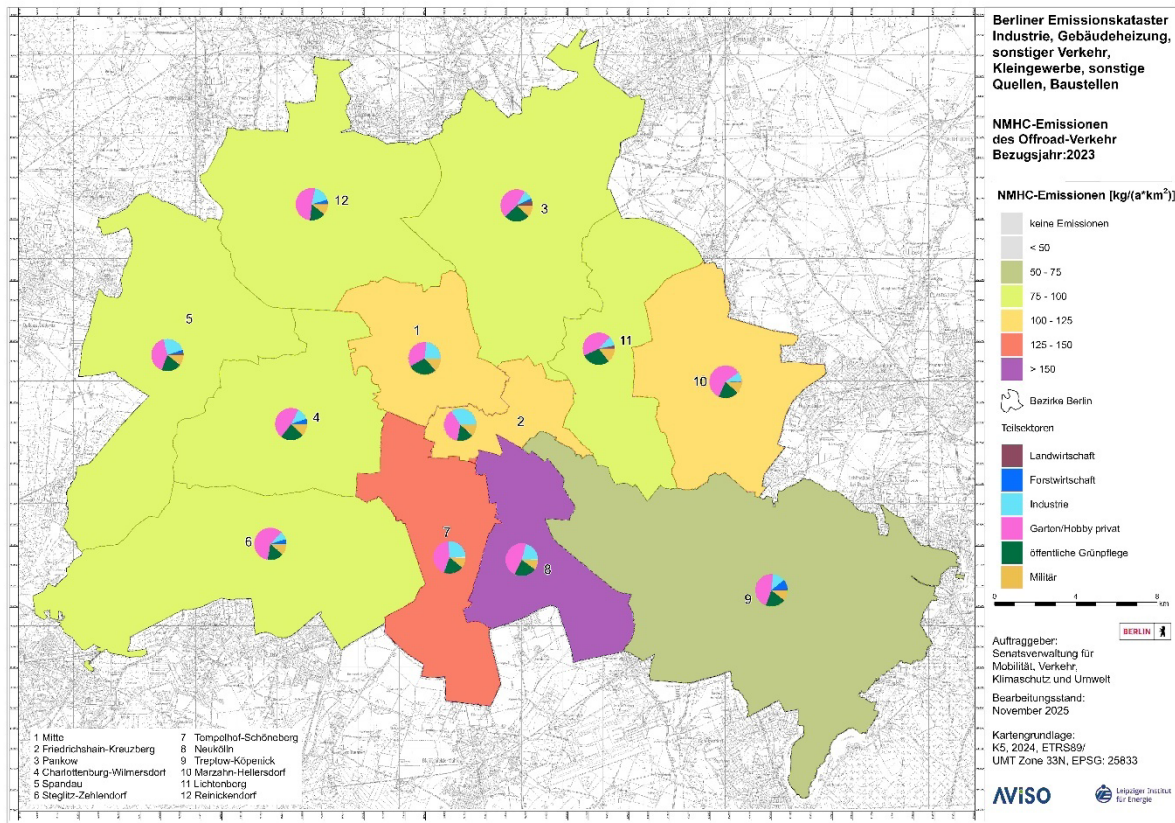


Bild 5.16: NMVOC-Emissionen Offroad-Verkehr Berlin 2023

Vergleich mit dem Emissionskataster 2012

Ein Vergleich des für das Jahr 2023 berechneten Kraftstoffverbrauchs und ausgewählter Emissionen des Offroad-Verkehrs Berlin zu den Daten aus dem Emissionskataster 2012 ist in Tab. 5.36 aufgeführt.

Tab. 5.36: Kraftstoffverbrauch und Emissionen ausgewählter Luftschadstoffe des Offroad-Verkehrs in Berlin 2023 im Vergleich zum Emissionskataster 2012

	KV	NO _x	HC	NMHC	CO	N ₂ O	CH ₄	PM _{2,5} Abgas
	in t/a	in t/a	in t/a	in t/a	in t/a	in t/a	in t/a	in t/a
Kataster 2023	10.197	165	90	85	1.197	1,2	5,0	5,3
Kataster 2012	12.567	211	139	131	1.821	1,4	8,2	9,5
2023 / 2012	-18,9%	-21,8%	-35,3%	-35,1%	-34,3%	-15,9%	-38,7%	-44,5%

Für den Kraftstoffverbrauch zeigt sich eine Abnahme von 20%. Dies ist zum einen auf die entsprechenden Entwicklungen in den Teilspektoren zurückzuführen, dominiert von Teilspektor Industrie. Zusätzlich wird diese Abnahme auch von methodischen Änderungen und

Aktualisierungen überlagert, die insgesamt zu etwas höheren Abnahmen geführt haben als in Tab. 5.29 für Deutschland ausgewiesen.

Die Reduktionen der Emissionen liegen im Bereich von -22% (NO_x) bis -45% (PM_{2,5}-Abgas). Diese spiegeln zusätzlich die Verbesserung des Abgasverhaltens der Maschinen wieder. Aber auch hier überlagern sich methodische Änderungen, da die aktuellen Emissionsfaktoren auf Basis der TREMOD-Daten abgeleitet wurden und die des Emissionskatasters 2012 überwiegend auf Basis von BAFU-Daten.

5.5 Bewertung der Unsicherheiten

Die Unsicherheiten für die berechneten Emissionen der verschiedenen Teilsektoren des Sonstigen Verkehrs in Berlin ergeben sich aus den Unsicherheiten der jeweils verwendeten Aktivitätsdaten und Emissionsfaktoren.

Schieneverkehr

Für den Schienenverkehr wurden die Emissionen bei der DB Umwelt AG auf Basis von Fahrleistungen und baureihenspezifischen Emissionsfaktoren differenziert nach Personen- und Güterverkehr ermittelt. Die Güte der verwendeten Aktivitätsdaten wird mit Gütestufe A bewertet, die der Abgas-Emissionsfaktoren mit dem Gütestufe B (für die abgeleiteten Schadstoffe Gütestufe C), und die der Emissionsfaktoren für Abrieb ebenfalls mit Gütestufe C. Insgesamt ergibt sich damit eine Gütestufe B-C für die Emissionen.

Schiffsverkehr

Die Ermittlung der Emissionen des Schiffsverkehrs beruht auf Daten zu den Schiffsbewegungen differenziert nach Güterverkehr (Güterschiffe und Schubboote), Personenschiffahrt (Fahrgastschiffe), Sportboote und sonstigen Boote. Diese Daten liegen zum Einen aus den Schleusenstatistiken vor und wurden ergänzend durch Auswertung von Fahrplänen für die Fahrgastschiffahrt ermittelt. Die Güte dieser Aktivitätsdaten wird mit der Gütestufe B bewertet.

Die verwendeten Emissionsfaktoren basieren im Wesentlichen auf Literaturdaten und wurden unter Berücksichtigung der verschiedenen Schiffskategorien daraus abgeleitet. Die Güte dieser Emissionsfaktoren wird mit der Gütestufe C eingeschätzt.

Insgesamt ergibt sich damit die die berechneten Emissionen eine Gütestufe von C.

Flugverkehr

Die Ermittlung der Emissionen des Flugverkehrs basiert auf detaillierten Angaben aus dem Flugtagebuch des Flughafens Berlin zu den Starts und Landungen im Jahr 2023. Die Daten für den sonstigen Flugverkehr wurden öffentlichen Statistiken entnommen, spielen aber für die Gesamtemissionen nur eine geringe Rolle. Die Güte dieser Aktivitätsdaten wird mit der Gütestufe A bewertet.

Die verwendeten Emissionsfaktoren basieren im Wesentlichen auf der aktuellen ICAO-Datenbank, die triebwerksfeine Daten enthält, und können mit der Gütestufe B eingestuft werden. Typische Triebwerksverteilungen, die aus den Flugtagebuch-Daten für Berlin abgeleitet worden sind, wurden bei der Emissionsberechnung berücksichtigt.

Entsprechend werden die ermittelten Emissionen mit der Gütestufe A-B bewertet.

Offroad-Verkehr

Die Indikatorgrößen, die verwendet wurden, um über einen Top-down-Ansatz den Kraftstoffverbrauch für Berlin zu berechnen, liegen auf Bezirksebene vor und können auf dieser Ebene gemäß des Bewertungsschemas (vgl. Tab. 2.2) wie folgt bewertet werden:

- Landwirtschaft: landwirtschaftliche Fläche, Gütestufe A
- Forstwirtschaft: gesamte Waldfläche, Gütestufe A
- Industrie: Anzahl Beschäftigte in Bergbau und Verarbeitendem Gewerbe, Gütestufe A
- Gartenpflege/Hobby: Gebäude- und Freifläche Wohnen, Gütestufe A
- Öffentliche Grünflächen: Erholungsfläche Grünanlage und Friedhofsfläche, Gütestufe A
- Militär: Anzahl Dienstposten, Gütestufe A

Diese Indikatorgrößen sind als Hilfsgrößen zur Berechnung des Kraftstoffverbrauchs zu verstehen. Die eigentlichen Aktivitätsdaten sind die Betriebsstunden der eingesetzten Geräte und Maschinen, die nicht zur Verfügung stehen.

Die Unsicherheit des über den Top-down-Ansatz für Berlin ermittelten Kraftstoffverbrauchs pro Teilsektor wird mit der Gütestufe B-C eingeschätzt, da bereits für die Ermittlung des Kraftstoffverbrauchs für Deutschland eine Vielzahl von Annahmen und Schätzungen vorgenommen werden mussten /UBA 2020/.

Des Weiteren wurden aus den Daten für Deutschland aus TREMOD MM kraftstoffbezogene Emissionsfaktoren abgeleitet, die zur Berechnung der Emissionen für Berlin auf Basis des vorab ermittelten Kraftstoffverbrauchs verwendet wurden. Bei diesem Vorgehen wird unterstellt, dass die relativen Strukturen der Mengengerüste für Deutschland weitestgehend auch für Berlin Gültigkeit haben. Dies betrifft sowohl die Fahrzeug-/Geräte- und Maschinenflottenzusammensetzungen, deren Abgasverhalten als auch die Einsatzbedingungen.

Die Abgas-Emissionsfaktoren bilden implizit die charakteristischen Bestandsstrukturen, Einsatzzeiten, Lastfaktoren etc. pro Teilsektor ab und werden mit der Gütestufe C-D bewertet. Die PM10-Emissionsfaktoren für Aufwirbelung und Abrieb sind als Abschätzung zu verstehen und entsprechen daher der Gütestufe E.

Die Unsicherheit der ermittelten Emissionen der hier betrachteten Sektoren des Offroad-Verkehrs in Berlin insgesamt bzw. auf der Ebene der Stadtbezirke hängt maßgeblich von der Güte der verwendeten Emissionsfaktoren ab und liegt im Bereich der Gütestufen C-E.

6 Bausektor

Im Bausektor werden eine Reihe von Aktivitäten durchgeführt, die zu Emissionen führen, dies sind insbesondere:

1. NMVOC-Emissionen durch Produktanwendung z.B. von Farben, Lacken, ...
2. Abgasemissionen der auf Baustellen eingesetzten mobilen Maschinen
3. Staub- und Feinstaubemissionen durch Aufwirbelung und Abrieb der mobilen Maschinen, aber auch durch weitere Bautätigkeiten (Bodenbearbeitung, Kernbohrungen, Abbrucharbeiten, ...)

Die im ersten Punkt genannten Emissionen werden in diesem Emissionskataster, wie auch sonst üblich, nicht der Quellgruppe „Baustellen“, sondern den „Lösemittelanwendungen“ zugeordnet. Die im zweiten Punkt genannte Bestimmung der Abgasemissionen aus mobilen Maschinen wurde analog zur Methodik beim Emissionskataster 2012 durchgeführt und ist in Abschnitt 6.1 beschrieben.

Bei den im dritten Punkt genannten Emissionen sind die Unsicherheiten besonders hoch, daher wurde dazu gesondert recherchiert. Die Rechercheergebnisse zur Bestimmungsmethodik von Staub- und Feinstaubemissionen durch Aufwirbelung und Abrieb auf Baustellen werden in den Abschnitt 6.2 beschrieben.

6.1 Abgasemissionen der Baumaschinen

Emissionen verursacht durch den Einsatz von mobilen Geräten und Maschinen in der Bauwirtschaft sind dem Bereich Offroad-Verkehr (vgl. Kap. 3) zuzuordnen, werden hier aber in dem separaten Kapitel zum Bausektor als Teilsektor behandelt.

Die mobilen Baumaschinen, die zum größten Teil dieselbetrieben sind, werden im Straßen-, Hoch- und Tiefbau eingesetzt und variieren je nach Einsatzgebiet stark in ihrer Größe und Leistung.

Dieser Teilsektor ist dem NFR-Code 1 A 2 g vii (mobile combustion in manufacturing industries and construction) zuzuordnen.

6.1.1 Datengrundlagen

Die Abgasemissionen von Baumaschinen sind auf nationaler Ebene gut untersucht und dokumentiert. Die Berechnung der nationalen Emissionen von Baumaschinen erfolgt für Deutschland mit TREMOD-MM nach der sogenannte Bestandsmethode, d.h. auf Basis der Anzahl der Maschinen und Geräte, deren mittlere Nennleistung, der Betriebsstunden, einem typischen Lastfaktor und leistungsbezogenen Emissionsfaktoren /UBA 2020/. Da schon auf Bundesebene keine geeigneten Statistiken zum Bestand der im Bausektor eingesetzten Maschinen

und Geräte vorliegt, die in regelmäßigen Abständen veröffentlicht werden, wurden von IFEU für TREMOD-MM verschiedene andere Datenquellen aufwändig ausgewertet, um eine Abschätzung für die nationalen Bestandsdaten daraus abzuleiten. Emissionen durch Abrieb und Aufwirbelung beim Betrieb der Baumaschinen werden in TREMOD-MM nicht ausgewiesen.

Die Ergebnisse für Deutschland aus der aktuellen Datenbereitstellung des UBA aus TREMOD MM für die Offroad-Sektoren, incl. dem Einsatz mobiler Baumaschinen, wurden bereits in Kap. 5.4 beschrieben.

Ermittlung des Kraftstoffverbrauchs Berlin

Im Emissionskataster 2012 wurde der spezifische Kraftstoffverbrauch für die mobilen Maschinen und Geräte pro Beschäftigtem im Baugewerbe (differenziert nach Baugewerbe-Untergruppen) über die Auswertung einer Umfrage zum Energieverbrauch im Baugewerbe /ISI 2013/ ermittelt. Zusätzlich wurde die Anzahl der auf Berliner Baustellen Beschäftigten (Berliner Unternehmen und auswärtiger Unternehmen) aus Daten zum Gesamtbauvolumen in Berlin abgeschätzt. Der über diesen Ansatz berechnete Kraftstoffverbrauch Berlin für das Jahr 2012 wurde auf das Jahr 2023 fortgeschrieben. Hierfür wurde die relative Entwicklung des Kraftstoffverbrauchs für die (fossil betriebenen) mobilen Maschinen und Geräte im Baugewerbe für Deutschland aus TREMOD MM auf das Jahr 2023 berücksichtigt.

Es ergibt sich nach diesem Ansatz ein Kraftstoffverbrauch von 46,9 t für das Jahr 2023, der vom Dieselverbrauch mit 98% dominiert wird. Dies entspricht einer Zunahme des Kraftstoffverbrauchs von 8% gegenüber dem Jahr 2012.

Emissionsfaktoren

Im Emissionskataster 2012 wurden kraftstoffbezogene Emissionsfaktoren auf Basis der in der BAFU Non-road-Datenbank erfassten Daten zu den Baumaschinen und ihren typischen jährlichen Einsatzstunden, Lastfaktoren etc. abgeleitet. Aktuell wurden die Daten aus TREMOD MM zum Kraftstoffverbrauch und den Emissionen für Deutschland analog zu den anderen Offroad-Sektoren herangezogen, um für das Jahr 2023 kraftstoffbezogene Emissionsfaktoren für den Teilsektor Baumaschinen abzuleiten. Es handelt sich dabei ausschließlich um Abgasemissionen, auch für den Feinstaub (PM₁₀). Sonstige Staubemissionen aus Bautätigkeiten werden im nachfolgenden Teilkapitel behandelt.

Für die Luftschadstoffe Benzol (C₆H₆), BAP, PAK, PCDD/F und Schwermetalle liegen aus TREMOD MM keine Daten vor. Daher wurden aus den Angaben im IIR Deutschland /IIR 2025/ für Benzol Anteilswerte an HC und für BAP, PAK, PCDD/F und die Schwermetalle kraftstoffbezogene Emissionsfaktoren übernommen.

6.1.2 Emissionen 2023

Die Emissionen der im Baugewerbe eingesetzten mobilen Maschinen und Geräte für Berlin 2023 wurden auf Basis der beschriebenen Datengrundlagen ermittelt.

Die Emissionsberechnung erfolgte für Berlin gesamt. Zur räumlichen Verteilung auf die Stadtbezirke wurden Daten zu den Baugenehmigungen und Baufertigstellungen 2023 verwendet.

In Tab. 6.1 bis Tab. 6.4 sind die Emissionen differenziert nach Stadtbezirken und Herkunftsbereichen aufgeführt. Es wurden durch diesen Teilsektor im Jahr 2023 151,9 kt CO₂-Emissionen, 442,5 t NO_x-Emissionen und 22,4 t PM₁₀-Abgas-Emissionen freigesetzt. Die Beiträge durch den Einsatz benzinbetriebener Geräte und Maschinen ist dabei sehr gering. Dagegen dominiert deren Einsatz die CO- und NMVOC-Emissionen.

Die räumliche Verteilung der PM₁₀ Abgas-Emissionen zeigt das nachfolgende Bild. Die höchsten Emissionsdichten sind in den Stadtbezirken Mitte, Marzahn-Hellersdorf und Lichtenberg zu verzeichnen.

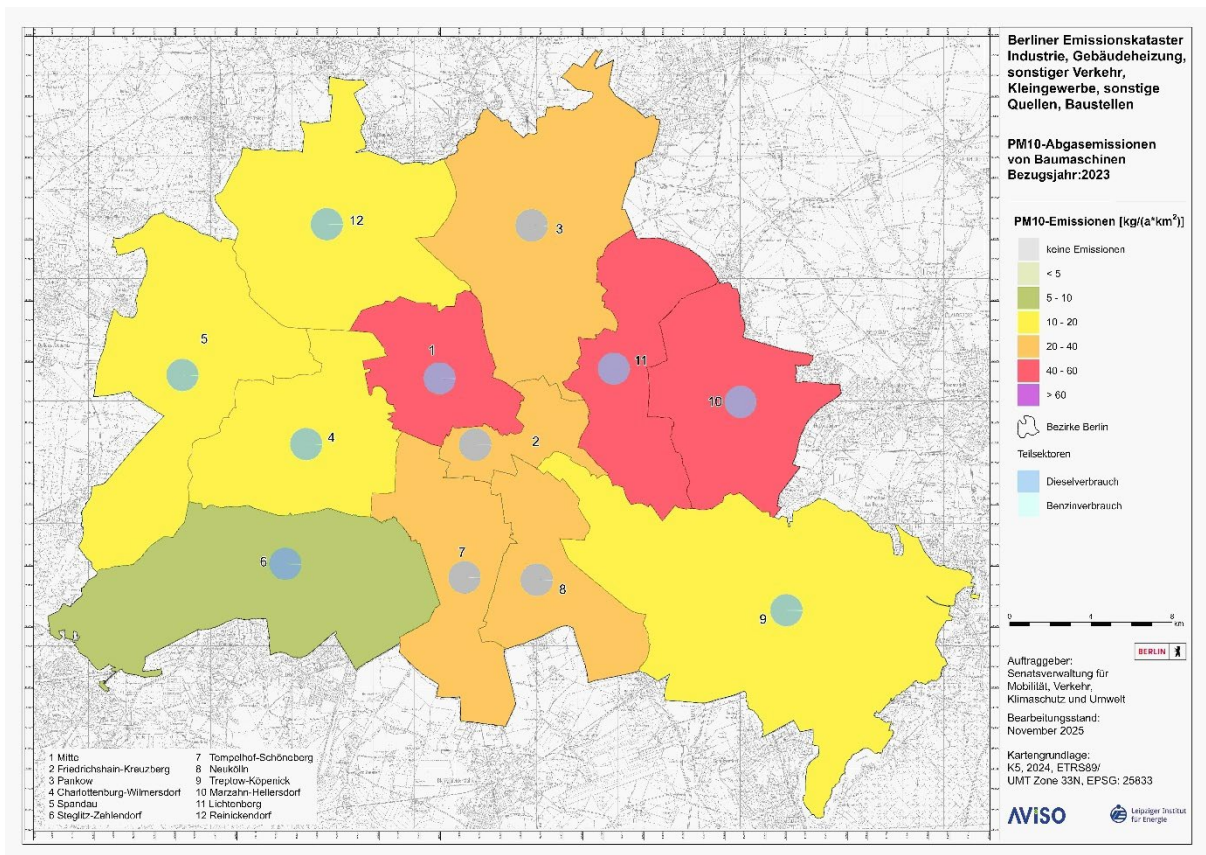








































































































Bild 6.1: PM₁₀-Abgas-Emissionen von Baumaschinen Berlin 2023











Tab. 6.1: Abgas-Emissionen von Baumaschinen in Berlin 2023, differenziert nach Stadtbezirken und Herkunftsbereichen (Treibhausgase)

Nr.	Stadtbezirk	Treibhausgase		
		Kohlenstoffdioxid in kg/a	Methan in kg/a	Distickstoffmonoxid in kg/a
1	Mitte	 13.893.340	 137	 551
2	Friedrichshain-Kreuzberg	 5.095.713	 50	 202
3	Pankow	 19.946.762	 196	 790
4	Charlottenburg-Wilmersdorf	 8.326.712	 82	 330
5	Spandau	 8.367.936	 82	 332
6	Steglitz-Zehlendorf	 5.957.301	 59	 236
7	Tempelhof-Schöneberg	 9.065.989	 89	 359
8	Neukölln	 10.592.674	 104	 420
9	Treptow -Köpenick	 19.663.201	 194	 779
10	Marzahn-Hellersdorf	 22.598.156	 223	 895
11	Lichtenberg	 19.309.978	 190	 765
12	Reinickendorf	 9.080.809	 89	 360
	Berlin	151.898.571	1.496	6.019



Nr.	Herkunftsbereich	Treibhausgase		
		Kohlenstoffdioxid in kg/a	Methan in kg/a	Distickstoffmonoxid in kg/a
01	Dieserverbrauch	 148.916.303	 746	 5.961
02	Benzinverbrauch	 2.982.268	 750	 58
	Berlin	151.898.571	1.496	6.019

Tab. 6.2: Abgas-Emissionen von Baumaschinen in Berlin 2023, differenziert nach Stadtbezirken und Herkunftsbereichen (SO₂, NO_x, NH₃, NMVOC, CO)

Nr.	Stadtbezirk	versauernde und eutrophierende Stoffe			Ozonvorläufersubstanzen	
		Schwefeldioxid in kg/a	Stickstoffoxide in kg/a	Ammoniak in kg/a	NMVOC in kg/a	Kohlenmonoxid in kg/a
1	Mitte	 69,9	 40.467	 31,5	 5.957	 132.013
2	Friedrichshain-Kreuzberg	 25,7	 14.842	 11,6	 2.185	 48.419
3	Pankow	 100,4	 58.099	 45,2	 8.552	 189.532
4	Charlottenburg-Wilmersdorf	 41,9	 24.253	 18,9	 3.570	 79.119
5	Spandau	 42,1	 24.373	 19,0	 3.588	 79.511
6	Steglitz-Zehlendorf	 30,0	 17.352	 13,5	 2.554	 56.606
7	Tempelhof-Schöneberg	 45,6	 26.407	 20,6	 3.887	 86.144
8	Neukölln	 53,3	 30.853	 24,0	 4.542	 100.650
9	Treptow-Köpenick	 99,0	 57.273	 44,6	 8.431	 186.837
10	Marzahn-Hellersdorf	 113,8	 65.822	 51,2	 9.689	 214.725
11	Lichtenberg	 97,2	 56.244	 43,8	 8.279	 183.481
12	Reinickendorf	 45,7	 26.450	 20,6	 3.893	 86.285
	Berlin	764,7	442.437	344,5	65.128	1.443.321





































Nr.	Herkunftsbereich	versauernde und eutrophierende Stoffe			Ozonvorläufersubstanzen	
		Schwefeldioxid in kg/a	Stickstoffoxide in kg/a	Ammoniak in kg/a	NMVOC in kg/a	Kohlenmonoxid in kg/a
01	Dieserverbrauch	 749,5	 440.110	 340,6	 30.382	 219.261
02	Benzinverbrauch	 15,2	 2.327	 3,9	 34.745	 1.224.060
	Berlin	764,7	442.437	344,5	65.128	1.443.321







Tab. 6.3: Abgas-Emissionen von Baumaschinen in Berlin 2023 (PM10, PM2.5; BC, Schwermetalle)

Nr.	Stadtbezirk	Staub			
		PM10 in kg/a	PM2.5 in kg/a	BC in kg/a	Schwermetalle in kg/a
1	Mitte	 2.067	 2.067	 1.461	 0,170
2	Friedrichshain-Kreuzberg	 758	 758	 536	 0,062
3	Pankow	 2.968	 2.968	 2.098	 0,243
4	Charlottenburg-Wilmersdorf	 1.239	 1.239	 876	 0,102
5	Spandau	 1.245	 1.245	 880	 0,102
6	Steglitz-Zehlendorf	 886	 886	 627	 0,073
7	Tempelhof-Schöneberg	 1.349	 1.349	 954	 0,111
8	Neukölln	 1.576	 1.576	 1.114	 0,129
9	Treptow -Köpenick	 2.925	 2.925	 2.068	 0,240
10	Marzahn-Hellersdorf	 3.362	 3.362	 2.377	 0,276
11	Lichtenberg	 2.873	 2.873	 2.031	 0,236
12	Reinickendorf	 1.351	 1.351	 955	 0,111
	Berlin	22.599	22.599	15.978	1,854

Nr.	Herkunftsbereich	Staub			
		PM10 in kg/a	PM2.5 in kg/a	BC in kg/a	Schwermetalle in kg/a
01	Dieserverbrauch	 22.404	 22.404	 15.968	 1,801
02	Benzinverbrauch	 195	 195	 10	 0,053
	Berlin	22.599	22.599	15.978	1,854

Tab. 6.4: Abgas-Emissionen von Baumaschinen in Berlin 2023 (BaP, PAK, PCDD/F)

Nr.	Stadtbezirk	persistente organische Verbindungen					
		Benzo(a)pyren in kg/a	PAK in kg/a	PCDD/F in g/a			
1	Mitte		0,132		0,532		0,0000003
2	Friedrichshain-Kreuzberg		0,048		0,195		0,0000001
3	Pankow		0,189		0,764		0,0000004
4	Charlottenburg-Wilmersdorf		0,079		0,319		0,0000002
5	Spandau		0,079		0,320		0,0000002
6	Steglitz-Zehlendorf		0,057		0,228		0,0000001
7	Tempelhof-Schöneberg		0,086		0,347		0,0000002
8	Neukölln		0,101		0,406		0,0000002
9	Treptow -Köpenick		0,187		0,753		0,0000004
10	Marzahn-Hellersdorf		0,214		0,865		0,0000005
11	Lichtenberg		0,183		0,739		0,0000004
12	Reinickendorf		0,086		0,348		0,0000002
	Berlin		1,442		5,815		0,0000034

Nr.	Herkunftsbereich	persistente organische Verbindungen					
		Benzo(a)pyren in kg/a	PAK in kg/a	PCDD/F in g/a			
01	Dieserverbrauch		1,405		5,729		0,0000033
02	Benzinverbrauch		0,037		0,086		0,0000001
	Berlin		1,442		5,815		0,0000034

Vergleich mit Emissionskataster 2012

Ein Vergleich der für das Jahr 2023 berechneten Abgas-Emissionen des Bausektors Berlin zu den Daten aus dem Emissionskataster 2012 ist in Tab. 6.5 aufgeführt.

Tab. 6.5: Abgas-Emissionen ausgewählter Luftschadstoffe des Bausektors in Berlin 2023 im Vergleich zum Emissionskataster 2012

	NO _x	HC	NMHC	CO	SO ₂	CO ₂	N ₂ O	CH ₄	PM2,5 Abgas
	in t/a	in t/a	in t/a	in t/a	in t/a	in t/a	in t/a	in t/a	in t/a
2023	442,4	66,6	65,1	1.443,3	0,8	151.899	6,0	1,5	22,6
2012	1.097,1	152,9	149,0	1.393,2	0,7	139.419	5,9	3,9	97,2
2023 / 2012	-60%	-56%	-56%	4%	8%	9%	2%	-62%	-77%

Während für die CO₂-Emissionen eine Zunahme von 9% ermittelt wurde, ergeben sich für die NO_x-, und PM_{2,5}-Abgas-Emissionen deutliche Reduktionen von -60% bzw. -77%. Dies ist vor allem auf die kontinuierliche Verbesserung des Abgasverhaltens der Baumaschinen, die die neueren Grenzwertstufen einhalten, zurückzuführen.

Für die CO-Emissionen wird eine leichte Zunahme von 4% ermittelt. Diese Emissionen werden vom Benzinverbrauch dominiert und hier wirken sich Änderungen in der Methodik deutlich aus. Die aktuellen Emissionsfaktoren für das Jahr 2023 wurden auf Basis der TREMOD-Daten abgeleitet und die des Emissionskatasters 2012 auf Basis der Daten aus der BAFU-Non-road-Datenbank.

Bewertung der Unsicherheiten

Die Unsicherheiten für die berechneten Abgas-Emissionen aus dem Bausektor in Berlin ergeben sich aus den Unsicherheiten der verwendeten Emissionsfaktoren und den Aktivitätsdaten.

Gemäß des Einstufungsschemas für Gütestufen (vgl. Tab. 2.2) entspricht dies für die Abgas-Emissionsfaktoren der Gütestufe C-D. Die spezifischen Kraftstoffverbrauchsfaktoren, die bei der Berechnung der Abgasemissionen mit eingehen, beruhen auf Auswertungen einer Stichprobenbefragung von Betrieben im Baugewerbe in Deutschland und sind ebenfalls mit der Gütestufe C-D zu bewerten.

Daraus ergibt sich eine Unsicherheit der ermittelten Abgas-Emissionen im Bausektor in Berlin insgesamt der Gütestufe C-D.

6.2 Staubemissionen aus Bautätigkeiten

6.2.1 Methodik Staubemissionen beim Neubau von Gebäuden und Straßen

Im Rahmen eines UBA-Projekts /UBA 2016/ wurden verschiedene Ansätze zur Ermittlung der Staubemissionen von Baustellen untersucht und verglichen. Als zur Emissionsbestimmung gut anwendbare Methoden wurden identifiziert:

- die Tier 1 Methodik der EPA,
- die holländische Methodik nach /Kimmel 2000/, die zu der Zeit auch im Methodenhandbuch von EMEP/EEA als Default Methode angegeben war.

Die Methodik nach /Kimmel 2000/ baut auf der EPA-Methodik auf und ist zusätzlich ergänzt durch Auswertungen von Expositionsmessungen von auf Baustellen Tätigen. Dadurch werden nach /UBA 2016/ die Baustellenemissionen jedoch unterschätzt, unter anderem, weil Personen, die im Inneren von Baumaschinen tätig sind, dort bereits von den Emissionen in der Außenluft abgeschirmt sind. Die Methodik der EPA wurde von /UBA 2016/ als besser geeignet bewertet.

Die EPA-Methodik wurde abgeleitet aus Messungen an Großbaustellen in Kalifornien und Las Vegas in den 80er und 90er Jahren, die dabei ermittelten Parameter wurden zusätzlich an die Bedingungen in anderen Bundesstaaten der USA angepasst. Das Verfahren ist zweistufig:

- Tier 1 ermöglicht eine einfache Anwendung und wird weltweit angewandt. Es sind nur wenig Eingangsdaten erforderlich (im Wesentlichen: zu bebauende Grundfläche und Gebäudetyp)
- Zur Emissionsberechnung nach Tier 2 sind Aktivitätsdaten in hohem Detaillierungsgrad erforderlich (Einsatzdauer von Abrissbirnen, Einsatzdauer mobiler Maschinen, Anzahl Implosionen bestehender Strukturen, Anzahl Bohrungen und Sprengungen, ...) die in den üblichen Statistiken nicht enthalten sind. Diese Methodik ist zur Emissionsberechnung einzelner Großbaustellen geeignet.

Im Rahmen von /UBA 2016/ wurde die Tier 1 Methode der EPA an europäische Verhältnisse angepasst. Dies betrifft Parameter wie Niederschlagshäufigkeit (das Klima in Deutschland ist humider als in Kalifornien, wo die EPA-Methode ursprünglich entwickelt wurde, und wo ein Großteil der zugrunde liegenden Messungen durchgeführt wurde), Bodenbeschaffenheit (Silt- oder Schluffgehalt des Bodens, d.h. Anteil Bodenpartikel mit Korngrößen < 75 µm, die bei Trockenheit stark stauben) und auch Parameter wie Bauzeiten und Grundflächen typischer Gebäudearten.

In dem aktuellen EMEP/EEA Emissionsfaktor-Handbuch /EMEP/EEA 2023/ wird jetzt die auf EPA-Tier 1 basierende Methodik nach /UBA 2016/ als Default vorgeschlagen.

Als Gebäudetypen betrachtet werden Einfamilienhäuser (EFH), Zweifamilienhäuser (ZFH), Mehrfamilienhäuser mit mindestens drei Wohneinheiten (MFH) sowie nicht-Wohngebäude

(n-WG). In dieser Differenzierung werden auch Daten zu Baugenehmigungen und Baufertigstellungen erfasst, so dass diese als passende Aktivitätsdaten verwendet werden können.

Die Berechnung der Staubemissionen aus Baustellen nach Tier 1 wird gemäß der folgenden Formel durchgeführt:

$$EM_{\text{Staubfraktion}} = EF_{\text{Staubfraktion}} \times A_{\text{betroffen}} \times d \times (1 - CE) \times \frac{24}{PE} \times \frac{s}{9\%}$$

Darin bedeuten:

- Staubfraktion TSP (total suspended particles, Gesamtstaub), PM10 oder PM2.5
- EM Emission in kg
- EF Emissionsfaktor in kg/m²/a
- A_{betroffen} von den Bauarbeiten betroffene Fläche in m²
- d Bauzeit in Jahren
- CE Wirkungsgrad von Minderungsmaßnahmen
- PE Thornthwaite Niederschlags-Verdunstungs-Index
- s Siltgehalt des Bodens

Die in /UBA 2016/ an deutsche Verhältnisse angepassten Default-Werte für die benötigten Parameter nach Gebäudetyp und Staubfraktion sind in Tab. 6.6 ausgewiesen.

Tab. 6.6: An deutsche Verhältnisse angepasste Default-Werte nach Gebäudetyp und Staubfraktion für die Parameter zur Berechnung von Staubemissionen aus Baustellen (Neubauten) nach /UBA 2016/

Typ	EF				Bauzeit d		CE	PE	s
	Staub-Fraktion	Wert in kg/m ² /a	95% Konfidenzintervall		in Jahren	in Monaten			
			min	max					
EFH/ZFH	TSP	0,29	0,03	0,9	0,5	6	0	120	20%
	PM10	0,086	0,009	0,3					
	PM2.5	0,0086	0,0009	0,03					
MFH	TSP	1	0,1	3	0,75	9	0		
	PM10	0,3	0,03	0,9					
	PM2.5	0,03	0,003	0,09					
n-WG	TSP	3,3	0,3	10	0,83	10	0,5		
	PM10	1	0,1	3					
	PM2.5	0,1	0,01	0,3					
Straße	TSP	7,7	0,8	20	1	12	0,5		
	PM10	2,3	0,2	7					
	PM2.5	0,23	0,02	0,7					

Neben den Emissionsfaktoren (EF) sind hier die zugehörigen 95% Konfidenzintervalle angegeben: Die unteren Grenzen dieser Intervalle liegen um ca. einen Faktor zehn unter den

empfohlenen Werten, die oberen Grenzen um ca. einen Faktor drei darüber. Die Unsicherheit bereits der EF ist also hoch, zur Unsicherheit der Emissionen tragen weiterhin die Unsicherheiten hinsichtlich der anderen Parameter (Bauzeit, CE, PE, s) bei.

Default-Werte für die von Baumaßnahmen betroffenen Flächen nach Gebäudetyp für Deutschland nach /UBA 2016/ sind in Tab. 6.7 ausgewiesen. Diese ergeben sich als Produkt aus den typischen Grundflächen der Gebäude und einem Faktor 1,3, der Arbeiten im Umfeld der Gebäude (Bau von Erschließungsstraßen etc.) berücksichtigen soll.

Tab. 6.7: Von Baumaßnahmen betroffene Fläche nach Gebäudetyp, Default-Werte für Deutschland nach /UBA 2016/

	$A_{\text{betroffen}}$ in m^2
EFH	300
ZFH	376
MFH	585
n-WG	1040

Vergleiche mit weiteren Berechnungen von Staubemissionen aus Bautätigkeiten in Deutschland

Staubemissionen aus Bautätigkeiten wurden auch in Deutschland berechnet, meistens wurde dabei die EPA-Tier 1 Methodik mit für Deutschland angepassten Parametern verwendet. Beispielfhaft werden in Tab. 6.8 die hier verwendeten Parameter (Emissionsfaktoren (EF), $\text{PM}_{2.5}$ -Anteile, Bauzeiten, betroffene Flächen) nach /UBA 2016/ verglichen mit denen aus Untersuchungen von /ifeu 2004/, /ifeu 2009/ und /Lohmeyer 2010/.

Tab. 6.8: Vergleich der zur Berechnung von Staubemissionen aus Bautätigkeiten verwendeten Parameter für verschiedene Berechnungen in Deutschland

Typ	EF PM ₁₀ in kg/m ² /Jahr	PM _{2,5} -Anteil an PM ₁₀	Bauzeit in Monaten	betroffene Fläche in m ²	Quelle
EFH	0,086	10%	6	300	/UBA 2016/
	0,042	20%	15	100	/ifeu 2004/
	0,042	10%	15	200	/Lohmeyer 2010, ifeu 2009/
ZFH	0,086	10%	6	376	/UBA 2016/
	0,042	20%	18	120	/ifeu 2004/
	0,042	10%	18	240	/Lohmeyer 2010, ifeu 2009/
MFH	0,300	10%	9	585	/UBA 2016/
	0,150	20%	21	200	/ifeu 2004/
	0,150	10%	21	400	/Lohmeyer 2010, ifeu 2009/
n-WG	1,000	10%	10	1040	/UBA 2016/
	0,150	20%	15	individuell	/ifeu 2004/
	0,252	10%	15		/Lohmeyer 2010, ifeu 2009/

Bei allen Parametern unterscheiden sich die Werte, die Abweichungen können bis zu einen Faktor 3 betragen. Nach /UBA 2016/ sind z.B. die Emissionsfaktoren höher, die Bauzeiten jedoch niedriger als nach /Lohmeyer 2010/. Die Abweichungen sind jedoch insgesamt geringer als die 95%-Konfidenzintervalle (Tab. 6.6), die nach /UBA 2016/, zurückgehend auf die EPA-Messungen, bereits allein für die Emissionsfaktoren angegeben werden.

/Lohmeyer 2015/ berechneten im Auftrag des Umweltamts der Stadt Düsseldorf die Staubemissionen beim Abriss der Nebengebäude des Heerdter Krankenhauses an der Rheinallee. Da dort nur der Abriss ohne einen möglicherweise folgenden Neubau betrachtet wurde, gingen sie nicht nach der EPA-Methodik vor, sondern wendeten stattdessen die VDI-Richtlinie 3790, Blatt 3, an. Als Aktivitätsrate wird dabei das Volumen des abzubrechenden Materials verwendet, siehe folgenden Abschnitt.

6.2.2 Weitere Emissionsquellen

Neben dem Neubau von Gebäuden kann es auch auf weiteren Baustellen zu Staubemissionen durch Bautätigkeiten kommen. Dies betrifft einerseits Abrissemissionen, bei denen unklar ist, ob sie implizit in den Emissionen von Neubauten bereits enthalten sind, und andererseits Renovierungen von Gebäuden und Bautätigkeiten an bereits bestehenden Straßen. Zu deren Berechnung liegt aktuell kein Verfahren vor, es ist jedoch zu erwarten, dass die Emissionen daraus deutlich geringer sind als aus dem Neubau von Gebäuden oder Straßen. Diese Emissionsquellen werden im Folgenden aufgelistet, die Emissionen können nur grob abgeschätzt werden.

Abrissemissionen

Das in Abschnitt 6.1 beschriebene Verfahren geht auf die EPA-Tier 1 Methodik zurück, welche beansprucht, alle Emissionen beim Neubau von Gebäuden zu berücksichtigen. Die Autorinnen und Autoren von /UBA 2016/ gehen daher davon aus, dass Abrissemissionen dann implizit enthalten sind, wenn die abgerissenen Gebäude durch Neubauten ersetzt werden, dass die Emissionen abgerissener Gebäude ohne anschließenden Neubau jedoch nicht enthalten sind: *„It is not fully clear from EPA’s methodology documentation to what extent demolition activities are included. The method claims to include all construction-related activities and therefore demolition of existing structures as a part of the process of new constructing should be covered. Demolition that is not directly part of any new construction is not included by EPA’s Tier 1 method.” /UBA 2016/.*

Insbesondere in städtischen und dicht bebauten Gebieten, wie z.B. Berlin, ist davon auszugehen, dass abgerissene Gebäude i.d.R. durch Neubauten ersetzt werden, abgerissene Strukturen, die nicht durch Neubauten ersetzt werden, also selten vorkommen.

Das Zitat zeigt jedoch, dass nicht völlig klar ist, ob die beim Abriss entstehenden Emissionen in der EPA-Methodik tatsächlich vollständig implizit enthalten sind. Sie werden daher in diesem Emissionskataster auf Basis der in Berlin angefallenen mineralischen Bauabfälle zunächst berechnet. Angesetzt wird dafür, wie im Kataster 2012, nach /Lohmeyer 2015/ ein Emissionsfaktor von 0,129 kg PM10 pro t abzubrechendes Material. Sie werden jedoch, dem oben zitierten Argument aus /UBA 2016/ folgend, in der Summe nicht mit einbezogen.

Renovierung

Das Verfahren nach /UBA 2016/ bezieht sich auf Neubauten, Emissionen, die bei Renovierungsmaßnahmen bestehender Gebäude entstehen, sind nicht enthalten. Pro Gebäude sind dies sicherlich deutlich weniger als bei einem Neubau, außerdem fallen sie teilweise im Inneren der Gebäude an und gelangen nicht vollständig in die Außenluft.

Maßnahmen zur Instandhaltung und Modernisierung von Gebäuden sind in der Regel genehmigungsfrei, es liegen also auch keine Daten dazu vor. In folgenden Fällen ist jedoch eine Baugenehmigung erforderlich:

- Die Statik der Gebäude ist betroffen (z.B. Durchbrüche tragender Wände, Ergänzung von Fenstern oder Türen).
- Die Nutzungsart wird geändert (z.B. Umwandlung von Keller- oder Dachräumen in Wohnraum).
- Bauteile (Dachneigung, Gauben) oder das äußere Erscheinungsbild (große Fensterfront statt kleiner Fenster) werden stark geändert.
- Es werden Anbauten (Balkone, Carports, ...) oder Rückbauten (Abriss von Gebäudeteilen) durchgeführt.

Genehmigungspflichtige Baumaßnahmen an bestehenden Gebäuden sind in den Statistiken zu Baugenehmigungen und Baufertigstellungen ebenso enthalten wie Neubauten. Im Jahr 2023 lag die Zahl der genehmigten Baumaßnahmen an bestehenden Gebäuden bei 1.051 und

damit nur wenig niedriger als die Zahl der Genehmigungen zur Errichtung von Wohngebäuden (1.260). In Absprache mit der Senatsverwaltung Berlin wurde entschieden, für Staubemissionen aus Bautätigkeiten im Rahmen von Renovierungen 5% der Staubemissionen für Neubauten anzusetzen.

Baustellen an bestehenden Straßen

Straßenbaustellen aufgrund von Instandhaltung, für das Verlegen von Kanälen oder Kabeln etc. sind häufig. In diesem Rahmen ausgeübte Tätigkeiten wie z.B. das Abfräsen des Straßenbelags können mit hohen Emissionen verbunden sein. Es wurde daher recherchiert, ob anderswo in Emissionskatastern Methoden zur Bestimmung/Abschätzung solcher Emissionen vorhanden sind.

Eine anwendungsreife Methodik wurde dabei nicht gefunden. In London z.B. werden in dieser Quellgruppe die Abgasemissionen der Baumaschinen betrachtet, und es wird verbal darauf hingewiesen, dass zur Bestimmung weiterer Emissionen Forschungsbedarf besteht ("A need to quantify fugitive dust emissions more accurately from construction activity was raised several times during the stakeholder interviews" /London 2022/).

/Han et al. 2023/ untersuchten in Südkorea Feinstaubemissionen von Straßenbaustellen, Emissionsfaktoren auf Baustellen-Ebene oder bezogen auf ein städtisches Straßennetz geben sie jedoch nicht an. Im Rahmen des aktuellen Emissionskatasters wird auf Basis der Messungen von /Han et al. 2023/ eine Grobabschätzung für die Feinstaubemissionen aus Straßenbaustellen durchgeführt.

/Han et al. 2023/ gingen zweistufig vor, im ersten Teil untersuchten sie verschiedene Arbeitsschritte einer Straßenbaustelle (Aufschneiden der Asphaltdecke, Zertrümmern der Decke im Inneren des ausgeschnittenen Stücks, Entfernen dieser Bruchstücke, Ausbaggern der Baugrube, Baustellenreinigung, Wiederverfüllung, Asphaltierung, Verdichtung) hinsichtlich der Zusatzbeiträge zur Feinstaub-Konzentration auf zwei verschiedenen Baustellen-Testfeldern. Fotos ihrer Versuche sind in Bild 6.2 gezeigt.

Im Umkreis der Baustellen-Testfelder bauten /Han et al. 2023/ Feinstaub-Messgeräte zur Messung der PM10-Konzentration auf, die gemessenen Konzentrationen für fünf Arbeitsschritte im Vergleich stellten sie in Bild 6.3 dar.



Bild 6.2: Von /Han et al. 2023/ hinsichtlich Feinstaub-Emissionen untersuchte Arbeitsschritte einer Straßenbaustelle: (a) Schneiden, (b) Brechen, (c) Entfernen der Bruchstücke, (d) Aushub, (e) Kehren, (f) Restaurierung, (g) Asphaltverlegung, (h) Verdichtung und (i) fertiggestellte Asphaltdecke; Quelle: /Han et al. 2023/

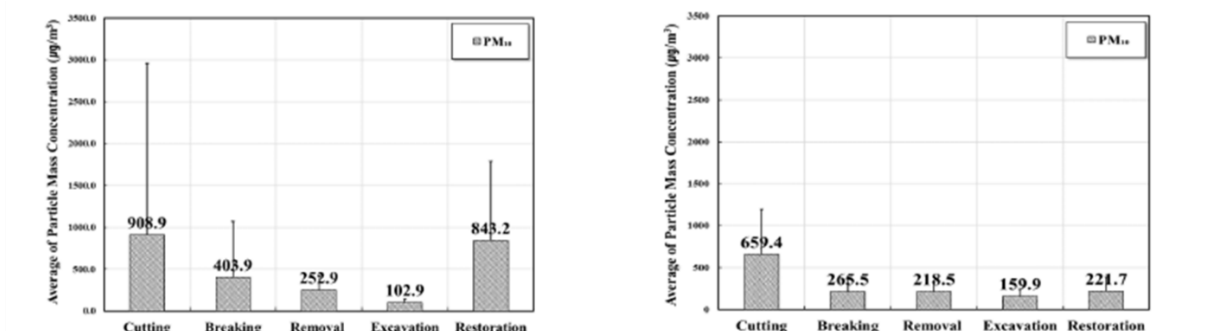


Bild 6.3: Gemessene PM10-Konzentrationen bei Durchführung der fünf emissionsintensivsten Arbeitsschritte auf den beiden Baustellen-Testfeldern; Quelle: /Han et al. 2023/

Der Vergleich zeigt, dass das Aufschneiden des Asphalt der emissionsintensivste Arbeitsschritt ist. /Han et al. 2023/ untersuchten diesen Arbeitsschritt daher im zweiten Teil ihrer Arbeit unter kontrollierten Bedingungen in einer Kammer genauer.

/Han et al. 2023/ führten vier Experimente durch, bei denen in einer Kammer über jeweils 80 cm ein Schnitt in präparierten Asphalt geschnitten wurde. Dabei variierten die Schnitt-Tiefen zwischen 5 cm und 10 cm, bei Versuch 4 wurde als emissionsmindernde Maßnahme die Schnittfläche beim Schneiden befeuchtet.

Die Luft wurde aus dem Kammerinneren über einen inneren (Porengröße: 10 μm) und einen äußeren (Porengröße: 3 μm) HEPA-Filter abgesaugt. Gemessen wurden

- die PM₁₀-, PM_{2.5}- und PM_{1.0}-Konzentrationen im Kammerinneren,
- die Gesamtmasse auf dem inneren Filter (näherungsweise PM_{>10})
- die Gesamtmasse auf dem äußeren Filter (näherungsweise PM₁₀ – PM_{2.5})
- die im Kammerinneren durch Deposition auf Oberflächen oder im in den Asphalt geschnittenen Spalt abgelagerte Masse (gesammelt mit Industriestaubsauger)

Einen großen Einfluss auf die Emissionen hatte die Befeuchtung: In Experiment 4 wurde dadurch gegenüber Experiment 3 die PM₁₀-Konzentration in der Kammer um ca. 90% und die PM_{2.5}-Konzentration um ca. 70% abgesenkt. Im Vergleich damit war der Einfluss der Tiefe der Schnitte geringer, sie wirkte sich eher auf die Verteilung des Staubs aus: Tendenziell war bei tieferen Schnitten der Anteil des abgeschiedenen Staubs (im Industriestaubsauger gesammelt) höher, bei weniger tiefen Schnitten der Anteil des luftgetragenen Staubs höher (auf den Filtern gesammelt).

Allgemein ist zu beachten: Abriebe, die aufgrund von Deposition, ggf. begünstigt durch Befeuchtung, nicht in die Luft emittiert werden, verbleiben zunächst auf Oberflächen. Wenn sie nicht in die Kanalisation gespült werden, vergrößern sie die „silt load“ auf den Straßen und können durch (Wieder-) Aufwirbelung zeitverzögert in die Luft gelangen.

Aus den Messungen von /Han et al. 2023/ wurde für das Emissionskataster Berlin eine grobe Abschätzung für Emissionsfaktoren abgeleitet. Dabei wurde wie folgt vorgegangen:

- Aus der Differenz PM₁₀-PM_{2.5} (\approx Gesamtmasse äußerer Filter) und dem Verhältnis PM_{2.5}/PM₁₀ (näherungsweise Verhältnis der in der Kammer gemessenen Konzentrationen angesetzt) wurde PM₁₀ und PM_{2.5} bestimmt. TSP ergibt sich als Summe aus PM₁₀ und PM_{>10} (Gesamtmasse innerer Filter).
- Es wurde über die vier Messungen von /Han et al. 2023/ gemittelt. Dabei wurde die Messung bei Schnitt 4 mit Befeuchtung 3-fach gewichtet (gegenüber drei einfach gewichteten unbefeuchteten Schnitten 1 bis 3), was der Annahme entspricht, dass auf Straßenbaustellen in Berlin in ca. 50% aller Fälle Befeuchtung als emissionsmindernde Maßnahme eingesetzt wird.

Insgesamt ergeben sich damit die in Tab. 6.9 ausgewiesene grobe Schätzung für Emissionsfaktoren beim Schneiden von Asphalt auf Straßenbaustellen.

Tab. 6.9: Grobschätzung für Emissionsfaktoren für das Schneiden von Asphalt auf Straßenbaustellen, abgeleitet auf Basis von /Han et al. 2023/

Emissionsfaktor	TSP	PM10	PM2.5	PM1.0
in g/m Schnittlänge	14,6	12,8	2,3	0,3

Zur ungefähren Berücksichtigung der anderen Arbeitsschritte (Bild 6.3) werden diese Emissionsfaktoren pauschal um einen Faktor 2 erhöht.

Diese Emissionsfaktoren stellen eine grobe Schätzung dar. Unsicherheiten bestehen einerseits bei den Emissionsfaktoren für das Schneiden selbst (Häufigkeit des Einsatzes von Befeuchtung, Tiefe der Schnitte, Art des Asphalts). Noch größer sind die Unsicherheiten hinsichtlich der anderen Arbeitsschritte, die hier nur pauschal erfasst wurden.

Dazu kommen von /Han et al. 2023/ nicht untersuchte Arbeiten: Wenn z.B. nur die Deckschicht erneuert werden muss, kann diese auch ohne Schneiden und Brechen des Asphalts abgefräst werden. Zu einem solchen Arbeitsschritt wurden keine Messungen gefunden, ob dabei ggf. höhere Emissionen anfallen als beim Schneiden ist nicht bekannt.

6.2.3 Datengrundlagen Berlin 2023

Zur Emissionsberechnung werden neben den Emissionsfaktoren auch die entsprechenden Aktivitätsraten benötigt, beim Hochbau sind das die Anzahlen der neu errichteten Gebäude sowie das beim Abriss anfallende Bauabfall-Volumen, beim Straßenbau die Länge neu gebauter Straßen bzw. die Länge der bei Straßenbaustellen aufgeschnittenen Asphaltfläche. Die entsprechenden Daten für Berlin werden im Folgenden vorgestellt.

Anzahl Neubauten

Die in Tab. 6.6 (Quelle: /UBA 2016/) ausgewiesenen Emissionsfaktoren beziehen sich auf die von den Bauarbeiten betroffene Fläche und die Bauzeit. Bei Verwendung der ebenfalls angegebenen Default-Bauzeiten wird nur noch die betroffene Fläche als Aktivitätsrate benötigt. Diese entspricht der Gebäudegrundfläche multipliziert mit einem Faktor 1,3, siehe Abschnitt 6.1.

Die statistischen Berichte /StaLa Berlin 2024a/ bzw. /StaLa Berlin 2024b/ enthalten Daten zu erteilten Baugenehmigungen bzw. zu Baufertigstellungen. Angegeben sind dort Gebäudeanzahlen und Wohnflächen bzw. Gebäudenutzflächen, jedoch nicht Gebäude-Grundflächen. Im Emissionskataster 2012 wurde eine mittlere Anzahl von zwei Stockwerken pro Gebäude angesetzt, um von Wohnfläche auf Grundfläche umzurechnen. Bei Ein- und Zweifamilienhäusern erscheint dies angemessen, bei Mehrfamilienhäusern wird so voraussichtlich die Gebäudegrundfläche überschätzt. Nicht-Wohngebäude können sowohl einstöckig (Lagerhallen) wie auch mehrstöckig (Bürogebäude) sein. Stattdessen sollen für das Emissionskataster 2023 die Default-Werte für die von Bauarbeiten betroffenen Flächen aus Tab. 6.7 nach Gebäudetyp

angesetzt werden. Als Aktivitätsraten werden dann nur noch die Gebäudeanzahlen berücksichtigt. Analog zum Vorgehen für das Emissionskataster 2012 wird für die Baustellen 2023 jeweils der Mittelwert aus Baugenehmigungen und Baufertigstellungen 2023 angesetzt. Diese Werte sind in Tab. 6.10 für Einfamilienhäuser (EFH), Zweifamilienhäuser (ZFH), Mehrfamilienhäusern mit drei oder mehr Wohneinheiten (MFH) sowie nicht-Wohngebäude (n-WG) ausgewiesen.

Tab. 6.10: Baugenehmigungen bzw. Baufertigstellungen in Berlin 2023 nach Gebäudetyp; Quelle: /StaLa Berlin 2024a/ bzw. /StaLa Berlin 2024b/

2023	Anzahl		
	Baugenehmigungen	Baufertigstellungen	Mittelwert
EFH	628	824	726
ZFH	53	82	68
MFH	579	530	555
n-WG	230	201	216

In Tab. 6.11 sind die Mittelwerte aus Baugenehmigungen und Baufertigstellungen auch auf Stadtbezirksebene ausgewiesen.

Tab. 6.11: Mittelwerte aus Baugenehmigungen und Baufertigstellungen in Berlin 2023 nach Gebäudetyp auf Stadtbezirksebene, Quelle: /StaLa Berlin 2024a/ bzw. /StaLa Berlin 2024b/

	EFH	ZFH	MFH	nWG
Mitte	0,9	0,0	59,6	27,9
Friedrichshain-Kreuzberg	0,0	0,0	14,6	13,9
Pankow	152,4	8,2	54,4	27,9
Charlottenburg-Wilmersdorf	2,6	1,6	37,7	15,0
Spandau	52,0	4,9	32,4	8,6
Steglitz-Zehlendorf	35,2	3,3	12,6	11,8
Tempelhof-Schöneberg	32,6	4,1	28,2	17,2
Neukölln	45,8	3,3	28,2	21,4
Treptow-Köpenick	102,2	9,1	83,7	20,4
Marzahn-Hellersdorf	207,1	26,3	75,3	15,0
Lichtenberg	26,4	1,6	109,9	20,4
Reinickendorf	68,7	4,9	17,8	16,1
Berlin	726,0	67,5	554,5	215,5

Baugenehmigungen für genehmigungspflichtige Renovierungsarbeiten werden vom StaLa ebenfalls ausgewiesen, jedoch nicht differenziert nach Art der Renovierung. Im Jahr 2023 gab es 1.051 Baugenehmigungen für Renovierungen.

Als staubend zu berücksichtigendes Bauabfall-Aufkommen

Auch wenn angenommen wird, dass in Berlin abgerissene Gebäudestrukturen i.d.R. durch Neubauten ersetzt werden, und die beim Abriss freigesetzten Feinstaub-Emissionen implizit in den beim nachfolgenden Neubau freigesetzten Emissionen enthalten sind, sollen die Abriss-Emissionen unabhängig über das abzubrechende Material abgeschätzt und ausgewiesen werden.

Als Aktivitätsdaten werden dafür Angaben zu den im Jahr 2023 abgerissenen Bauwerken benötigt. Beim Kataster 2012 wurde die Gesamtsumme des Bauabfalls der Abfallbilanz des Landes Berlin entnommen, aktuelle Abfallbilanzen enthalten diese Angaben jedoch nicht mehr (die nicht gefährlichen Bauabfälle sind von der Entsorgung durch den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger Land Berlin ausgeschlossen, da sie keiner Überlassungspflicht mehr unterliegen).

Die gesuchten Bauabfall-Aufkommen können jedoch der Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz für das Land Berlin entnommen werden, die für das Jahr 2022 vorliegt /IFEU 2023/. Diese werden näherungsweise für 2023 übernommen und sind in Tab. 6.12 ausgewiesen.

Tab. 6.12: Bauabfall-Aufkommen Berlin 2022 zur Abschätzung der PM10-Emissionen aus Gebäudeabrissen /IFEU 2023/

als stark staubend berücksichtigte Bauabfall-Arten	Aufkommen 2022 in t
Beton, Fliesen, Ziegel, Keramik	448.515
Beton	849.959
Gipsabfälle	31.018
Ziegel	19.073
Summe	1.348.565

Insgesamt ergibt sich ein für die Emissionsberechnung aus Abrissen zu berücksichtigendes Bauabfall-Aufkommen von 1,3 Mio. t. Beim Kataster 2012 lag dieser Wert mit 2,7 Mio. t etwa doppelt so hoch.

Streckenlänge Straßenneubau

Die Methodik nach /UBA 2016/ beinhaltet Emissionen, die durch Bautätigkeiten beim Neubau von Straßen verursacht werden. Die dabei anfallenden Staubemissionen entstehen im Wesentlichen bei den dabei durchgeführten Erdbewegungen. Diese sind beim Straßenbau i.d.R. in größerem Ausmaß erforderlich als beim Bau von Gebäuden, die in Tab. 6.6 angegebenen auf die von den Baumaßnahmen betroffenen Flächen bezogenen Emissionsfaktoren für Straßenbaustellen sind um etwas mehr als einen Faktor zwei höher als die für den Bau von

Gebäuden. Nach /ViZ 2024/ ging die Länge des Straßennetzes in Berlin im Zeitraum zwischen 2012 und 2022 um ca. 4% leicht zurück, Rückschlüsse auf Straßenneubau sind dadurch nicht möglich.

Ein größeres Straßenbauprojekt in Berlin ist der 16. Bauabschnitt der A100 mit einer Gesamtlänge von 3,1 km, der im ersten Halbjahr 2025 eröffnet werden soll. Baubeginn war im Jahr 2013, so dass ca. 1/12 der Länge, also ca. 260 m, in das Jahr 2023 fallen.

Streckenlängen von Straßenbaustellen im Bestandsnetz

Zur Abschätzung der von Asphaltarbeiten betroffenen Streckenlängen im Berliner Bestandsnetz wurde auf eine Datenbank der Straßensperrungen in Berlin zurückgegriffen, siehe Bild 6.4. Diese enthält Punkt- und Linienfeatures und liefert aktuelle Informationen für die Routenplanung.

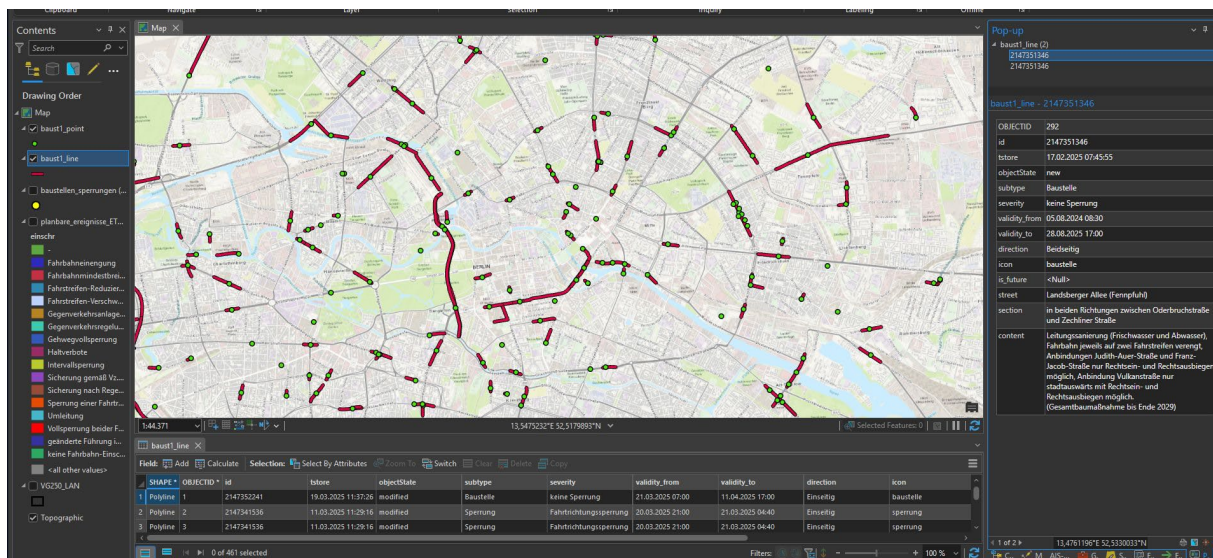


Bild 6.4: Straßensperrungen in Berlin, <https://daten.berlin.de/datensaetze/baustellen-sper-rungen-und-sonstige-storungen-von-besonderem-verkehrlichem-interesse>; Abfrage: April 2025

Neben den Geometriedaten enthält die Datenbank weitere Attribute, von denen die im Folgenden beschrieben für die Auswertung verwendet wurden.

- **Subtyp:** Enthält die Begründung für die Verkehrseinschränkung, es wurden nur „Baustellen“ oder „Bauarbeiten“ ausgewählt (weitere mögliche Werte sind „Gefahr“, „Sperrung“, „Störung“, „Unfall“, „Veranstaltung“, ...)
- **Severity:** Kann die Werte „Vollsperrung“, „Teilspernung“ oder „keine Sperrung“ annehmen; das Merkmal wurde nicht berücksichtigt, da auch offensichtliche Tiefbaustellen häufig nur zu Einschränkungen wie Verengungen oder Baustellenampeln führen. Der Wert „Teilspernung“ (bzw. „Vollsperrung“) wird nur gesetzt, wenn eine Richtung (bzw. beide Richtungen) gar nicht befahren werden können.
- **Content:** Dieses Merkmal enthält eine verbale Beschreibung; es wurden alle Einträge entfernt, die offensichtlich nicht die Fahrbahn selbst betreffen (Gleisarbeiten, Brückenprüfung, Arbeiten an Gebäuden aller Art, ...).

- Validity from: Zeitpunkt, seitdem die Verkehrseinschränkung besteht. Die Datenbank dient der Routenplanung und enthält alle zum Zeitpunkt der Abfrage bestehenden Verkehrseinschränkungen. Im April 2025 gab es 18 Einträge, die bereits seit 2023 bestehen, 81 Einträge, die seit 2024 bestehen, und 109 Einträge, deren Beginn im ersten Quartal 2025 liegt. Zur Abschätzung der von Baustellen betroffenen Strecken für ein vollständiges Jahr wurden die Einträge aus dem ersten Quartal 2025 herangezogen und mit einem Faktor 4 multipliziert.

Insgesamt ergibt sich damit in Berlin eine Streckenlänge von 190 km, auf der es innerhalb eines Jahres zu Verkehrseinschränkungen durch Straßenbaustellen kam.

Zur Abschätzung der Schnittlänge durch Asphalt wurde angenommen, dass auf 50% dieser Streckenlänge tatsächlich der Asphalt aufgeschnitten wird, und zwar in Form eines Rechtecks mit vier Kantenlängen: zweimal 50% der Streckenlänge und zweimal 2,5m (Fahrstreifenbreite). Damit ergibt sich, gerundet auf km, eine Schnittlänge von ebenfalls 190 km.

6.2.4 Staubemissionen durch Baustellen aus Aufwirbelung und Abrieb 2023

Im Folgenden werden für alle betrachteten Emissionsquellen die gemäß der in den Abschnitten 6.1 und 6.2.2 beschriebenen Methodik und unter Verwendung der in Abschnitt 6.2.3 zusammengestellten Datengrundlagen berechneten Emissionen angegeben.

Emissionen aus Gebäudeneubauten und Renovierungen

Mit den Aktivitätsraten für Berlin 2023 aus Tab. 6.10, den Flächen aus Tab. 6.7 und den Emissionsfaktoren und weiteren Parametern aus Tab. 6.6 ergeben sich für Berlin 2023 in Summe die in Tab. 6.13 ausgewiesenen Staubemissionen aus Aufwirbelung und Abrieben bei Neubauten von Gebäuden.

Tab. 6.13: Staubemissionen Berlin 2023 in Summe aus Aufwirbelung und Abrieben bei Neubauten von Gebäuden nach Gebäudetyp und Staubfraktion

Gebäudetyp	Staub-Fraktion	Emissionen in kg	95% Konfidenzintervall	
			min	max
EFH	TSP	14.036	1.452	43.560
	PM10	4.162	436	14.520
	PM2.5	416	44	1.452
ZFH	TSP	1.636	169	5.076
	PM10	485	51	1.692
	PM2.5	49	5	169
MFH	TSP	108.128	10.813	324.383
	PM10	32.438	3.244	97.315
	PM2.5	3.244	324	9.731
n-WG	TSP	272.829	24.803	826.754
	PM10	82.675	8.268	248.026
	PM2.5	8.268	827	24.803
Renovierungen	TSP	19.831	1.862	59.989
	PM10	5.988	600	18.078
	PM2.5	599	60	1.808
gesamt	TSP	416.459	39.098	1.259.761
	PM10	125.749	12.598	379.631
	PM2.5	12.575	1.260	37.963

Durch eine pauschale Berücksichtigung der Emissionen aus Renovierungen (5% der Neubau-Emissionen) steigen die Emissionen entsprechend an. Insgesamt ergeben sich für Berlin 2023 in Summe damit PM10 Emissionen aus Aufwirbelung und Abrieben bei Gebäudeneubauten und Renovierungen von ca. 126 t.

Das ebenfalls ausgewiesene Konfidenzintervall beinhaltet die Unsicherheiten der Emissionsfaktoren. Diese werden als größer eingeschätzt als die Unsicherheiten der weiteren Parameter, so dass sie auch die Unsicherheiten der Emissionen dominieren.

Emissionen aus Gebäudeabrissen

An dieser Stelle sei noch einmal darauf verwiesen, dass nach der UBA-Methodik davon ausgegangen wird, dass Emissionen aus dem Abriss bestehender Gebäude implizit in den Emissionsfaktoren für Neubauten enthalten sind (siehe Abschnitt 6.1: „... demolition of existing structures as a part of the process of new constructing should be covered...“).

Zu Informationszwecken wurden diese mittels der als staubend zu berücksichtigenden angefallenen Bauabfall-Aufkommen (Aktivitätsdaten) und einem Emissionsfaktor von 0,129 kg PM10/t abzubrechendes Material analog zum Vorgehen beim Kataster 2012 bestimmt. Diese

vom UBA-Verfahren unabhängige Berechnung ergibt mit den Aktivitätsdaten aus Tab. 6.12 PM10-Emissionen von 174 t.

Dieser Wert liegt höher als der Wert von 120 t, der (ohne Renovierungen) in Tab. 6.13 für die PM10-Emissionen beim Gebäudeneubau ausgewiesen sind, die Abrissemissionen können also bei Betrachtung nur dieser beiden Werte nicht implizit in den Neubau-Emissionen enthalten sein. Mögliche Erklärungen dafür sind

- Der Konfidenzbereich für die PM10 Emissionen aus dem Gebäudeneubau erstreckt sich von 12 t bis 362 t und beinhaltet damit die oben unabhängig bestimmten Abriss-Emissionen.
- Für den Abriss-Emissionsfaktor ist kein Unsicherheitsbereich angegeben, es ist jedoch zu erwarten, dass dieser in der gleichen Größenordnung liegt.
- Wenn nicht jedes abgerissene Gebäude durch einen Neubau ersetzt wird, ist nur ein Teil der Abriss-Emissionen implizit in den Neubau-Emissionen enthalten.
- In Ermangelung von Werten für 2023 wurde für das Bauabfall-Aufkommen auf Werte für 2022 zurückgegriffen (siehe Abschnitt 6.2.3). Das Bauschutt-Aufkommen kann von Jahr zu Jahr durchaus um bis zu 20% schwanken.

Unter Annahme ähnlicher Verhältnisse von PM10/TSP und PM2.5/PM10 wie beim Neubau ergeben sich für die hier zu Informationszwecken angegebenen Emissionen aus Gebäudeabbrissen insgesamt die Werte: TSP: 576 t, PM10: 174 t, PM2.5: 17 t.

Vergleich Emissionen 2023 zu 2012

Im Emissionskataster für das Jahr 2012 wurden nicht-motorbedingte Emissionen aus dem Neubau und dem Abriss von Gebäuden betrachtet, in Summe wurden PM₁₀ Emissionen von ca. 668 t ermittelt, das ist um einen Faktor 5,6 mehr als der in Tab. 6.13 (ohne Renovierungen) ausgewiesene Wert von 120 t. Zu diesem Unterschied tragen folgende Effekte bei:

- Beim Kataster 2012 wurde angenommen, dass Emissionen aus Abrissarbeiten nicht bereits in den Emissionsfaktoren für den Neubau enthalten sind, die Gesamtsumme von 668 t PM10 enthält 348 t aus Abrissarbeiten.
- Die Zahl der Baugenehmigungen und -fertigstellungen war 2012 höher als 2023 (insbesondere bei Einfamilienhäusern, bei Mehrfamilienhäusern war die Zahl 2023 etwas höher).
- Im Emissionskataster 2012 wurden längere Bauzeiten angesetzt als in Tab. 6.6 nach /UBA 2016/.
- Zur Umrechnung von Wohn- bzw. Nutzfläche auf Grundfläche wurden im Kataster 2012 pauschal 2 Stockwerke angesetzt. Dies führt für Mehrfamilienhäuser und nicht-Wohngebäude zu höheren Grundflächen als die hier angesetzten Werte aus Tab. 6.7 nach /UBA 2016/.

Die Unsicherheiten bei den Baustellenemissionen sind hoch, die obere Grenze des Konfidenzintervalls für PM10-Emissionen aus Gebäudeneubau (ohne Renovierungen) nach Tab. 6.13 liegt bei 362 t und schließt damit den Wert aus dem Kataster 2012 ohne Abrissemissionen ein.

Emissionen beim Straßenneubau

Mit der UBA-Methodik, den Emissionsfaktoren aus Tab. 6.6 und der Neubau-Streckenlänge für die A100 im Jahr 2023 von 260 m ergeben sich für Berlin im Jahr 2023 aus dem Neubau von Straßen Gesamtstaub-Emissionen von 15,9 t, PM10-Emissionen von 4,75 t sowie PM2.5-Emissionen von 0,475 t.

Emissionen auf Straßenbaustellen im Berliner Bestandsnetz

Mit der in Abschnitt 6.2.3 abgeschätzten Schnittlänge für Asphaltarbeiten, den Emissionsfaktoren aus Tab. 6.9 und einem Faktor 2 zur Berücksichtigung der über das Schneiden von Asphalt hinausgehenden Straßenbauarbeiten ergeben sich als jährliche Staubemissionen durch Baustellen im bestehenden Straßennetz von Berlin Gesamtstaub-Emissionen von 5,54 t, PM10-Emissionen von 4,85 t sowie PM2.5-Emissionen von 0,87 t.

Überblick Staubemissionen aus Bautätigkeiten

In Tab. 6.14 werden die Schätzungen für die jährlichen nicht-abgasbedingten Staubemissionen (Aufwirbelung und Abrieb der mobilen Maschinen, und durch weitere Bautätigkeiten wie Bodenbearbeitung, Kernbohrungen, Abbrucharbeiten, ...) durch Neubau und Renovierung von Gebäuden, durch Straßenneubau und durch Bautätigkeiten auf Straßen im Berliner Bestandsnetz gegenübergestellt.

Insgesamt ergeben sich Gesamtstaub-Emissionen von 438 t/a, PM10-Emissionen von 135 t/a und PM2.5-Emissionen von 14 t/a.

Neubauten von nicht-Wohngebäuden tragen am stärksten zu den Feinstaubemissionen bei (PM10: ca. 83 t), gefolgt vom Neubau von Mehrfamilienhäusern (PM10: ca. 32 t). Der Beitrag der Renovierungen ergibt sich aus den pauschal angesetzten 5% und liegt für PM10 bei fast 6 t. Straßenbaustellen tragen in der Summe aus Straßenneubau und Straßenbaustellen im Bestand mehr als die Renovierungen bei (PM10: ca. 9,4 t). Bei den PM10-Emissionen tragen die Baustellen auf bestehenden Straßen vergleichbar viel bei wie der Straßenneubau, bei Gesamtstaub (TSP) deutlich weniger, bei PM2.5 deutlich mehr. Das ist dadurch zu erklären, dass die Emissionen beim Straßenneubau zum Großteil durch Erdbewegungen verursacht werden, die einen hohen Anteil an Grobstaub enthalten. Bei Straßenbaustellen im Bestand werden die Emissionen zum Großteil durch das Schneiden von Asphalt verursacht, hier ist der PM2.5-Anteil höher.

Tab. 6.14: Nicht-Abgas-bedingte Staubemissionen aus Bautätigkeiten in Berlin 2023 nach Stadtbezirken (oben) und Herkunftsbereichen (unten)

Nr.	Stadtbezirk	Staub		
		TSP in kg/a	PM10 in kg/a	PM2.5 in kg/a
1	Mitte	49.603	15.177	1.540
2	Friedrichshain-Kreuzberg	21.746	6.706	686
3	Pankow	51.619	15.656	1.574
4	Charlottenburg-Wilmersdorf	29.484	9.897	1.109
5	Spandau	19.452	5.997	616
6	Marzahn-Hellersdorf	20.037	6.626	731
7	Tempelhof-Schöneberg	29.476	8.979	906
8	Neukölln	51.404	15.592	1.572
9	Treptow -Köpenick	47.054	14.497	1.487
10	Marzahn-Hellersdorf	40.552	12.383	1.259
11	Lichtenberg	50.399	15.343	1.552
12	Reinickendorf	26.853	8.295	851
	Berlin	437.679	135.148	13.883

Nr.	Herkunftsbereich	Staub		
		TSP in kg/a	PM10 in kg/a	PM2.5 in kg/a
01	Neubau Einfamilienhäuser	14.036	4.162	416
02	Neubau Zweifamilienhäuser	1.636	485	49
03	Neubau Mehrfamilienhäuser	108.128	32.438	3.244
04	Neubau nicht-Wohngebäude	272.829	82.675	8.268
05	Renovierungen	19.831	5.988	599
06	Straßenneubau	15.913	4.753	475
07	Straßenbaustellen im Bestand	5.307	4.646	833
	Berlin	437.679	135.148	13.883

Unsicherheiten

Die sehr hohen Unsicherheiten sind in Tab. 6.14 nicht ausgewiesen. Für die nach der UBA-Methodik bestimmten Emissionen (Neubau Gebäude und Straßen) liegt die untere Grenze der Konfidenzintervalle bei 10% des Werts, die obere bei 300% des Werts. Dies entspricht Unsicherheitsstufe D nach EMEP/EEA.

Für die Straßenbaustellen wird hier ebenfalls als untere Grenze des Konfidenzintervalls 10% abgeschätzt, für die obere Grenze jedoch ein höherer Wert von 500% des Werts.

Auch hier sei noch einmal darauf hingewiesen, dass nach dem EPA-Ansatz Emissionen aus dem Gebäudeabriss in den Neubauemissionen implizit enthalten sind. Eine unabhängige Berechnung über staubrelevante Bauabfälle ergibt die bereits oben genannten und diskutierten Werte TSP: 576 t, PM10: 176 t, PM2.5: 17 t.

Kartografische Darstellung

Die Verteilung der flächenbezogenen Emissionen (Emissionsdichten) auf Stadtbezirke ist für PM10 in Bild 6.5 grafisch dargestellt, Übersichten über die Beiträge der Herkunftsbereiche pro Stadtbezirk sind jeweils als Tortendiagramme eingefügt.

Hohe Emissionsdichten treten insbesondere im Zentrum von Berlin auf (in den Bezirken Mitte und Friedrichshain-Kreuzberg) sowie in Neukölln.

In allen Bezirken tragen Bau und Renovierung von nicht-Wohngebäuden am stärksten zu den PM10-Emissionen bei, in den meisten Bezirken gefolgt von Mehrfamilienhäusern. Eine Ausnahme stellt Neukölln dar, hier liefert der Straßenbau den zweitgrößten Beitrag zu den PM10-Emissionen. Grund dafür ist die Erstellung des 16. Bauabschnitts der A100 in diesem Bezirk.

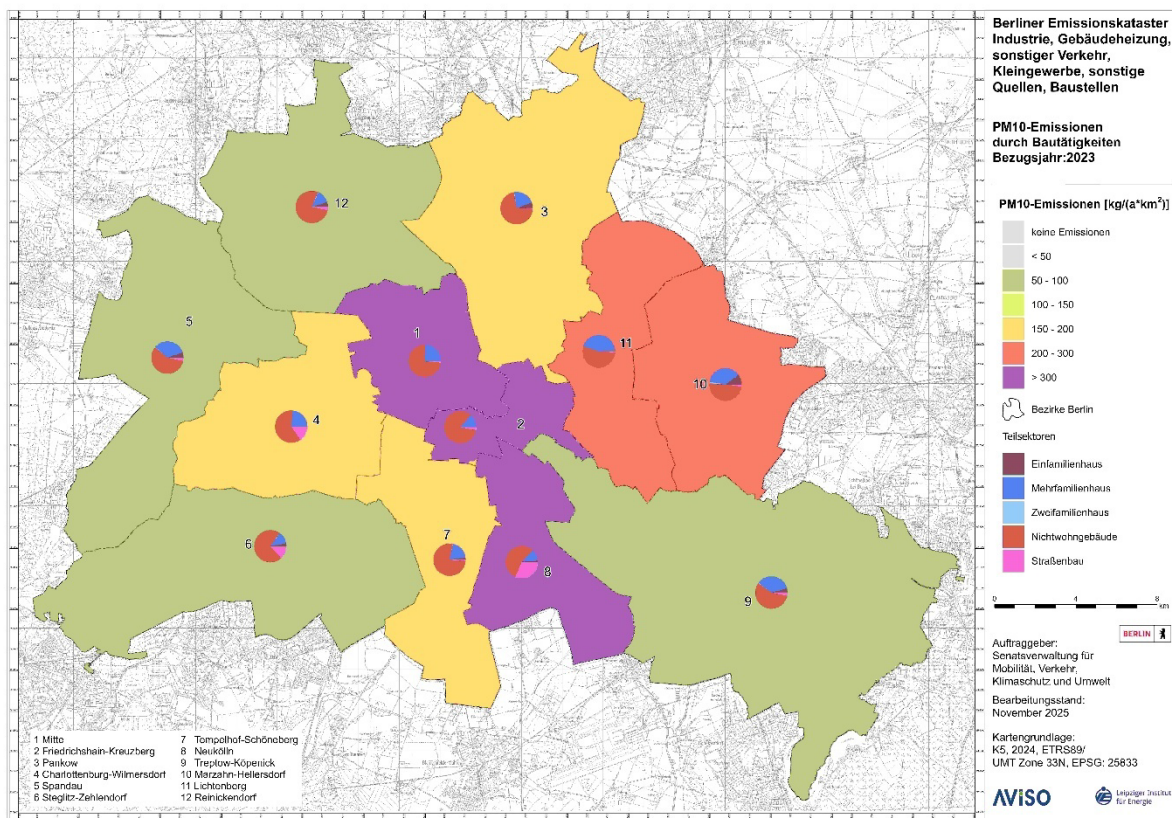


Bild 6.5: Flächenbezogene nicht-Abgas-bedingte PM10-Emissionen aus Bautätigkeiten in Berlin 2023

7 Sonstige nicht genehmigungsbedürftige Anlagen (Kleingewerbe)

Der Industrie- und Gewerbesektor ist eine der größten Emissionsquellen. Gemäß der 11. und 13. Bundes-Immissionsschutzverordnung (BImSchV) sind die Betreiber bestimmter genehmigungsbedürftiger Anlagen verpflichtet, in regelmäßigen Abständen Emissionserklärungen abzugeben. Diese Daten werden zentral im System BUBE (Berichtssystem Emissionen) erfasst und ausgewertet, um eine fundierte Grundlage für die Umweltüberwachung und Maßnahmen zur Emissionsminderung zu schaffen. Die Datenbasis der berichtspflichtigen Emissionen ist in Kapitel 3.1 dargestellt, die berichtspflichtigen Emissionen dieser Anlagen in Berlin sind in Kapitel 3.2 detailliert dokumentiert.

Im Mittelpunkt dieses Arbeitspakets steht die Erfassung und Bewertung der Luftschadstoffemissionen aus sonstigen, nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen des Kleingewerbes sowie die Dokumentation der zugehörigen Datenqualität. Die Emittentengruppe „Kleingewerbe“ ist gemäß der Klassifikation des Umweltbundesamtes (UBA) den Kategorien NFR 2.D bis 2.L (Produkteinsatz und Sonstige Quellen) und sowie NFR 1.B.2.a (Verteilung von Mineralölprodukten) zugeordnet.

In diesem Kapitel werden ausschließlich Emissionen berücksichtigt, die nicht aus der Wärmeversorgung von Gebäuden und Anlagen resultieren, da diese bereits in der Emittentengruppe „Gebäudeheizung“ enthalten sind. Ebenso werden Emissionen aus dem Offroad-Verkehr sowie aus Schienen-, Luft- und Wasserfahrzeugen im Bereich „Sonstiger Verkehr“ erfasst. Luftschadstoffemissionen aus Maschinen, Geräten und sonstigen ortsveränderlichen technischen Anlagen, die im Bausektor eingesetzt werden, sind der Emittentengruppe „Baugewerbe“ zugeordnet.

Die Emittentengruppe „Kleingewerbe“ umfasst demnach Emissionen aus folgenden Anlagentypen:

- Anlagen mit Lösungsmittelverwendung, die leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe oder andere flüchtige halogenierte organische Verbindungen gemäß 2. BImSchV einsetzen (z. B. Lackierereien, Druckereien, Beschichtungsbetriebe, chemische Reinigungen), Produkteinsatz im häuslichen Bereich und sonstiger Lösungsmittelgebrauch
- Verteilung von Mineralölprodukten (Heizöllager, Tankstellen)
- Sonstiges Kleingewerbe (Holzkohlegrills in Gaststätten, Shisha-Bars).

7.1 Verwendung von Lösemitteln und andere Produktanwendungen

Die Verwendung von Lösemitteln und andere Produktanwendungen untergliedert sich, entsprechend des nationalen Inventarberichtes /UBA 2025b, UBA 2025/, in folgende Bereiche:

- Verwendung von Lösungsmitteln im häuslichen Bereich (NFR 2.D.3.a) und sonstiger Lösungsmittelgebrauch (NFR 2.D.3.i)
- Anwendung von Farben und Lacken (NFR 2.D.3.d)
- Entfettung und Chemische Reinigung (NFR 2.D.3.e und 2.D.3.f)
- Verwendung von chemischen Produkten (NFR 2.D.3.g)
- Druckanwendungen (NFR 2.D.3.h)

Insgesamt wurden im Berichtsjahr 2023 441,1 Mio. kg¹⁰ an NMVOC-Emissionen in Deutschland¹¹ in den oben genannten Bereichen emittiert /UBA 2025a/. Der größte emissionswirksame Bereich (ca. 46 % der Gesamt-Emissionen an NMVOC) entfiel auf die Gruppen NFR 2.D.3.a und 2.D.3.i (Lösungsmitteln im häuslichen Bereich und sonstiger Lösungsmittelgebrauch). Diese Gruppe untergliedert sich in folgende Anwendungen bzw. Aktivitäten:

- Druckindustrie (Druckanwendungen)
- Häusliche Verwendung von Lösemitteln (ohne Farben und Lacke)
- Häusliche Verwendung von pharmazeutischen Produkten
- Behandlung von Glas- und Mineralwolle
- Extraktion von Ölen und Fetten
- Anwendung von Klebstoffen/Haftmaterialien
- Anwendung von Holzschutzmitteln
- Anwendung von Unterbodenschutz und Fahrzeugkonservierung
- Entwachsen von Fahrzeugen
- Sonstige

Die auf Grundlage eines produktverbrauchsorientierten Ansatzes ermittelten NMVOC-Emissionsmengen liegen für Deutschland vor. Eine detaillierte methodische Beschreibung der Vorgehensweise zur Ermittlung dieser Emissionen findet sich in /UBA 2025b/, Kapitel 4.5.3.

Zur regionalen Übertragung der nationalen Emissionen auf das Gebiet Berlins sowie auf die Berliner Stadtbezirke wurde das Deutsche Emissionsinventar mithilfe geeigneter Indikatorgrößen skaliert. Die Zuordnung der Indikatoren zu den jeweiligen Teilsektoren erfolgte auf Basis der jeweiligen Anwendungen und Aktivitätstypen gemäß /Theloke 2008/.

Als relevante Indikatoren dienten, abhängig vom jeweiligen Teilsektor, beispielsweise

- die Anzahl der Beschäftigten in ausgewählten Wirtschaftsbereichen,
- die Einwohnerzahl sowie
- der Fahrzeugbestand.

¹⁰ 2.D.3.a und 2.D.3.h: 133,8 kt NMVOC, 2.D.3.d: 170,3 kt NMVOC, 2.D.3.e und 2.D.3.f: 38,5 kt NMVOC, 2.D.3.g: 42,8 kt NMVOC, NFR 2.D.3.h: 28,7 kt NMVOC

¹¹ Die gesamten NMVOC-Emissionen aus flüchtigen organischen Verbindungen sind seit 1990 in Deutschland zurückgegangen. So waren es 1990 noch 3,1 Mio. t, die bis 2023 auf 0,97 Mio. t reduziert werden konnten /UBA 2025b/.

Unter Verwendung dieser Indikatoren für Berlin insgesamt bzw. für die einzelnen Stadtbezirke sowie der differenziert vorliegenden deutschlandweiten NMVOC-Emissionsdaten wurden die entsprechenden Emissionen aus Lösemittelverwendungen und sonstigen Produktanwendungen für Berlin abgeleitet.

In Bild 7.1 sind die berechneten NMVOC-Emissionen nach vier Herkunftsbereichen dargestellt. Im Berichtsjahr 2023 wurden in Berlin insgesamt rund 15.839 t NMVOC-Emissionen aus dem Einsatz von Lösemitteln und anderen Produktanwendungen freigesetzt. Besonders deutlich zeigt sich dabei die Dominanz der Verwendung von Lösungsmitteln im häuslichen Bereich und sonstiger Lösungsmittelgebrauch, die mit einem Anteil von etwa 47 % den größten Beitrag zu den gesamten Lösemittel- und produktbedingten NMVOC-Emissionen in Berlin leisten.

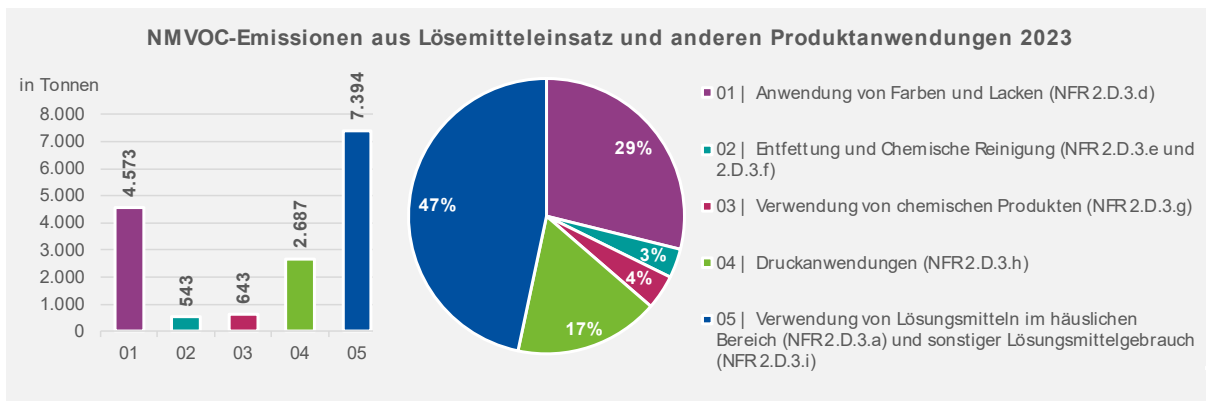
























Bild 7.1: NMVOC-Emissionen aus Lösemitteln und anderen Produktanwendungen nach Quellgruppen 2023; Analyse auf Basis von /THELOKE 2008, BBB 2025a/

Über ein Viertel der NMVOC-Emissionen aus dem Lösemittelleinsatz und anderen Produktanwendungen wurden in den Bezirken Friedrichshain-Kreuzberg und Tempelhof-Schöneberg emittiert (siehe Tab. 7.1). Ursächlich für die zum Teil deutlichen Unterschiede der NMVOC-Emissionen auf Bezirksebene ist die bezirksspezifische Wirtschaftsstruktur sowie -intensität mit den damit einhergehenden spezifischen Anwendungen von Lösemitteln.

Tab. 7.1: NMVOC-Emissionen aus Lösemitteln und anderen Produktanwendungen nach Bezirken in Berlin 2012 und 2023; Analyse auf Basis von /Theloke 2008/, /BBB 2025a/

Nr.	Stadtbezirk	2023		2012	
		NMVOC in kg/a		NMVOC in kg/a	
01	Mitte		1.351.317		1.320.192
02	Friedrichshain-Kreuzberg		2.485.570		2.505.205
03	Pankow		1.466.777		1.422.621
04	Charlottenburg-Wilmersdorf		1.268.215		1.265.169
05	Spandau		895.897		873.205
06	Steglitz-Zehlendorf		1.106.120		1.115.419
07	Tempelhof-Schöneberg		1.601.247		1.653.538
08	Neukölln		1.337.787		1.353.848
09	Treptow-Köpenick		1.118.986		1.143.599
10	Marzahn-Hellersdorf		1.011.860		972.500
11	Lichtenberg		958.878		908.270
12	Reinickendorf		1.237.298		1.432.614
	Berlin		15.839.951		15.966.180

In Bild 7.2 bis 7.4 sind die NMVOC-Emissionen für ausgewählte emissionsrelevante Wirtschaftszweige aus dem Bereich Verwendung von Lösemitteln und anderen Produktanwendungen auf Bezirksebene dargestellt. Ergänzend ist die räumliche Verteilung von Kleinbetrieben der entsprechenden Branchen abgebildet. Diese Informationen basieren auf einer Recherche der Berliner Kleinbetriebe folgender Sparten:

- Anwendung von Farben und Lacken durch Holzverarbeitende Betriebe und Beschichtungsbetriebe (NFR 2.D.3.d)
- Entfettungsanlagen, Reinigungsbetriebe und chemische Reinigungen (NFR 2.D.3.e und 2.D.3.f)
- Druckindustrie und Druckanwendungen (NFR 2.D.3.h)

Die Darstellung ermöglicht eine Abschätzung der räumlichen Schwerpunkte der Lösemittel-Emissionen und zeigt potenzielle Korrelationen zwischen Emissionsintensität und Standortdichte emissionsrelevanter Betriebe.

NMVOC-Emissionen aus Druckereien (NFR 2.D.3.h)

In Berlin werden die jährlichen NMVOC-Emissionen aus dem Druckereisektor auf etwa 2.687 t geschätzt (vgl. Bild 7.2). Die höchsten flächenbezogenen Emissionen treten in den innerstädtischen Bezirken Mitte und Friedrichshain-Kreuzberg auf. Ursache hierfür ist die hohe Dichte an kleineren und mittleren Druckereibetrieben, insbesondere aus den Bereichen Offset-, Digital- und Siebdruck, in Kombination mit dem dort typischerweise hohen Lösemittelverbrauch bei Reinigungs- und Druckprozessen.

NMVOEmissionen aus holzverarbeitenden und beschichtenden Betrieben (NFR 2.D.3.d)

Für das Jahr 2023 werden in Berlin insgesamt rund 4.562 t NMVOC aus holzverarbeitenden und beschichtenden Betrieben ausgewiesen (vgl. Bild 7.3). Die höchsten flächenbezogenen Emissionen wurden in den Bezirken Friedrichshain-Kreuzberg, Mitte und Tempelhof-Schöneberg registriert. Hauptquellen dieser Emissionen sind Beschichtungs-, Lackier- und Holzverarbeitungsprozesse, bei denen lösemittelhaltige Farben, Lacke und Klebstoffe eingesetzt werden. Die räumliche Konzentration in den genannten Bezirken steht im Zusammenhang mit der dortigen Ansiedlung kleiner und mittlerer Handwerks- und Gewerbebetriebe, insbesondere im Bereich Möbelbau, Innenausbau und Oberflächenveredelung.

NMVOEmissionen aus Entfettungsanlagen, Reinigungsbetrieben und chemischen Reinigungen (NFR 2.D.3.e und 2.D.3.f)

Im Jahr 2023 wurden in Berlin insgesamt etwa 554 t NMVOC aus Entfettungsanlagen, Reinigungsbetrieben und chemischen Reinigungen emittiert (vgl. Bild 7.4). Die höchsten Emissionswerte wurden in den Bezirken Mitte, Neukölln und Reinickendorf verzeichnet. Diese Emissionen resultieren überwiegend aus der Nutzung organischer Lösemittel in chemischen Reinigungen, Metallentfettungsprozessen sowie in industriellen und gewerblichen Waschverfahren. Die räumlichen Schwerpunkte spiegeln sowohl die industrielle Struktur als auch die Verteilung der Reinigungs- und Wartungsbetriebe wider.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die NMVOC-Emissionen aus lösemittelhaltigen Anwendungen in Berlin stark durch die Struktur und Dichte der klein- und mittelständischen Betriebe geprägt sind. Die innerstädtischen Bezirke weisen aufgrund der hohen Betriebsdichte und der dort üblichen handwerklich-gewerblichen Tätigkeiten überdurchschnittliche Emissionsbelastungen auf.

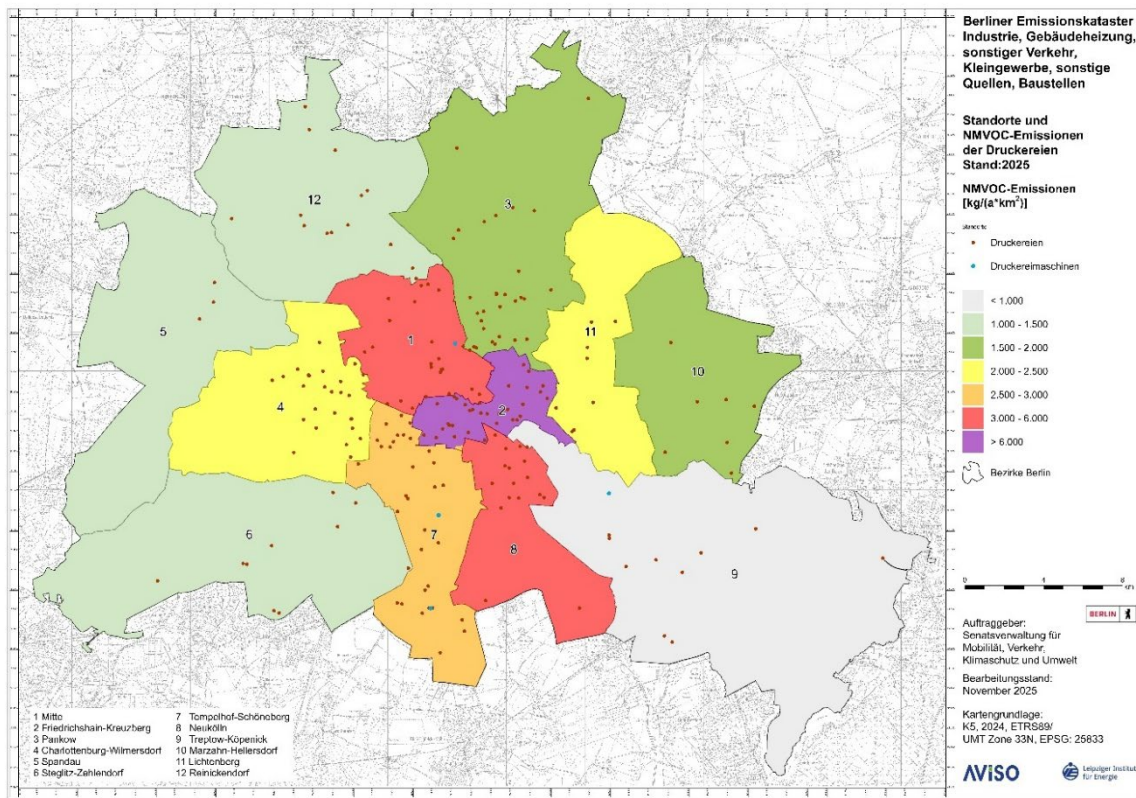


Bild 7.2: NMVOC-Emissionen aus Druckereien, Berlin 2023

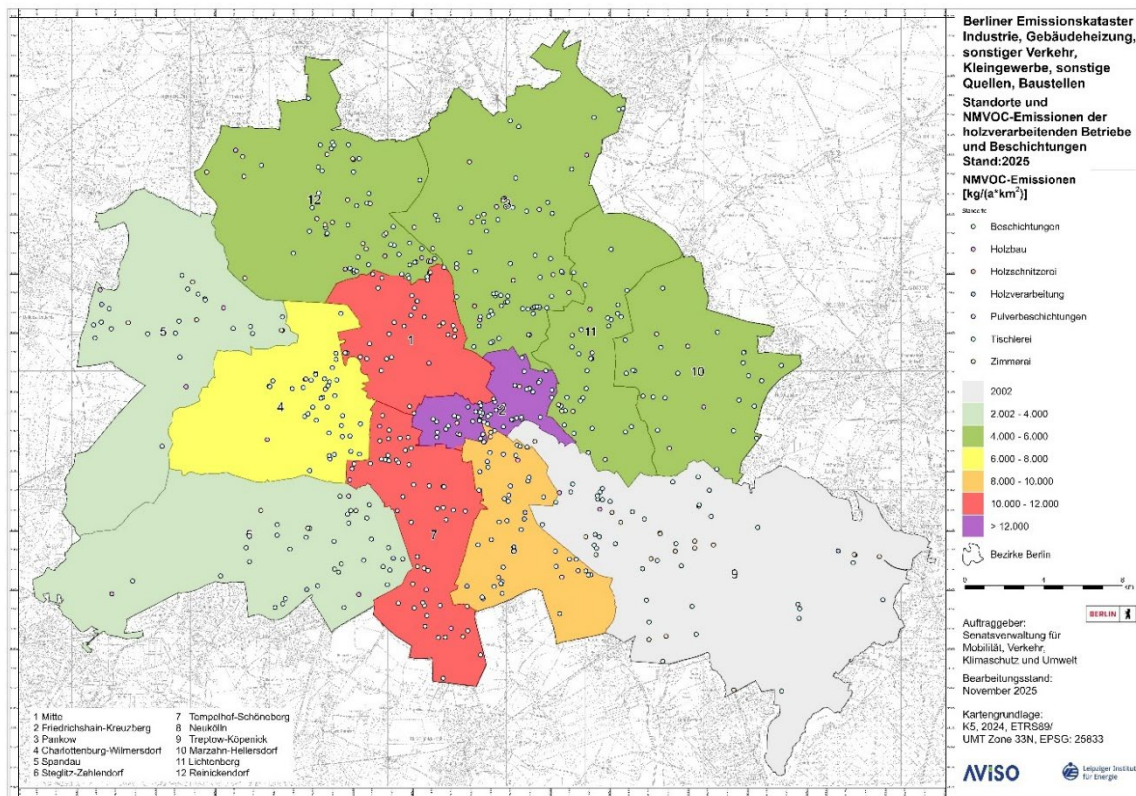


Bild 7.3: NMVOC-Emissionen der holzverarbeitenden Betriebe und Beschichtungsbetriebe, Berlin 2023

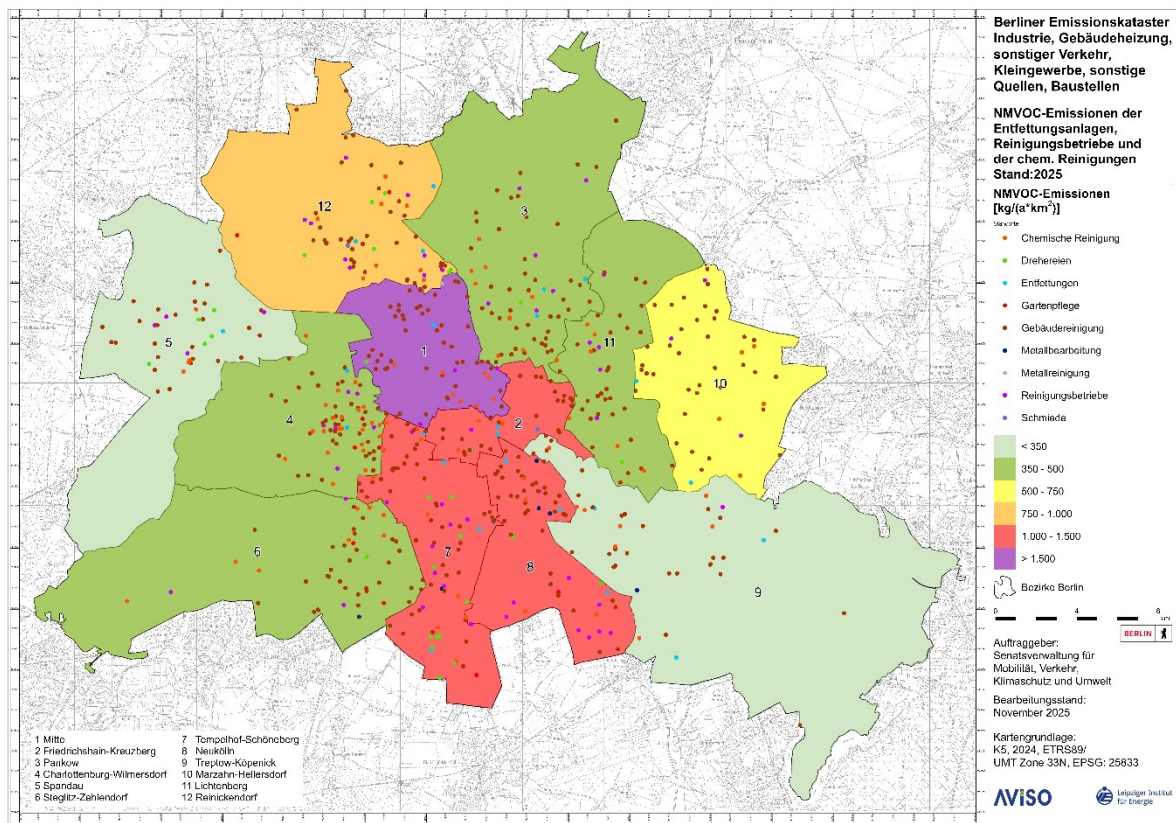


Bild 7.4: NMVOC-Emissionen der Entfettungsanlagen, Reinigungsbetriebe und der chem. Reinigungen, Berlin 2023

7.2 Verteilung von Mineralölprodukten

Die Emissionen aus der Verteilung von Mineralölprodukten (NFR 1.B.2.av) entstehen im Wesentlichen durch Transport- und Umschlagvorgänge zwischen den jeweiligen Lagertanks und Verbrauchsstellen. Sie umfassen insbesondere folgende Quellbereiche:

- Betankung von Benzin- und Diesel-Kraftfahrzeugen,
- Betankung von Heizöltanks,
- Betankung von Flugzeugen.

Die Betankung von Flugzeugen ist für die Luftschadstoffbilanz Berlins im Prinzip nicht mehr relevant, da der Flughafen Berlin-Tegel (TXL) im November 2020 dauerhaft geschlossen wurde und der Flughafen Berlin-Brandenburg (BER) auf dem Gebiet des Landes Brandenburg liegt. Somit werden die Luftschadstoffemissionen aus der Betankung von Flugzeugen hier nicht mehr der Berliner Bilanz zugerechnet. Die Ermittlung der Emissionen aus dem bodennahen Flugverkehr für den Flughafen Berlin-Brandenburg incl. der Emissionen aus Vorfeldaktivitäten findet sich in Kap. 5.3.

Betankung von Benzin- und Dieselfahrzeugen

Beim Befüllen von Kraftfahrzeugen werden flüchtige organische Verbindungen (NMVOC) freigesetzt. Diese entstehen durch Verdunstungsvorgänge beim Befüllen des Fahrzeugtanks, beim Druckausgleich in den Lagertanks sowie beim kurzzeitigen Entweichen von Dämpfen während des Zapfvorgangs.

Zur Reduktion dieser Emissionen sind in Deutschland gemäß der 20. BImSchV (Verordnung über Anlagen zur Lagerung, Abfüllung und Beförderung von brennbaren Flüssigkeiten) sowie der 21. BImSchV (Verordnung über die Rückführung von Dämpfen beim Betanken von Kraftfahrzeugen) Gaspendelungs- und Gasrückführungssysteme der Stufe I und II verpflichtend eingeführt. Ergänzende automatische Überwachungseinrichtungen gewährleisten eine dauerhafte Funktionskontrolle dieser Systeme. Durch diese technischen Maßnahmen konnten die NMVOC-Emissionen aus Betankungsvorgängen in den vergangenen Jahren signifikant reduziert werden. Eine vollständige Vermeidung diffuser Emissionen ist jedoch technisch nicht möglich.

Die Quantifizierung der Emissionen erfolgte auf Basis der Emissionsfaktoren nach /UBA 2025b/, kombiniert mit den in Berlin im Jahr 2023 umgeschlagenen Mengen an Otto- und Dieselfkraftstoffen, wie sie aus der Energiebilanz Berlin 2023 /BBB 2025/ hervorgehen. Die Verteilung der Emissionen auf die einzelnen Stadtbezirke wurde proportional zum gemeldeten Kraftfahrzeugbestand vorgenommen.

In Tab 7.2 sind die berechneten NMVOC-Emissionen aus der Betankung von Otto- und Dieselfkraftfahrzeugen nach Bezirken dargestellt. Die Gesamtemission aus diesen Quellen beträgt im Jahr 2023 für Berlin rund 820 t NMVOC. Im Vergleich zu 2012 sind die Emissionen um 8,5 % angestiegen. Dies ist im Wesentlichen auf den höheren KFZ-Bestand zurückzuführen.

Die räumliche Verteilung der Emissionen ist in Bild 7.5 visualisiert. Es wurde angenommen, dass die Betankung überwiegend innerhalb desjenigen Bezirks erfolgt, in dem das jeweilige Fahrzeug zugelassen ist. Demzufolge weist der Bezirk Pankow aufgrund seiner hohen Fahrzeugdichte und Tankstellenanzahl die größten NMVOC-Emissionen aus Betankungsvorgängen auf.

Tab. 7.2: NMVOC-Emissionen aus Betankungsprozessen von Diesel- und Benzin-Kraftfahrzeugen nach Bezirken in Berlin 2012 und 2023; Analyse auf Basis von /UBA 2025 b, BBB 2025 a/

Nr.	Stadtbezirk	2023		2012	
		NMVOC in kg/a		NMVOC in kg/a	
01	Mitte		80.328		74.035
02	Friedrichshain-Kreuzberg		63.670		58.682
03	Pankow		87.643		80.778
04	Charlottenburg-Wilmersdorf		75.440		69.531
05	Spandau		52.762		48.629
06	Steglitz-Zehlendorf		69.878		64.404
07	Tempelhof-Schöneberg		77.600		71.521
08	Neukölln		75.220		69.328
09	Treptow-Köpenick		57.614		53.101
10	Marzahn-Hellersdorf		59.513		54.851
11	Lichtenberg		61.551		56.730
12	Reinickendorf		58.570		53.982
	Berlin		819.788		755.572

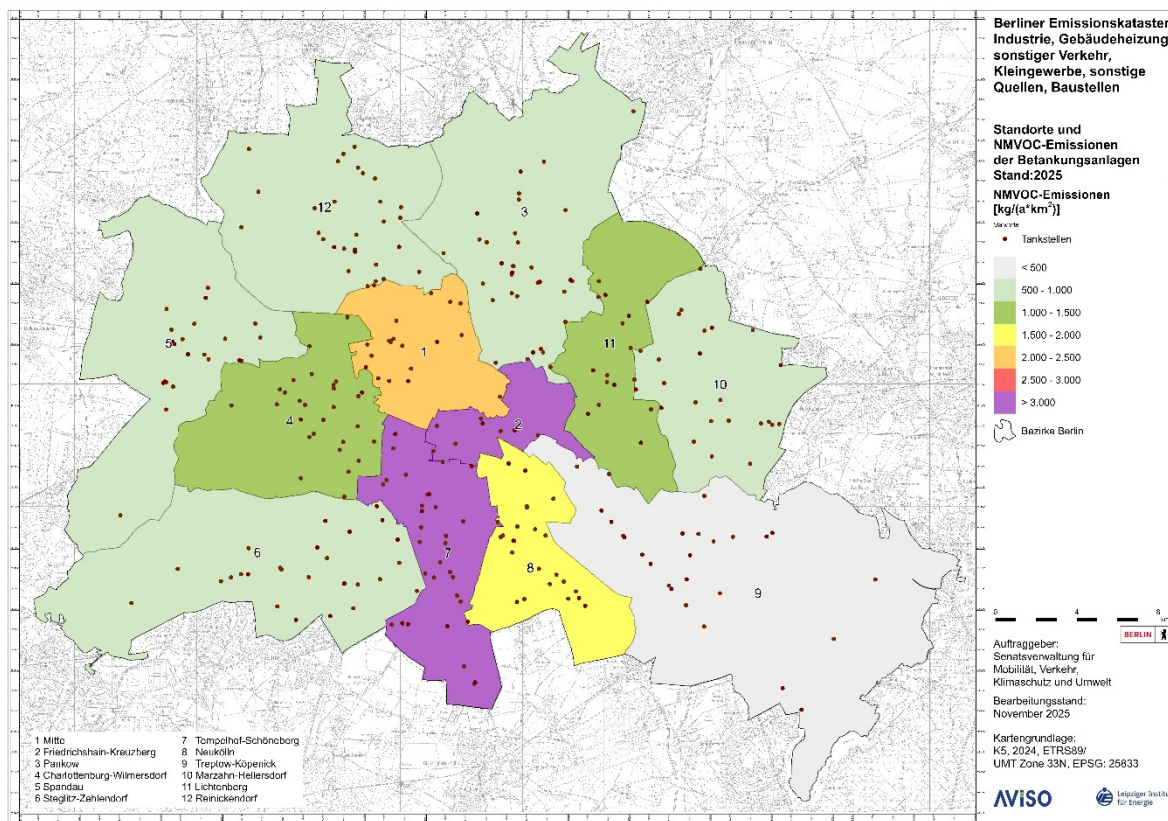


Bild 7.5: NMVOC-Emissionen aus Betankungsanlagen in Berlin 2023

Betankung von Heizöltanks

Bei der Befüllung von Heizöltanks werden flüchtige organische Verbindungen (NMVOC) freigesetzt. Diese Emissionen entstehen insbesondere durch die Verdunstung von Kohlenwasserstoffen während des Befüllvorgangs sowie beim Druckausgleich zwischen Tank und Tankwagen. Aufgrund der in Deutschland geltenden hohen Sicherheits- und Umweltschutzstandards (z. B. geschlossene Befüllsysteme, Gasrückführung, regelmäßige Dichtheitsprüfungen) sind die Emissionsmengen jedoch vergleichsweise gering /UBA 2025b/.

In Kapitel 4 (Gebäudeheizung) ist die Verteilung des Heizölverbrauchs der Haushalte und Kleinverbraucher in den Berliner Stadtbezirken dargestellt. Zusätzlich wurden die Heizölmengen des verarbeitenden Gewerbes berücksichtigt /BBB 2025/, um eine vollständige Abschätzung der emissionsrelevanten Aktivitäten zu gewährleisten.

Auf Basis mengenspezifischer Emissionsfaktoren /UBA 2025b/ und der in Berlin im Jahr 2023 verbrauchten Heizölmengen wurden die daraus resultierenden NMVOC-Emissionen aus der Betankung von Heizöltanks nach Stadtbezirken berechnet (siehe Tab. 7.3).

Insgesamt wurden im Jahr 2023 in Berlin etwa 3,4 t NMVOC infolge der Heizöltankbefüllung freigesetzt. Die Emissionsverteilung zeigt deutliche Unterschiede zwischen den Stadtbezirken, was auf die unterschiedliche Bedeutung des Energieträgers Heizöl in der lokalen Wärmeversorgung zurückzuführen ist. Über die Hälfte der gesamten NMVOC-Emissionen (rund 1,8 t) entfielen auf die Stadtbezirke Tempelhof-Schöneberg, Steglitz-Zehlendorf und Reinickendorf, in denen der Anteil ölbeheizter Gebäude besonders hoch ist.

Tab. 7.3: NMVOC-Emissionen aus Betankungsprozessen mit leichtem Heizöl nach Stadtbezirken in Berlin 2012 und 2023; Analyse auf Basis von /UBA 2025b, BBB 2025/

Nr.	Stadtbezirk	2023	2012
		NMVOC in kg/a	NMVOC in kg/a
01	Mitte	82,86	133,22
02	Friedrichshain-Kreuzberg	77,46	130,44
03	Pankow	72,02	122,87
04	Charlottenburg-Wilmersdorf	191,13	342,02
05	Spandau	446,07	783,84
06	Steglitz-Zehlendorf	699,71	1.257,45
07	Tempelhof-Schöneberg	529,84	936,51
08	Neukölln	432,01	761,62
09	Treptow-Köpenick	129,95	220,55
10	Marzahn-Hellersdorf	114,83	198,02
11	Lichtenberg	60,47	104,50
12	Reinickendorf	600,38	1.067,80
	Berlin	3.436,73	6.058,86

Insgesamt verursachte die Verteilung von Mineralölprodukten (NFR 1.B.2.av) im Berichtsjahr 2023 Emissionen in Höhe von ca. 823 t NMVOC (siehe Tab. 7.4). Der wesentliche Teil wurde bei der Betankung von Benzin- und Diesel-Kraftfahrzeugen emittiert. Von untergeordneter Bedeutung sind die Emissionen aus der Betankung von Heizöltanks. Gegenüber dem Jahr 2012 ist ein Anstieg von etwa 5,2 % zu verzeichnen.

Tab. 7.4: NMVOC-Emissionen aus der Verteilung von Mineralölprodukten nach Stadtbezirken in Berlin 2012 und 2023; Analyse auf Basis von /UBA 2025b, BBB 2025/

Nr.	Stadtbezirk	2023		2012	
		NMVOC in kg/a		NMVOC in kg/a	
01	Mitte		80.411		74.169
02	Friedrichshain-Kreuzberg		63.747		58.813
03	Pankow		87.715		80.901
04	Charlottenburg-Wilmersdorf		75.631		69.873
05	Spandau		53.208		49.412
06	Steglitz-Zehlendorf		70.577		65.661
07	Tempelhof-Schöneberg		78.129		72.458
08	Neukölln		75.652		70.089
09	Treptow-Köpenick		57.744		59.292
10	Marzahn-Hellersdorf		59.628		55.049
11	Lichtenberg		61.612		56.834
12	Reinickendorf		59.170		69.737
	Berlin		823.225		782.288

7.3 Sonstiges Kleingewerbe

Die nachfolgenden Abschätzungen zu den Emissionen aus gastronomischen Holzkohlegrills und Shisha-Bars stellen eine erste Orientierung dar. Aufgrund begrenzter Datenverfügbarkeit, variabler Betriebsweisen und unsicherer Emissionsfaktoren besitzen die Ergebnisse nur indikative Aussagekraft. Sie dienen der groben Einordnung der Emissionsrelevanz dieser Quellen.

7.3.1 Holzkohlegrills in der Gastronomie

Holzkohlegrills sind in der gastronomischen Praxis weit verbreitet und prägen insbesondere in urbanen Zentren das Angebot vieler Grillrestaurants. Trotz ihrer Beliebtheit sind die mit ihrem Betrieb verbundenen Luftschadstoffemissionen und Geruchsbelastungen seit Jahren Gegenstand von Beschwerden der Bevölkerung sowie von Untersuchungen durch Behörden und Forschungseinrichtungen /Liesegang et al. 2021/. Die vom Umweltbundesamt beauftragte Studie zur „Emissionssituation und Emissionsminderung von Holzkohlegrills und anderen Feuerungsanlagen, die dazu bestimmt sind, Speisen mit heißen Abgasen zuzubereiten“ /UBA 2024/ zeigt deutlich, dass Holzkohlegrillanlagen, insbesondere bei ungünstiger Lage oder fehlender Abgasreinigung, erheblich zur lokalen Luftbelastung beitragen können und teilweise sogar zu Überschreitungen gesetzlicher Immissionswerte führen.

Gemäß § 3 Abs. 5 Nr. 2 Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) gelten Holzkohlegrills in der Gastronomie als nicht genehmigungsbedürftige Anlagen. Sie unterliegen damit den allgemeinen Anforderungen der §§ 22 bis 25 BImSchG, nicht jedoch einem Genehmigungsverfahren nach § 4 BImSchG. Die 1. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (1. BImSchV) lässt Holzkohle ausdrücklich als zulässigen Brennstoff in solchen Anlagen zu. Historisch waren Gastronomie-Holzkohlegrills von wesentlichen Anforderungen der 1. BImSchV ausgenommen, insbesondere von Regelungen zur Emissionsbegrenzung, Abgasführung und Überwachung. Diese Ausnahme entfiel jedoch für Anlagen, die seit dem 20. Juni 2019 neu errichtet oder wesentlich geändert wurden: Sie müssen nun die allgemeinen Vorgaben der 1. BImSchV vollständig einhalten (z. B. zulässige Abgasführung, Mindesthöhe des Abgasabzugs, technische Anforderungen an Feuerstätten) /UBA 2024/ /Liesegang et al. 2021/.

Die Emissionen aus Holzkohlegrills entstehen aus mehreren miteinander verknüpften Prozessen /UBA 2024, Liesegang et al. 2021/. Der wichtigste Emissionspfad ist die Verbrennung der Holzkohle selbst. Diese verläuft bei typischen Grilltemperaturen zwischen 400 und 700 °C, kann jedoch im Bereich der Glut auch deutlich höhere Temperaturen erreichen. Da die Luftzufuhr in der gastronomischen Praxis meist nicht geregelt wird und die Holzkohle ungleichmäßig nachgelegt wird, entstehen stark schwankende Verbrennungsbedingungen. Diese unstete Betriebsweise führt zu hohen Emissionen von Feinstaub (PM₁₀ und PM_{2,5}), Kohlenmonoxid, organischen Gasverbindungen (VOC), aromatischen Kohlenwasserstoffen einschließlich Benzol sowie polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK). Eine weitere bedeutende Quelle der Emissionen ist die Pyrolyse herabtropfender Fette, Marinaden und Fleischsäfte. Gelangen diese Stoffe in die Glut, entstehen nicht nur zusätzliche Partikel, sondern vor allem große Mengen geruchsintensiver organischer Verbindungen /UBA 2024, Liesegang et al. 2021/.

Ein besonderes Problem ergibt sich daraus, dass Holzkohlegrillrestaurants häufig in dicht bebauten Stadtgebieten angesiedelt sind. Werden die Abgase, wie dies in der Praxis häufig beobachtet wird, nicht über den Dachfirst abgeführt, sondern horizontal oder in niedriger Höhe ausgestoßen, entsteht eine lokal stark erhöhte Belastung. In Straßenschluchten und Innenhöfen kann die natürliche Verdünnung der Abluft erheblich eingeschränkt sein, was zu deutlichen Immissionsspitzen bei Feinstaub, Gerüchen und gasförmigen Schadstoffen führt /UBA 2024, Liesegang et al. 2021/.

Quantitative Abschätzung der Gesamtemissionen in Berlin

Für die Abschätzung der Gesamtemissionen aus Holzkohlegrills in der Gastronomie wurde ein Bottom-up-Ansatz verwendet. Die jährlichen Emissionen ergeben sich aus:

$$E = N \times n_{\text{HKG}} \times m_k \times H_u \times EF$$

mit

- N = Anzahl der Gastronomiebetriebe
- n_{HKG} = Anteil der Gastronomiebetriebe mit Holzkohlegrill
- m_k = Holzkohleeinsatz pro Betrieb (t/a)

- Hu = Heizwert der Holzkohle (TJ/t)
- EF = Emissionsfaktor (kg/TJ) für den jeweiligen Schadstoff

Grundlage war die Gesamtzahl der Gastronomiebetriebe (10.744) /DEHOGA 2025/ sowie eine Abschätzung des Anteils von Betrieben, die tatsächlich Holzkohlegrills einsetzen. Während der bundesweite Durchschnitt bei etwa 5 % /UBA 2024/ liegt, ist aufgrund der gastronomischen Struktur in Berlin ein Anteil von 8 % (Einschätzung IE Leipzig) plausibel. Daraus ergibt sich eine Zahl von etwa 860 gastronomischen Holzkohlegrillbetrieben in Berlin (siehe Tab. 7.5).

Tab. 7.5: Anzahl der Holzkohlegrills in der Gastronomie in Berlin und Deutschland 2023; Abschätzung auf Basis /DEHOGA 2025/ und Annahmen des IE Leipzig

Nr.	Stadtbezirk	Bevölkerung	Anzahl Gastronomiebetriebe (N)	Gastronomiebetriebe je 100.000 Einwohner	Gastronomiebetriebe mit Holzkohlegrill
01	Mitte	397.134	1.806	455	144
02	Friedrichshain-Kreuzberg	293.454	1.625	554	130
03	Pankow	424.307	1.083	255	87
04	Charlottenburg-Wilmersdorf	343.081	1.535	447	123
05	Spandau	257.091	361	140	29
06	Steglitz-Zehlendorf	310.446	722	233	58
07	Tempelhof-Schöneberg	355.868	903	254	72
08	Neukölln	330.017	1.174	356	94
09	Treptow-Köpenick	294.081	271	92	22
10	Marzahn-Hellersdorf	291.948	271	93	22
11	Lichtenberg	311.881	542	174	43
12	Reinickendorf	268.792	451	168	36
	Berlin	3.878.100	10.744	277	860
	<i>Deutschland</i>	<i>83.460.000</i>	<i>150.218</i>	<i>180</i>	<i>7.400</i>

Der Holzkohleeinsatz variiert in Abhängigkeit verschiedener Faktoren (u.a. Grilltyp und Bauart, Art der Holzkohle, Nutzungshäufigkeit und Grilledauer, Grillgut Öffnungstage pro Jahr) zwischen 1 und 3 t pro Jahr und Betrieb; als mittlerer Wert wurden 2 t angesetzt. Unter Berücksichtigung eines Heizwerts von 0,031 TJ je t Holzkohle und der in /Liesegang et al. 2021/ ausgewiesenen Emissionsfaktoren lassen sich die jährlichen Gesamtemissionen näherungsweise berechnen. Die angenommenen durchschnittlichen Emissionsfaktoren für die Abschätzung sind folgendermaßen /Liesegang et al. 2021/:

- CO: 3.446 kg/TJ Holzkohle
- NMVOC: 1.044 kg/TJ Holzkohle
- Feinstaub PM_{2,5}: 384 kg/TJ Holzkohle
- Feinstaub PM₁₀: 396 kg/TJ Holzkohle
- PAK: 0,35 kg/TJ Holzkohle
- CO₂: 112 t/TJ Holzkohle

Unter Verwendung der zuvor genannten Parameter ergeben sich auf Basis der geschätzten Anzahl der Gastronomiebetriebe mit Holzkohlegrill jährliche Emissionen für Berlin von:

- CO: 183,7 t
- NMVOC: 55,7 t
- Feinstaub PM₁₀: 21,1 t
- Feinstaub PM_{2,5}: 20,5 t
- PAK: 18,7 kg
- CO₂: 5.968,5 t

Die geschätzten Emissionen nach Stadtbezirken sind in Tab. 7.6 dargestellt. Holzkohlegrills in der Gastronomie sind aus luftqualitätsbezogener Sicht relevante Punktquellen, die in Innenstädten deutliche Zusatzbelastungen verursachen können. Die Emissionscharakteristik wird maßgeblich durch instabile Verbrennungsbedingungen, die Pyrolyse fetthaltiger Stoffe und häufig unzureichende Abgasführung bestimmt.

Tab. 7.6: Emissionen aus Gastronomiebetrieben mit Holzkohlegrills nach Stadtbezirken in Berlin 2023; Abschätzung auf Basis von /UBA 2024, Liesegang et al. 2021, DEHOGA 2025/ und Annahmen des IE Leipzig

Nr.	Stadtbezirk	Treibhausgase		Ozonvorläufersubstanzen		Staub		Persistente organische Verbindungen	
		Kohlenstoffdioxid in kg/a		NMVOC in kg/a	Kohlenmonoxid in kg/a	Feinstaub PM10 in kg/a	Feinstaub PM2,5 in kg/a	PAK in kg/a	
01	Mitte	1.003.110		9.353	30.867	3.548	3.442		3,1
02	Friedrichshain-Kreuzberg	902.799		8.418	27.780	3.193	3.098		2,8
03	Pankow	601.866		5.612	18.520	2.129	2.065		1,9
04	Charlottenburg-Wilmersdorf	852.644		7.950	26.237	3.016	2.925		2,7
05	Spandau	200.622		1.871	6.173	710	688		0,6
06	Steglitz-Zehlendorf	401.244		3.741	12.347	1.419	1.377		1,3
07	Tempelhof-Schöneberg	501.555		4.677	15.433	1.774	1.721		1,6
08	Neukölln	652.022		6.080	20.063	2.306	2.237		2,0
09	Treptow-Köpenick	150.467		1.403	4.630	532	516		0,5
10	Marzahn-Hellersdorf	150.467		1.403	4.630	532	516		0,5
11	Lichtenberg	300.933		2.806	9.260	1.064	1.033		0,9
12	Reinickendorf	250.778		2.338	7.717	887	860		0,8
	Berlin	5.968.507		55.653	183.656	21.112	20.478		18,7

Die dargestellten Abschätzungen sind mit mehreren Unsicherheiten behaftet:

- Anzahl der gastronomischen Holzkohlegrills: Die tatsächliche Zahl der Betriebe mit Holzkohlegrills ist nicht amtlich erfasst; viele Restaurants wechseln Grilltechnik oder Betriebsform, sodass Internetrecherchen und Expertenschätzungen nur eine grobe Annäherung ermöglichen.
- Variabilität des Holzkohleeinsatzes: Der jährliche Kohleverbrauch variiert stark in Abhängigkeit von Grilltyp, Öffnungstagen, Speisenangebot, Gästeaufkommen und Witterung. Die angesetzten Durchschnittsmengen können daher sowohl unter- als auch überschätzt sein.
- Unterschiedliche Holzkohlequalitäten und Betriebsweisen: Emissionen hängen stark von der Art der Holzkohle (Holzkohle, Briketts, Kokoskohle), der Luftzufuhr, der Gluttemperatur sowie der Intensität des Fett- und Marinadeeintrags ab. Dadurch schwanken die Emissionsfaktoren teils erheblich.

- Fehlende oder nicht standardisierte Emissionsfaktoren: Für einige Schadstoffe, insbesondere PAK, ultrafeine Partikel und spezifische VOC, liegen nur wenige Messreihen aus Labor- und Feldstudien vor. Die Übertragbarkeit dieser Werte auf reale Gastronomiebetriebe ist begrenzt.
- Abgasführung und technische Ausstattung: Die tatsächlichen Emissionen am Immissionsort hängen stark von der Abgasführung, der Gebäudestruktur und der verwendeten Abluftreinigung ab. Da hierzu keine Daten existieren, können lokale Belastungsspitzen unterschätzt werden.

Diese Unsicherheiten führen dazu, dass die berechneten Werte vor allem als orientierende Größenordnungen zu verstehen sind. Für eine belastbare gesundheitliche und lufthygienische Bewertung wären umfassendere Messprogramme unter realen Betriebsbedingungen erforderlich.

7.3.2 Shisha-Bars

Shishas (Wasserpfeifen) haben sich in den vergangenen Jahren in Deutschland insbesondere bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen etabliert. Neben dem individuellen Gesundheitsrisiko durch die Inhalation von Tabakrauch rückt zunehmend die Luftschadstoffbelastung in Shisha-Bars und angrenzenden Wohnquartieren in den Fokus. Studien aus Deutschland und anderen Ländern zeigen, dass Shisha-Bars erhebliche Quellen für Feinstaub, Kohlenmonoxid (CO), krebserzeugende polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und weitere toxische Substanzen darstellen.

Shisha-Bars verwenden nahezu ausschließlich Holzkohle, um Tabak oder Molasse im Tabakopf zu erhitzen. Die Emissionen stammen im Wesentlichen aus zwei Prozessen:

- Verbrennung der Holzkohle bei Temperaturen von etwa 400–700 °C
- Pyrolyse des Tabakgemischs (Tabak, Glycerin, Zucker, Aromastoffe) bei ca. 150 – 250 °C an der Oberfläche bis in Spitzenbereichen von über 1.000 °C in Glutnähe. Die Angabe „bis 2.500 °C“ beschreibt sehr heiße Mikrobereiche der Glut, in denen sich flüchtige Pyrolyseprodukte bilden.

Experimentelle Arbeiten und Emissionsmessungen weisen darauf hin, dass insbesondere die Holzkohle die dominierende Quelle für Kohlenmonoxid und einen erheblichen Anteil der PAK-Emissionen ist. In /Gurung 2016/ und /Torrey 2015/ wurden etwa 90 % der Emissionen einer Shisha-Sitzung der Kohle zugeschrieben.

Das Tabakgemisch trägt zusätzlich zu Nikotin, flüchtigen organischen Verbindungen (z. B. Benzol, Formaldehyd) sowie feinsten kondensierten Partikeln bei. Untersuchungen des Bayerischen Landesamts für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit zeigen, dass während mehrstündiger Wasserpfeifensitzungen in Innenräumen erhöhte Konzentrationen von Feinstaub, CO, Blei, Cadmium, PAK und Benzol auftreten; die Benzolgehalte waren dabei im Mittel etwa 15-mal höher als in normalen Wohnungen /LGL 2017/.

Internationale Messkampagnen in Wasserpfeifenlokalen berichten sehr hohe Konzentrationen von Feinstaub (PM_{2,5}) und Kohlenmonoxid, die häufig über den Leit- oder Grenzwerten für

Arbeitsplätze und Innenräume liegen. In Hookah-Bars (Shisha-Bars) in New York City wurden mittlere PM_{2,5}-Konzentrationen von rund 1.200 µg/m³ mit Spitzenwerten nahe 3.000 µg/m³ gemessen /Zhou 2015/. Ähnliche Größenordnungen wurden in Bars in Baltimore beobachtet, dort überschritten sowohl PM_{2,5} als auch CO teilweise arbeitsmedizinische Richtwerte /Torrey 2016/. Deutsche Behörden dokumentieren wiederholt Fälle von CO-Vergiftungen in Shisha-Betrieben. Das Bayerische Gesundheitsministerium warnt explizit vor dem Risiko schwerer CO-Intoxikationen in schlecht belüfteten Shisha-Bars. Auch in privaten Wohnungen führt das Rauchen von Wasserpfeifen nachweislich zu einer deutlichen Verschlechterung der Innenraumluft. Studien zeigen starke Anstiege von PM_{2,5} und CO, die auch in angrenzende Räume eindringen und nichtrauchende Haushaltsmitglieder belasten.

Der Rauch von Wasserpfeifen enthält trotz „Filterung“ durch Wasser ein Gemisch aus bekannten toxischen und karzinogenen Stoffen, das dem von Zigarettenrauch in vieler Hinsicht ähnelt oder diesen übertrifft. Systematische Reviews und epidemiologische Studien verknüpfen Wasserpfeifenrauchen mit einem erhöhten Risiko für:

- Lungenkrebs und andere Tumoren (z. B. Mundhöhle, Speiseröhre)
- Herz-Kreislauf-Erkrankungen (Hypertonie, ischämische Herzkrankheit)
- Chronische Atemwegserkrankungen (COPD, Asthma, chronische Bronchitis)
- Akute CO-Vergiftungen mit Kopfschmerzen, Schwindel, neurologischen Ausfällen bis hin zum Tod
- Beeinträchtigung der Schwangerschaft (z. B. niedriges Geburtsgewicht, Frühgeburten)

Die Exposition von Nichtraucherinnen und Nichtrauchern in Shisha-Bars ist besonders problematisch, da sie über Stunden hohen Konzentrationen von CO und Feinstaub ausgesetzt sein können, ohne sich der Gefahr bewusst zu sein. Mehrere Behörden klassifizieren daher die Luftqualität in Shisha-Bars zum Teil als gesundheitsgefährdend unabhängig davon, ob Tabak, „tabakfreie“ Molasse oder dampfbasierte Alternativen verwendet werden.

Zur quantitativen Erfassung des Beitrags von Shisha-Bars zum städtischen Emissionsinventar wurde ein Bottom-up-Ansatz gewählt. Dabei werden die Emissionen aus einer typischen Bar geschätzt und anschließend auf die Gesamtzahl der Bars hochgerechnet. Die grundlegende Berechnungsformel lautet:

$$E = N \times S \times m_k \times d \times EF$$

mit

- N = Anzahl der Shishabars
- S = durchschnittliche Shisha-Sessions pro Bar und Tag
- m_k = Holzkohleverbrauch pro Session (kg/Session)
- d = Anzahl der Betriebstage (300 Tage im Jahr)
- EF = Emissionsfaktor für den betrachteten Schadstoff (g oder kg pro kg Kohle)

Die Aktivität der Bars wurde auf Basis von Feldbeobachtungen und Betreiberangaben abgeschätzt:

- Sessions/Tag (S): 30 - 80, Mittelwert ≈ 55 Sessions/Tag

- Kohleverbrauch pro Session (m_k): 0,03 - 0,06 kg (entspricht 2 - 4 Kohlewürfeln à 12 g), Mittelwert \approx 0,045 kg/Session

Die Zahl der Shisha-Bars wurde wie folgt angesetzt:

- Deutschland: ca. 5.000 Bars (Schätzung des Bundesverbands Wasserpfeifentabak /Merkur 2025/)
- Berlin: 376 Bars (Internetrecherche nach Stadtbezirken, siehe Tab. 7.7)

Tab. 7.7: Anzahl der Shisha-Bars in Berlin und Deutschland 2023; Abschätzung auf Basis Internetrecherche, /Merkur 2025, BBB 2025/

Nr.	Stadtbezirk	Bevölkerung	Anzahl Shishabars (N)	Shishabars je 100.000 Einwohner
01	Mitte	397.134	53	13,2
02	Friedrichshain-Kreuzberg	293.454	43	14,5
03	Pankow	424.307	25	5,9
04	Charlottenburg-Wilmersdorf	343.081	48	13,8
05	Spandau	257.091	16	6,2
06	Steglitz-Zehlendorf	310.446	14	4,5
07	Tempelhof-Schöneberg	355.868	43	11,9
08	Neukölln	330.017	70	21,2
09	Treptow-Köpenick	294.081	14	4,8
10	Marzahn-Hellersdorf	291.948	12	3,9
11	Lichtenberg	311.881	20	6,4
12	Reinickendorf	268.792	20	7,4
	Berlin	3.878.100	376	9,7
	<i>Deutschland</i>	<i>83.460.000</i>	<i>5.000</i>	<i>6,0</i>

Die Emissionsfaktoren basieren auf Messungen an handelsüblicher Shishakohle sowie Literaturwerten:

- CO: 200 g/kg Kohle
- Feinstaub PM_{2,5}: 13 g/kg Kohle
- CO₂: 2,5 kg/kg Kohle

Für PAK und andere organische Komponenten liegen bislang nur wenige, stark streuende Emissionsfaktoren vor, sodass diese in der vorliegenden Abschätzung noch nicht belastbar berücksichtigt werden können /Monzer 2008/.





































Unter Verwendung der Spannweiten der Parameter Sessions je Tag und Kohleverbrauch je Session ergeben sich auf Basis der geschätzten Anzahl der Shisha-Bars jährliche Emissionsbereiche für Berlin von:

- Kohlenmonoxid (CO): 20 bis 108 t/Jahr (Mittelwert \approx 56 t/Jahr)
- Feinstaub PM_{2,5}: 1,3 bis 7 t/Jahr (Mittelwert \approx 3,6 t/Jahr)

- Kohlenstoffdioxid (CO₂): 253 bis 1.352 t/Jahr (Mittelwert ≈ 697 t/Jahr)

Die geschätzten Emissionen nach Stadtbezirken auf Basis der Mittelwerte für Sessions je Tag und Kohleverbrauch je Session sind in Tab. 7.8 dargestellt.

Tab. 7.8: Emissionen aus Shisha-Bars nach Stadtbezirken in Berlin 2023; Abschätzung auf Basis von /Gurung 2016, Torrey 2015, LGL 2017, Zhou 2015, Monzer 2008, Merkur 2025/

Nr.	Stadtbezirk	Treibhausgase		Ozonvorläufer-substanzen	Staub		
		Kohlenstoffdioxid in kg/a		Kohlenmonoxid in kg/a	Feinstaub PM _{2,5} in kg/a		
01	Mitte		97.453		7.796		507
02	Friedrichshain-Kreuzberg		78.891		6.311		410
03	Pankow		46.406		3.713		241
04	Charlottenburg-Wilmersdorf		88.172		7.054		458
05	Spandau		29.700		2.376		154
06	Steglitz-Zehlendorf		25.988		2.079		135
07	Tempelhof-Schöneberg		78.891		6.311		410
08	Neukölln		129.938		10.395		676
09	Treptow-Köpenick		25.988		2.079		135
10	Marzahn-Hellersdorf		21.347		1.708		111
11	Lichtenberg		37.125		2.970		193
12	Reinickendorf		37.125		2.970		193
	Berlin		697.022		55.762		3.625

Diese Größenordnungen machen deutlich, dass Shisha-Bars als relevante Punktquellen zu betrachten sind. Besonders im Hinblick auf CO und PM_{2,5} können die Emissionen konzentriert auf dicht bebaute innerstädtische Bereiche zur lokalen Luftschadstoffbelastung beitragen und bestehende Immissionsprobleme verschärfen. Die genaue Höhe hängt jedoch stark von Anzahl der Bars, Öffnungszeiten, Auslastung und Kohlesorte ab.

Die dargestellten Abschätzungen sind mit mehreren Unsicherheiten behaftet:

- Zahl der Bars und Auslastung: Die tatsächliche Zahl der Shishabars unterliegt einer hohen Dynamik; viele Betriebe werden nicht gesondert statistisch erfasst. Zudem schwanken die Gästezahlen stark nach Wochentag und Saison.
- Variabilität der Kohle und Tabakprodukte: Unterschiedliche Kohlesorten (z. B. Kokoskohle, Holzkohlebriketts) und Tabakmischungen können Emissionsspektren und -mengen erheblich beeinflussen.
- Fehlende Emissionsfaktoren für PAK und Metalle: Für eine vollständige Bewertung der Gesundheitsrelevanz werden zuverlässige Emissionsfaktoren für krebserzeugende PAK, Benzol, Schwermetalle und ultrafeine Partikel benötigt. Insbesondere die PAK-Emissionen aus unterschiedlichen Tabak- und Molassevarianten stellen eine zentrale

Wissenslücke dar. Da diese Stoffe maßgeblich an der Krebsentstehung beteiligt sind, ist deren quantitative Erfassung für eine gesundheitliche Risikobewertung unerlässlich.

Die vorliegende Schätzung zeigt, dass der Betrieb von Shishas in Bars und Cafés erhebliche Mengen an Kohlenmonoxid, Feinstaub und Kohlendioxid freisetzt. Nationale und internationale Messkampagnen dokumentieren Innenraumkonzentrationen, die teilweise deutlich über gesundheitlich akzeptablen Richtwerten liegen und damit sowohl Gäste als auch Beschäftigte akut wie chronisch gefährden. Eine verbesserte Datenbasis zu Emissionen und Expositionen ist daher unerlässlich, um den Beitrag von Shisha-Bars zur städtischen Luftbelastung sowie die damit verbundenen Gesundheitsrisiken verlässlich beurteilen zu können.

7.4 Bewertung der Unsicherheiten

Die Unsicherheiten der berechneten Emissionen der verschiedenen Teilsektoren innerhalb der Quellen des Kleingewerbes in Berlin resultieren sowohl aus den verwendeten Aktivitätsdaten als auch aus den zugrunde liegenden Emissionsfaktoren.

Die Aktivitätsdaten liegen für Berlin auf Bezirksebene vor und stammen überwiegend aus öffentlichen Statistiken. Nach dem Bewertungsschema (vgl. Tab. 2.2) werden sie für die einzelnen Teilsektoren wie folgt eingestuft:

- Verwendung von Lösemitteln und anderen Produktanwendungen
Aktivitätsgrößen: Beschäftigte nach Wirtschaftszweigen, Einwohnerzahl, Fahrzeugbestand (abhängig vom Teilsektor)
→ Gütestufe A
- Verteilung von Mineralölprodukten
Aktivitätsgrößen: umgeschlagene Treibstoffmengen (Tankstellen), Heizölverbrauch (Kleinfeuerungsanlagen)
→ Gütestufe A bis C

Die für diese Teilsektoren herangezogenen Aktivitätsdaten sind als Näherungsgrößen zu verstehen. Die eigentlich relevanten Aktivitätsgrößen wären die tatsächlichen Verbrauchsmengen der eingesetzten Produkte sowie deren Inhaltsstoffe; entsprechende detaillierte Angaben liegen für Berlin jedoch nicht vor.

Im Gegensatz zu den Aktivitätsdaten weisen die verwendeten Emissionsfaktoren teilweise deutlich größere Unsicherheiten auf. Sie beziehen sich auf die für die jeweiligen Teilsektoren charakteristischen Aktivitätsgrößen und wurden entweder aus bundesweiten Emissionsdaten abgeleitet oder der Fachliteratur entnommen. Entsprechend werden die Emissionsfaktoren je nach Teilsektor mit Gütestufe B bis D bewertet.

Die Gesamtunsicherheit der für Berlin und seine Bezirke ermittelten Emissionen aus Quellen des Kleingewerbes wird somit in erster Linie durch die Qualität der Emissionsfaktoren bestimmt und ist daher insgesamt mit Gütestufe C bis D einzustufen.

Für eine weitergehende räumliche Differenzierung der Emissionen innerhalb der Bezirke liegen keine Informationen zur innerbezirklichen Verteilung der Aktivitätsdaten vor. Für die Feinverteilung, wie sie im Rahmen der Emissionsrasterung erforderlich ist, müssen daher zusätzliche Daten herangezogen werden. Diese liegen zwar zum Teil in hoher Genauigkeit vor, bilden jedoch nur eingeschränkt die tatsächliche räumliche Struktur der potenziellen Emissionsverteilung ab.

Die Emissionen aus dem Betrieb von Holzkohlegrills in gastronomischen Einrichtungen sowie aus Shisha-Bars wurden erstmals für das Stadtgebiet Berlin quantifiziert. Die hierfür erforderlichen Aktivitätsdaten, insbesondere die Anzahl der Shisha-Bars und der gastronomischen Betriebe mit Holzkohlegrills, sowie die entsprechenden Emissionsfaktoren wurden aus verschiedenen, teils heterogenen Quellen abgeleitet und sind damit als erste Schätzungen zu verstehen. Aufgrund dieser Datenbasis ist die daraus resultierende Gesamtunsicherheit der Güteklasse E zuzuordnen. Die Ergebnisse sind daher als eine erste orientierende, indikative Abschätzung zu interpretieren.

8 Sonstige Quellen

8.1 Verteilung von Erdgas

Die Verteilung von Erdgas (NFR 1.B.2.b) stellt einen relevanten Emissionssektor dar, in dem Methan (CH₄) als klimawirksames Spurengas freigesetzt wird. Methanemissionen entstehen entlang verschiedener Stufen der Gasverteilungskette, insbesondere bei:

- dem Transport in Ferngasnetzen,
- dem Transport in regionalen und lokalen Verteilungsnetzen (Leitungsemissionen),
- Gasdruckregel- und Messanlagen,
- Verdichtern,
- Obertagespeichern sowie
- Untertagespeichern.

Die Freisetzung von Methan erfolgt überwiegend durch diffuse Leckagen und Undichtigkeiten an Flanschen, Armaturen, Dichtungen und Rohrverbindungen. Zusätzlich treten Emissionen infolge betriebsbedingter Entlüftungen auf, beispielsweise bei Wartungsarbeiten, Druckentlastungen oder Instandhaltungsmaßnahmen.

Je nach Anlagentyp, Alter der Infrastruktur und eingesetzter Technik können die Emissionsraten erheblich variieren. Ein wesentlicher Anteil der Emissionen entfällt in der Regel auf diffuse Quellen, deren Quantifizierung aufgrund der Vielzahl potenzieller Austrittspunkte mit hohen Unsicherheiten behaftet ist.

Transport in Ferngasnetzen

Für die Einspeisung von Erdgas in das Berliner Verteilnetz betreibt die NBB Netzgesellschaft Berlin-Brandenburg mbH & Co. KG (NBB) insgesamt fünf Erdgas-Übernahmestationen (Netzkopplungspunkte) an der Schnittstelle zum überregionalen Fernleitungsnetz /NBB 2020/.

Über diese Punkte wird Erdgas aus dem Netz des Fernleitungsnetzbetreibers ONTRAS Gas-transport GmbH in das Berliner Hochdruck-Verteilnetz eingespeist. Von dort erfolgt die Weiterverteilung über mittlere und niedrige Druckstufen zur Versorgung von Haushalten, Gewerbe- und Industriebetrieben innerhalb der Stadt.

Bis zum 1. Oktober 2021 waren die Berliner Übernahmestationen den beiden deutschen Marktgebieten GASPOOL und NetConnect Germany (NCG) zugeordnet. Mit der Marktgebietszusammenlegung besteht seitdem das einheitliche bundesweite Marktgebiet Trading Hub Europe (THE).

Die Fernleitungen der überregionalen Netzbetreiber verlaufen überwiegend im Berliner Umland und enden an den fünf Übernahmepunkten. Innerhalb des Stadtgebiets selbst existiert kein eigenständiges Fernleitungsnetz, sondern ein Hochdruck-Verteilnetz, das die Anbindung der Berliner Stadtteile an die Übernahmepunkte gewährleistet /NBB 2020/.

Transport in Rohrleitungen

Methanemissionen entstehen nicht nur entlang der Rohrleitungen selbst, sondern auch an Zwischenstufen wie Verdichtern, Gasdruckregelanlagen und Speichern. Die Kategorie „Transport in Rohrleitungen“ umfasst daher alle zuvor genannten Emissionsquellen mit Ausnahme des Transports in Ferngasnetzen und der Untertagespeicher.

Zum Jahresende 2023 betrug die Gesamtlänge des Berliner Gasnetzes nach /NBB 2024/ 7.245 km, aufgeteilt in:

- Nieder- und Mitteldrucknetz: 6.429 km
- Hochdrucknetz: 817 km

Unter Verwendung des längenspezifischen Emissionsfaktors (abgeleitet aus /UBA 2022b/ und /UBA 2025b/) sowie der dokumentierten Netzlängen wurde die jährliche Methanemission der Berliner Gasverteilung einschließlich Verdichter, Regelanlagen und Speicher abgeschätzt. Daraus ergeben sich CH₄-Emissionen von rund 102 t pro Jahr für das Stadtgebiet Berlin.

Untertagespeicher

In Deutschland stehen 45 Untertagespeicher für Erdgas mit einem Gesamtspeichervolumen von etwa 23 Mrd. m³ zur Verfügung (UBA 2025b). Diese Speicher befinden sich überwiegend in ausgeförderten Erdöl- und Erdgaslagerstätten sowie in porösen geologischen Formationen (Porenspeichern). Methanemissionen aus Untertagespeichern entstehen in der Regel infolge von Leckagen an Bohrungen, Armaturen oder Dichtsystemen sowie bei betrieblichen Entspannungs- und Entlüftungsvorgängen.

In Berlin existiert ein unterirdischer Erdgasspeicher mit einem Gesamtspeichervolumen von etwa 1,1 Mrd. m³ (BES 2025). Dieser Speicher wurde im Jahr 2017 außer Betrieb genommen, und es erfolgt seither keine aktive Gaseinspeicherung mehr. Aufgrund der Stilllegung sind betriebsbedingte Methanemissionen nicht mehr zu erwarten, geringfügige diffuse Emissionen aus Restgasen oder technischen Einrichtungen können jedoch nicht vollständig ausgeschlossen werden.

Zusammenfassung

Die Methanemissionen aus der Erdgasverteilung in Berlin entstehen überwiegend durch diffuse Leckagen im Rohrleitungsnetz sowie durch Emissionen technischer Einrichtungen. Mit einem Gesamtwert von rund 150 t CH₄ pro Jahr trägt die Erdgasverteilung einen Teil zu den städtischen Treibhausgasemissionen bei. Den größten Anteil daran, etwa 74 %, verursacht der Transport im städtischen Erdgasverteilnetz (ohne Fernleitungsnetz). Die Emissionen aus dem Betrieb von Gasdruckregel- und -messenanlagen sowie Verdichtern tragen mit rund 25 % zu den gesamten Methanemissionen bei (siehe Bild 8.1).

Durch die aktualisierte Bewertung der Emissionsfaktoren für den Rohrleitungstransport und die Verdichter in der Erdgasverteilung /UBA 2022b/ /UBA 2025b/ sowie die Stilllegung des Untertagespeichers sind die Emissionen im Vergleich zu 2012 deutlich zurückgegangen (2012: 2.285t CH₄).

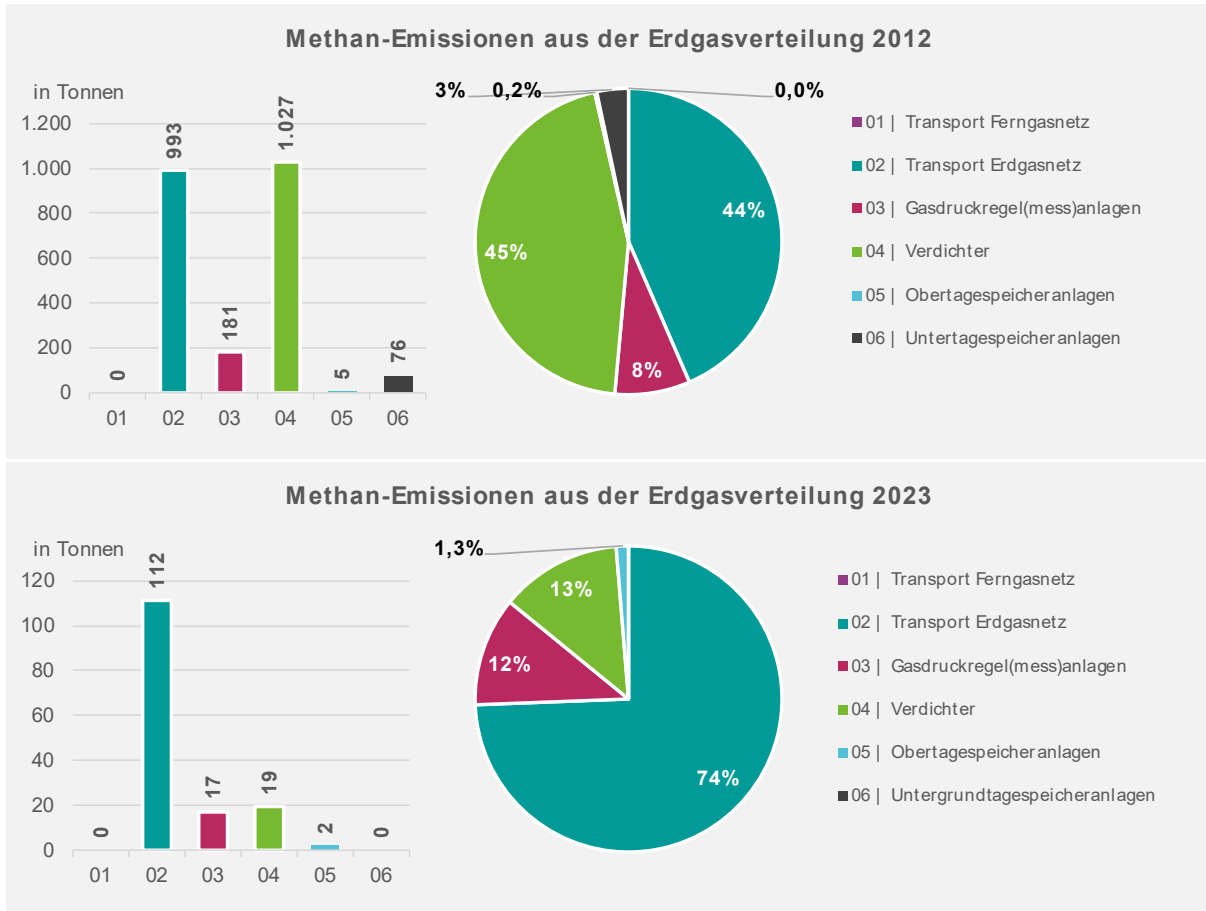


Bild 8.1: CH₄-Emissionen aus der Erdgasverteilung nach Herkunftsbereichen in Berlin 2012 und 2023; Analyse auf Basis von /UBA 2025b, UBA 2022b, NBB 2024, BES 2025/

8.2 Nutzung von Kühl-, Treib- und Löschmitteln

Die Quellgruppe „Nutzung von Kühl-, Treib- und Löschmitteln“ (NFR 2.F.1 bis 2.F.9) wird gemäß dem nationalen Inventarbericht (NIR) /UBA 2025b/ in folgende Teilbereiche untergliedert:

- Kältemittel in Kälte- und Klimaanlage
- Treibmittel (z. B. für die Schaumherstellung)
- Löschmittel (z. B. in Feuerlöschern)
- Andere Anwendungen, darunter insbesondere Aerosole, Halbleiterproduktion, elektrische Betriebsmittel sowie sonstige Verwendungen

Die Emissionen dieser Quellgruppe zählen nicht zu den klassischen Luftschadstoffen wie NO_x, SO₂ oder Feinstaub, sondern umfassen fluorierte Treibhausgase (F-Gase). Hierzu gehören insbesondere die teilhalogenierten Fluorkohlenwasserstoffe (HFKW), die vollhalogenierten Fluorkohlenwasserstoffe (FKW) sowie Schwefelhexafluorid (SF₆). Diese Stoffe besitzen ein hohes Treibhauspotenzial (Global Warming Potential, GWP) und tragen somit signifikant zur anthropogenen Klimaerwärmung bei.

Im Rahmen der internationalen Klimaberichterstattung, insbesondere gemäß den Vorgaben des Kyoto-Protokolls und der EU-Klimaberichterstattung (Verordnung (EU) Nr. 525/2013), werden die Emissionen dieser Stoffe als CO₂-Äquivalente erfasst und im nationalen Treibhausgasinventar ausgewiesen.

Kältemittel in Kälte- und Klimaanlage

Kältemittel werden in unterschiedlichen Bereichen der Kälte- und Klimatechnik eingesetzt. Zu den wesentlichen Anwendungsfeldern zählen:

- Haushaltskälte (z. B. Kühl- und Gefriergeräte im privaten Bereich),
- Gewerbekälte (z. B. Kühlmöbel und -räume im Handel und in der Gastronomie),
- Transportkälte (z. B. Kühlfahrzeuge, Container und Kühlzüge),
- Industriekälte (z. B. Prozesskälte in der Chemie-, Lebensmittel- oder Metallindustrie),
- Stationäre Klimaanlage (z. B. Klimasysteme in Büro-, Verwaltungs- und öffentlichen Gebäuden),
- Mobile Klimaanlage (z. B. Klimaanlage in Pkw, Lkw, Bussen und Schienenfahrzeugen).

In Deutschland zählen die fluorierten Kältemittel 1,1,1,2-Tetrafluorethan (HFKW-134a bzw. R134a) sowie die Kältemittelgemische R404A, R407C, R410A und R507A zu den am häufigsten verwendeten Stoffen /UBA, 2025b/. Diese Kältemittel gehören zur Stoffgruppe der teilfluorierten Kohlenwasserstoffe (HFKW) und besitzen ein hohes Treibhauspotenzial. Der Einsatz von vollfluorierten Kohlenwasserstoffen (FKW) ist in Deutschland dagegen von untergeordneter Bedeutung, da diese noch höhere GWP-Werte aufweisen und zunehmend durch HFKW oder natürliche Kältemittel (z. B. Kohlendioxid / R744, Ammoniak / R717, Propan / R290) ersetzt werden.

Nach Angaben des Statistischen Landesamtes Berlin-Brandenburg /BBB 2024/ wurden im Jahr 2022 insgesamt 70,2 metrische Tonnen Kältemittel (HFKW, FKW und Blends) als Absatzmengen erfasst. Diese Mengen beziehen sich ausschließlich auf die Erstbefüllung von Neuanlagen, die Erstbefüllung umgerüsteter Anlagen sowie auf den Einsatz im Rahmen von Wartung und Instandhaltung bestehender Kälte- und Klimaanlage in verschiedenen Wirtschaftszweigen. Die in der Statistik ausgewiesenen Treibhausgasemissionen (THG) von 110.500 t CO_{2äq} umfassen somit lediglich den Teilbereich der Emissionen, der aus dem aktuellen Verbrauch und der Handhabung der Kältemittel resultiert. Nicht berücksichtigt werden dagegen die THG-Emissionen aus dem gesamten Anlagenbestand, die beispielsweise durch Leckagen während des Betriebs, unvollständige Rückgewinnung beim Rückbau oder unsachgemäße Entsorgung entstehen können. Damit bildet die Statistik nur einen Teil der tatsächlichen klimarelevanten Emissionen aus der Nutzung von HFKW und FKW ab, während die Gesamtemissionen aus dem Betrieb und Lebenszyklus der Anlagen deutlich höher anzusetzen sind.

Zur Ermittlung der Emissionen in Berlin wurden bundesweite Angaben zur Verwendung von Kältemitteln /UBA, 2025b/ unter Verwendung regionaler Indikatoren (z. B. Beschäftigtenzahlen nach Branchen, Bevölkerungsdichte, Bestand an Nutzfahrzeugen) herangezogen. Auf dieser

Grundlage wurde für das Jahr 2023 eine Gesamtemission von 140,0 metrischen Tonnen Kältemitteln (HFKW und FKW) für Berlin abgeleitet.

In Bild 8.2 sind die ermittelten Emissionsmengen nach Herkunftsbereichen dargestellt. Den größten Anteil der metrischen Emissionen verursachen mobile Klimaanlage, insbesondere in Pkw und Nutzfahrzeugen, mit etwa 48 % (rund 67 t) der Gesamtemissionen. Weitere relevante Quellen stellen stationäre Klimaanlage in Gebäuden sowie gewerbliche und industrielle Kälteanlagen dar. Der überwiegende Teil der in Berlin freigesetzten Kältemittel entfällt auf HFKW, während der Anteil der FKW-Emissionen als vernachlässigbar einzustufen ist.

Die Ergebnisse verdeutlichen die Bedeutung von Kältemitteln als relevante Quelle fluorierter Treibhausgase in urbanen Räumen. Aufgrund des hohen GWP tragen insbesondere HFKW signifikant zum anthropogenen Treibhauseffekt bei. Entsprechend sind Maßnahmen zur Substitution durch Kältemittel mit niedrigem GWP oder durch natürliche Alternativen von zentraler Bedeutung, um die Klimaschutzziele gemäß EU-F-Gas-Verordnung (EU) Nr. 517/2014 zu erreichen und die Emissionen fluorierter Treibhausgase langfristig zu reduzieren.

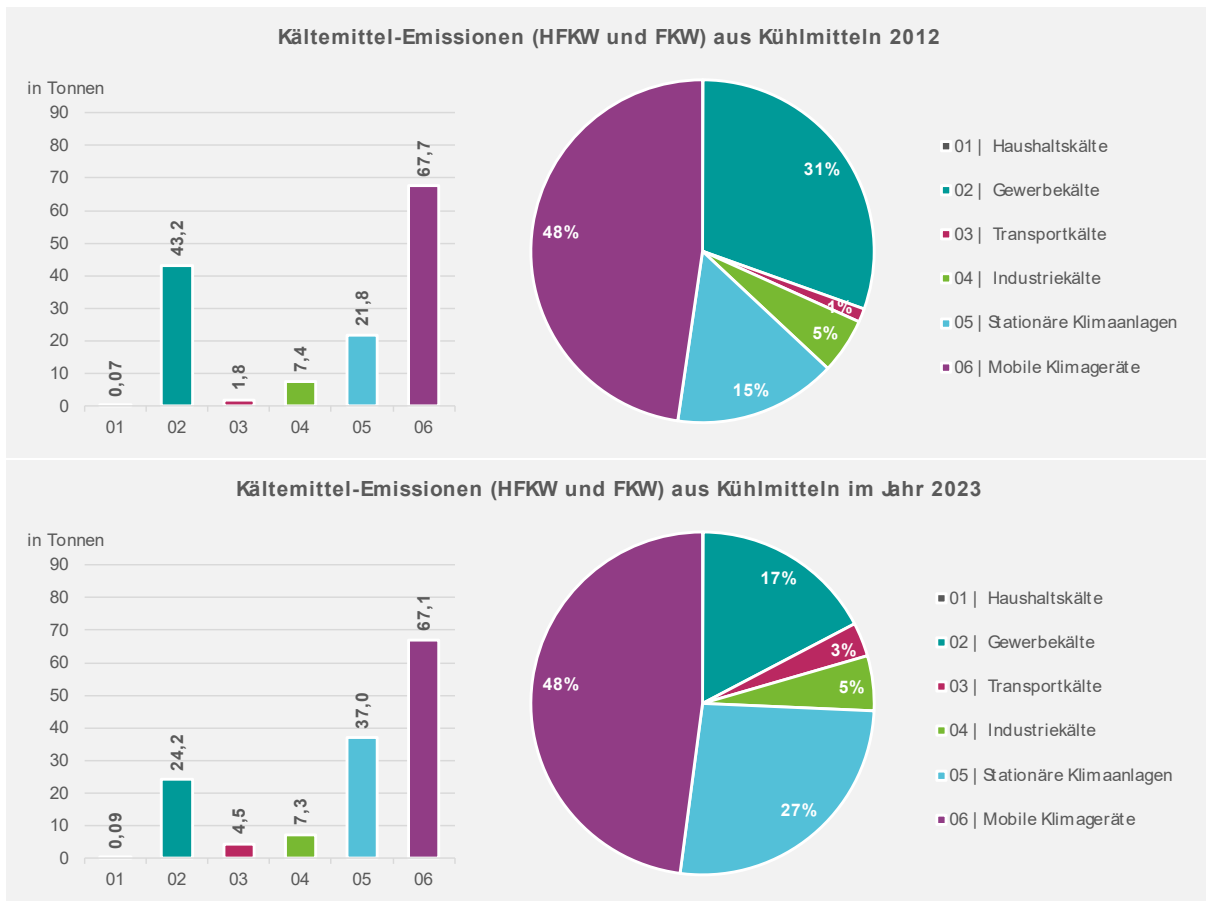


Bild 8.2: Metrische Mengen emittierter Kältemittel nach Herkunftsbereichen in Berlin 2012 und 2023; Analyse auf Basis von /UBA 2025b, BBB 2024/

Treibmittel – Schaumherstellung

Als Treibmittel werden bei der Herstellung von Schäumen teilfluorierte Kohlenwasserstoffe (HFKW) eingesetzt. Sie dienen der Expansion und Zellstrukturierung verschiedener Schaumtypen, unter anderem bei Polyurethan(PU)-Hartschaum, PU-Integralschaum, PU-Montageschaum sowie extrudiertem Polystyrolschaum (XPS), der häufig als Wärmedämmstoff verwendet wird. Im Rahmen der Schaumherstellung in Deutschland wurden im Jahr 2023 insgesamt 283 metrische Tonnen HFKW-Emissionen (2012: 652 t) freigesetzt /UBA 2025b/. Unter Anwendung wirtschafts¹²- und bevölkerungsbezogener Indikatorgrößen konnten für Berlin daraus 2,2 metrische Tonnen HFKW-Emissionen im Jahr 2023 abgeleitet werden.

Löschmittel – Feuerlöscher

Nach /UBA 2025b/ werden feuerlöschmittelführende Produkte (z. B. tragbare und stationäre Feuerlöscher) in Deutschland überwiegend importiert. Daher entstehen keine Emissionen aus der inländischen Produktion, sondern lediglich aus dem Befüllen und der Anwendung der Geräte. Unter Zugrundelegung der bundesweiten Emissionsangaben und einer Bevölkerungsproportionalität wurden für Berlin rund 0,93 t HFKW-Emissionen durch die Anwendung von Löschmitteln ermittelt. Hauptsächlich kommen hier HFKW-227ea (Heptafluorpropan) und HFKW-236fa (Hexafluorpropan) als Löschgase zum Einsatz.

Andere Verwendungen

Der Herkunftsbereich „Andere Anwendungen“ umfasst eine Vielzahl heterogener Quellen, darunter Aerosole, Halbleiterproduktion, elektrische Betriebsmittel sowie weitere industrielle und technische Anwendungen. Aufgrund der strukturellen Vielfalt ist eine exakte Aufschlüsselung der Emissionen nach Einzelquellen für Berlin nicht möglich. In diesem Sektor treten Emissionen von HFKW, fluorierten Kohlenwasserstoffen (FKW) sowie Schwefelhexafluorid (SF₆) auf. SF₆-Emissionen entstehen insbesondere bei der Herstellung und Wartung elektrischer Schaltanlagen, in der Halbleiterindustrie sowie beim Recycling von Isolierglasfenstern, bei dem SF₆ als früher verwendetes Isoliergas freigesetzt wird. Basierend auf den bundesweiten Angaben zu den Emissionen „Anderer Verwendungen“ /UBA 2025 b/ und entsprechenden Indikatorgrößen (z. B. Beschäftigte nach Branchen, Einwohnerzahl) wurden für Berlin folgende metrische Werte abgeleitet:

- HFKW: 23,8 t
- FKW: 0,26 t
- SF₆: 0,75 t

Die HFKW-Emissionen entstehen hauptsächlich durch direkte Freisetzung während der Anwendung und Entsorgung von Aerosolen. Die SF₆-Emissionen resultieren dabei überwiegend aus dem Recycling alter Isolierglasfenster sowie aus der Wartung elektrischer Schaltanlagen.

¹² Wirtschaftszweig „Herstellung sonstiger chemischer Produkte“, der auch die Herstellung von Schäumen enthält

Gesamtemissionen durch Nutzung von Kühl-, Treib- und Löschmitteln

Durch die Nutzung von Kühl-, Treib- und Löschmitteln wurden im Jahr 2023 insgesamt folgende metrische Tonnen emittiert (vgl. Tab. 8.1):

- HFKW: 166,9 t
- FKW: 0,26 t
- SF6: 0,75 t

Die höchsten Emissionen an HFKW wurden im Bezirk Mitte und Tempelhof-Schöneberg ermittelt. Bei den FKW Emissionen ist es der Bezirk Treptow-Köpenick und bei den SF₆-Emissionen Pankow sowie Mitte.

Der überwiegende Anteil der HFKW-Emissionen ist auf den Einsatz von Kältemitteln in stationären und mobilen Kälte- und Klimaanlage zurückzuführen. Die Emissionen von FKW entstehen hingegen überwiegend aus anderen Anwendungen, etwa als Treibmittel in Schäumen oder als Lösemittel. Die SF₆-Emissionen resultieren hauptsächlich aus der Herstellung, Befüllung und dem Betrieb elektrischer Schaltanlagen und anderer gasisolierter Betriebsmittel.

Unter Berücksichtigung der Treibhauspotenziale (GWP_{100,5AR}) der Stoffgruppen (HFKW mit einem durchschnittlichen GWP von 1.602, FKW mit 8.019 und SF₆ mit 23.500) ergeben sich daraus Treibhausgasemissionen in Höhe von rund 293,6 kt CO₂-Äquivalenten pro Jahr. Den größten Anteil daran haben die HFKW-Emissionen mit etwa 93 %, gefolgt von SF₆ mit rund 6 %. Der Beitrag der FKW liegt entsprechend bei etwa 1 %.

Tab. 8.1: *Metrische Emissionen von HFKW, FKW und SF₆ nach Bezirken in Berlin 2012 und 2023; Analyse auf Basis von /UBA 2025b, BBB 2024/*

Nr.	Stadtbezirk	Treibhausgase 2012			Treibhausgase 2023		
		HFKW in kg/a	FKW in kg/a	SF6 in kg/a	HFKW in kg/a	FKW in kg/a	SF6 in kg/a
01	Mitte	22.427	35	488	19.092	27	93
02	Friedrichshain-Kreuzberg	13.924	16	386	11.195	12	72
03	Pankow	18.072	15	532	16.006	11	99
04	Charlottenburg-Wilmersdorf	15.392	15	104	15.577	11	44
05	Spandau	11.134	9	320	10.590	7	59
06	Steglitz-Zehlendorf	13.178	12	424	13.618	9	79
07	Tempelhof-Schöneberg	17.857	15	153	18.286	11	51
08	Neukölln	15.646	9	456	13.378	7	84
09	Treptow-Köpenick	11.290	110	55	12.848	98	31
10	Marzahn-Hellersdorf	11.910	43	70	11.359	38	36
11	Lichtenberg	11.027	10	135	11.149	8	42
12	Reinickendorf	12.629	22	172	13.768	18	64
	Berlin	174.487	311	3.295	166.868	256	754

8.3 Abfall und Abwasser

Nachfolgend werden die Emissionen aus

- kommunalen Abwässern (NFR 5.D.1) und
- Kompostierungsanlagen (NFR 5.B.1)

dargestellt.

Emissionen aus kommunalen Abwässern entstehen hauptsächlich aus abflusslosen Gruben sowie bei der biologischen Abwasserreinigung in kommunalen Kläranlagen. Emissionen aus Kompostierungsanlagen resultieren aus der Behandlung von ungefaultem und gefaultem Klärschlamm sowie von Bioabfällen.

Die Emissionen aus Abfalldeponien, industrieller Abwasserbehandlung, Abfallverbrennung und mechanisch-biologischer Abfallbehandlung (MBA) werden im Kapitel Industrie und Gewerbe gesondert behandelt.

Kommunale Abwasserbehandlung

Die kommunale Abwasserbehandlung erfolgt in der Regel unter aeroben Bedingungen in zentralen Kläranlagen oder Kleinkläranlagen. Unter diesen Bedingungen werden organische Substanzen durch mikrobiologische Prozesse oxidativ abgebaut, wodurch keine Methanemissionen (CH_4) entstehen.

In Einzelfällen wird häusliches Abwasser nicht in die Kanalisation oder Kleinkläranlagen eingeleitet, sondern in abflusslosen Gruben gesammelt und später abgefahren. In diesen Gruben können anaerobe Zersetzungsprozesse ablaufen, bei denen Methan entsteht. Der Anteil dieser Fälle ist in Berlin sehr gering.

Berechnung der Methanemissionen aus abflusslosen Gruben

Die CH_4 -Emissionen werden nach der IPCC-Methodik (gemäß /UBA 2025b/) berechnet. Grundlage sind:

- die organische Fracht von 60 g BSB_5^{13} pro Einwohner und Tag,
- das Methanbildungspotenzial von 0,6 kg $\text{CH}_4/\text{kg BSB}_5$,
- sowie ein temperaturabhängiger Umrechnungsfaktor von 0,173.

Die Anzahl der Einwohner, deren Abwasser über abflusslose Gruben entsorgt wird, wird statistisch erhoben. In Berlin waren dies im Jahr 2023 rund 7.500 Personen (entspricht 0,2 % der Bevölkerung). Eine Zuordnung zu Stadtbezirken erfolgt nicht.

Im Jahr 2023 beliefen sich die daraus resultierenden Methanemissionen auf rund 17,1 t CH_4 (vgl. Tab. 8.2). Insgesamt liegen die CH_4 -Emissionen aus abflusslosen Gruben damit auf einem sehr niedrigen Niveau. Gegenüber dem Jahr 2012 ist ein deutlicher Rückgang, um

¹³ BSB_5 : biochemischer Sauerstoffbedarf nach 5 Tagen

nahezu die Hälfte zu verzeichnen (2012: 31,4 t CH₄). Diese Abnahme steht in direktem Zusammenhang mit dem gestiegenen Anschlussgrad an die öffentliche Abwasserentsorgung, wodurch zunehmend weniger häusliche Abwässer in abflusslosen Gruben gesammelt werden.

Lachgasemissionen aus der biologischen Abwasserreinigung

Bei der biologischen Stickstoffelimination (insbesondere Denitrifikation) entsteht Distickstoffmonoxid (N₂O) als Nebenprodukt. Die N₂O-Emissionen kommunaler Abwässer werden auf Basis einwohnerspezifischer Emissionsfaktoren berechnet. Hierbei werden folgende Parameter berücksichtigt (/UBA 2014b/):

- Einwohnerzahl,
- durchschnittliche Eiweißzufuhr von 99 g Person⁻¹ Tag⁻¹,
- Stickstoffanteil im Eiweiß (0,16 kg N/kg Eiweiß),
- N₂O-Emissionsfaktor (EF = 0,01 kg N₂O-N/kg produziertes Abwasser).

In Berlin wird das kommunale Abwasser in insgesamt sechs Klärwerken der Berliner Wasserbetriebe (BWB) behandelt. Das größte dieser Werke, das Klärwerk Ruhleben im Bezirk Spandau, befindet sich innerhalb der Berliner Stadtgrenzen und ist daher für das Emissionskataster relevant. Die übrigen fünf Klärwerke (Schönerlinde, Waßmannsdorf, Münchehofe, Stahnsdorf und Wandsdorf) liegen im Land Brandenburg und werden im Berliner Emissionskataster nicht berücksichtigt. Die im Klärwerk Ruhleben behandelten Abwassermengen wurden den Veröffentlichungen bzw. Betriebsangaben der Berliner Wasserbetriebe entnommen.

Im Jahr 2023 wurden durch die biologische Abwasserreinigung in Berlin (Ruhleben) etwa 42 t N₂O freigesetzt (Tab. 8.2).

Klärschlammbehandlung und -verbrennung

Der bei der Abwasserreinigung anfallende Klärschlamm wird entweder direkt entwässert oder zuvor anaerob stabilisiert (Faulung). In Ruhleben erfolgt keine Faulung; der Schlamm wird mechanisch mittels Zentrifugen entwässert und anschließend zu 100 % in der angrenzenden Klärschlammverbrennungsanlage (Wirbelschichtöfen) thermisch behandelt.

Der gefaulte Schlamm aus den übrigen Klärwerken wird teilweise ebenfalls in Ruhleben verbrannt oder in anderen Bundesländern als Ersatzbrennstoff in Kohlekraftwerken oder der Zementindustrie eingesetzt. Insgesamt werden rund 60 % des Berliner Klärschlammes in Ruhleben verbrannt /CONVIS 2025/. Die entstehenden Verbrennungsaschen werden deponiert.

Bei der Klärschlammverbrennung entstehen N₂O-Emissionen, deren Höhe von der Art des Schlammes (gefaulter bzw. ungefauter Schlamm), den Betriebsbedingungen und der Feuerungstechnologie abhängt. Die spezifischen Emissionsfaktoren sind in der Studie „Stoffstrom, Klimagas- und Umweltbilanz 2022 für die Nutzung von Berliner Abfällen als Ressource“ /IFEU 2023/ dokumentiert.

Im Jahr 2023 wurden in der Klärschlammverbrennungsanlage Ruhleben etwa 63,5 t N₂O emittiert (Tab. 8.2).

Gesamtemissionen aus der kommunalen Abwasserbehandlung

Unter Berücksichtigung der Treibhauspotenziale (GWP) ergeben sich für das Jahr 2022 bzw. 2023 aus der kommunalen Abwasserbehandlung in Berlin insgesamt rund 28.401 t CO_{2äq}. Diese wurden zu 98 % durch N₂O-Emissionen verursacht: 59 % aus der Klärschlammverbrennung Ruhleben und 41 % durch die biologische Reinigung des Klärwerks Ruhleben. Ein geringer Anteil der CO_{2äq}-Emissionen wird durch den Betrieb von abflusslosen Gruben hervorgerufen. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass die N₂O-Emissionen den dominierenden Beitrag zu den Treibhausgasen des Sektors kommunale Abwasserbehandlung in Berlin leisten.

Tab. 8.2: Treibhausgas-Emissionen aus kommunalen Abwässern nach Stadtbezirken und Herkunftsbereichen in Berlin 2022/2023; /UBA 2025b, BBB 2025/

Nr.	Stadtbezirk	2023 CO ₂ -Äquivalent in t/a	2023 Methan in t/a	2023 Distickstoffoxid in t/a	2012 CO ₂ -Äquivalent in t/a	2012 Methan in t/a	2012 Distickstoffoxid in t/a
01	Mitte	0	0	0,0		0	0,0
02	Friedrichshain-Kreuzberg	0	0	0,0		0	0,0
03	Pankow	0	0	0,0		0	0,0
04	Charlottenburg-Wilmersdorf	0	0	0,0		0	0,0
05	Spandau	27.922	0	105,4	41.161	0	132,8
06	Steglitz-Zehlendorf	0	0	0,0		0	0,0
07	Tempelhof-Schöneberg	0	0	0,0		0	0,0
08	Neukölln	0	0	0,0		0	0,0
09	Treptow-Köpenick	0	0	0,0		0	0,0
10	Marzahn-Hellersdorf	0	0	0,0		0	0,0
11	Lichtenberg	0	0	0,0		0	0,0
12	Reinickendorf	0	0	0,0		0	0,0
	Berlin	28.401	17,1	105,4	41.819	31,4	132,8

Nr.	Herkunftsbereich	CO ₂ -Äquivalent in t/a	Methan in t/a	Distickstoffoxid in t/a	CO ₂ -Äquivalent in t/a	Methan in t/a	Distickstoffoxid in t/a
01	Abflusslose Gruben	480	17,1	0,0	658	31,4	0,0
02	Behandlung kommunaler Abwässer (Kläranlagen)	11.117	0,0	41,9	13.010	0,0	42,0
03	Ungefauter Klärschlamm zur thermischen Behandlung	12.071	0,0	45,6	24.500	0,0	79,0
04	Gefauter Klärschlamm zur thermischen Behandlung	4.734	0,0	17,9	3.651	0,0	11,8
	Berlin	28.401	17,1	105,4	41.819	31,4	132,8

Kompostierungsanlagen

Bei der Kompostierung organischer Abfälle (CRF 6.D.1) entstehen infolge des mikrobiellen Abbaus der organischen Substanz klimawirksame Gase wie Methan (CH₄), Distickstoffmonoxid (N₂O) und Ammoniak (NH₃). Diese Emissionen resultieren aus den biologischen Umsetzungsprozessen unter aeroben und teilweise auch anaeroben Bedingungen während der Rotte.

Die organischen Abfälle Berlins werden getrennt nach Bioabfällen (aus der Biotonne) und Grünabfällen (z. B. Straßenbegleitgrün, Laub, Rasenschnitt) erfasst und zur Verwertung in sechs Kompostierungsanlagen verbracht /IFEU 2023/. Sämtliche dieser Anlagen befinden sich im Land Brandenburg und sind somit für das Emissionskataster Berlin nicht unmittelbar relevant.

Neben der zentralen Behandlung findet jedoch eine Eigenkompostierung von Bio- und Grünabfällen in Wohngebieten, Kleingartenanlagen und Siedlungsbereichen statt. Diese

dezentralen Kompostierungsaktivitäten sind emissionsrelevant und werden in der Berliner Emissionsbilanz berücksichtigt.

Die zugrunde gelegten Emissionsfaktoren stammen aus einer Studie des Witzenhausen-Instituts für Abfall, Umwelt und Energie, die im Auftrag des Umweltbundesamtes (UBA) erstellt wurde /UBA 2010/. Die Unsicherheiten dieser Faktoren sind relativ hoch, da sie stark vom Kompostierungsverfahren (z. B. Mieten-, Tunnel- oder Rotteboxverfahren), der Zusammensetzung des Inputmaterials, der Belüftung, dem Feuchtegehalt, der Temperaturführung sowie vom Rottegrad des Endprodukts abhängen.

Bei der Eigenkompostierung ist aufgrund der meist nicht optimierten Betriebsbedingungen – etwa unregelmäßige Belüftung, Vernässung oder unzureichende Temperaturkontrolle – von höheren Emissionsfaktoren im Vergleich zu professionellen, zentral betriebenen Anlagen auszugehen.

Unter der Annahme durchschnittlicher Kohlenstoff- und Stickstoffgehalte in den eingesetzten Bio- und Grünabfällen wurden für das Jahr 2023 aus der Eigenkompostierung in Berlin Emissionen von rund 58 t Methan (CH₄) und 4,4 t Distickstoffmonoxid (N₂O) ermittelt (vgl. Tab. 6.8). Dies entspricht etwa 2.800 t CO_{2äq}. Im Vergleich zu anderen Quellen tragen die Treibhausgasemissionen aus der Kompostierung somit nur geringfügig zum Gesamtaufkommen bei.

Darüber hinaus entstehen bei der Eigenkompostierung und der anschließenden Ausbringung des Komposts auf Böden etwa 42 t Ammoniak (NH₃) jährlich. Ammoniakemissionen treten dabei vor allem während der aktiven Rottephase durch mikrobiell bedingte Denitrifikations- und Volatilisationsprozesse auf.

Der Umfang der Eigenkompostierung variiert zwischen den Berliner Stadtbezirken erheblich, was im Wesentlichen auf unterschiedliche Bebauungsstrukturen (z. B. Anteil von Ein- und Zweifamilienhäusern, Kleingartenanlagen) zurückzuführen ist. Da hierzu keine belastbaren statistischen Daten vorliegen, erfolgt die räumliche Zuordnung der Emissionen im Emissionskataster proportional zur Einwohnerzahl der Bezirke (siehe Tab. 8.3).

Tab. 8.3: Emissionen aus Eigenkompostierung nach Stadtbezirken in Berlin 2012 und 2023; UBA 2025b, IFEU 2023/

Nr.	Stadtbezirk	2023				2012			
		CO ₂ -Äquivalent in t/a	Methan in t/a	Distickstoffoxid in t/a	Ammoniak in t/a	CO ₂ -Äquivalent in t/a	Methan in t/a	Distickstoffoxid in t/a	Ammoniak in t/a
01	Mitte	286	6,0	0,45	4,25	483	10,9	0,82	7,76
02	Friedrichshain-Kreuzberg	211	4,4	0,33	3,14	383	8,6	0,65	6,15
03	Pankow	305	6,4	0,48	4,54	527	11,9	0,90	8,47
04	Charlottenburg-Wilmersdorf	247	5,1	0,39	3,67	454	10,2	0,77	7,29
05	Spandau	185	3,9	0,29	2,75	317	7,1	0,54	5,10
06	Steglitz-Zehlendorf	223	4,7	0,35	3,32	420	9,5	0,71	6,75
07	Tempelhof-Schöneberg	256	5,3	0,40	3,81	467	10,5	0,79	7,50
08	Neukölln	237	4,9	0,37	3,53	452	10,2	0,77	7,27
09	Treptow-Köpenick	212	4,4	0,33	3,15	346	7,8	0,59	5,57
10	Marzahn-Hellersdorf	210	4,4	0,33	3,12	358	8,1	0,61	5,75
11	Lichtenberg	224	4,7	0,35	3,34	370	8,3	0,63	5,95
12	Reinickendorf	193	4,0	0,30	2,87	352	7,9	0,60	5,66
	Berlin	2.791	58	4,39	41,48	4.929	111	8,38	79,20

8.4 Sonstige Anwendungen

Der Herkunftsbereich „Sonstige Anwendungen“ (NFR 2.G.4) umfasst nicht-industrielle Quellen von Feinstaubemissionen. Hierzu zählen insbesondere Emissionen aus alltäglichen, verbrennungsbedingten Aktivitäten, die nicht dem industriellen oder verkehrsbedingten Bereich zugeordnet werden. Die im Berliner Emissionskataster berücksichtigten Teilquellen sind:

- Rauchen von Tabakwaren
- Verwendung von Holzkohle beim Grillen (privat)
- Abbrand von Feuerwerkskörpern (privat und gewerblich)

















































Die Feinstaubemissionen aus diesen Aktivitäten wurden auf Grundlage einwohnerspezifischer Emissionsfaktoren gemäß /UBA 2002/ /UBA 2022a/ berechnet. Die Aktivitätsraten orientieren sich an der Einwohnerzahl der jeweiligen Bezirke, sodass eine räumlich differenzierte Emissionsverteilung innerhalb des Stadtgebiets abgebildet werden kann.

In Tab. 8.4 sind die berechneten Feinstaubemissionen der drei Teilquellen dargestellt. Für das Jahr 2023 ergibt sich eine Gesamtmenge von 165,3 t PM_{2,5} und 185,4 t PM₁₀ die auf die Aktivitäten Rauchen, Grillen und Feuerwerksnutzung entfällt. Die Differenz zu den gegenübergestellten, deutlich höheren Feinstaubemissionen des Jahres 2012 resultieren überwiegend aus den vom UBA neu entwickelten methodischen Ansätzen, insbesondere aus der Anpassung der Emissionsfaktoren.

Die räumliche Verteilung der Emissionen folgt im Wesentlichen der Bevölkerungsdichte. Entsprechend weisen die Bezirke Pankow, Mitte und Tempelhof-Schöneberg die höchsten Emissionsbeiträge innerhalb des Herkunftsbereichs „Sonstige Anwendungen“ auf.

Die hier erfassten Emissionen stellen einen vergleichsweise geringen Anteil an den Gesamtemissionen des Berliner Emissionskatasters dar, sind jedoch aufgrund ihrer unmittelbaren Entstehung in Wohngebieten relevant für die lokale Luftqualitätsbelastung. Insbesondere der kurzzeitige, punktuelle Feinstaubausstoß durch Feuerwerkskörper zu Jahreswechseln kann lokal hohe Immissionsspitzen verursachen.

Tab. 8.4: Feinstaub-Emissionen aus sonstigen Anwendungen nach Bezirken in Berlin 2012 und 2023; Analyse auf Basis von /DHS 2025, UBA 2002, UBA 2022a, UBA 2025, BBB 2025a/

Nr.	Stadtbezirk	Staub 2023		Staub 2012	
		Feinstaub PM10 in kg/a	Feinstaub PM2,5 in kg/a	Feinstaub PM10 in kg/a	Feinstaub PM2,5 in kg/a
01	Mitte	 18.983	 16.930	 43.007	 43.007
02	Friedrichshain-Kreuzberg	 14.027	 12.510	 34.088	 34.088
03	Pankow	 20.282	 18.088	 46.924	 46.924
04	Charlottenburg-Wilmersdorf	 16.399	 14.626	 40.390	 40.390
05	Spandau	 12.289	 10.960	 28.248	 28.248
06	Steglitz-Zehlendorf	 14.839	 13.234	 37.412	 37.412
07	Tempelhof-Schöneberg	 17.010	 15.171	 41.546	 41.546
08	Neukölln	 15.775	 14.069	 40.272	 40.272
09	Treptow-Köpenick	 14.057	 12.537	 30.846	 30.846
10	Marzahn-Hellersdorf	 13.955	 12.446	 31.863	 31.863
11	Lichtenberg	 14.908	 13.295	 32.954	 32.954
12	Reinickendorf	 12.848	 11.459	 31.358	 31.358
	Berlin	185.372	165.324	438.907	438.907

Der Großteil der Feinstaub-Emissionen der sonstigen Anwendungen wurde durch das Grillen mit Holzkohle und die Explosion von Feuerwerkskörpern verursacht (vgl. Bild 8.3). Von einer Gegenüberstellung mit den Emissionen des Jahres 2012 in Bild 8.3 wurde abgesehen, da die methodischen Grundlagen beziehungsweise die vom UBA neu entwickelten Methoden die ausgewiesenen Feinstaubemissionen in diesem Bereich maßgeblich beeinflussen, sodass ein Vergleich nicht zielführend ist. Obwohl die Explosion von Feuerwerkskörpern nur an einigen Tagen im Jahr stattfinden tragen diese dennoch deutlich zu den Jahresfeinstaubemissionen der sonstigen Anwendungen bei.

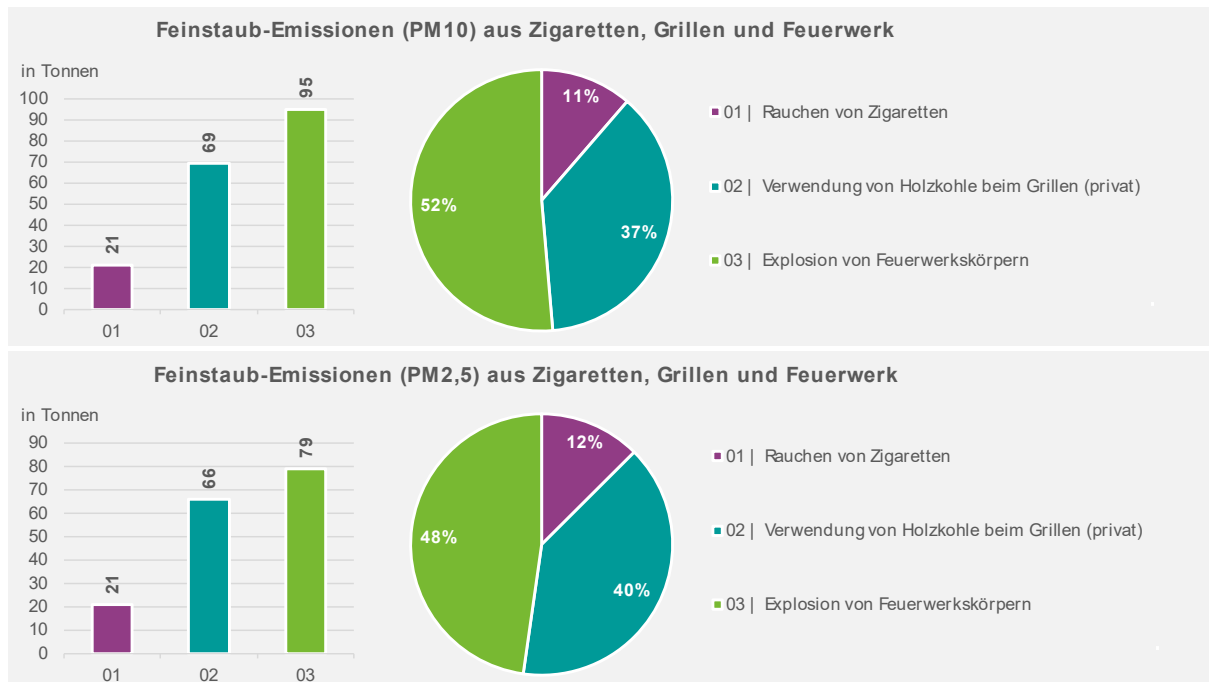


Bild 8.3: Feinstaub-Emissionen aus sonstigen Anwendungen nach Herkunftsbereichen in Berlin 2023

8.5 Bewertung der Unsicherheiten

Die Unsicherheiten der berechneten Emissionen in den verschiedenen Teilsektoren der „sonstigen Quellen“ in Berlin resultieren sowohl aus den verwendeten Aktivitätsdaten als auch aus den zugrunde liegenden Emissionsfaktoren.

Die Aktivitätsdaten liegen für Berlin auf Bezirksebene vor und stammen überwiegend aus öffentlichen Statistiken. Nach dem Bewertungsschema (vgl. Tab. 2.2) lassen sie sich für die einzelnen Teilsektoren wie folgt einstufen:

- Verteilung von Erdgas: Aktivitätsgrößen wie Länge des Leitungsnetzes und Speichervolumen der Untertagespeicher; Gütestufe A bis B
- Nutzung von Kühl-, Treib- und Löschmitteln: Aktivitätsgrößen wie Einwohnerzahl, Anzahl der Haushalte, Beschäftigte und Kfz-Bestand; Gütestufe A
- Abfall und Abwasser: Aktivitätsgrößen wie Einwohnerzahl und Abfallmengen; Gütestufe A
- Sonstige Anwendungen: Gütestufe C

Die eingesetzten Aktivitätsdaten sind als Hilfsgrößen zu verstehen. Die eigentlichen Aktivitätsdaten wären die Verbrauchsmengen der verwendeten Produkte und ihrer Inhaltsstoffe. Differenzierte Angaben dazu liegen für Berlin jedoch nicht vor.

Im Gegensatz zu den Aktivitätsdaten weisen die verwendeten Emissionsfaktoren zum Teil deutlich höhere Unsicherheiten auf. Sie beziehen sich auf die für die jeweiligen Teilsektoren charakteristischen Aktivitäten und wurden entweder aus bundesweiten Emissionsangaben

abgeleitet oder der Fachliteratur entnommen. Entsprechend werden sie je nach Teilsektor mit Gütestufe B–D bewertet.

Die Gesamtunsicherheit der für Berlin und seine Bezirke ermittelten Emissionen aus sonstigen Quellen wird somit maßgeblich durch die Qualität der Emissionsfaktoren bestimmt und ist insgesamt der Gütestufe B bis D zuzuordnen.

Für eine weitergehende räumliche Differenzierung der Emissionen innerhalb der Bezirke liegen keine Informationen zur innerbezirklichen Verteilung der Aktivitätsdaten vor. Für die im Rahmen der Emissionsrasterung notwendige Feinverteilung müssen daher zusätzliche Daten herangezogen werden. Diese sind zwar in hoher Genauigkeit verfügbar, bilden jedoch nur eingeschränkt die tatsächliche räumliche Struktur der potenziellen Emissionsverteilung ab.

9 Zusammenfassung

Eine tabellarische Zusammenstellung der Emissionen 2023 der hier betrachteten Quellgruppen Industrie, Gebäudeheizung, sonstiger Verkehr (Schiene, Schiff, Flug, Offroad), Bausektor und Sonstige Quellen findet sich in Tab. 9.1 bis Tab. 9.5, differenziert nach Quellgruppen. Zusätzlich sind in Tab. 9.6 für die CO₂-Emissionen und die Luftschadstoffe NMVOC, NO_x, PM₁₀ und PM_{2.5} die für das Bezugsjahr 2023 ermittelten Emissionen und deren Anteile an den Gesamtemissionen Berlin 2023 als Übersicht nochmals ausgewiesen.

Insgesamt wurden für die hier betrachteten Quellgruppen für Berlin im Jahr 2023 CO₂-Emissionen von 9.748 kt/a ermittelt, wobei der größte Anteil (57 %) auf die genehmigungsbedürftigen Anlagen entfällt. Der zweitgrößte Anteil wird von den Gebäudeheizungen verursacht (39%).

Die Methan-Emissionen liegen bei 1.277 t/a, auch hier kommt der größte Anteil mit 53 % von der Quellgruppe genehmigungsbedürftige Anlagen, gefolgt von den Quellgruppen Gebäudeheizung (29%) und Erdgasverteilung (12%).

Zu den N₂O-Emissionen (375 t/a) tragen wiederum die genehmigungsbedürftigen Anlagen am meisten bei (61 %), ebenso zu den SO₂- und NO_x-Emissionen (89 %, 54 %), deren Jahresemissionen 2023 liegen bei 1.141 t/a bzw. 6.885 t/a. Zu den NH₃-Emissionen (55 t/a) kommt der größte Beitrag mit 75% von der Quellgruppe Sonstige Quellen Abfall/Abwasser

Die NMVOC-Emissionen (17.295 t/a) werden überwiegend durch die Quellgruppe „Anwendung von Lösemitteln und anderen Produkten“ emittiert (92%). An den CO-Emissionen (8.758 t/a) hat die Quellgruppe Gebäudeheizung den größten Anteil (45 %).

Dagegen trägt zu den PM₁₀-Emissionen (667 t/a) der hier betrachteten Quellgruppen der Sektor sonstige Quellen (sonstige Anwendungen, d.h. Tabakkonsum, Grillen privat und Feuerwerk) mit 28% am meisten bei, gefolgt vom Bausektor mit 24 %, wobei es sich dabei überwiegend um nicht-abgasbedingte Staubemissionen durch Bautätigkeiten handelt. Der Schienenverkehr trägt zu 16% zu den PM₁₀-Emissionen bei, überwiegend sind dies Abriebsemissionen. Die Gebäudeheizungen und die genehmigungsbedürftigen Anlagen tragen jeweils zu 12% bzw. 11% zu den PM₁₀-Emissionen bei. Für die PM_{2.5}-Emissionen zeigt sich ein ähnliches Bild, den größten Beitrag liefert die Quellgruppe sonstige Anwendungen, aber der Beitrag durch Bautätigkeiten ist deutlich geringer als bei PM₁₀.

Bei den Schwermetall-Emissionen (6.567 kg/a) trägt der Schienenverkehr den größten Anteil (87%) bei, gefolgt von den genehmigungsbedürftigen Anlagen mit 12%.









Die BaP- und die PCDD/F-Emissionen sind wiederum von der Quellgruppe Gebäudeheizung geprägt (78 % bzw. 54 %). Da die PAK-Emissionen nicht für alle Quellgruppen vorliegen (z.B. werden diese bei den genehmigungsbedürftigen Anlagen und der Quellgruppe Gebäudeheizung nicht ausgewiesen), zeigt sich hier ein anderes Bild, hier dominiert die Quellgruppe Sonstige Quellen (Grillen-Gastro).

Detaillierte Analysen zur Emissionsstruktur der einzelnen Quellgruppen finden sich in den jeweiligen Kapiteln.

Tab. 9.1: Emissionen Berlin 2023 für die Quellgruppen Industrie, Gebäudeheizung, sonstiger Verkehr, Offroad-Verkehr, Bautätigkeiten und sonstige Quellen (Treibhausgase)

Nr.	Herkunftsbereich	Treibhausgase			
		CO ₂ -Äquivalent in kg/a	Kohlenstoffdioxid in kg/a	Methan in kg/a	Distickstoffmonoxid in kg/a
01	genehmigungsbedürftige Anlagen	5.593.333.525	5.513.490.778	671.578	230.334
02	Gebäudeheizung	3.839.312.717	3.823.348.548	366.855	21.480
03	Schienenverkehr	4.770.411	4.721.390	67	178
04	Schiffsverkehr	10.694.619	10.653.584	236	130
05	Flugverkehr	206.432.605	204.714.767	5.993	5.849
06	Offroad-Verkehr	32.521.535	32.065.412	5.039	1.189
07	Baumaschinen	153.535.436	151.898.571	1.496	6.019
08	sonstige Bautätigkeiten				
09	Sonstige Quellen: Lösemittelanwendung				
10	Sonstige Quellen: Verteilung Mineralölprod				
11	Sonstige Quellen: Shisha-Bars	697.022	697.022		
12	Sonstige Quellen: Grillen Gastronomie	5.968.507	5.968.507		
13	Sonstige Quellen: Erdgasverteilung	4.200.158		150.006	
14	Sonstige Quellen: sonst. Anwendungen				
15	Sonstige Quellen: Abfall, Abwasser	31.191.868		75.272	109.752
	Berlin	9.882.658.402	9.747.558.579	1.276.543	374.931





























Tab. 9.2: Emissionen Berlin 2023 für die Quellgruppen Industrie, Gebäudeheizung, sonstiger Verkehr, Offroad-Verkehr, Bautätigkeiten und sonstige Quellen (SO₂, NO_x, NH₃)

Nr.	Herkunftsbereich	versauernde und eutrophierende Stoffe		
		Schwefeldioxid in kg/a	Stickstoffoxide in kg/a	Ammoniak in kg/a
01	genehmigungsbedürftige Anlagen	 1.011.621	 3.749.095	 13.033,0
02	Gebäudeheizung	 74.647	 1.488.754	
03	Schienenverkehr	26	45.249	11,3
04	Schiffsverkehr	54	100.474	28,2
05	Flugverkehr	 53.268	 893.830	28,0
06	Offroad-Verkehr	159	165.006	68,8
07	Baumaschinen	765	442.437	344,5
08	sonstige Bautätigkeiten			
09	Sonstige Quellen: Lösemittelanwendung			
10	Sonstige Quellen: Verteilung Mineralölprod.			
11	Sonstige Quellen: Shisha-Bars			
12	Sonstige Quellen: Grillen Gastronomie			
13	Sonstige Quellen: Erdgasverteilung			
14	Sonstige Quellen: sonst. Anwendungen			
15	Sonstige Quellen: Abfall, Abwasser			 41.475,0
	Berlin	1.140.539	6.884.845	54.988,9

Tab. 9.3: Emissionen Berlin 2023 für die Quellgruppen Industrie, Gebäudeheizung, sonstiger Verkehr, Offroad-Verkehr, Bautätigkeiten und sonstige Quellen (NMVOC, CO)

Nr.	Herkunftsbereich	Ozonvorläufersubstanzen	
		NMVOC in kg/a	Kohlenmonoxid in kg/a
01	genehmigungsbedürftige Anlagen	96.980	1.233.565
02	Gebäudeheizung	233.068	3.977.152
03	Schienenverkehr	2.742	10.272
04	Schiffsverkehr	8.849	62.652
05	Flugverkehr	84.275	594.547
06	Offroad-Verkehr	85.061	1.196.840
07	Baumaschinen	65.128	1.443.321
08	sonstige Bautätigkeiten		
09	Sonstige Quellen: Lösemittelanwendung	15.839.951	
10	Sonstige Quellen: Verteilung Mineralölprod.	823.225	
11	Sonstige Quellen: Shisha-Bars		55.762
12	Sonstige Quellen: Grillen Gastronomie	55.653	183.656
13	Sonstige Quellen: Erdgasverteilung		
14	Sonstige Quellen: sonst. Anwendungen		
15	Sonstige Quellen: Abfall, Abwasser		
	Berlin	17.294.931	8.757.767

Tab. 9.4: Emissionen Berlin 2023 für die Quellgruppen Industrie, Gebäudeheizung, sonstiger Verkehr, Offroad-Verkehr, Bautätigkeiten und sonstige Quellen (PM10, PM2,5, BC, Schwermetalle)

Nr.	Herkunftsbereich	Staub			
		PM10 in kg/a	PM2.5 in kg/a	BC in kg/a	Schw ermetalle in kg/a
01	genehmigungsbedürftige Anlagen	 76.421	 36.808		 770,7
02	Gebäudeheizung	 78.627	 58.051	 12.304,3	56,3
03	Schienenverkehr	 104.681	 52.822	 625,9	 5.724,0
04	Schiffsverkehr	2.409	 2.409	 1.364,0	9,5
05	Flugverkehr	 8.489	 8.104	 2.131,0	
06	Offroad-Verkehr	 31.801	 5.300	 3.782,2	4,2
07	Baumaschinen	 22.599	 22.599	 15.977,9	1,9
08	sonstige Bautätigkeiten	 135.148	 13.883		
09	Sonstige Quellen: Lösemittelanwendung				
10	Sonstige Quellen: Verteilung Mineralölprod				
11	Sonstige Quellen: Shisha-Bars		 3.625		
12	Sonstige Quellen: Grillen Gastronomie	 21.112	 20.478		
13	Sonstige Quellen: Erdgasverteilung				
14	Sonstige Quellen: sonst. Anwendungen	 185.372	 165.324		
15	Sonstige Quellen: Abfall, Abwasser				
	Berlin	666.659	389.403	36.185,3	6.566,5

Tab. 9.5: Emissionen Berlin 2023 für die Quellgruppen Industrie, Gebäudeheizung, sonstiger Verkehr, Offroad-Verkehr, Bautätigkeiten und sonstige Quellen (BaP, PAK, PCDD/F)

Nr.	Herkunftsbereich	persistente organische Verbindungen		
		Benzo(a)pyren in kg/a	PAK in kg/a	PCDD/F in kg/a
01	genehmigungsbedürftige Anlagen	0,516		0,000126375
02	Gebäudeheizung	15,376		0,000154530
03	Schieneverkehr	0,048	0,198	0,000000145
04	Schiffsverkehr	0,101	0,408	0,000000620
05	Flugverkehr	1,908		
06	Offroad-Verkehr	0,248	0,947	0,000001047
07	Baumaschinen	1,442	5,815	0,000003371
08	sonstige Bautätigkeiten			
09	Sonstige Quellen: Lösemittelanwendung			
10	Sonstige Quellen: Verteilung Mineralölprod.			
11	Sonstige Quellen: Shisha-Bars			
12	Sonstige Quellen: Grillen Gastronomie		18,652	
13	Sonstige Quellen: Erdgasverteilung			
14	Sonstige Quellen: sonst. Anwendungen			
15	Sonstige Quellen: Abfall, Abwasser			
	Berlin	19,639	26,020	0,000286087

Tab. 9.6: Emissionen Berlin 2023 für CO₂, NMVOC, NO_x, PM10 und PM2.5, differenziert nach Quellgruppen und deren Anteile an den Gesamtemissionen Berlin 2023

2023		CO2 kt/a	NMVOC t/a	NOx t/a	PM10 t/a	PM2,5 t/a
Industrie	erklärungsspflichtige Anlagen	5.513,5	97,0	3.749,1	76,4	36,8
Gebäudeheizung		3.823,3	233,1	1.488,8	78,6	58,1
sonstiger Verkehr	Schienenverkehr	4,7	2,7	45,2	104,7	52,8
	Schiffsverkehr	10,7	8,8	100,5	2,4	2,4
	Flugverkehr	204,7	84,3	893,8	8,5	8,1
	Offroad-Verkehr ohne Bau	32,1	85,1	165,0	31,8	5,3
Bausektor		151,9	65,1	442,4	157,7	36,5
Sonstige Quellen	Lösemittel/Produktanwendung		15.840,0			
	Verteilung Mineralölprodukte		823,2			
	Shisha-Bars	0,7				3,6
	Holzkohlegrills Gastronomie	6,0	55,7		21,1	20,5
	Verteilung Erdgas					
	sonstige Anwendungen				185,4	165,3
	Abfall/Abwasser					
Gesamt 2023	Gesamt	9.747,6	17.294,9	6.884,8	666,7	389,4

2023		CO2	NMVOC	NOx	PM10	PM2,5
Industrie	erklärungsspflichtige Anlagen	57%	1%	54%	11%	9%
Gebäudeheizung		39%	1%	22%	12%	15%
sonstiger Verkehr	Schienenverkehr	0%	0%	1%	16%	14%
	Schiffsverkehr	0%	0%	1%	0%	1%
	Flugverkehr	2%	0%	13%	1%	2%
	Offroad-Verkehr ohne Bau	0%	0%	2%	5%	1%
Bausektor		2%	0%	6%	24%	9%
Sonstige Quellen	Lösemittel/Produktanwendung		92%			
	Verteilung Mineralölprodukte		5%			
	Shisha-Bars	0%				1%
	Holzkohlegrills Gastronomie	0%	0%		3%	5%
	Verteilung Erdgas	0%				
	sonstige Anwendungen				28%	42%
	Abfall/Abwasser	0%				
Gesamt 2023	Gesamt	100%	100%	100%	100%	100%

Rasteremissionen

Wie in den entsprechenden Kapiteln erläutert, wurden die Emissionen je nach Quellgruppe in unterschiedlicher räumlicher Auflösung ermittelt. Die Emissionen der Quellgruppe Industrie liegen als Punktquellen vor, die des Schienen- und Schiffsverkehrs als Linienquellen. Auch die Emissionen des Luftverkehrs wurden räumlich differenziert ermittelt und liegen entlang der An- und Abflugtrichter und auf das Vorfeld verteilt vor. Die Emissionen aus Gebäudeheizung wurden kleinräumig ermittelt und liegen auf Baublockebene vor.

Für die übrigen Quellgruppen (sonstige Quellen, Offroad-Verkehr, Bausektor) wurden die Emissionen auf Stadtbezirksebene ermittelt. Für diese Quellgruppen wurden die Emissionen pro Stadtbezirk im Weiteren räumlich noch differenzierter innerhalb der Stadtbezirke zugeordnet. Hierzu wurden Daten der Basiskarte Berlin auf Blockebene verwendet. Analog zum Vorgehen für das Emissionskataster 2012 wurden jeder (Teil-) Quellgruppe zunächst die Nutzungsklassen zugeordnet, auf deren Flächen die Emissionen innerhalb der Stadtbezirke verteilt wurden.

Ausgehend von diesen als Punkt-, Linien- oder Flächenquellen vorliegenden Emissionsdaten pro Quellgruppe wurden die Rasterung im 100 x 100 m²-Raster durchgeführt. Die Rasteremissionen für NO_x und PM10-gesamt für Berlin sind in Bild 9.1 und Bild 9.2 dargestellt.

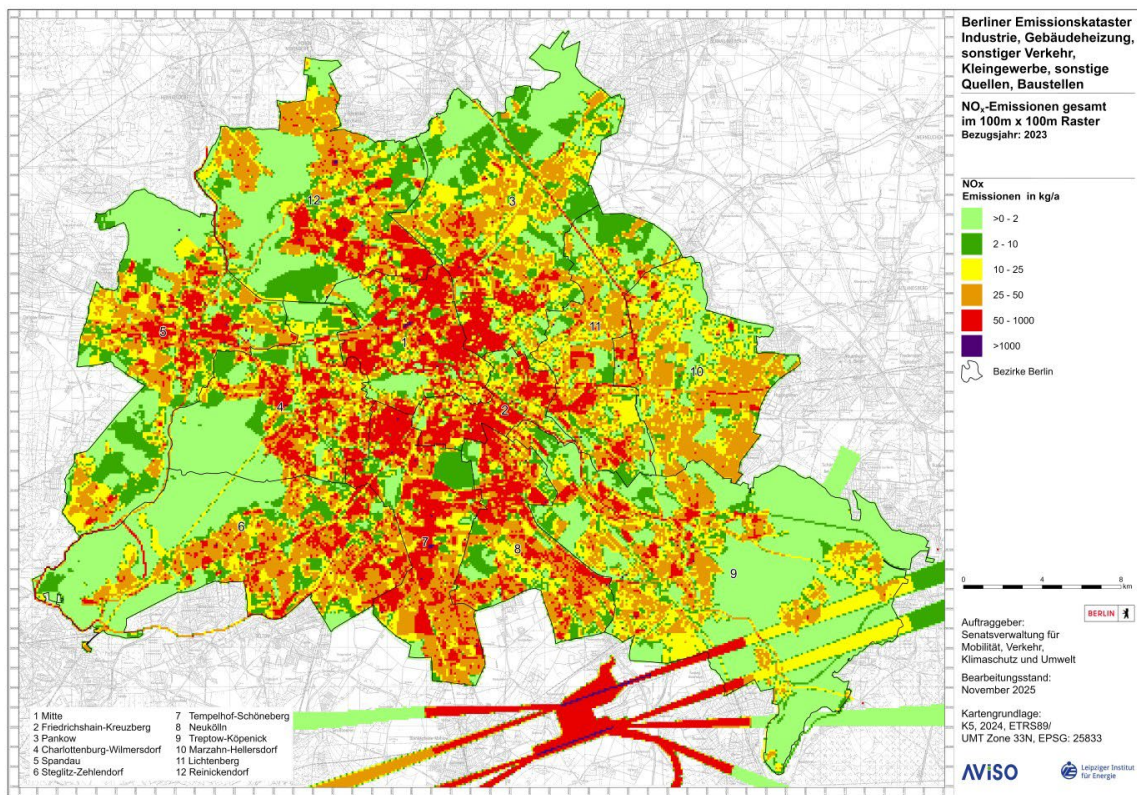


Bild 9.1: NO_x-Emissionen im 100m x 100m - Raster (Quellgruppen Industrie, Gebäudeheizung, sonstiger Verkehr (Schiene, Schiff, Flug, Offroad), Bausektor und Sonstige Quellen), Berlin 2023

Zu den NO_x-Emissionen tragen die Quellgruppen Industrie mit 54% und Gebäudeheizung mit 22% am meisten bei. Dies spiegelt sich in der räumlichen Verteilung der NO_x-Emissionen wider, die Emissionen sind flächig vor allem in den bebauten Gebieten zu erkennen.

Zu den PM₁₀-Gesamtemissionen in Berlin tragen der Bausektor mit 24%, der Schienenverkehr mit 16% und die Quellgruppen Industrie und Gebäudeheizung mit 11% bzw. 12% am meisten bei. Hier zeigen sich die höchsten Emissionen im 100m x 100m - Raster zum einen im Zentrum von Berlin, daneben sind aber auch die Bahnlinien als Linienquellen in den äußeren Bereichen gut zu erkennen.

In beiden Rasterdarstellungen treten die Emissionen aus dem bodennahen Flugbetrieb des Flughafens Berlin-Brandenburg südlich der Stadtgrenze von Berlin deutlich hervor.

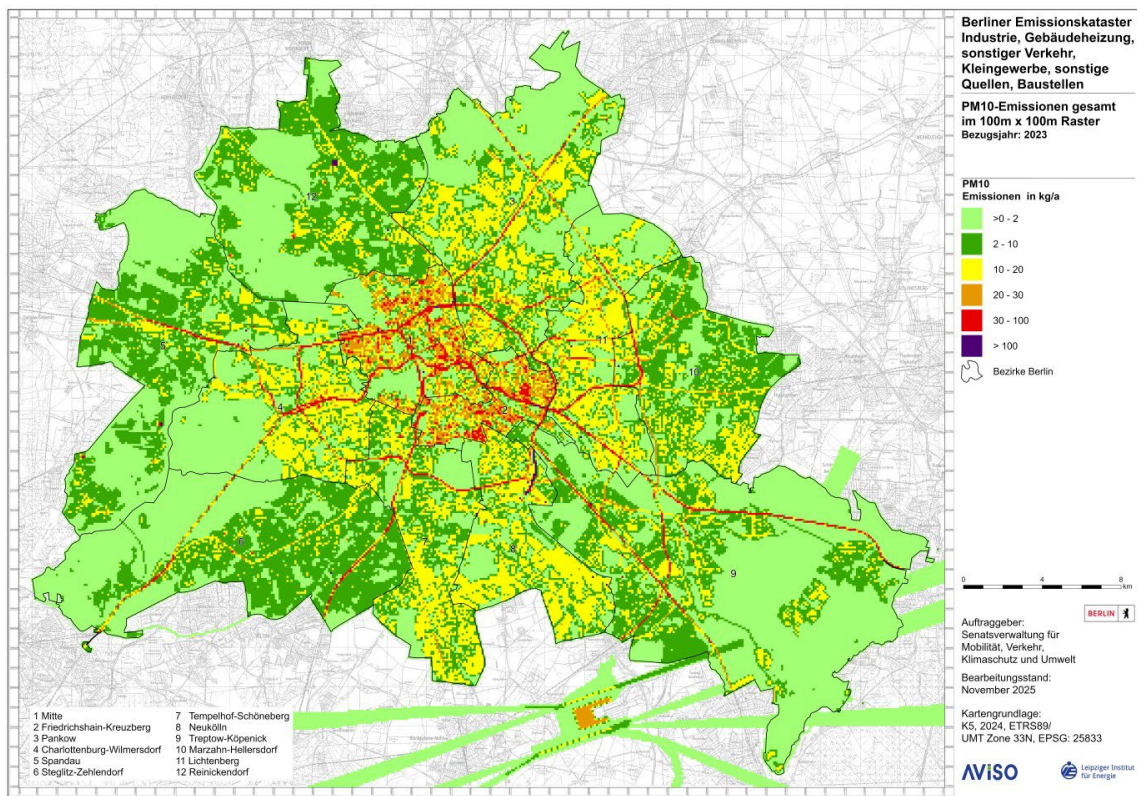


Bild 9.2: PM₁₀-Gesamtemissionen (Abgas, Abrieb, Aufwirbelung) im 100m x 100m - Raster (Quellgruppen Industrie, Gebäudeheizung, sonstiger Verkehr (Schiene, Schiff, Flug, Offroad), Bausektor und Sonstige Quellen), Berlin 2023

Vergleich mit Emissionskataster 2012

Für die CO₂-Emissionen und die Luftschadstoffe NMVOC, NO_x, PM₁₀ und PM_{2.5} sind in der nachfolgenden Tabelle die für das Bezugsjahr 2023 ermittelten Emissionen den Daten aus dem Emissionskataster 2012 gegenübergestellt.

Für die CO₂-Emissionen zeigt sich eine Reduktion von -34%. Für beide Quellgruppen, die die CO₂-Emissionen dominieren (Industrie und Gebäudeheizung), liegen die Reduktionen in diesem Bereich, während die Reduktion für den sonstigen Verkehr incl. Offroad-Verkehr bei -15% liegt und für den Bausektor eine leichte Zunahme von +6% ermittelt wurde.

Die Abnahme der NO_x-Emissionen von 2012 bis 2023 fallen mit -41% etwas größer aus als die der CO₂-Emissionen. Die Reduktionen der einzelnen Quellgruppen liegen zwischen -25% (Gebäudeheizung) und -58% (Bausektor), bei letzterem überwiegend mit dem verbesserten Abgasverhalten zu begründen.

Für die PM₁₀-Emissionen wurden mit -65% die größten Abnahmen von 2012 bis 2023 ermittelt. Reduktionen wurden für alle Quellgruppen ermittelt, zwischen -46% (Industrie) und -79% (Bausektor). Für die PM_{2.5}-Emissionen zeigt sich mit -57% ein ähnliches Bild. Für die PM-Emissionen stellen neben den Auswirkungen der Verbesserungen bei der Abgasminderung vor allem auch methodische Änderungen und Verbesserungen ein wesentlicher Grund für die Emissionsreduktionen dar.

Die Minderung der NMVOC-Emissionen liegt bei -4%. Die NMVOC-Emissionen werden von der Quellgruppe Lösemittel-/Produktanwendung dominiert. Für diese zeigt sich von 2012 bis 2023 nur eine geringe Änderung, so dass sich insgesamt für die NMOC-Emissionen aller Quellgruppen eine moderate Reduktion ergibt.

Tab. 9.7: Gegenüberstellung der Emissionen Berlin 2023 zu den Emissionen 2012 für CO₂, NMVOC, NO_x, PM10 und PM2.5, differenziert nach Quellgruppen

2023		CO2 kt/a	NMVOC t/a	NOx t/a	PM10 t/a	PM2,5 t/a
Industrie	erklärungspflichtige Anlagen	5.513,5	97,0	3.749,1	76,4	36,8
Gebäudeheizung		3.823,3	233,1	1.488,8	78,6	58,1
sonstiger Verkehr	Schienenverkehr	4,7	2,7	45,2	104,7	52,8
	Schiffsverkehr	10,7	8,8	100,5	2,4	2,4
	Flugverkehr	204,7	84,3	893,8	8,5	8,1
	Offroad-Verkehr ohne Bau	32,1	85,1	165,0	31,8	5,3
Bausektor		151,9	65,1	442,4	157,7	36,5
Sonstige Quellen	Lösemittel/Produktanwendung		15.840,0			
	Verteilung Mineralölprodukte		823,2			
	Shisha-Bars	0,7				3,6
	Holzkohlegrills Gastronomie	6,0	55,7		21,1	20,5
	Verteilung Erdgas					
	sonstige Anwendungen				185,4	165,3
	Abfall/Abwasser					
Gesamt 2023	Gesamt	9.747,6	17.294,9	6.884,8	666,7	389,4

2012		CO2 kt/a	NMVOC t/a	NOx t/a	PM10 t/a	PM2,5 t/a
Industrie	erklärungspflichtige Anlagen	7.875,7	262,9	6.794,1	141,5	77,8
	Genehm.pfl. Anlagen ohne Erklärungspfl.	587,7	0,0	0,0	0,0	0,0
Gebäudeheizung		5.798,2	404,2	1.995,2	241,6	228,4
sonstiger Verkehr	Schienenverkehr	6,9	5,5	113,6	227,2	28,5
	Schiffsverkehr	17,7	68,9	253,5	9,6	9,6
	Flugverkehr	232,7	140,6	1.228,9	13,0	13,0
	Offroad-Verkehr ohne Bau	38,7	131,1	210,9	57,3	9,5
Baustellen		143,1	302,3	1.048,9	761,0	93,6
Sonstige Quellen	Lösemittel/Produktanwendung		15.966,2		438,9	438,9
	Verteilung Mineralölprodukte		782,3			
	Verteilung Erdgas					
	Abfall/Abwasser					
Gesamt 2012	Gesamt	14.700,7	18.063,9	11.645,1	1.890,1	899,3

Industrie	2023 / 2012	-35%	-63%	-45%	-46%	-53%
Gebäudeheizung	2023 / 2012	-34%	-42%	-25%	-67%	-75%
sonstiger Verkehr	2023 / 2012	-15%	-48%	-33%	-52%	13%
Bausektor	2023 / 2012	6%	-78%	-58%	-79%	-61%
sonstige Quellen	2023 / 2012	-	0%	-	-53%	-57%
Gesamt	2023 / 2012	-34%	-4%	-41%	-65%	-57%

Bewertung der Unsicherheiten

Wie in Kap. 2 erläutert wurde für jede Quellgruppe eine Bewertung zur Einschätzung der Güte der Eingangsdaten und der berechneten Emissionen durchgeführt. Die Unsicherheiten werden in den Güte-Stufen nach EMEP/EEA von A bis E nach Tab. 2.2 angegeben.

Die für die einzelnen Quellgruppen vorgenommene Bewertung zu den Unsicherheiten der verwendeten Aktivitätsdaten und Emissionsfaktoren wurde bereits am Ende der entsprechenden Kapitel erläutert und ist in Tab. 9.8 nochmals zusammenfassend aufgeführt. Die geringsten Unsicherheiten wurden für die Quellgruppen Industrie und Gewerbe (genehmigungspflichtige Anlagen) und Flugverkehr abgeschätzt, die höchsten Unsicherheiten für die Quellgruppen Off-road-Verkehr und Baustellen und bei den sonstigen Quellen für die Abschätzungen zu Shisha-Bars und Holzkohlegrills in der Gastronomie.

Tab. 9.8: Übersicht der Bewertung der Unsicherheiten der zur Emissionsermittlung verwendeten Aktivitätsdaten und Emissionsfaktoren differenziert nach Quellgruppen

Quellgruppe	Gütestufe		
	Aktivitätsdaten	Emissionsfaktoren	Emissionen
Industrie und Gewerbe (genehmigungspflichtige Anlagen) mit Emissionserklärungspflicht	-	-	A-B
Gebäudeheizung	B-C	B-C	C
sonstiger Verkehr			
Schienenverkehr	A	B-C	B-C
Schiffsverkehr	B	C	C
Flugverkehr	A	B	A-B
Offroad-Verkehr	B-C	C-E	C-E
Bausektor			
Abgasemissionen Baumaschinen	B-C	C-D	C-D
Staubemissionen durch Bautätigkeiten	C-D	D	D
sonstige Quellen			
Anwendung von Lösemittel und Produkten	A-C	B-D	C-D
Verteilung von Mineralölprodukten	A-C	B-D	C-D
Shisha-Bars	E	E	E
Holzkohlegrills in der Gastronomie	E	E	E
Verteilung von Erdgas	A-C	B-D	C-D
Nutzung von Kühl-, Treib- und Löschmitteln	A-C	B-D	C-D
Abfall und Abwasser	A	B	B
sonstige Anwendungen	C	D	C-D

Die Unsicherheiten sind für die Emissionsfaktoren häufig deutlich höher als für die jeweils pro Quellgruppe/Teilsektor verwendeten Aktivitätsdaten. Als Aktivitätsdaten werden solche Daten

verwendet, die in geeigneter Weise (z.B. aus öffentlichen Statistiken) vorliegen. Teilweise handelt es sich dabei um Hilfsgrößen, da entsprechende Daten zu den eigentlichen Aktivitätsgrößen nicht vorliegen. In den Emissionsfaktoren stecken dann implizit z.B. die typischen Verbrauchsstrukturen, Bestandsstrukturen und sonstige Randbedingungen der Emissionsfreisetzungen, die für den jeweiligen Teilsektor charakteristisch sind und das Emissionsverhalten maßgeblich beeinflussen.

Literatur

4. BImSchV Bundesministerium für Justiz und für Verbraucherschutz (BMJV): Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen – 4. BImSchV), 02.05.2013, zuletzt geändert am 12.11.2024
11. BImSchV Bundesministerium für Justiz und für Verbraucherschutz (BMJV): Elfte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Emissionserklärungen) (11. BImSchV), 29.04.2004, zuletzt geändert am 9.01.2017
13. BImSchV Bundesministerium für Justiz und für Verbraucherschutz (BMJV): Elfte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Emissionserklärungen) (11. BImSchV), 06.07.2021
- AVISO 2014 Fortschreibung und Aktualisierung des landesweiten Emissionskatasters für den Flugverkehr in Nordrhein-Westfalen auf das Jahr 2013, Im Auftrag des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, AVISO GmbH, Aachen, 2014
- BAFU 2025 Schweizer Non-road-Datenbank, <https://www.bafu.admin.ch/de/non-road-datenbank>
- BBB 2024 Amt für Statistik Berlin-Brandenburg: Klimawirksame Stoffe im Land Berlin 2022, Berlin, März 2024
- BBB 2025 Amt für Statistik Berlin-Brandenburg: Energiebilanz 2023, Potsdam, 2025
- BBB 2025a Amt für Statistik Berlin-Brandenburg: Statistiken zu Berlin und Bezirken für die Anzahl der Einwohner und Beschäftigten 2023, Potsdam, 2025
- BER 2024 Flugtagebuch BER 2023, erhalten über die Senatsverwaltung Berlin per E-Mail am 29.11.2024
- BER 2025 Flugrouten Berlin Brandenburg, Übersicht, <https://corporate.berlin-airport.de/de/nachhaltigkeit/umwelt/fluglaerm/flugrouten.html>
- BERLIN 2025 Georeferenzierte Netzpläne der Berliner Straßenbahnen und (oberirdisch fahrenden) U-Bahnen inklusive Anzahl der Fahrten, erhalten über die Senatsverwaltung Berlin per E-Mail am 06.10.2025

BES 2025	Berliner Erdgasspeicher GmbH: Gasspeicher, abrufbar im Internet unter: https://www.berliner-erdgasspeicher.de/unternehmen/energiespeichern/
BFG 2024	Ermittlung und Bewertung der von der Schifffahrt auf Bundeswasserstraßen ausgehenden Luftschadstoffemissionen und -immissionen, Entwicklung und Erprobung einer neuen Methodik, Bericht BfG-2179, Bundesanstalt für Gewässerkunde, im Auftrag der Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt, Bonn, 2024
CONVIS 2025	convis GmbH: Neubau Klärschlammverwertungsanlage Waßmannsdorf, abrufbar im Internet unter: https://www.convis.com/portfolio-item/klaerschlammverwertungsanlage-wassmannsdorf , Berlin, 2025
DB 2024	Emissionen Schienenverkehr für Land Berlin (BEKS Fpl2023) auf dem DB-Schienennetz, Deutsche Bahn AG, per E-Mail erhalten am 10.10.2024
DEHOGA 2025	Deutscher Hotel- und Gaststättenverband e.V. (DEHOGA Bundesverband): DEHOGA-Zahlenspielgel II/2025, Berlin, August 2025
DHS 2025	Deutsche Hauptstelle für Suchtfragen e.V.: Tabak und Nikotin - Zahlen, Daten, Fakten, Hamm, 2025
DWD2025	https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimadatendeutschland/klarchivtagklar.html
EB 2023	Statistischer Bericht E IV 4 – j / 23, Amt für Statistik Berlin-Brandenburg, September 2025
EEA 2023	EMEP/EEA Air pollutant emission inventory guidebook 2023, https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/emep-eea-guidebook-2023
EMEP/EEA 2023	EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023, 2.A.5.b Construction and demolition
FAA 2024	Aviation Emissions and Air Quality Handbook Version 4, Federal Aviation Administration (FAA), Unites States Department of Transportation, July 2024
GENESIS 2024	Luftverkehr 2023, EVAS-Nummer 46421, DESTATIS Statistisches Bundesamt, erschienen am 10.07.2024
GENESIS 2025	Güterverkehrsstatistik der Binnenschifffahrt, Dezember 2024, EVAS-Nummer 46321, DESTATIS Statistisches Bundesamt, erschienen am 25.03.2025
November 2025	

- Gurung 2016 Gurung, G, Bradley, J & Delgado Saborit, JM 2016, 'Effects of shisha smoking on carbon monoxide and PM2.5 concentrations in the indoor and outdoor microenvironment of shisha premises', Science of the Total Environment, vol. 548-549, pp. 340-346.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.12.093>, abrufbar im Internet:
https://pure-oai.bham.ac.uk/ws/files/25390001/Gurung_et_al_Effects_shisha_smoking_Science_Total_Environment_2016_Post_Print.pdf?, Birmingham, 2016
- Han et al. 2023 Evaluation of Emission Characteristics and Microstructure of Particulate Matters from Excavation and Restoration Work on Asphalt Concrete Pavement. Appl. Sci. 2023, 13, 323.
<https://doi.org/10.3390/app13010323>
- ICAO 2020 Airport air quality manual, first edition 2020, ICAO
- ICAO 2024 International Civil Aviation Organisation; Engine Exhaust Emission Data Base (V 30)
- IFEU 2004 Auswirkungen neuer Erkenntnisse auf die Berechnungen der Partikel- und NOx-Emissionen des Straßenverkehrs. Kurzstudie im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Verkehr des Landes Baden-Württemberg, Oktober 2004, Heidelberg.
- IFEU 2009 Nichtauspuffbedingte Partikelemissionen von Maschinen und Geräten in Land- und Bauwirtschaft, Aktualisierung der Emissionsfaktoren. Grundlagendaten für das Projekt: Verursacher, flächenhafte Belastung und Tendenzen für PM2.5 in Sachsen. AG: Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Umwelt, Dresden. Heidelberg, September 2009.
- IFEU 2020 Aktualisierung der Modelle TREMOD/TREMOD-MM für die Emissionsberichterstattung 2020 (Berichtsperiode 1990-2018), ifeu-Institut, Heidelberg, im Auftrag des Umweltbundesamtes, UBA-Texte 116/2020, Dessau-Roßlau, Juni 2020
- IFEU 2023 Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH: Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz für das Jahr 2022 für das Land Berlin, Endbericht, Heidelberg, 2023
- IIASA 2004 Primary Emissions of Submicron and Carbonaceous Particles in Europe and the Potential for their Control, Kupiainen et Klimont, IIASA Interim Report IR-04-079, 2004
- IIASA 2007 Primary emissions of fine carbonaceous particles in Europe, Kupiainen et Klimont, Atmospheric Environment 41, 2007
- IIR 2024 German Informative Inventory Report 2024, iir-de.wikidot.com
- November 2025

IIR 2025	German Informative Inventory Report 2025, iir-de.wikidot.com
ISI 2013	Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) in Deutschland für die Jahre 2007 bis 2010, Endbericht an das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi), Fraunhofer ISI et al., Karlsruhe, München, Nürnberg, März 2013
Kimmel 2000	Kimmel, J.P.F. (2000): Fugitive emissions of fine particulate matter from (semi) industrial activities. Methodology Report
LAI 2024	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz (LAI), persönliche Mitteilung Manfred Vogel (LUBW)
LGL 2017	Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit: Wasserpfeife - Genuss ohne Risiko?, Erlangen, 2017
Liesegang et al. 2021	Liesegang, C., Aleysa, M., Barthel, M., Pillhofer, T., Trukenmüller, A.: : Charakterisierung von Emissionen aus Holzkohlegrills und ihr Einfluss auf die Luftqualität TEXTE 159/2022, Dessau-Roßlau, Dezember 2022
Lohmeyer 2010	Verursacher, flächenhafte Belastung und Tendenzen für PM2.5 in Sachsen, Aktualisierung 2009, November 2010
Lohmeyer 2015	Immissionsberechnung mobile Maschinen in Düsseldorf, März 2015
Lohmeyer 2019	Ermittlung der Schifffahrtsbedingten Luftschadstoff-Belastung an innerstädtischen Berliner Wasserstraßen mit Hauptaugenmerk auf die Fahrgastschifffahrt, Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, im Auftrag der Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz, Referat I C, September 2019
London 2022	Air quality and emissions in construction, https://urbanhealth.org.uk/insights/reports/reducing-air-pollution-from-construction-sites
Merkur 2025	Merkur.de: Trotz Aufwärtrends: Shisha-Branche ist in Sorge abrufbar im Internet unter: https://www.merkur.de/wirtschaft/trotz-aufwaertstrends-shisha-branche-ist-in-sorge-zr-93957751.html , München, 2025
Monzer 2008	Monzer, Bassel & Sepetdjian, Elizabeth & Saliba, Najat & Shihadeh, Alan. (2008). Charcoal emissions as a source of CO and carcinogenic PAH in mainstream narghile waterpipe smoke. Food and Chemical Toxicology. 46. 2991-2995. 10.1016/j.fct.2008.05.031, Beirut, 2008
NBB 2020	Netzgesellschaft Berlin-Brandenburg mbH & Co. KG: Übernahmestationen Berlin, abrufbar im Internet unter: https://www.nbb-netzgesellschaft.de/ueber-die-nbb/presse/pressemitteilungen/millionen-investition-sichert-berliner-gasversorgung

NBB 2024	Netzgesellschaft Berlin-Brandenburg mbH & Co. KG: Netzgebiet Berlin, abrufbar im Internet unter: https://www.nbb-netzgesellschaft.de/unsere-kunden/transportkunden-und-energieversorger/netzgebiet/#c968
PRTR 2025	Umweltbundesamt: PRTR-Gesamtdatenbestand (Stand 13.12.2023), www.thru.de , Dessau-Roßlau, letzter Zugriff am 23.01.2025
REEDER 2024	Rückmeldungen zu den durchgeführten Befragungen der Berliner Reedereien, Nov. 2024 – April 2025
StaLa Berlin 2024a	Statistischer Bericht F II 1 - m 09/24 Baugenehmigungen in Berlin September 2024
StaLa Berlin 2024a	Statistischer Bericht F II 1 - m 09/24 Baugenehmigungen in Berlin September 2024
StaLa Berlin 2024b	Statistischer Bericht F II 2 - j/23 Baufertigstellungen, Bauüberhang und Bauabgang in Berlin 2023
Struschka 2008	M. Struschka et al., Effiziente Bereitstellung aktueller Emissionsdaten für die Luftreinhaltung, Abschlussbericht, FKZ 20542322, Universität Stuttgart, IVD, UBA-Text 444/08, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, 2008
SVSU 2014	Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt – IXC: XML-Datenbankexport zur betrieblichen Umweltdatenberichterstattung Berlin im Jahr 2012, Berlin, 01.10.2014
SVSU 2024	Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt: XML-Datenbankexport zur betrieblichen Umweltdatenberichterstattung Berlin im Jahr 2020, Berlin, 05.09.2024
THELOKE 2008	Dr. Theloke, J.: Auflistung von statistischen Indikatorgrößen der einzelnen Quellbereiche, in denen NMVOC Emissionen anfallen, o.O., 2008
Torrey 2015	Torrey, C., Moon, K., Williams, D. et al. Waterpipe cafes in Baltimore, Maryland: Carbon monoxide, particulate matter, and nicotine exposure. <i>J Expo Sci Environ Epidemiol</i> 25, 405–410 (2015). https://doi.org/10.1038/jes.2014.19 , abrufbar im Internet unter: https://www.nature.com/articles/jes201419? , Baltimore, 2015
UBA 2002	Umweltbundesamt: Modellierung von Feinstaubemissionen in Europa, Dessau-Roßlau, 2002
UBA 2016	Entwicklung von Methoden zur Berechnung von Emissionen von Luftschadstoffen aus Bautätigkeiten und Baustellen

UBA 2019	UBA-Forschungsprojekt FKZ 3716 52 200 0: Einfluss eines Großflughafens auf zeitliche und räumliche Verteilungen der Außenluftkonzentrationen von Ultrafeinstaub < 100 nm, Abschlussdatum: 04/2019
UBA 2020	Aktualisierung der Modelle TREMOD/TREMOD-MM für die Emissionsberichterstattung 2020 (Berichtsperiode 1990-2018), Berichtsteil „TREMOD-MM“, ifeu Heidelberg, im Auftrag des Umweltbundesamtes, Juni 2020, UBA Texte 117 / 2020
UBA 2022a	Feinstaubemissionen aus Feuerwerk zu Silvester und deren Einfluss auf die Luftqualität – Neue Methode zur Quantifizierung der Emissionen, Dessau-Roßlau, 2022
UBA 2022b	Umweltbundesamt (Hrsg.): Aktualisierung der Emissionsfaktoren für Methan für die Erdgasbereitstellung. TEXTE 159/2022, Dessau-Roßlau, Dezember 2022
UBA 2024	Umweltbundesamt (Hrsg.): Emissionssituation und Emissionsminderung von Holzkohlegrills und anderen Feuerungsanlagen die dazu bestimmt sind Speisen mit heißen Abgasen zuzubereiten. TEXTE 20/2025, Dessau-Roßlau, Mai 2024
UBA 2025a	http://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/emissionen-von-luft-schadstoffen , ANNEX 1: National sector emissions: Main pollutants, particulate matter, heavy metals and persistent organic pollutants, 12.02.2025
UBA 2025b	Umweltbundesamt (Hrsg.): Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2014, Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2023. Climate Change 24/2014, Dessau-Roßlau, Juli 2025
UBA 2025c	Datenlieferung zu Emissionsergebnissen aus TREMOD-MM 2010-2045 differenziert nach Kategorien (Bau-, Forst-, Landwirtschaft, Industrie, Fahrgastschiffe/Boote, Haushalt/Garten), Geräte-/Maschinenarten, Kraftstoffarten und Schadstoffen (CH ₄ , CO, CO ₂ , HC, NMHC, NO _x , PM, SO ₂) per E-Mail vom UBA erhalten am 25.06.2025
ULRICH 2022	Bestimmung des Beitrags von Abriebemissionen von Straßenbahnen zur PM10-Belastung an Straßen. Abschlussbericht, Ulrich Consulting Max Ulrich e.K., im Auftrag der Senatsverwaltung für Umwelt, Mobilität, Verbraucher- und Klimaschutz Berlin, März 2022
ULTRAFLEB 2025	Abschluss-Workshop Ultrafleb, Präsentation Modellierung, Abschlussveranstaltung ULTRAFLEB am 14.05.2025 in Berlin, Forschungsprojekt gefördert durch das Umweltbundesamt FKZ 3720522010

- ViZ 2024 Verkehr in Zahlen 2023/2024, <https://bmdv.bund.de/Shared-Docs/DE/Artikel/G/verkehr-in-zahlen.html>
- WSA 2024 Daten zu Schleusungen im Jahr 2023, Wasser- und Schifffahrtsamt Spree-Havel, per E-Mail erhalten am 02.12.2024 und 21.05.2025
- Zhou 2015 Zhou S, Weitzman M, Vilcassim R, Wilson J, Legrand N, Saunders E, Travers M, Chen LC, Peltier R, Gordon T. Air quality in New York City hookah bars. *Tob Control*. 2015 Oct;24(e3):e193-8. doi: 10.1136/tobaccocontrol-2014-051763. Epub 2014 Sep 16. PMID: 25232045; PMCID: PMC4390442., New York, 2015