

Bericht

Erstellung der Berliner Emissionskataster Industrie, Gebäudeheizung, sonstiger Verkehr, Kleingewerbe, sonstige Quellen, Baustellen

Schlussbericht, Juni 2016



AVISO

Juni 2016

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	I
Tabellenverzeichnis.....	IV
Abbildungsverzeichnis.....	IX
1 Einleitung	1
2 Methodik zur Erstellung des Emissionskatasters.....	2
2.1 Luftschadstoffe und Treibhausgase.....	2
2.2 Ermittlung der Emissionen.....	7
2.3 Bewertung von Unsicherheiten.....	7
3 Quellengruppe – Industrie und Gewerbe	8
3.1 Erklärungspflichtige Anlagen nach 11. BImSchV.....	8
3.1.1 Datenbasis.....	8
3.1.2 Emissionen erklärungspflichtiger Anlagen	15
3.2 Genehmigungspflichtige Anlagen ohne Emissionserklärungspflicht	37
3.2.1 Datenbasis.....	37
3.2.2 Emissionen nicht-erklärungspflichtiger Anlagen.....	40
3.3 Bewertung der Unsicherheiten	42
4 Quellengruppe Gebäudeheizung.....	43
4.1 Grundlagen und Methodik	43
4.1.1 Verfügbare Daten für Berlin	44
4.1.2 Methodik zur Berechnung des Endenergieverbrauchs.....	47
4.2 Endenergieeinsatz aus der Energiebilanz Berlin (Ansatz 1)	49
4.3 Endenergieeinsatz Berlin, ermittelt auf der Basis von Schornsteinfegerdaten (Ansatz 2)	50
4.3.1 Datenlage	50
4.3.2 Telefonbefragung.....	51
4.3.3 Anlageneigenschaften	52
4.3.4 Jährliche Volllaststunden	54
4.3.5 Endenergieeinsatz.....	56
4.4 Endenergieeinsatz Berlin, ermittelt auf der Basis von Gebäudeeigenschaften (Ansatz 3)	62
4.4.1 Spezifischer Heizwärmebedarf	62
4.4.2 Endenergieeinsatz.....	64

4.5	Vergleich der Ansätze zur Ermittlung des EEE	71
4.6	Emissionen	72
4.6.1	Emissionsfaktoren	72
4.6.2	Emissionen	76
4.7	Bewertung der Unsicherheiten	83
5	Quellengruppe „Sonstiger Verkehr“	84
5.1	Schienenverkehr	84
5.1.1	Datengrundlagen	84
5.1.2	Emissionen 2012	88
5.2	Schiffsverkehr	94
5.2.1	Datengrundlagen	94
5.2.2	Emissionen 2012	100
5.3	Flugverkehr	107
5.3.1	Datengrundlagen	107
5.3.2	Emissionen 2012	111
5.3.3	Verlagerung auf den Flughafen Berlin Brandenburg	114
5.4	Offroad-Verkehr	117
5.4.1	Datengrundlagen	117
5.4.2	Emissionen 2012	120
5.5	Bewertung der Unsicherheiten	127
6	Sonstige Quellen	130
6.1	Verwendung von Lösemitteln und andere Produktanwendungen	130
6.2	Verteilung von Mineralölprodukten	137
6.3	Verteilung von Erdgas	141
6.4	Nutzung von Kühl-, Treib- und Löschmitteln	143
6.5	Abfall und Abwasser	147
6.6	Bewertung der Unsicherheiten	150
7	Baustellen	152
7.1	Grundlagen und Methodik	153
7.2	Datengrundlagen Berlin 2012	156
7.3	Emissionen 2012	165
7.4	Bewertung der Unsicherheiten	171
8	Biogene Quellen	172

8.1	Tierhaltung	172
8.2	Landwirtschaftliche Flächen	175
8.3	Wald.....	182
8.4	LULUC (Landnutzungsänderung).....	185
8.5	Bewertung der Unsicherheiten	187
9	Zusammenfassung.....	188
9.1	Emissionen Berlin 2012.....	188
9.2	Vergleich mit Emissionsdaten aus dem LRP	196
9.3	Bewertung der Unsicherheiten	198
	Literatur	199
	Anhang.....	208
	Anteil EC/BC an PM10-Abgas	209
	Emissionsdatenbank.....	210

Tabellenverzeichnis

Tab. 2.1:	Luftschadstoffe und Treibhausgase, die betrachtet werden, differenziert nach Quellengruppen.....	3
Tab. 2.2:	Gütestufen zur Bewertung der Unsicherheiten der Aktivitätsraten und Emissionsfaktoren nach EMEP/EEA	7
Tab. 3.1:	Hauptgruppen gemäß Anhang 4. BImSchV; /4. BImSchV/.....	9
Tab. 3.2:	Erklärungspflichtige Arbeitsstätten nach Haupttätigkeiten und Stadtbezirken 2012 /SVSU 2014/	11
Tab. 3.3:	Erklärungspflichtige Anlagen nach Haupttätigkeiten und Stadtbezirken 2012 /SVSU 2014/	11
Tab. 3.4:	Treibhausgas-Emissionen erklärungsspflichtiger Anlagen nach Stadtbezirken und Branchen 2012 (11. BImSchV) /SVSU 2014/	17
Tab. 3.5:	Emissionen von Ozonvorläufersubstanzen erklärungsspflichtiger Anlagen nach Kreisen und Branchen 2012 (11. BImSchV) /SVSU 2014/.....	21
Tab. 3.6:	Emissionen versauernder und eutrophierender Stoffe erklärungsspflichtiger Anlagen nach Stadtbezirken und Branchen 2012 (11. BImSchV) /SVSU 2014/..	24
Tab. 3.7:	Feinstaub-Emissionen erklärungsspflichtiger Anlagen nach Stadtbezirken und Branchen 2012 (11. BImSchV) /SVSU 2014/	27
Tab. 3.8:	POP-Emissionen erklärungsspflichtiger Anlagen nach Stadtbezirken und Branchen 2012 (11. BImSchV) /SVSU 2014/	30
Tab. 3.9:	Schwermetall-Emissionen erklärungsspflichtiger Anlagen nach Stadtbezirken und Branchen 2012 (11. BImSchV) /SVSU 2014/	32
Tab. 3.11:	Chlor- und Fluorwasserstoff-Emissionen erklärungsspflichtiger Anlagen nach Stadtbezirken und Branchen 2012 (11. BImSchV) /SVSU 2014/	35
Tab. 3.12:	Genehmigungsbedürftige Anlagen ohne Emissionserklärungspflicht nach Haupttätigkeiten und Stadtbezirken 2012 /SVSU 2014/.....	38
Tab. 3.13:	Genehmigungsbedürftige Anlagen ohne Emissionen nach Haupttätigkeiten und Stadtbezirken 2012 /SVSU 2014/	39
Tab. 3.14:	Genehmigungsbedürftige Anlagen mit prinzipieller Erklärungspflicht, wenn nicht von der Erklärungspflicht befreit /SVSU 2014/.....	39
Tab. 3.15:	Genehmigungsbedürftige Anlagen ohne Erklärungspflicht, Emissionsfaktoren vorhanden /SVSU 2014/.....	40
Tab. 3.16:	Emissionen aus Röstereien nach Stadtbezirken 2012 /SVSU 2014/, /BubeOnline 2015/, /Bäcker 2015/	41
Tab. 4.1:	Endenergieverbrauch in den Sektoren Haushalte und Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige nach der Energiebilanz Berlin 2012 (ohne Otto- und Diesel-Kraftstoffe und Bio-Treibstoffe) /Berlin 2015/	49
Tab. 4.2:	Schornsteinfegerdaten Berlin (Ausschnitt)	50
Tab. 4.3:	Ergebnisse der Telefonbefragung der Schornsteinfeger (fett gedruckte Bezirke) und Ergänzung für ähnliche Bezirke	52

Tab. 4.4:	Feuerungsanlagen: mittlere Nennwärmeleistung und jährliche Volllaststunden nach Struschka et al.; /UBA 2008/	55
Tab. 4.5:	Gradtagszahlen DWD, Berechnung nach VDI 3807, Heizgrenztemperatur: 15°C, Innentemperatur: 20°C (Empfehlung für Bestandsgebäude); /IWU 2013/	57
Tab. 4.6:	Endenergieeinsatz (EEE) in Kleinfeuerungsanlagen in Berlin nach Auswertungen der Schornsteinfegerdaten (Ausschnitt)	58
Tab. 4.7:	Endenergieeinsatz (EEE) in Kleinfeuerungsanlagen, berechnet auf Basis der Gebäudeeigenschaften (Ansatz 3).....	66
Tab. 4.8:	Endenergieeinsatz (EEE) in Kleinfeuerungsanlagen, berechnet auf Basis der Gebäudeeigenschaften im Vergleich mit der Energiebilanz Berlin 2012 und EEE auf Basis der Schornsteinfegerdaten	71
Tab. 4.9:	Mittlere Emissionsfaktoren für kleine und mittlere Feuerungsanlagen KuMFA (nach 1. BImSchV vom 26.01.2010) ohne Abgasreinigung, Stand 24. April 2013 für Bericht 2012 /LAI 2013/	73
Tab. 4.10:	Rußanteile an den Gesamtstaub-Emissionen nach Brennstoff, nach /IIASA 2004, IIASA 2007/	76
Tab. 4.11:	Emissionen der Luftschadstoffe aus Kleinfeuerungsanlagen in Berlin 2012 nach Stadtbezirken (Treibhausgase).....	77
Tab. 4.12:	Emissionen der Luftschadstoffe aus Kleinfeuerungsanlagen in Berlin 2012 nach Stadtbezirken (SO ₂ , NO _x , NMVOC, CO)	78
Tab. 4.13:	Emissionen der Luftschadstoffe aus Kleinfeuerungsanlagen in Berlin 2012 nach Stadtbezirken (PM ₁₀ , PM _{2,5} , EC, Schwermetalle).....	79
Tab. 4.14:	Emissionen der Luftschadstoffe aus Kleinfeuerungsanlagen in Berlin 2012 nach Stadtbezirken (BaP, PCDD/F, HCl; HF)	80
Tab. 4.15:	Einfluss der gewählten Emissionsfaktoren auf die Gesamtemissionen.....	81
Tab. 5.1:	Emissionen des Schienenverkehrs in Berlin (Basis Fahrplan 2012) auf dem Schienennetz der DB AG /DBAG 2015/, differenziert nach Herkunftsbereichen (Treibhausgase).....	89
Tab. 5.2:	Emissionen des Schienenverkehrs in Berlin (Basis Fahrplan 2012) auf dem Schienennetz der DB AG /DBAG 2015/, differenziert nach Stadtbezirken (SO ₂ , NO _x , NH ₃).....	90
Tab. 5.3:	Emissionen des Schienenverkehrs in Berlin (Basis Fahrplan 2012) auf dem Schienennetz der DB AG /DBAG 2015/, differenziert nach Stadtbezirken (NMVOC, CO, PM ₁₀ , PM _{2,5}).....	91
Tab. 5.4:	Emissionen des Schienenverkehrs in Berlin (Basis Fahrplan 2012) auf dem Schienennetz der DB AG /DBAG 2015/, differenziert nach Stadtbezirken.....	92
Tab. 5.5:	Abschnittsspezifische Transportleistungen des Güterverkehrs (tkm) sowie Fahrleistungen der Fahrgastschiffe (FGS), Schubboote, Sonstigen Boote und Sportboote auf den Berliner Wasserstraßen für 2012 /DESTATIS 2012 a /WSD OST 2012, REEDER 2015/	97
Tab. 5.6:	Kraftstoffverbrauch in der Binnenschifffahrt in Berlin 2012, differenziert nach Herkunftsbereichen	101

Tab. 5.7:	Emissionen der Binnenschifffahrt in Berlin 2012, differenziert nach Stadtbezirken und Herkunftsbereichen (Treibhausgase).....	102
Tab. 5.8:	Emissionen der Binnenschifffahrt in Berlin 2012, differenziert nach Stadtbezirken und Herkunftsbereichen (SO ₂ , NO _x , NH ₃)	103
Tab. 5.9:	Emissionen der Binnenschifffahrt in Berlin 2012, differenziert nach Stadtbezirken und Herkunftsbereichen (NMVOC, CO, PM10, PM2.5)	104
Tab. 5.10:	Emissionen der Binnenschifffahrt in Berlin 2012, differenziert nach Stadtbezirken und Herkunftsbereichen (BaP, PCDD/F, Schwermetalle).....	105
Tab. 5.11:	Starts nach Startgewichtsklassen im gewerblichen Flugverkehr in Berlin im Jahr 2012.....	108
Tab. 5.12:	Starts nach Startgewichtsklassen im sonstigen Flugverkehr in Berlin im Jahr 2012; /Destatis 2012 b/	108
Tab. 5.13:	Taxi-Zeiten (Taxi In + Taxi Out) in Sekunden für die Flughäfen Tegel und Schönefeld in Berlin 2012	110
Tab. 5.14:	Emissionen des bodennahen Flugverkehrs (bis 3.000 ft) in Berlin 2012 in kg/a (Treibhausgase).....	112
Tab. 5.15:	Emissionen des bodennahen Flugverkehrs (bis 3.000 ft) in Berlin 2012 in kg/a (SO ₂ , NO _x , NMVOC, CO)	113
Tab. 5.16:	Emissionen des bodennahen Flugverkehrs (bis 3.000 ft) in Berlin 2012 in kg/a	114
Tab. 5.17:	Schadstoffemissionen des bodennahen Flugverkehrs (bis 3.000 ft) in Berlin im Prognosejahr 2023 kg/a	116
Tab. 5.18:	Maschinen- und Fahrzeugbestand sowie der jährlichen Kraftstoffverbrauch der Bezirke Berlin Mitte und Neukölln zur Pflege öffentlicher Grünanlagen, Stand 2012.....	119
Tab. 5.19:	Emissionen des Offroad-Verkehrs in Berlin 2012 (Treibhausgase).....	122
Tab. 5.20:	Emissionen des Offroad-Verkehrs in Berlin 2012 (SO ₂ , NO _x , NH ₃)	123
Tab. 5.21:	Emissionen des Offroad-Verkehrs in Berlin 2012 (NMVOC, CO, PM10, PM2.5)	124
Tab. 5.22:	Emissionen des Offroad-Verkehrs in Berlin 2012 (BAP, PCDD/F, Schwermetalle) 125	
Tab. 6.1:	NMVOC-Emissionen aus Lösemitteln und anderen Produktanwendungen nach Bezirken in Berlin 2012; Analyse auf Basis von /Theloke 2008/, /BBB 2015 a/, /Destatis 2015 a/, /KBA 2015/, /DFS/	132
Tab. 6.2:	Feinstaub-Emissionen aus sonstigen Anwendungen nach Bezirken in Berlin 2012; Analyse auf Basis von /UBA 2002/, /BBB 2015 a/	136
Tab. 6.3:	NMVOC-Emissionen aus Betankungsprozessen von Diesel- und Benzin-Kraftfahrzeugen nach Bezirken in Berlin 2012; Analyse auf Basis von /UBA 2014 b/, /BBB 2015 a/, /KBA 2015/	138
Tab. 6.4:	NMVOC-Emissionen aus Betankungsprozessen mit leichtem Heizöl nach Stadtbezirken in Berlin 2012; Analyse auf Basis von /UBA 2014 b/, /BBB 2015 b/	139

Tab. 6.5:	NM VOC-Emissionen aus Betankungsprozessen mit Flugturbinenkraftstoff nach Stadtbezirken in Berlin 2012; Analyse auf Basis von /UBA 2014 b, BBB 2015 b, StaBu 2014/	140
Tab. 6.6:	Emissionen von HFKW, FKW und SF ₆ nach Bezirken in Berlin 2012; Analyse auf Basis von /UBA 2014 b, BBB 2015 a, Destatis 2015 b/	146
Tab. 6.7:	Treibhausgas-Emissionen aus kommunalen Abwässern nach Stadtbezirken und Herkunftsbereichen in Berlin 2012; /UBA 2014 b/, /BBB 2013 a/	149
Tab. 6.8:	Emissionen aus Eigenkompostierung nach Stadtbezirken in Berlin 2012; /UBA 2010/ (CH ₄ , N ₂ O, NH ₃)	150
Tab. 7.1:	Emissionsfaktoren zur Ermittlung der Emissionen durch Aufwirbelung und Abrieb beim Betrieb von Baumaschinen nach /LOHMEYER 2010/	155
Tab. 7.2:	Bauvolumen, baugewerbliche Umsätze und Haushaltsansätze und -Zahlungen der öffentliche Haushalte Berlin, 2002-2004 und 2011 /IBB 2013/	157
Tab. 7.3:	Umsatz und Beschäftigte in der Bauwirtschaft in Berlin 2012 /STJB 2013/, differenziert nach Berliner Unternehmen und auswärtige Unternehmen	159
Tab. 7.4:	Stichprobenbefragung in Betrieben in Deutschland /FI 2015/, befragte Untergruppen im Bauhauptgewerbe und Ausbaugewerbe	160
Tab. 7.5:	Stichprobenbefragung in Bau-Betrieben in Deutschland /IFE 2015/, in Betrieben und auf Baustellen eingesetzte mobile Maschinen nach Kategorien, deren Energieverbrauch abgefragt wurde	160
Tab. 7.6:	Spezifische Jahresverbrauchswerte (ohne Strom) für mobile Maschinen pro Untergruppe im Baugewerbe abgeleitet aus den Ergebnissen der Stichprobenbefragung in Deutschland /IFE 2015/ in kg/Beschäftigtem	161
Tab. 7.7:	Baugenehmigungen zur Errichtung neuer Wohn- und Nichtwohngebäude und Baufertigstellungen neuer Gebäude in Berlin 2012 /STJB 2013/	164
Tab. 7.8:	Bauabfall-Gesamtaufkommen Berlin 2012 /ABB 2012/	165
Tab. 7.9:	Kraftstoffverbrauch durch Bautätigkeiten in Berlin 2012	166
Tab. 7.10:	Emissionen durch Bautätigkeiten in Berlin 2012, differenziert nach Stadtbezirken und Herkunftsbereichen (Treibhausgase)	167
Tab. 7.11:	Emissionen durch Bautätigkeiten in Berlin 2012, differenziert nach Stadtbezirken und Herkunftsbereichen (SO ₂ , NO _x , PCCD/F)	168
Tab. 7.12:	Emissionen durch Bautätigkeiten in Berlin 2012 (NM VOC, CO, PM ₁₀ , PM _{2.5} (nur Abgas))	169
Tab. 8.1:	Treibhausgas-Emissionen aus der Tierhaltung in Berlin 2012 /Thünen 2014/, /BBB 2014/	173
Tab. 8.2:	Emissionen versauernder und eutrophierender Stoffe aus der Tierhaltung in Berlin 2012 /Thünen 2014/, /BBB 2014/	174
Tab. 8.3:	Feinstaub-Emissionen aus der Tierhaltung in Berlin 2012 /THÜNEN 2014/, /BBB 2014/	174
Tab. 8.4:	Treibhausgas-Emissionen aus der Nutzung landwirtschaftlicher Flächen nach Stadtbezirken und Herkunftsbereichen 2012; /Thünen 2014/, /BBB 2013 b/	177

Tab. 8.5:	Emissionen versauernder und eutrophierender Stoffe aus der Nutzung landwirtschaftlicher Flächen nach Stadtbezirken und Herkunftsbereichen 2012 /Thünen 2014/, /BBB 2013 b/	178
Tab. 8.6:	Feinstaub-Emissionen aus der Nutzung landwirtschaftlicher Flächen nach Stadtbezirken und Herkunftsbereichen 2012 /Thünen 2014/, /BBB 2013 b/	179
Tab. 8.7:	Treibhausgas-Emissionen aus Wäldern nach Stadtbezirken und Herkunftsbereichen 2012; /BERLINER FORSTEN 2015, FRIEDRICH 2007/....	184
Tab. 8.8:	VOC-Emissionen aus Wäldern nach Stadtbezirken 2012 /BBB 2013 b, Friedrich 2007/	185
Tab. 9.1:	Emissionen Berlin 2012 für die Quellengruppen Industrie, Gebäudeheizung, sonstiger Verkehr, Offroad-Verkehr, Baustellen, sonstige Quellen und biogene Emissionen (Treibhausgase)	189
Tab. 9.2:	Emissionen Berlin 2012 für die Quellengruppen Industrie, Gebäudeheizung, sonstiger Verkehr, Offroad-Verkehr, Baustellen, sonstige Quellen und biogene Emissionen (SO ₂ , NO _x , NH ₃)	190
Tab. 9.3:	Emissionen Berlin 2012 für die Quellengruppen Industrie, Gebäudeheizung, sonstiger Verkehr, Offroad-Verkehr, Baustellen, sonstige Quellen und biogene Emissionen (NMVOC, CO, PM ₁₀ , PM _{2,5})	191
Tab. 9.4:	Emissionen Berlin 2012 für die Quellengruppen Industrie, Gebäudeheizung, sonstiger Verkehr, Offroad-Verkehr, Baustellen, sonstige Quellen und biogene Emissionen (BaP, PCDD/F, Schwermetalle).....	192
Tab. 9.5:	Übersicht der Bewertung der Unsicherheiten der zur Emissionsermittlung verwendeten Aktivitätsdaten und Emissionsfaktoren differenziert nach Quellengruppen	198

Abbildungsverzeichnis

Bild 3.1:	Anteile der emissionserklärungspflichtigen Anlagen an den Haupttätigkeiten nach 11. BImSchV im Jahr 2012 /SVSU 2014/	10
Bild 3.2:	Geographische Lage emissionserklärungspflichtiger Arbeitsstätten nach 11. BImSchV in Berlin 2012 /SVSU2014/.....	12
Bild 3.3:	Anzahl der berichtspflichtigen PRTR-Betriebseinrichtungen nach Tätigkeiten Anhang I im Jahr 2012 /PRTR 2014/	13
Bild 3.4:	Anzahl der berichtspflichtigen PRTR-Betriebseinrichtungen mit Luft-Emissionen nach Tätigkeiten Anhang I im Jahr 2012 /PRTR 2014/.....	14
Bild 3.5:	Durchschnittliche jährliche Gesamtdauer des Anlagenbetriebs emissionserklärungspflichtiger Anlagen nach Haupttätigkeiten der 11. BImSchV im Jahr 2012 /SVSU 2014/	14
Bild 3.6:	Ermittlungsarten der Luftschadstoff-Emissionen erklärungsspflichtiger und PRTR-Anlagen 2012 /SVSU 2014/, /PRTR 2014/.....	15
Bild 3.7:	CO _{2aq} -Emissionen erklärungsspflichtiger Anlagen in Berlin 2012 (11. BImSchV) .	18
Bild 3.8:	CO ₂ -Emissionen erklärungsspflichtiger Anlagen in Berlin 2012 (11. BImSchV)	18
Bild 3.9:	CH ₄ -Emissionen erklärungsspflichtiger Anlagen in Berlin 2012 (11. BImSchV)	19
Bild 3.10:	N ₂ O-Emissionen erklärungsspflichtiger Anlagen in Berlin 2012 (11. BImSchV)	19
Bild 3.11:	NM VOC-Emissionen erklärungsspflichtiger Anlagen in Berlin 2012 (11 BImSchV)	22
Bild 3.12:	CO-Emissionen erklärungsspflichtiger Anlagen in Berlin 2012 (11. BImSchV) ..	22
Bild 3.13:	SO ₂ -Emissionen erklärungsspflichtiger Anlagen in Berlin 2012 (11. BImSchV).	25
Bild 3.14:	NO _x -Emissionen erklärungsspflichtiger Anlagen in Berlin 2012 (11. BImSchV)	25
Bild 3.15:	NH ₃ -Emissionen erklärungsspflichtiger Anlagen in Berlin 2012 (11. BImSchV).	26
Bild 3.16:	PM ₁₀ -Emissionen erklärungsspflichtiger Anlagen in Berlin 2012 (11. BImSchV) .	28
Bild 3.17:	PM _{2,5} -Emissionen erklärungsspflichtiger Anlagen in Berlin 2012 (11. BImSchV)	28
Bild 3.18:	BaP-Emissionen erklärungsspflichtiger Anlagen in Berlin 2012 (11. BImSchV).	31
Bild 3.19:	PCDD/F-Emissionen erklärungsspflichtiger Anlagen in Berlin 2012 (11. BImSchV)	31
Bild 3.20:	Anteil der Stoffe an den Schwermetall-Emissionen erklärungsspflichtiger Arbeitsstätten im Jahr 2012 (11. BImSchV) /SVSU 2014/	33
Bild 3.21:	Schwermetall-Emissionen erklärungsspflichtiger Anlagen in Berlin 2012 (11. BImSchV).....	34
Bild 3.22:	HCl-Emissionen erklärungsspflichtiger Anlagen in Berlin 2012 (11. BImSchV) .	36
Bild 3.23:	HF-Emissionen erklärungsspflichtiger Anlagen in Berlin 2012 (11. BImSchV)...	36
Bild 4.1:	Anteil mit Gas versorgter Fläche an Baublockfläche 2011, Datenquelle: Berlin 2015	46

Bild 4.2:	Anteile von Zentralheizungen und Einzelraumfeuerstätten nach Brennstoffen, gemäß Auswertungen von Schornsteinfegerdaten für vier verschiedene Gebiete	53
Bild 4.3:	Mittlere Nennwärmeleistung nach Anlagentyp und Brennstoff, gemäß Auswertungen von Schornsteinfegerdaten für vier verschiedene Gebiete	54
Bild 4.4:	Räumliche Verteilung des Endenergieeinsatzes in $MWh/(a \cdot km^2)$ in Kleinfeuerungsanlagen in Berlin, ermittelt auf Basis der Schornsteinfegerdaten (Ansatz 2), gesamt.....	59
Bild 4.5:	Räumliche Verteilung des Endenergieeinsatzes in $MWh/(a \cdot km^2)$ in Kleinfeuerungsanlagen in Berlin, ermittelt auf Basis der Schornsteinfegerdaten (Ansatz 2), Energieträger Gas	60
Bild 4.6:	Räumliche Verteilung des Endenergieeinsatzes in $MWh/(a \cdot km^2)$ in Kleinfeuerungsanlagen in Berlin, ermittelt auf Basis der Schornsteinfegerdaten (Ansatz 2), Energieträger Öl	60
Bild 4.7:	Räumliche Verteilung des Endenergieeinsatzes in $MWh/(a \cdot km^2)$ in Kleinfeuerungsanlagen in Berlin, ermittelt auf Basis der Schornsteinfegerdaten (Ansatz 2), Energieträger Festbrennstoffe (Skalierung wie in vorigen Darstellungen)	61
Bild 4.8:	Räumliche Verteilung des Endenergieeinsatzes in $MWh/(a \cdot km^2)$ in Kleinfeuerungsanlagen in Berlin, ermittelt auf Basis der Schornsteinfegerdaten (Ansatz 2), Energieträger Festbrennstoffe (modifizierte Skalierung)	61
Bild 4.9:	Spezifischer Heizwärmebedarf nach Baujahr und Gebäudetyp.....	63
Bild 4.10:	Räumliche Verteilung des Endenergieeinsatzes gesamt in $MJ/(a \cdot m^2)$ in Kleinfeuerungsanlagen in Berlin, ermittelt auf Basis der Gebäudeeigenschaften (Ansatz 3).....	67
Bild 4.11:	Räumliche Verteilung des Endenergieeinsatzes Gas in $MJ/(a \cdot m^2)$ in Kleinfeuerungsanlagen in Berlin, ermittelt auf Basis der Gebäudeeigenschaften (Ansatz 3).....	67
Bild 4.12:	Räumliche Verteilung des Endenergieeinsatzes Öl in $MJ/(a \cdot m^2)$ in Kleinfeuerungsanlagen in Berlin, ermittelt auf Basis der Gebäudeeigenschaften (Ansatz 3).....	68
Bild 4.13:	Räumliche Verteilung des Endenergieeinsatzes Kohle in $MJ/(a \cdot m^2)$ in Kleinfeuerungsanlagen in Berlin, ermittelt auf Basis der Gebäudeeigenschaften (Ansatz 3) (Skalierung wie in Darstellungen für Gas und Öl).....	68
Bild 4.14:	Räumliche Verteilung des Endenergieeinsatzes Kohle in $MJ/(a \cdot m^2)$ in Kleinfeuerungsanlagen in Berlin, ermittelt auf Basis der Gebäudeeigenschaften (Ansatz 3) (modifizierte Skalierung).....	69
Bild 4.15:	Räumliche Verteilung des Endenergieeinsatzes Holz in $MJ/(a \cdot m^2)$ in Kleinfeuerungsanlagen in Berlin, ermittelt auf Basis der Gebäudeeigenschaften (Ansatz 3) (Skalierung wie in Darstellungen für Gas und Öl).....	69

Bild 4.16:	Räumliche Verteilung des Endenergieeinsatzes Holz in MJ/(a*m ²) in Kleinfeuerungsanlagen in Berlin, ermittelt auf Basis der Gebäudeeigenschaften (Ansatz 3) (modifizierte Skalierung).....	70
Bild 4.17:	Endenergieeinsätze der verschiedenen Brennstoffe in Kleinfeuerungsanlagen Berlin, Ableitung aus Schornsteinfegerdaten, Gebäudeeigenschaften und Energiebilanz im Vergleich.....	72
Bild 4.18:	Mittlere Emissionsfaktoren für Kleinfeuerungsanlagen in Haushalten und im Sektor GHD nach /BRANDENBURG 2015/ im Vergleich mit denen nach LAI (Tab. 4.9).....	74
Bild 4.19:	Beiträge der Brennstoffe Öl, Gas, Kohle und Holz jeweils zum Endenergieeinsatz (EEE) sowie zu den NO _x - und PM10-Emissionen der Quellengruppe Gebäudeheizung in Berlin 2012.....	76
Bild 4.20:	Flächenbezogene NO _x -Emissionen aus Kleinfeuerungsanlagen in Berlin 2012.	82
Bild 4.21:	Flächenbezogene PM10-Emissionen aus Kleinfeuerungsanlagen in Berlin 2012.....	82
Bild 4.22:	Flächenbezogene NMVOC-Emissionen aus Kleinfeuerungsanlagen in Berlin 2012.....	83
Bild 5.1:	Streckennetz der DB AG, weiterer Werks- und Privatbahnen und überirdisch verlaufende Streckenabschnitte von U-Bahn und Straßenbahn, Berlin, Stand 2012.....	85
Bild 5.2:	NO _x -Emissionen des Schienenverkehrs in Berlin 2012.....	93
Bild 5.3:	PM10-Emissionen (Abgas und Abrieb) des Schienenverkehrs in Berlin 2012.....	93
Bild 5.4:	Flottenstruktur der in Berlin beheimateten Güterschiffe /WSD Ost 2012/ differenziert nach mittlerer Tragfähigkeit und mittlerer Leistung.....	95
Bild 5.5:	Flottenstruktur der in Berlin beheimateten Personenschiffe /WSD Ost 2012/, differenziert nach mittlerer Fahrgastanzahl und mittlerer Leistung.....	95
Bild 5.6:	Wasserstraßen, Schleusen und Häfen in der Region Berlin, Stand 2012.....	96
Bild 5.7:	Transportaufkommen im Güterverkehr in der Binnenschifffahrt Berlin 2012.....	98
Bild 5.8:	Schiffsbewegungen Personenverkehr und Sonstige in der Binnenschifffahrt Berlin 2012.....	99
Bild 5.9:	NO _x -Emissionen Schiffsverkehr Berlin 2012.....	106
Bild 5.10:	PM10-Abgas-Emissionen Schiffsverkehr Berlin 2012.....	106
Bild 5.11:	An- und Abflugrouten /DFS/ für Tegel (Quelle Karte: YADE-GIS (SenStadt)) und Schönefeld (Kartengrundlage: TK50 (05/03 LGB Brandenburg)).....	109
Bild 5.12:	Übersicht des geplanten Betriebsregimes am Flughafen Berlin Brandenburg; /MUGV 2013/.....	115
Bild 5.13:	Verteilung des Kraftstoffverbrauchs und der NMVOC, CO, NO _x und PM2.5/10 Abgas-Emissionen auf die einzelnen Kategorien des Offroad-Verkehrs in Berlin 2012.....	121
Bild 5.14:	NO _x -Emissionen Offroad-Verkehr Berlin 2012.....	126
Bild 5.15:	PM10-Emissionen Offroad-Verkehr Berlin 2012.....	126

Bild 5.16:	NM VOC-Emissionen Offroad-Verkehr Berlin 2012	127
Bild 6.1:	NM VOC-Emissionen aus Lösemitteln und anderen Produktanwendungen nach Quellgruppen; Analyse auf Basis von /THELOKE 2008, BBB 2015 a, DESTATIS 2015 a, KBA 2015, DFS/	132
Bild 6.2:	NM VOC-Emissionen aus Druckereien, Berlin 2012	134
Bild 6.3:	NM VOC-Emissionen der holzverarbeitenden Betriebe und Beschichtungsbetriebe, Berlin 2012.....	134
Bild 6.4:	NM VOC-Emissionen der Entfettungsanlagen, Reinigungsbetriebe und der chem. Reinigungen, Berlin 2012.....	135
Bild 6.5:	Feinstaub-Emissionen aus sonstigen Anwendungen nach Herkunftsbereichen in Berlin 2012	136
Bild 6.6:	NM VOC-Emissionen aus Betankungsanlagen.....	138
Bild 6.7:	Methangas-Emissionen in Berlin aus Rohrleitungen und Untertagespeicherung von Erdgas	142
Bild 6.8:	CH ₄ -Emissionen aus der Erdgasverteilung nach Herkunftsbereichen in Berlin 2012; Analyse auf Basis von /UBA 2014 b, UBA 2014 c, NBB 2015, BES 2015/	143
Bild 6.9:	Metrische Mengen emittierter Kältemittel nach Herkunftsbereichen in Berlin 2012; Analyse auf Basis von /UBA 2014 b, BBB 2015 a, Destatis 2015 b/	144
Bild 7.1:	Übersicht Methodik zur Ermittlung der Abgasemissionen in der Bauwirtschaft in Berlin 2012	163
Bild 7.2:	NO _x -Emissionen durch Bautätigkeiten Berlin 2012.....	170
Bild 7.3:	PM ₁₀ -Emissionen durch Bautätigkeiten Berlin 2012.....	170
Bild 8.1	N ₂ O-Emissionen aus der Nutzung landwirtschaftlicher Flächen in Berlin 2012 .	180
Bild 8.2:	NO _x -Emissionen aus der Nutzung landwirtschaftlicher Flächen in Berlin 2012 .	180
Bild 8.3:	NH ₃ -Emissionen aus der Nutzung landwirtschaftlicher Flächen in Berlin 2012 .	181
Bild 8.4:	PM ₁₀ -Emissionen aus der Nutzung landwirtschaftlicher Flächen in Berlin 2012....	181
Bild 8.10:	CO _{2aq} -Emissionen aus Wäldern in Berlin 2012.....	184
Bild 9.1:	NO _x -Emissionen im 100 x 100 m ² -Raster (Quellengruppen: Industrie, Gebäudeheizung, sonstiger Verkehr (Schiene, Schiff, Flug, Offroad), sonstige Quellen, Baustellen und biogene Quellen), Berlin 2012.....	194
Bild 9.2:	PM ₁₀ -Emissionen im 100 x 100 m ² -Raster (Quellengruppen: Industrie, Gebäudeheizung, sonstiger Verkehr (Schiene, Schiff, Flug, Offroad), sonstige Quellen, Baustellen und biogene Quellen), Berlin 201.....	194
Bild 9.3:	NO _x -Emissionen im 1 x 1 km ² -Raster (Quellengruppen: Industrie, Gebäudeheizung, sonstiger Verkehr (Schiene, Schiff, Flug, Offroad), sonstige Quellen, Baustellen und biogene Quellen), Berlin 2012	195
Bild 9.4:	PM ₁₀ -Emissionen im 1 x 1 km ² -Raster (Quellengruppen: Industrie, Gebäudeheizung, sonstiger Verkehr (Schiene, Schiff, Flug, Offroad), sonstige Quellen, Baustellen und biogene Quellen), Berlin 2012	195

Bild 9.5: Gegenüberstellung der Emissionen Berlin 2012 zu den Emissionen 2009 aus dem LRP (in t/a) für die Schadstoffe NO_x, CO, PM10 und VOC, differenziert nach (teilweise aggregierten) Quellengruppen196

1 Einleitung

In Berlin werden Überschreitungen von Immissionsgrenzwerten verschiedener Luftschadstoffe gemessen. Dies hat schon vor Jahren zur Aufstellung eines Luftreinhalteplans geführt, der aktuell in der Fassung „Luftreinhalteplan 2011 bis 2017 für Berlin“ /Berlin 2013/ vorliegt. Im Luftreinhalteplan sind Maßnahmen in sieben verschiedenen Handlungsfeldern ausgewiesen, die das Ziel haben, die Luftqualität so zu verbessern, dass zukünftig Grenzwertüberschreitungen ausgeschlossen werden können. Es wurden bereits unterschiedlichste Maßnahmen umgesetzt, die zur dauerhaften Verminderung von Luftverunreinigungen geeignet sind. Aufgrund der aktuell vorhandenen Grenzwertüberschreitungen ist aber die Umsetzung weiterer Maßnahmen notwendig.

Eine zentrale bereits umgesetzte Maßnahme stellt z.B. die Einführung der Umweltzone in Berlin dar, die zu einer deutlichen Reduzierung der PM10-Emissionen aus dem Verkehrssektor (Straßenverkehr) geführt hat, der in früheren Jahren noch der wichtigste Verursacher für PM10-Grenzwertüberschreitungen war. Aufgrund der Emissionsminderungen im Verkehrssektor sind jetzt auch andere Emissionsquellen stärker in den Focus gerückt.

Zur weiteren Maßnahmenplanung ist es daher notwendig alle Quellengruppen differenziert zu betrachten. Dazu wird eine verlässliche aktuelle und detaillierte Datenbank aller relevanten Berliner Emissionsquellen - das Berliner Emissionskataster - aufgebaut.

Während für den Straßenverkehr für Berlin bereits ein aktuelles Emissionskataster vorliegt, umfasst das Emissionskataster 2012, das aktuell erstellt wurde und dessen Ergebnisse in vorliegenden Bericht erläutert werden, die folgenden Quellengruppen:

- Industrie
- Gebäudeheizung
- Sonstiger Verkehr
- Kleingewerbe
- Baustellen
- Biogene Quellen

2 Methodik zur Erstellung des Emissionskatasters

Für das Emissionskataster Berlin wurden die Luftschadstoff-Emissionen für die folgenden Quellengruppen ermittelt, wobei sich je nach Quellengruppe die Ermittlungsmethoden unterscheiden:

1. **Industrie:** Emissionen der genehmigungsbedürftigen Anlagen der Energieversorgung und in der Industrie (sowohl die mit Emissionserklärungspflicht als auch die ohne Emissionserklärungspflicht);
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 Quellengruppe „Industrie“ fallen und Emissionen von Grundstücken mit Stofflagerungen oder -ablagerungen;
5. **Baustellen:** Abgas-Emissionen der mobilen Maschinen, Aufwirbelungs- und Abriebs-Emissionen der mobilen Maschinen, weitere Emissionen durch unterschiedliche 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), Emissionen aus biogenen Quellen und Senken.

Getrennt nach den einzelnen Quellengruppen wurden die Jahresemissionen der relevanten Stoffe bzw. Stoffgruppen für das Jahr 2012 ermittelt und räumlich differenziert ausgewiesen, wobei die Emissionen je nach Quellengruppe über Punktquellen, Linienquellen oder Flächenquellen dargestellt werden. Die Gitterweite der gerasterten diffusen Emissionen beträgt dabei maximal 100 x 100 m².

Die Daten des Emissionskatasters sind in einer ACCESS-Datenbank abgelegt. Diese enthält alle relevanten Datentabellen und die Möglichkeit, Abfragen, Auswertungen und für einige Quellengruppen auch Emissionsberechnungen durchzuführen.

2.1 Luftschadstoffe und Treibhausgase

Im Emissionskataster werden die Emissionen für die in Tab. 2.1 angegebenen Stoffe bzw. Stoffgruppen ausgewiesen. Je nach Quellengruppe können unterschiedliche Schadstoffe von besonderer Relevanz sein, in Tab. 2.1 ist daher zusätzlich mit aufgeführt, für welche Schadstoffe Emissionen ermittelt wurden.

Tab. 2.1: Luftschadstoffe und Treibhausgase, die betrachtet werden, differenziert nach Quellengruppen

Symbol	Bezeichnung	Industrie	Gebäudeheizung	sonstiger Verkehr	Kleingewerbe	Baustellen	sonstige Quellen
BaP	Benzo[a]pyren	•	•	•			
NH ₃	Ammoniak	•					•
PM10	Feinstaub D<10µm	•	•	•	•	•	•
PM2,5	Feinstaub D<2,5µm	•	•	•	•	•	•
EC	elementarer Kohlenstoff	•	•	•			
SO ₂	Schwefeldioxid	•	•	•	•	•	
C ₆ H ₆	Benzol	•	•	•		•	
PCDD/F	Dioxine und Furane	•	•	•	•	•	
Schwermetalle	Blei, Arsen, Cadmium, etc.	•	•	•		•	
NMOC	flüchtige organische Verbindungen ohne Methan	•	•	•	•	•	•
NO _x (NO ₂ , NO)	Stickoxide	•	•	•	•	•	•
CO	Kohlenmonoxid	•	•	•	•	•	•
CH ₄	Methan	•	•	•	•	•	•
CO ₂	Kohlendioxid	•	•	•	•	•	•
N ₂ O	Lachgas	•	•				•

Grenzwertüberschreitungen werden aktuell vor allem für die Luftschadstoffe **PM10** und **NO₂** gemessen. Die Grenzwerte für diese und weitere Luftschadstoffe sind in der EU-Richtlinie 2008/50/EG geregelt, die mit der 39. BImSchV in deutsches Recht umgesetzt wurde und seit 06.08.2010 in Kraft ist. In der 39. BImSchV sind für die Luftschadstoffe SO₂, NO₂, PM10, PM2,5, Blei, Benzol und CO Grenzwerte enthalten. Für bodennahe Ozon, Arsen, Cadmium, Nickel und Benz[a]pyren werden Zielwerte angegeben.

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 CO₂, CH₄, N₂O, HFKW, FKW und SF₆. Die Treibhausgase werden dabei in direkte Treibhausgase (CO₂, CH₄, N₂O, wasserstoffhaltige und perfluorierte FKW) und indirekte Treibhausgase (C_mH_n, CO, NO_x) unterschieden. Im Rahmen der internationa-

len Berichterstattung werden unter den ausgewiesenen CO₂-Äquivalent-Emissionen nur die direkten Treibhausgase berücksichtigt.

Kohlenstoffdioxid (CO₂) entsteht hauptsächlich bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe, wie Erdöl, Erdgas und Kohle, in den Sektoren Energieumwandlung, Industrie, Verkehr sowie kleine Feuerungsanlagen.

Methan (CH₄) 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 21mal (GWP 21) so treibhauswirksam wie Kohlenstoffdioxid. Neben seiner Wirkung als Treibhausgas stellt es auch eine Ozonvorläufersubstanz dar.

Distickstoffmonoxid (N₂O), auch als Lachgas bekannt, wird beim Abbau von stickstoffhaltigem Dünger sowie bei der Güllelagerung frei. Lachgas ist 310mal (GWP 310) 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 (O₃) entsteht vornehmlich aus Luftsauerstoff (O₂), Stickoxiden (NO_x) und flüchtigen Kohlenwasserstoffen (NMVOC) unter Einwirkung der Solarstrahlung. Neben der Konzentration der Ozonvorläufersubstanzen (NMVOC, CO, CH₄, 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 Treibhausgase). **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 (SO_2), Stickstoffoxide (NO_x), und Ammoniak (NH_3) verantwortlich.

Schwefeldioxid (SO_2) 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 (NO_2) 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 (N_2). Neben dem thermischen NO_x werden Stickstoffoxide auch als Brennstoff- NO_x (durch den im Brennstoff gebundenen N_2) und „promptes“ NO_x (durch die Reaktion der Brennstoffradikale mit N_2) frei. Größte Verursacher von NO_x -Emissionen sind der Verkehr und Kraftwerke. Insbesondere Stickstoffdioxid (NO_2) kann die menschliche Lungenfunktion beeinträchtigen. Neben den säurebildenden, toxischen, smogbildenden und eutrophierend wirkenden Eigenschaften gilt NO_x auch als indirektes Treibhausgas und Ozonvorläufersubstanz.

Ammoniak (NH_3) 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 **PM2,5** 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 $10 \mu\text{m}$ ist, **Feinstaub PM2,5** sind Staubteilchen, deren aerodynamischer Durchmesser kleiner als $2,5 \mu\text{m}$ ist.

PM2,5-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,

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 Heizungsanlagen 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 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. 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

Die Emissionen der einzelnen Quellengruppen wurden auf der Grundlage unterschiedlicher Erhebungsmethoden ermittelt. Allgemein formuliert erfolgt die Emissionsberechnung nach folgendem Ansatz:

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

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

Soweit möglich wurden die Emissionen nach dem „Bottom-up“-Ansatz ermittelt, d.h. es werden kleinräumig differenziert vorliegende Aktivitätsdaten und geeignete Emissionsfaktoren verwendet. Ansonsten wurde bei entsprechend mangelhafter Datenlage und/oder geringer Bedeutung des Emissionssektors begründet ein „Top-down“-Ansatz verwendet, bei dem summarische Eckwerte mittels sekundär-statistischer Daten räumlich verteilt werden.

2.3 Bewertung von Unsicherheiten

Emissionsfaktoren werden ebenso wie die Aktivitätsraten in der Regel ohne Angabe einer Bandbreite bzw. Unsicherheit in Publikationen oder Statistiken angegeben. Die Einschätzung der Unsicherheit der ermittelten Emissionen erfolgte daher in Anlehnung an die Gütestufe der Emissionsfaktoren nach EMEP/EEA /EEA 2013/ (vgl. Tab. 2.2) und wird pro Quellengruppe in den jeweiligen Teilkapiteln angegeben. Es werden dabei Unsicherheiten der Aktivitätsraten, der Emissionsfaktoren und der daraus ermittelten Emissionen pro Quellengruppen bewertet.

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

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 Quellengruppe – Industrie und Gewerbe

Der Bereich Industrie und Gewerbe stellt eine wesentliche Emissionsquelle dar. Gemäß der 11. BImSchV bzw. der 13. BImSchV sind die Betreiber bestimmter genehmigungspflichtigen Anlagen dazu verpflichtet Emissionserklärungen abzugeben. Die Daten werden zentral erfasst (BUBE-System). Die Emissionen der erklärungsspflichtigen Anlagen in Berlin werden in Kap.3.1 beschrieben.

Weitere Emissionen im Bereich Industrie/Gewerbe können von genehmigungsbedürftigen Anlagen freigesetzt werden, die keiner Emissionserklärungspflicht unterliegen. Deren Beiträge zu den Emissionen Berlin werden in Kap.3.2 diskutiert.

Emissionen aus nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen werden in Kap.6 (sonstige Quellen) behandelt.

Die Emissionen der hier betrachteten Quellengruppe Industrie und Gewerbe werden je nach Branche unterschiedlichen NFR-Sektoren zugeordnet (1A1, 1A2, 2A-G, 1B, 6A-D und 4A).

3.1 Erklärungspflichtige Anlagen nach 11. BImSchV

3.1.1 Datenbasis

Gegenstand des folgenden Kapitels ist die Darstellung der Datenbasis sowie Struktur der erklärungsspflichtigen industriellen bzw. gewerblichen Anlagen. Die Daten wurden aus den Emissionserklärungen der Anlagenbetreiber gemäß 11. BImSchV, 13. BImSchV sowie Schadstofffreisetzungs- und -verbringungsregister (E-PRTR) entnommen.

Emissionserklärungen 11. BImSchV

Auf Grundlage des § 27 Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) in Verbindung mit der Emissionserklärungsverordnung (11. BImSchV) sind Betreiber bestimmter genehmigungsbedürftiger Anlagen¹ gesetzlich verpflichtet, alle 4 Jahre eine Emissionserklärung abzugeben. Dies betrifft jedoch nur Anlagen, die eine bestimmte Mengenschwelle überschreiten². Darüber hinaus können Betreiber auf Antrag von der Pflicht zur Abgabe einer Emissionserklärung befreit werden, wenn von der Anlage nur in geringem Umfang Luftverunreinigungen ausgehen (§ 6 der 11. BImSchV).

Entsprechend der Verordnung werden Daten zu Freisetzungen in die Medien Luft, Wasser und Boden erfasst. Nachfolgend erfolgt ausschließlich die Betrachtung von Luftschadstoff-Emissionen.

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 BImSchV

Der Anhang der 4. BImSchV teilt die genehmigungsbedürftigen Anlagen in zehn Hauptgruppen ein (siehe Tab. 3.1). Anhand dieser Klassifikation sowie der Zugehörigkeit der Anlagen zu den Stadtbezirken des Landes Berlin werden die Luftschadstoff-Emissionen der erklärungspflichtigen Anlagen in Berlin (karto)grafisch bzw. tabellarisch dargestellt.

Tab. 3.1: Hauptgruppen gemäß Anhang 4. BImSchV; /4. BImSchV/

Nr.	Hauptaktivitäten des Anhangs der 4. BImSchV	Kurzbezeichnung
01	Wärmeerzeugung, Bergbau und Energie	Energie
02	Steine und Erden, Glas, Keramik, Baustoffe	Mineral
03	Stahl, Eisen und sonstige Metalle einschließlich Verarbeitung	Metall
04	Chemische Erzeugnisse, Arzneimittel, Mineralölraffination und Weiterverarbeitung	Chemie
05	Oberflächenbehandlung mit organischen Stoffen, Herstellung von bahnenförmigen Materialien aus Kunststoffen, sonstige Verarbeitung von Harzen und Kunststoffen	Oberflächenbehandlung
06	Holz, Zellstoff	Holz, Zellstoff
07	Nahrungs-, Genuss- und Futtermittel, landwirtschaftliche Erzeugnisse	Nahrung
08	Verwertung und Beseitigung von Abfällen und sonstigen Stoffen	Abfälle
09	Lagerung, Be- und Entladen von Stoffen und Gemischen	Lagerung
10	Sonstige Anlagen	Sonstige

Emissionserklärungen 13. BImSchV

Für Großfeuerungsanlagen (GFA) besteht gemäß 13. BImSchV, neben der Pflicht zur Abgabe einer Emissionserklärung gemäß 11. BImSchV, die Pflicht zur Abgabe einer jährlichen Emissionserklärung. Diese umfasst Angaben zu den Luftschadstoffen SO_x, NO_x und Staub sowie zum Brennstoffeinsatz.

E-PRTR-Register

Gemäß EG-Verordnung Nr. 166/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18.01.2006 sind alle Mitgliedsstaaten der Europäischen Union verpflichtet, ein Schadstofffreisetzungs- und -verbringungsregister (E-PRTR) aufzubauen. In der E-PRTR-Verordnung³ sind die Betriebseinrichtungen, Schadstoffe und Schwellenwerte sowie Abfälle definiert, deren Emissionen im jährlichen Turnus gemeldet werden müssen.

³ Betriebseinrichtungen mit Tätigkeiten entsprechend Anhang I sowie Stoffe und Schwellenwerte gemäß Anhang II

Erklärungspflichtige Anlagen nach 11.BImSchV in Berlin

Die Luftschadstoff-Emissionen der Quellengruppe Industrie umfassen alle in der 4. BImSchV aufgeführten genehmigungsbedürftigen Anlagen im Land Berlin. Eine Erklärungspflicht nach 11. BImSchV bestand im Jahr 2012 in Berlin für 160 Arbeitsstätten (siehe Tab. 3.2). In den Arbeitsstätten wurden insgesamt 270 Anlagen betrieben. 22 dieser Anlagen waren im Jahr 2012 nicht erklärungs-pflichtig und 14 weitere erhielten eine Befreiung von der Erklärungs-pflicht nach § 6 der 11. BImSchV sowie aus sonstigen Gründen. Von den verbleibenden 234 Anlagen (siehe Tab. 3.2) im Erhebungsjahr 2012 gehören etwa 74 % der erklärungs-pflichtigen Anlagen den Haupttätigkeiten 01 (Wärmeerzeugung, Bergbau und Energie), 03 (Stahl, Eisen und sonstige Metalle einschließlich Verarbeitung) sowie 09 (Lagerung, Be- und Entladen von Stoffen und Gemischen) an (siehe Bild 3.1).

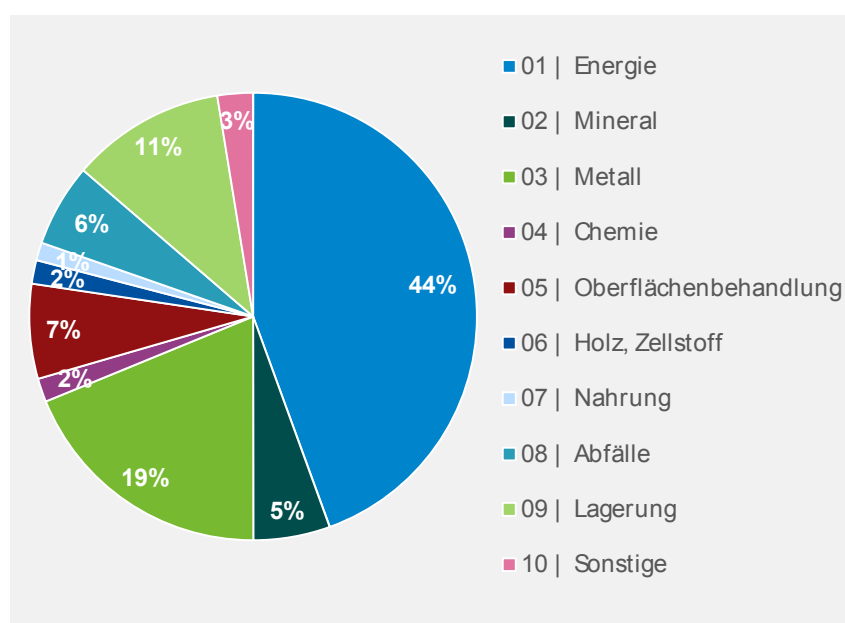


Bild 3.1: Anteile der emissionserklärungspflichtigen Anlagen an den Haupttätigkeiten nach 11. BImSchV im Jahr 2012 /SVSU 2014/

Rund 55 % der emissionserklärungspflichtigen Anlagen befinden sich in vier Stadtbezirken (Mitte, Spandau, Neukölln, Reinickendorf) des Landes Berlin. Die emissionserklärungspflichtigen Anlagen der Branche 02 (Steine und Erden, Glas, Keramik, Baustoffe) konzentrieren sich im Stadtbezirk Spandau, die der Branche 03 (Stahl, Eisen und sonstige Metalle einschließlich Verarbeitung) in den Stadtbezirken Mitte, Reinickendorf sowie Tempelhof-Schöneberg und die der Branche 09 (Lagerung, Be- und Entladen von Stoffen und Gemischen) in den Stadtbezirken Mitte, Spandau und Neukölln (siehe Tab. 3.3 und Bild 3.2).

Tab. 3.2: 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. 3.3: 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

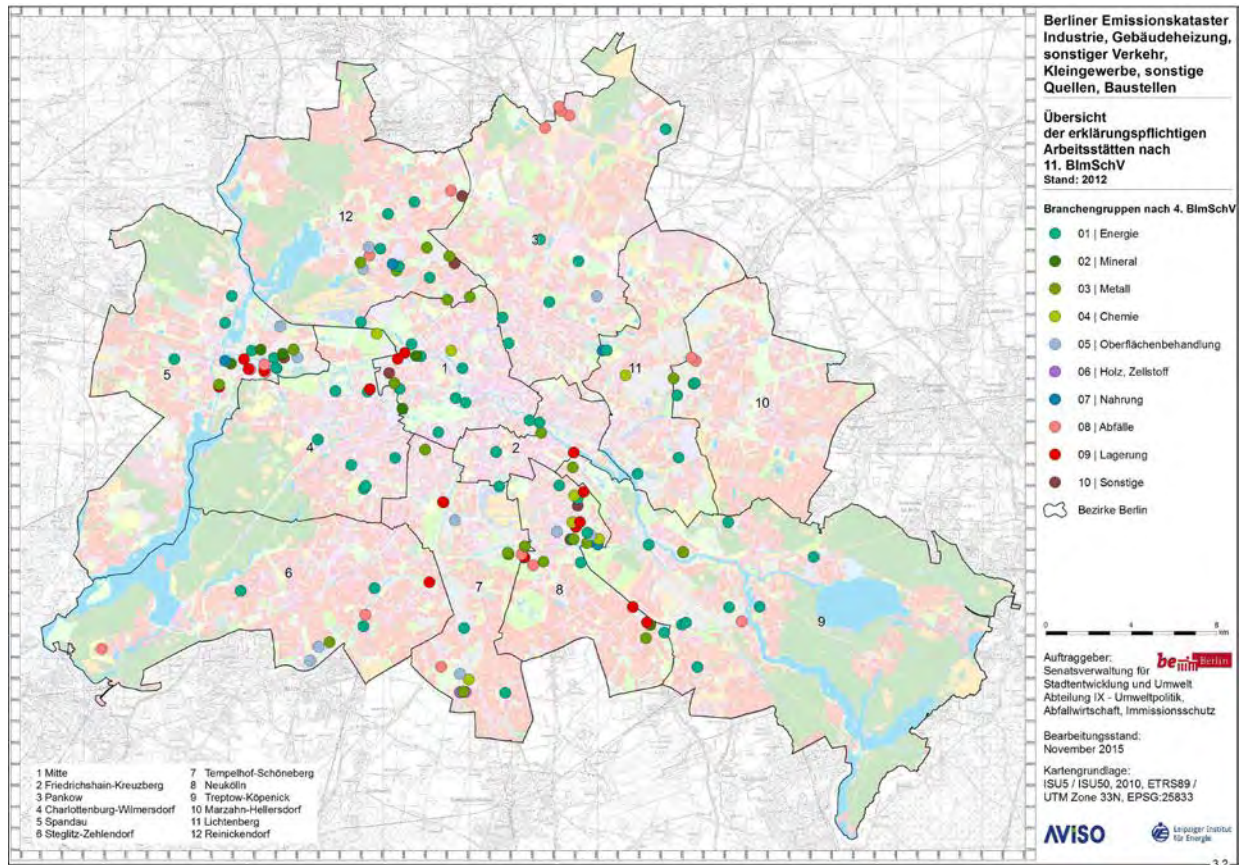


Bild 3.2: Geographische Lage emissionserklärungspflichtiger Arbeitsstätten nach 11. BImSchV in Berlin 2012 /SVSU2014/

Erklärungspflichtige PRTR-Arbeitsstätten in Berlin

Neben der Erklärungspflicht der Luftschadstoff-Emissionen nach 11. BImSchV (vierjähriger Turnus), besteht für bestimmte Anlagen eine zusätzliche jährliche Berichtspflicht an das europäische PRTR-Register. Dies betrifft jedoch nur Anlagen bzw. deren Schadstoffe, die die gesetzlich festgelegten Schwellenwerte der europäischen Kommission überschreiten.

Eine PRTR-Erklärungs- bzw. Berichtspflicht bestand im Jahr 2012 für insgesamt 63 Betriebseinrichtungen mit einer Schadstoffabgabe in die Luft, den Boden, das Wasser sowie in das Abwasser (siehe Bild 3.3).

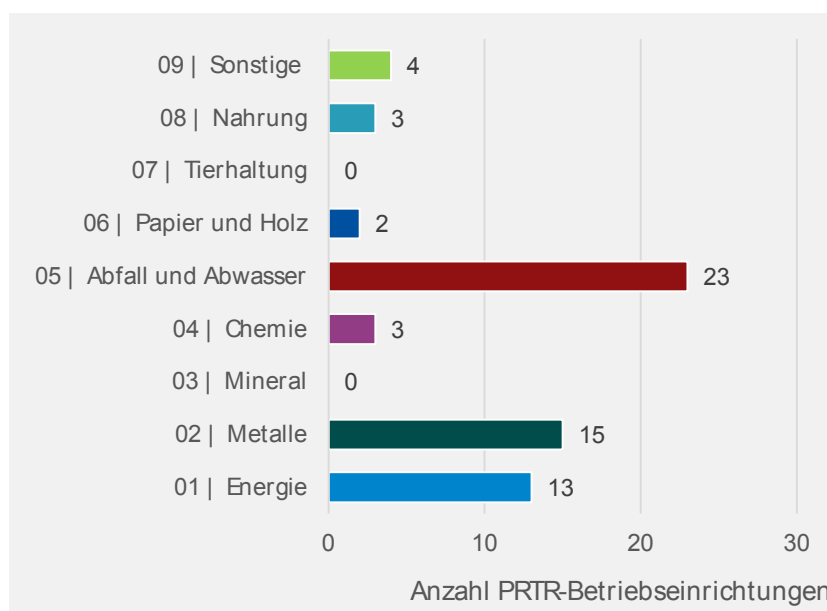


Bild 3.3: Anzahl der berichtspflichtigen PRTR-Betriebseinrichtungen nach Tätigkeiten Anhang I im Jahr 2012 /PRTR 2014/

Von diesen PRTR-berichtspflichtigen Betriebseinrichtungen wurden von nur 12 Betriebseinrichtungen Schadstoffe in die Luft emittiert (siehe Bild 3.4) und sind damit für das vorliegende Emissionskataster relevant. PRTR-Betriebseinrichtungen mit Luftschadstoff-Emissionen gehörten im Erhebungsjahr 2012 zu 75 % der vertretenen Betriebseinrichtungen der Tätigkeit 01 (Energie) an (siehe Bild 3.4).

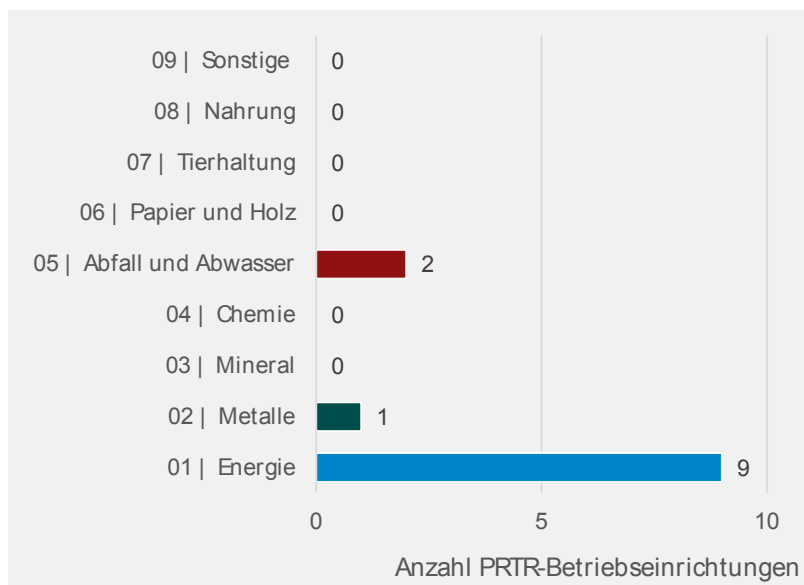


Bild 3.4: Anzahl der berichtspflichtigen PRTR-Betriebseinrichtungen mit Luft-Emissionen nach Tätigkeiten Anhang I im Jahr 2012 /PRTR 2014/

Betriebsweise der Anlagen in Berlin

Die emissionserklärungspflichtigen Anlagen nach 11. BImSchV des Landes Berlin wurden im Jahr 2012 durchschnittlich in 3.326 Stunden betrieben – die niedrigste durchschnittliche Anlagenbetriebsdauer wies die Branche 02 (Mineral) und die höchste die Branche 07 (Nahrung) auf (siehe Bild 3.5).

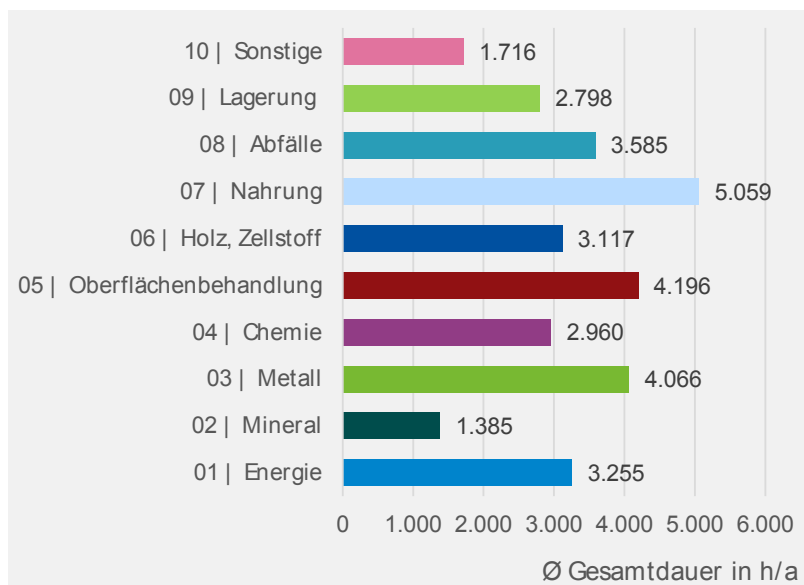


Bild 3.5: Durchschnittliche jährliche Gesamtdauer des Anlagenbetriebs emissionserklärungspflichtiger Anlagen nach Haupttätigkeiten der 11. BImSchV im Jahr 2012 /SVSU 2014/

Methoden der Emissionsermittlung

Für Anlagenbetreiber ist die Methodik zur Ermittlung der Luftschadstoff-Emissionen im § 5 der 11. BImSchV festgelegt. Die Bestimmung der Luftschadstoff-Emissionen kann auf Basis dreier gleichrangiger Methoden – Berechnung⁴, Messung oder Schätzung⁵ – erfolgen.

In Berlin wurden die Luftschadstoff-Emissionen der Stoffströme für 70,6 % aller emissionserklärungs-pflichtigen Anlagen und für 44,7 % aller PRTR-Anlagen für das Berichtsjahr 2012 durch Berechnungen ermittelt (siehe Bild 3.6). 25 % der Stoffströme erklärungs-pflichtiger Anlagen sowie 55,3 % der Stoffströme von PRTR-Anlagen bestimmten die Luftschadstoff-Emissionen aus Emissionsmessungen. Der Anteil der geschätzten Stoffströme liegt für alle erklärungs-pflichtigen Anlagen bei 4,4 %, PRTR-Anlagen haben hingegen keine Luftschadstoff-Emissionen auf Basis von Schätzungen ermittelt. Die Anteile der Ermittlungsmethoden unterscheiden sich bei den verschiedenen Luftschadstoff-Emissionen. Bei Ammoniak (NH₃) und Stickstoffoxiden (NO_x) ist der Anteil der gemessenen Stoffströme mit 62 % (NH₃) bzw. 59 % (NO_x) am höchsten. Die Luftschadstoff-Emissionen von Lachgas (N₂O) sowie Methan (CH₄) werden hingegen vollständig und die von Kohlenstoffdioxid (CO₂) nahezu vollständig berechnet.

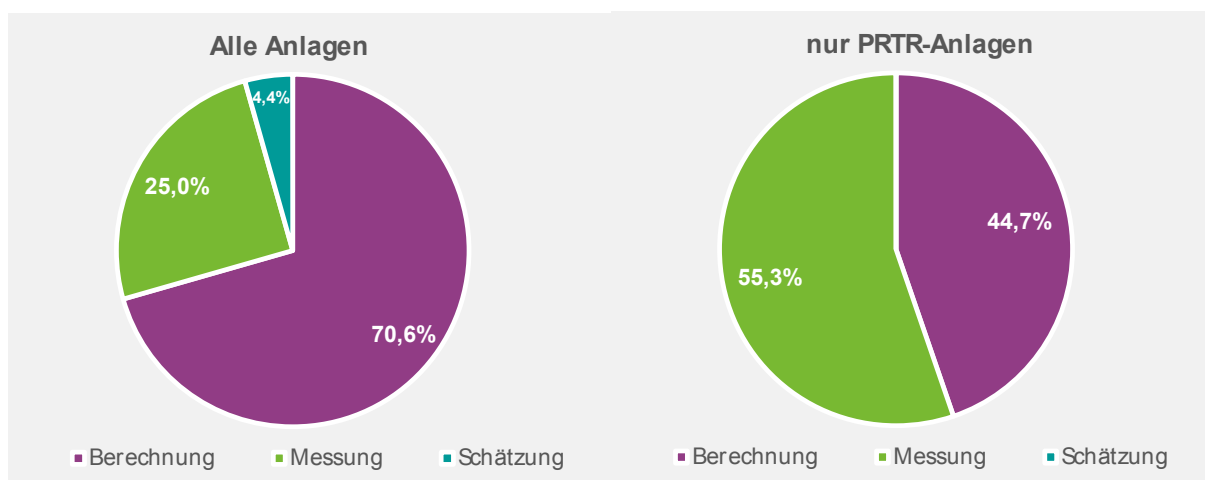


Bild 3.6: Ermittlungsarten der Luftschadstoff-Emissionen erklärungs-pflichtiger und PRTR-Anlagen 2012 /SVSU 2014/, /PRTR 2014/

3.1.2 Emissionen erklärungs-pflichtiger Anlagen

Die für Berlin zur Verfügung stehende Datenbasis zu den Emissionen von erklärungs-pflichtigen Anlagen für das Jahr 2012 (vgl. Kap.3.1.1) wurde aus der BUBE-Datenbank übernommen /SVSU 2014/, aufbereitet und pro Schadstoff detailliert ausgewertet. Die Ergebnisse werden im Folgenden erläutert.

⁴ Zur Berechnung der Luftschadstoff-Emissionen stehen den Betreibern teilweise anlagenspezifische Emissionsfaktoren sowie schadstoffbezogene Emissionsfaktoren für verschiedene Einsatzstoffe und Prozesse zur Verfügung.

⁵ Schätzungen basieren größtenteils auf Angaben gleichartiger Anlagen.

Treibhausgas-Emissionen

Es werden die direkten Treibhausgas-Emissionen (CO_2 , CH_4 , N_2O) sowie daraus resultierende $\text{CO}_{2\text{äq}}$ -Emissionen der erklärungspflichtigen Anlagen gemäß 11. BImSchV dargestellt. Treibhausgase gehören nicht zu den klassischen Luftschadstoffen, sondern sind vor dem Hintergrund des anthropogenen Klimawandels von Bedeutung.

Von den erklärungspflichtigen Anlagen wurden im Jahr 2012 ca. 7,88 Mio. t Kohlenstoffdioxid (CO_2) emittiert. Mehr als drei Viertel der CO_2 -Emissionen wurden in den Stadtbezirken Spandau, Lichtenberg und Mitte emittiert (siehe Bild 3.8 und Tab. 3.4). Etwa 93 % der CO_2 -Emissionen wurden im Jahr 2012 von der Branche „Wärmeerzeugung, Bergbau und Energie“ (Nr. 1 der 4. BImSchV) verursacht (siehe Tab. 3.4).

Die Emissionen von Methan (CH_4) betragen im Berichtsjahr 2012 ca. 300 t (siehe Tab. 3.4), die fast ausschließlich von der Branche „Wärmeerzeugung, Bergbau und Energie“ freigesetzt wurden. Fast zwei Drittel der CH_4 -Emissionen wurde im Jahr 2012 in den Stadtbezirken Treptow-Köpenick, Mitte und Spandau emittiert (siehe Tab. 3.4 und Bild 3.9).

Im Jahr 2012 wurden von den erklärungspflichtigen Anlagen ca. 262 t Distickstoffmonoxid (N_2O) ausgestoßen. Ebenso wie bei den CO_2 - und CH_4 -Emissionen wurde Lachgas (N_2O) hauptsächlich von der Branche „Wärmeerzeugung, Bergbau und Energie“ emittiert. Der Großteil der N_2O -Emissionen konzentrierten sich im Stadtbezirk Mitte (siehe Tab. 3.4 und Bild 3.10).

Kohlenstoffdioxid (CO_2) ist das bedeutendste Treibhausgas der erklärungspflichtigen Anlagen im Land Berlin. Unter Berücksichtigung der GWP-Potenziale von Methan und Distickstoffmonoxid haben die CO_2 -Emissionen einen Anteil von ca. 98,9 % an den $\text{CO}_{2\text{äq}}$ -Emissionen (7,96 Mio. t). Die Anteile von Methan (CH_4) und Distickstoffmonoxid (N_2O) an den $\text{CO}_{2\text{äq}}$ -Emissionen der erklärungspflichtigen Anlagen waren hingegen im Jahr 2012 sehr gering (siehe Tab. 3.4 und Bild 3.7).

Die $\text{CO}_{2\text{äq}}$ -Emittenten der erklärungspflichtigen Anlagen gemäß 11. BImSchV sind relativ ungleichmäßig im Land Berlin verteilt, lokal konzentrieren sich die größeren Emittenten in den Stadtbezirken Spandau, Mitte und Lichtenberg (siehe Bild 3.7).

Tab. 3.4: Treibhausgas-Emissionen erklärungspflichtiger Anlagen nach Stadtbezirken und Branchen 2012 (11. BImSchV) /SVSU 2014/

		Treibhausgase		
Nr.	Stadtbezirke	Kohlenstoffdioxid in kg/a	Methan in kg/a	Distickstoffmonoxid in kg/a
Stadtbezirke	01 Mitte	1.453.241.180	35.242	190.601
	02 Friedrichshain-Kreuzberg	38.894	32	8
	03 Pankow	49.405.782	8.014	888
	04 Charlottenburg-Wilmersdorf	208.712.722	4.249	3.916
	05 Spandau	3.552.664.755	30.304	16.729
	06 Steglitz-Zehlendorf	590.049.860	11.426	10.733
	07 Tempelhof-Schöneberg	28.828.035	10.606	557
	08 Neukölln	125.814.972	24.365	6.091
	09 Treptow -Köpenick	151.527.069	121.361	11.529
	10 Marzahn-Hellersdorf	2.546	0	0
	11 Lichtenberg	1.591.342.151	4.342	18.794
	12 Reinickendorf	124.102.686	49.866	2.601
	Berlin	7.875.730.652	299.806	262.448

		Treibhausgase		
Nr.	Branche	Kohlenstoffdioxid in kg/a	Methan in kg/a	Distickstoffmonoxid in kg/a
Branchen 4. BImSchV	01 Energie	7.354.207.640	296.989	261.169
	02 Mineral	6.165.555	1	1
	03 Metall	11.330.001	104	42
	04 Chemie	40.016.216	933	688
	05 Oberflächenbehandlung	13.582.479	351	236
	06 Holz, Zellstoff	6.622.678	1.262	190
	07 Nahrung	23.177.554	165	122
	08 Abfälle	380.434.551	0	0
	09 Lagerung			
	10 Sonstige	40.193.978		
	Berlin	7.875.730.652	299.806	262.448

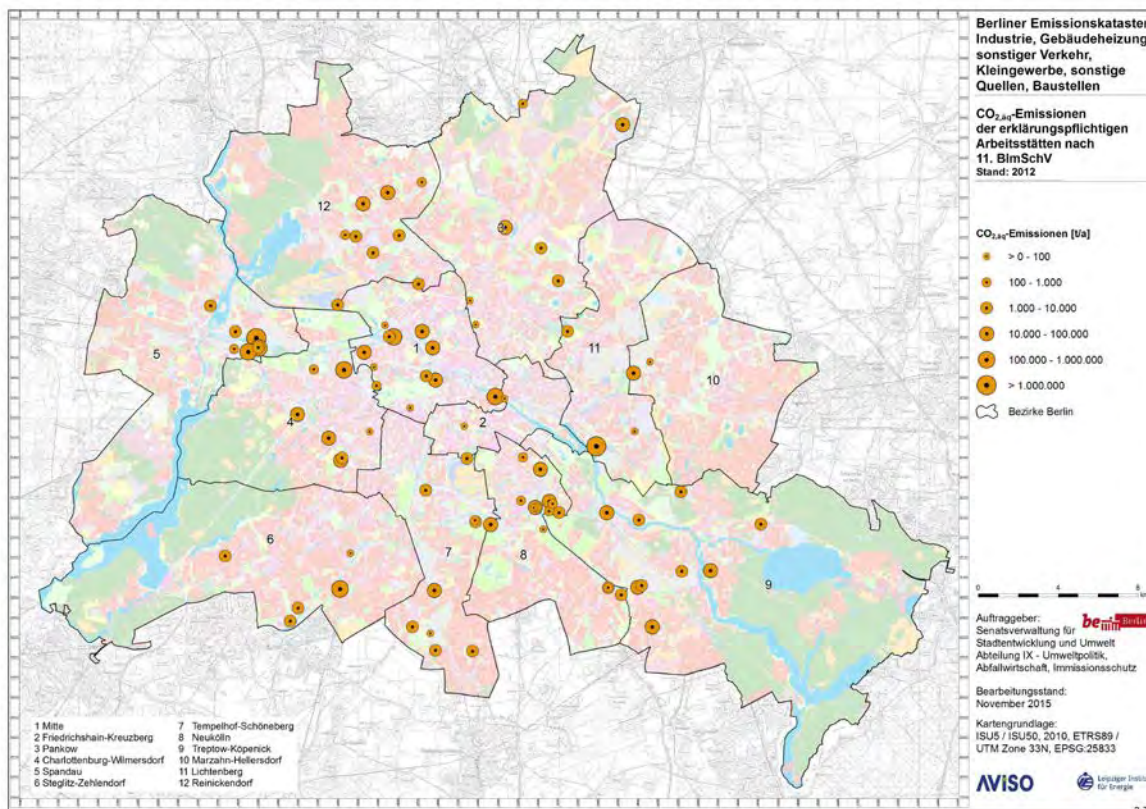


Bild 3.7: CO_{2aq}-Emissionen erklärungsspflichtiger Anlagen in Berlin 2012 (11. BImSchV)

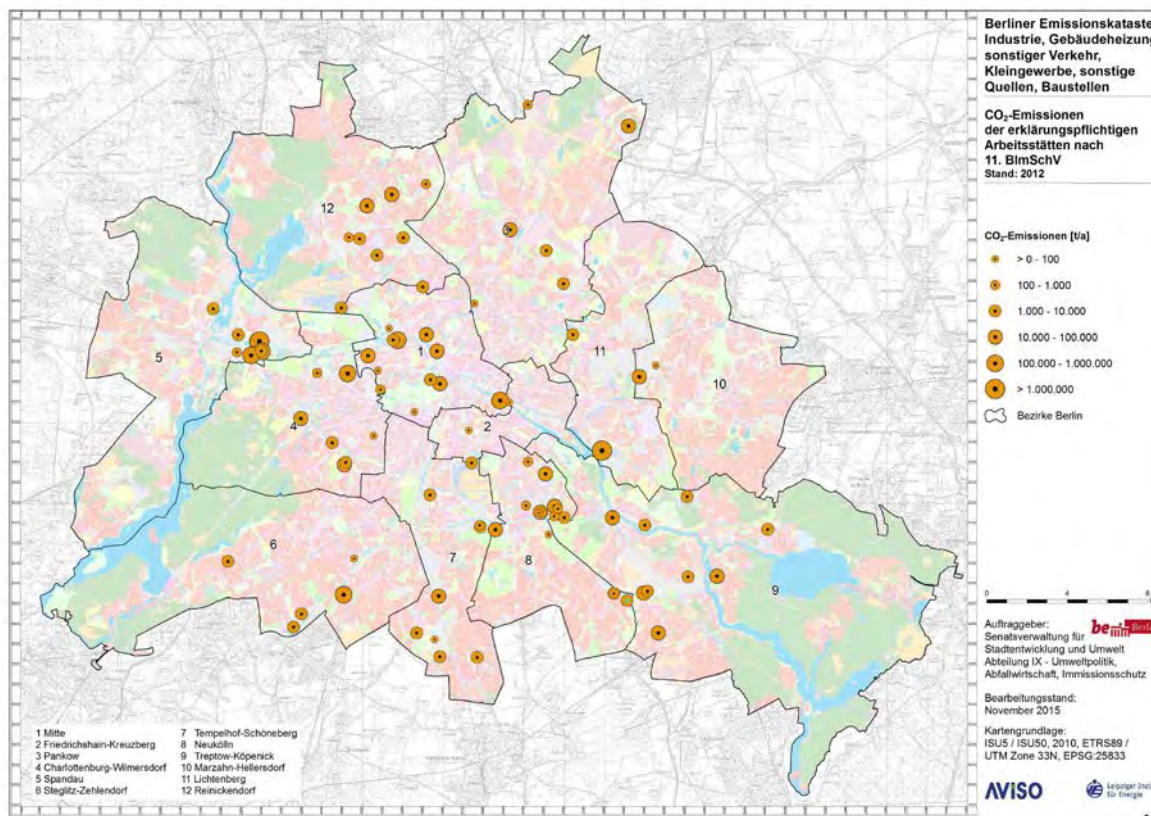


Bild 3.8: CO₂-Emissionen erklärungsspflichtiger Anlagen in Berlin 2012 (11. BImSchV)

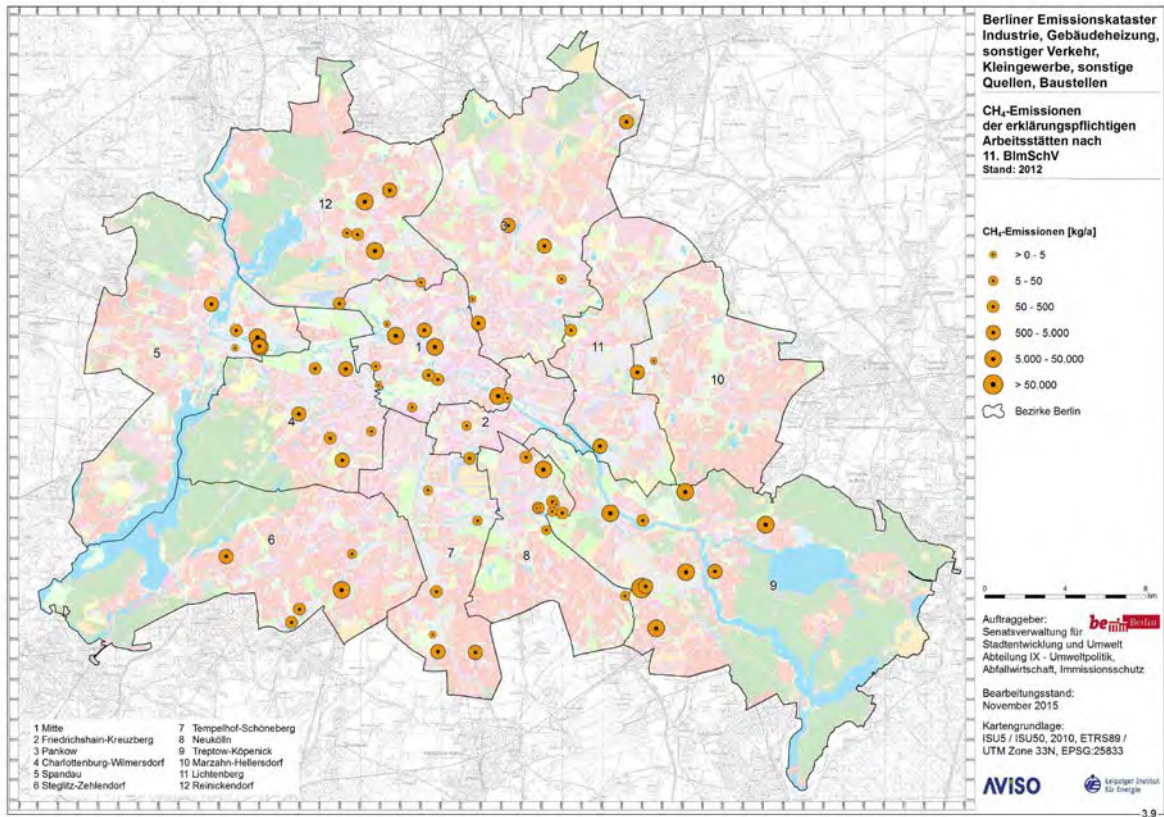


Bild 3.9: CH₄-Emissionen erklärungspflichtiger Anlagen in Berlin 2012 (11. BImSchV)

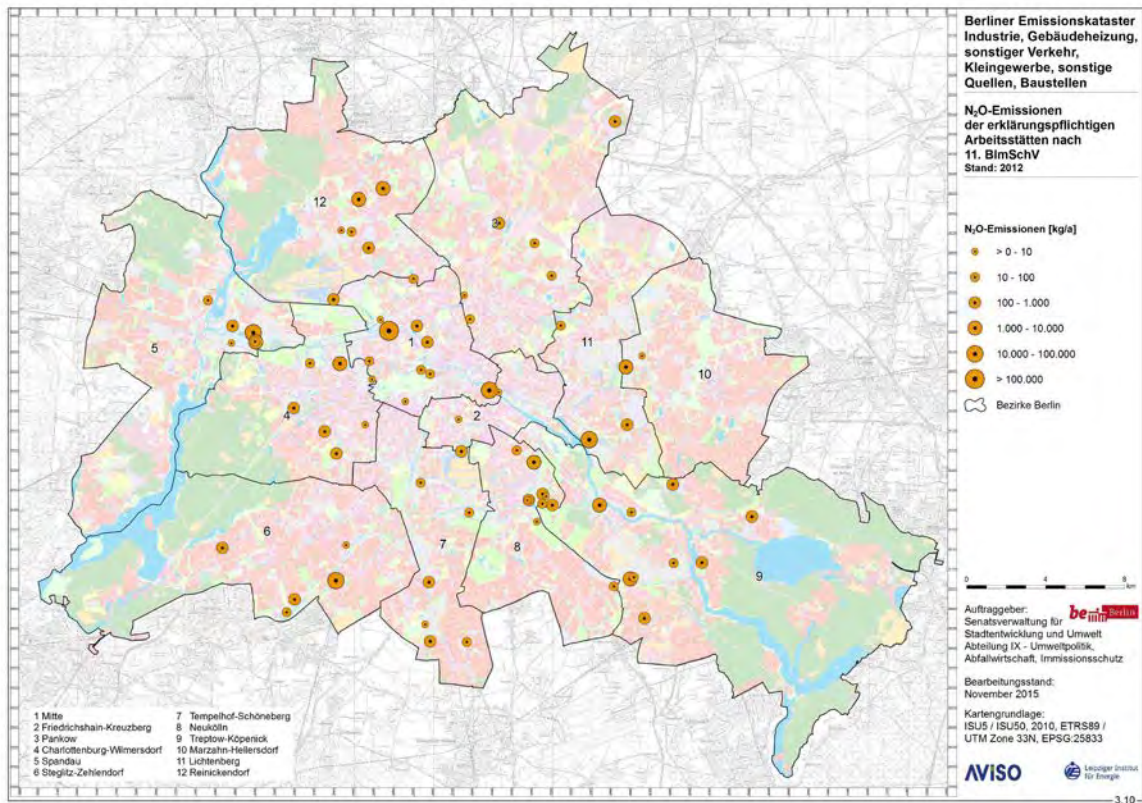


Bild 3.10: N₂O-Emissionen erklärungspflichtiger Anlagen in Berlin 2012 (11. BImSchV)

Emission von Ozonvorläufersubstanzen

Die Bildung von Ozon (O_3) entsteht vornehmlich aus Luftsauerstoff, flüchtigen Kohlenwasserstoffen (NMVOC) und Kohlenmonoxid (CO) in Verbindung bzw. unter Einwirkung der Solarstrahlung. Die auch zu den Ozonvorläufersubstanzen gehörenden Stickoxide (NO_x) und Methan (CH_4) sind unter den Luftschadstoff-Emissionen der versauernden und eutrophierenden Stoffe bzw. unter Treibhausgasen dargestellt.

Von den erklärungsspflichtigen Anlagen nach 11. BImSchV wurden im Jahr 2012 ca. 263 t flüchtige Kohlenwasserstoffe ohne Methan (NMVOC) emittiert.

Räumlich konzentrieren sich ca. drei Viertel der NMVOC-Emissionen in den Stadtbezirken Mitte, Spandau, und Neukölln (siehe Tab. 3.5 und Bild 3.11).

Etwa 89 % der NMVOC-Emissionen werden von den Branchen „Wärmeerzeugung, Bergbau und Energie“, „Sonstige Anlagen“ und „Lagerung, Be- und Entladen von Stoffen und Gemischen“ (Nr. 1, 9 und 10 der 4. BImSchV) verursacht (siehe Tab. 3.5).

Etwa drei Viertel der NMVOC-Emissionen erklärungspflichtiger Anlagen nach 11. BImSchV werden von 4 Emittenten bzw. Arbeitsstätten verursacht (siehe Bild 3.11).

Im Berichtsjahr 2012 wurden im Land Berlin von den erklärungspflichtigen Anlagen ca. 1.726 t Kohlenmonoxid (CO) emittiert (siehe Tab. 3.5). Mehr als drei Viertel davon wurden in den Stadtbezirken Lichtenberg, Mitte und Spandau emittiert.

Der wichtigste Herkunftsbereich der CO-Emissionen (85 %) war im Jahr 2012 die Branche „Wärmeerzeugung, Bergbau und Energie“ (siehe Tab. 3.5).

Die CO-Emittenten sind relativ ungleichmäßig im Land Berlin verteilt. Ca. zwei Drittel der gesamten CO-Emissionen erklärungspflichtiger Anlagen konzentrierten sich auf nur vier Emittenten bzw. Arbeitsstätten (siehe Bild 3.12).

Tab. 3.5: Emissionen von Ozonvorläufersubstanzen erklärungspflichtiger Anlagen nach Kreisen und Branchen 2012 (11. BImSchV) /SVSU 2014/

		Ozonvorläufersubstanzen			
	Nr.	Stadtbezirke		NM VOC in kg/a	Kohlenmonoxid in kg/a
Stadtbezirke	01	Mitte		82.639	441.533
	02	Friedrichshain-Kreuzberg		50	104
	03	Pankow		742	6.790
	04	Charlottenburg-Wilmersdorf		3.142	14.564
	05	Spandau		68.106	376.773
	06	Steglitz-Zehlendorf		9.063	14.431
	07	Tempelhof-Schöneberg		2.596	15.598
	08	Neukölln		79.071	104.001
	09	Treptow -Köpenick		11.842	181.401
	10	Marzahn-Hellersdorf		0	3
	11	Lichtenberg		3.466	537.847
	12	Reinickendorf		2.193	32.965
		Berlin		262.910	1.726.011

		Ozonvorläufersubstanzen			
	Nr.	Branche		NM VOC in kg/a	Kohlenmonoxid in kg/a
Branchen 4. BImSchV	01	Energie		111.739	1.471.886
	02	Mineral		1.763	84.026
	03	Metall		529	17.720
	04	Chemie		846	2.802
	05	Oberflächenbehandlung		21.946	8.057
	06	Holz, Zellstoff		1.688	3.703
	07	Nahrung		509	51.284
	08	Abfälle		442	7.074
	09	Lagerung		56.214	
	10	Sonstige		67.235	79.459
		Berlin		262.910	1.726.011

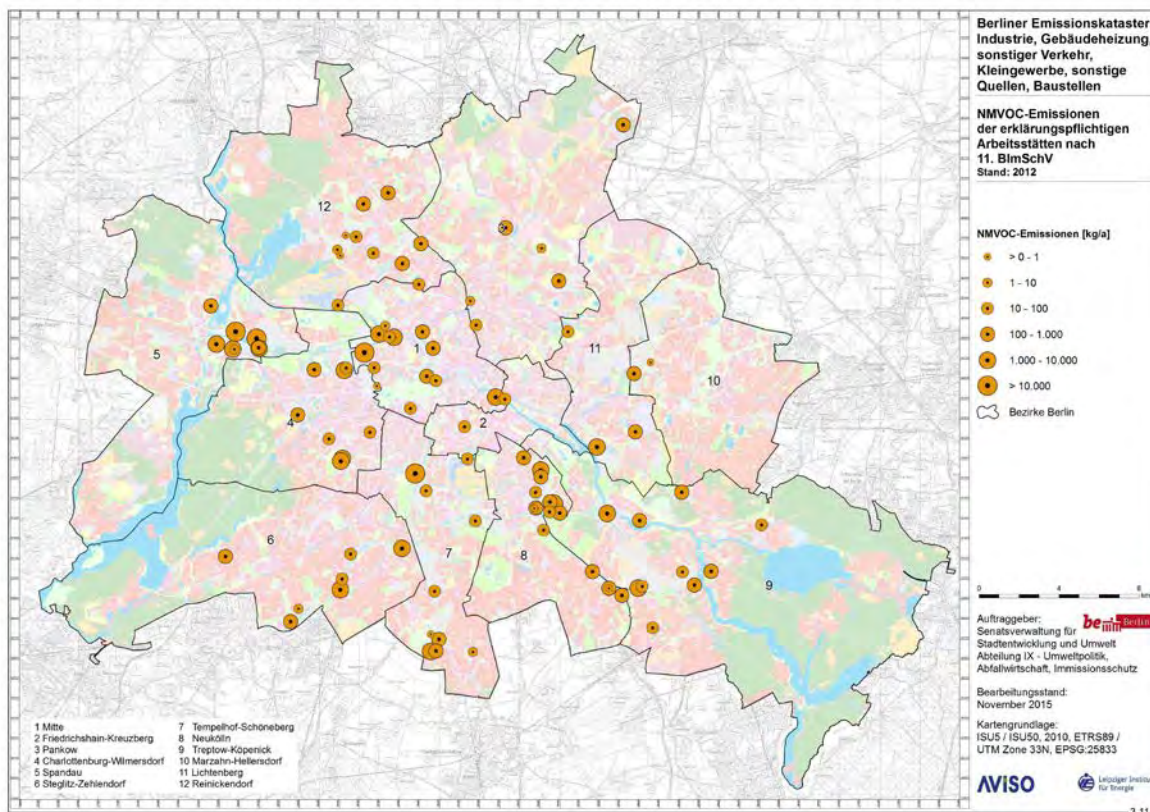


Bild 3.11: NMVOC-Emissionen erklärungspflichtiger Anlagen in Berlin 2012 (11 BImSchV)

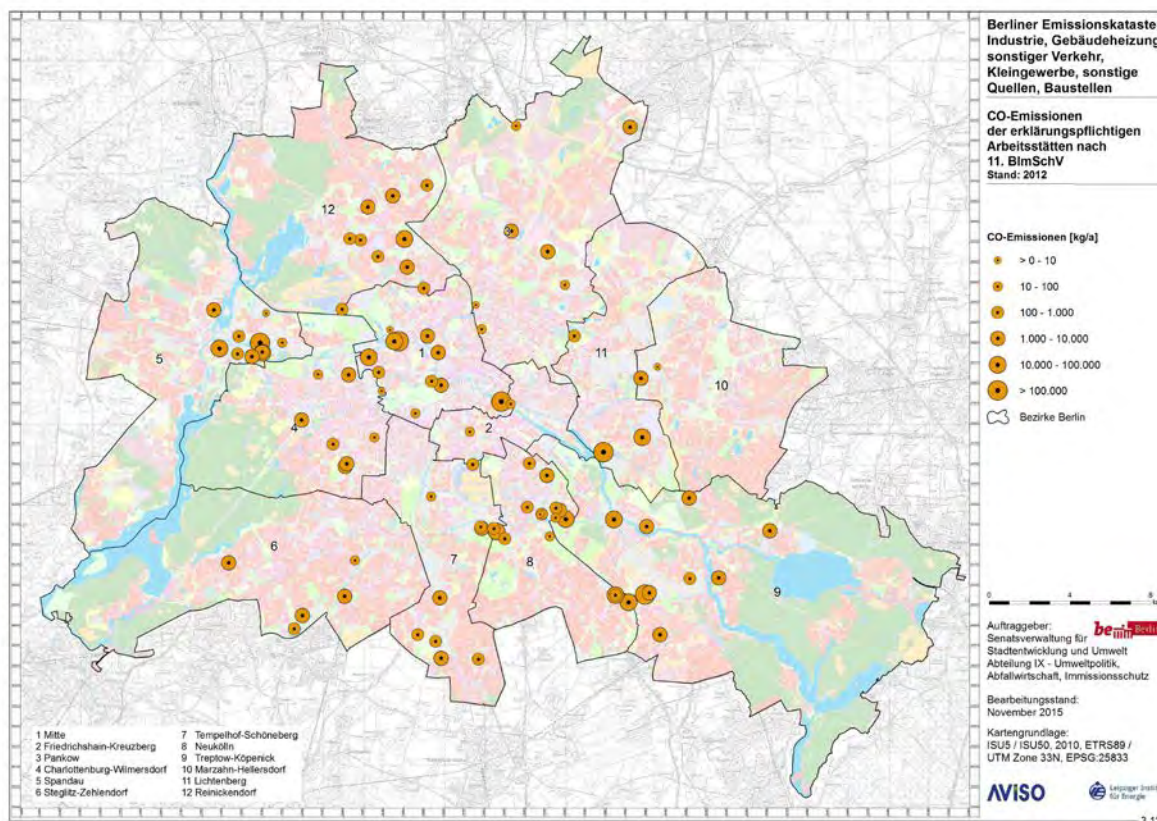


Bild 3.12: CO-Emissionen erklärungspflichtiger Anlagen in Berlin 2012 (11. BImSchV)

Emissionen versauernder und eutrophierender Stoffe

Für die Versauerung und Eutrophierung (Überdüngung) von Böden und Gewässern sind im Wesentlichen Schwefeldioxid (SO_2), Stickstoffoxide (NO_x), und Ammoniak (NH_3) verantwortlich.

Im Jahr 2012 wurden von den erklärungsspflichtigen Anlagen im Land Berlin ca. 2.372 t Schwefeldioxid (SO_2) emittiert. Aus der räumlichen Verteilung der SO_2 -Emissionen geht hervor, dass diese sich in den Stadtbezirken Lichtenberg, Spandau und Mitte konzentrieren (siehe Bild 3.6 sowie Bild 3.13). SO_2 -Emissionen wurden im Jahr 2012 fast ausschließlich von der Branche „Wärmeerzeugung, Bergbau und Energie“ (Nr. 1 der 4. BImSchV) verursacht, die ca. 96 % der SO_2 -Emissionen der erklärungsspflichtigen Anlagen im Land Berlin emittierte (siehe Tab. 3.6).

Im Berichtsjahr 2012 wurden von erklärungsspflichtigen Anlagen ca. 6.794 t Stickstoffoxide (NO_x) emittiert (siehe Tab. 3.6). Mehr als zwei Drittel davon wurden in den Stadtbezirken Spandau, Mitte und Neukölln emittiert.

Die Branchen „Wärmeerzeugung, Bergbau und Energie“ sowie „Nahrungs-, Genuss- und Futtermittel, landwirtschaftliche Erzeugnisse“ (Nr. 1 und 7 der 4. BImSchV) waren im Jahr 2012 die Hauptemittenten von NO_x -Emissionen. Diese zwei Branchen emittierten mehr als 94 % der gesamten NO_x -Emissionen der erklärungsspflichtigen Anlagen im Land Berlin, wobei die Branche „Wärmeerzeugung, Bergbau und Energie“ allein für 82 % der NO_x -Emissionen der erklärungsspflichtigen Anlagen verantwortlich war (siehe Tab. 3.6). Innerhalb der Branche „Wärmeerzeugung, Bergbau und Energie“ haben die Großfeuerungsanlagen (Anlagen der Nr. 1.1, Spalte 1 des Anhangs der 4. BImSchV) den größten Anteil am Ausstoß von NO_x .

Die erklärungsspflichtigen NO_x -Emittenten sind relativ gleichmäßig im Land Berlin verteilt. Der Großteil (ca. 88 %) der NO_x -Emissionen konzentriert sich auf nur 13 Arbeitsstätten bzw. Emittenten (siehe Bild 3.14).

Im Jahr 2012 verursachten die erklärungsspflichtigen Anlagen Ammoniak-Emissionen (NH_3) in Höhe von ca. 16 t (siehe Tab. 3.6). 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 liegen in den Stadtbezirken Neukölln, Spandau und Mitte (siehe Bild 3.15).

Die NH_3 -Emissionen wurden im Jahr 2012 fast ausschließlich von der Branche „Wärmeerzeugung, Bergbau und Energie“ (Nr. 1 der 4. BImSchV) verursacht (siehe Tab. 3.6).

Tab. 3.6: Emissionen versauernder und eutrophierender Stoffe erklärungspflichtiger Anlagen nach Stadtbezirken und Branchen 2012 (11. BImSchV) /SVSU 2014/

		Versauernde und eutrophierende Stoffe		
Nr.	Stadtbezirke	Schwefeldioxid in kg/a	Stickstoffoxide in kg/a	Ammoniak in kg/a
Stadtbezirke	01 Mitte	318.508	1.128.882	2.889
	02 Friedrichshain-Kreuzberg	23	711	
	03 Pankow	34.539	44.704	
	04 Charlottenburg-Wilmersdorf	6.522	317.906	9
	05 Spandau	881.452	2.381.008	5.183
	06 Steglitz-Zehlendorf	8.707	266.618	19
	07 Tempelhof-Schöneberg	2.034	81.711	306
	08 Neukölln	85.112	1.124.355	6.651
	09 Treptow-Köpenick	94.929	330.454	502
	10 Marzahn-Hellersdorf	63	1.463	35
	11 Lichtenberg	929.256	958.896	
	12 Reinickendorf	10.423	157.362	
	Berlin	2.371.568	6.794.068	15.595
		Versauernde und eutrophierende Stoffe		
Nr.	Branche	Schwefeldioxid in kg/a	Stickstoffoxide in kg/a	Ammoniak in kg/a
Branchen 4. BImSchV	01 Energie	2.274.287	5.614.964	15.235
	02 Mineral	42.935	42.533	
	03 Metall	1.856	67.313	300
	04 Chemie	379	26.411	
	05 Oberflächenbehandlung	2.119	16.536	19
	06 Holz, Zellstoff	783	8.986	
	07 Nahrung	1.270	818.262	
	08 Abfälle	46.571	184.713	41
	09 Lagerung			
	10 Sonstige	1.368	14.349	
	Berlin	2.371.568	6.794.068	15.595

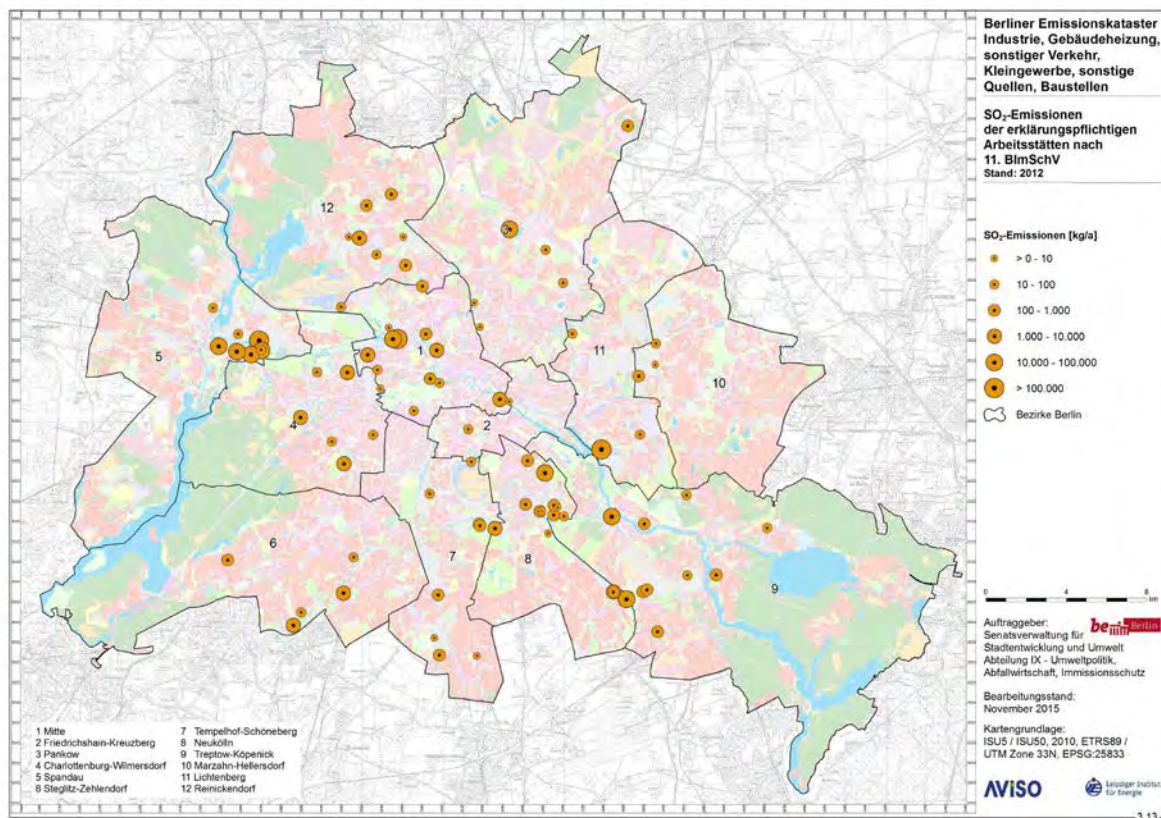


Bild 3.13: SO₂-Emissionen erklärungspflichtiger Anlagen in Berlin 2012 (11. BImSchV)

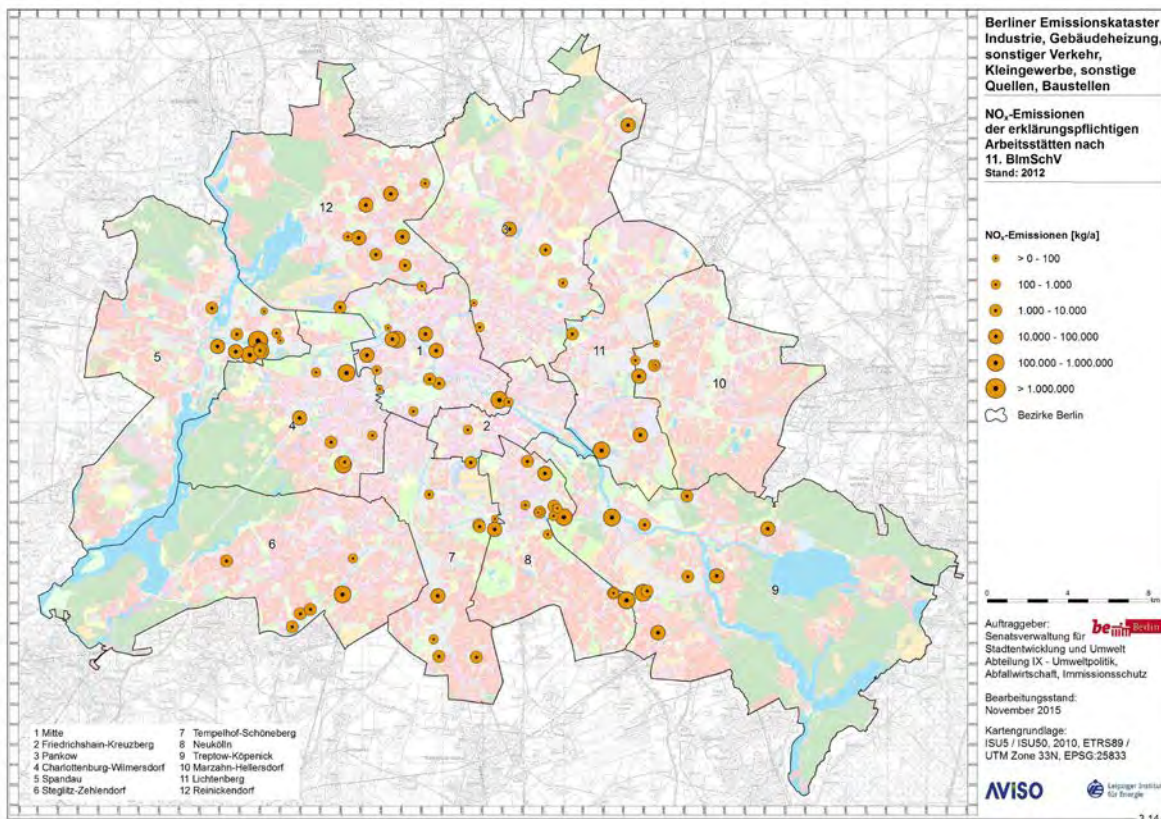


Bild 3.14: NO_x-Emissionen erklärungspflichtiger Anlagen in Berlin 2012 (11. BImSchV)

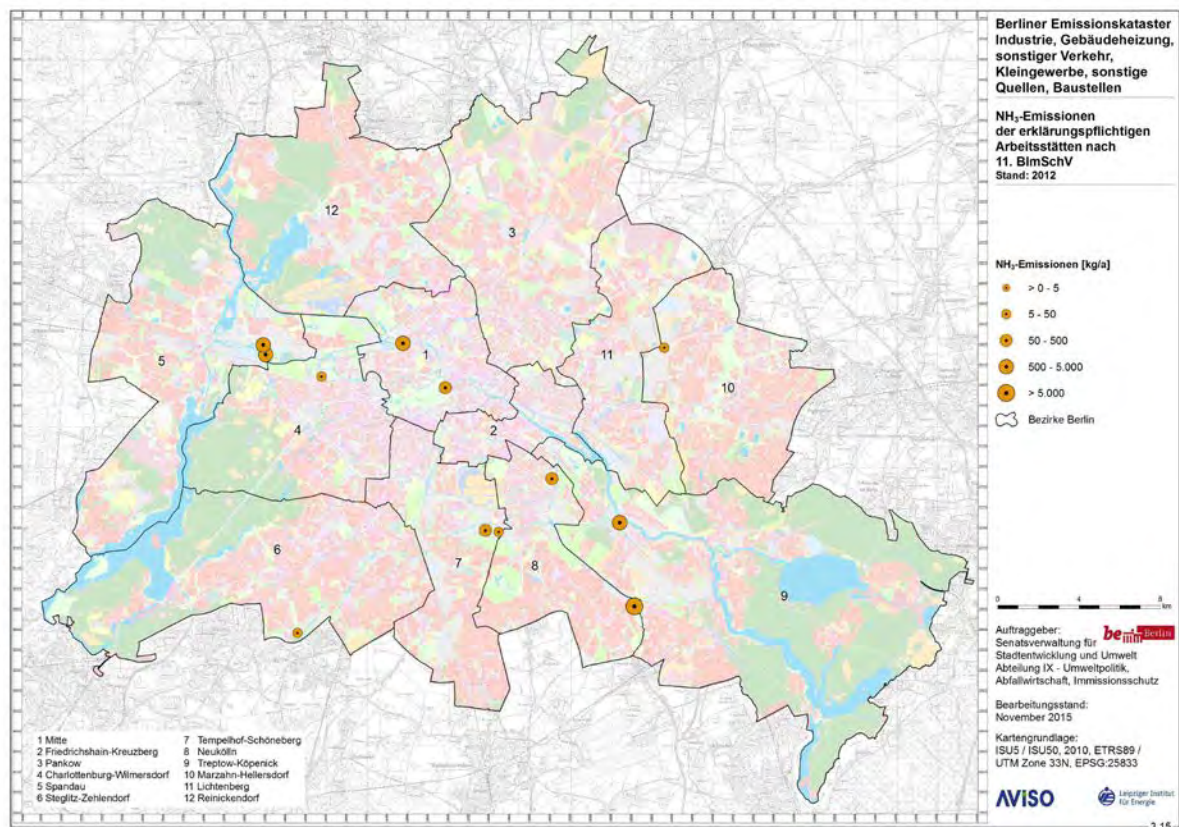


Bild 3.15: NH₃-Emissionen erklärungspflichtiger Anlagen in Berlin 2012 (11. BImSchV)

Feinstaub-Emissionen

Die erklärungspflichtigen Anlagen gemäß 11. BImSchV emittierten im Jahr 2012 ca. 142 t PM₁₀-Feinstaub. Etwa 79 % der PM₁₀-Emissionen konzentrierten sich auf die Stadtbezirke Spandau, Mitte, und Neukölln (siehe Bild 3.16).

Etwa zwei Drittel der PM₁₀-Emissionen wurden von der Branche „Wärmeerzeugung, Bergbau und Energie“ (Nr. 1 der 4. BImSchV) emittiert (siehe Tab. 3.7). Etwa 83 % der gesamten PM₁₀-Emissionen wurden von neun Emittenten verursacht.

Die erklärungspflichtigen Anlagen gemäß 11. BImSchV emittierten im Jahr 2012 ca. 78 t Feinstaub PM_{2,5}. Analog zu den PM₁₀-Emissionen konzentrierten sich die Emissionen von PM_{2,5} hauptsächlich auf die Stadtbezirke Spandau, Mitte, und Neukölln (siehe Tab. 3.7).

Etwa 87 % der PM_{2,5}-Emissionen wurden von den Branchen „Wärmeerzeugung, Bergbau und Energie“, „Verwertung und Beseitigung von Abfällen und sonstigen Stoffen“ und „Nahrungs-, Genuss- und Futtermittel, landwirtschaftliche Erzeugnisse“ (Nr. 1, 7 und 8 der 4. BImSchV) emittiert (siehe Tab. 3.7).

87 % der gesamten PM_{2,5}-Emissionen der erklärungspflichtigen Anlagen nach 11. BImSchV konzentrierten sich auf nur neun Emittenten (siehe Bild 3.17).

Tab. 3.7: Feinstaub-Emissionen erklärungsspflichtiger Anlagen nach Stadtbezirken und Branchen 2012 (11. BImSchV) /SVSU 2014/

		Staub		
	Nr.	Stadtbezirke	Feinstaub PM10 in kg/a	Feinstaub PM2,5 in kg/a
Stadtbezirke	01	Mitte	34.554	15.615
	02	Friedrichshain-Kreuzberg	25	7
	03	Pankow	309	98
	04	Charlottenburg-Wilmersdorf	1.637	197
	05	Spandau	48.557	28.084
	06	Steglitz-Zehlendorf	2.754	712
	07	Tempelhof-Schöneberg	3.373	1.588
	08	Neukölln	29.424	20.378
	09	Treptow-Köpenick	761	233
	10	Marzahn-Hellersdorf	3	2
	11	Lichtenberg	15.667	7.902
	12	Reinickendorf	4.460	3.017
		Berlin	141.525	77.833
		Staub		
	Nr.	Branche	Feinstaub PM10 in kg/a	Feinstaub PM2,5 in kg/a
Branchen 4. BImSchV	01	Energie	90.326	48.767
	02	Mineral	12.539	4.237
	03	Metall	3.267	2.293
	04	Chemie	23	6
	05	Oberflächenbehandlung	894	744
	06	Holz, Zellstoff	2.056	685
	07	Nahrung	9.147	6.430
	08	Abfälle	19.377	13.506
	09	Lagerung	3.866	1.156
	10	Sonstige	30	9
		Berlin	141.525	77.833

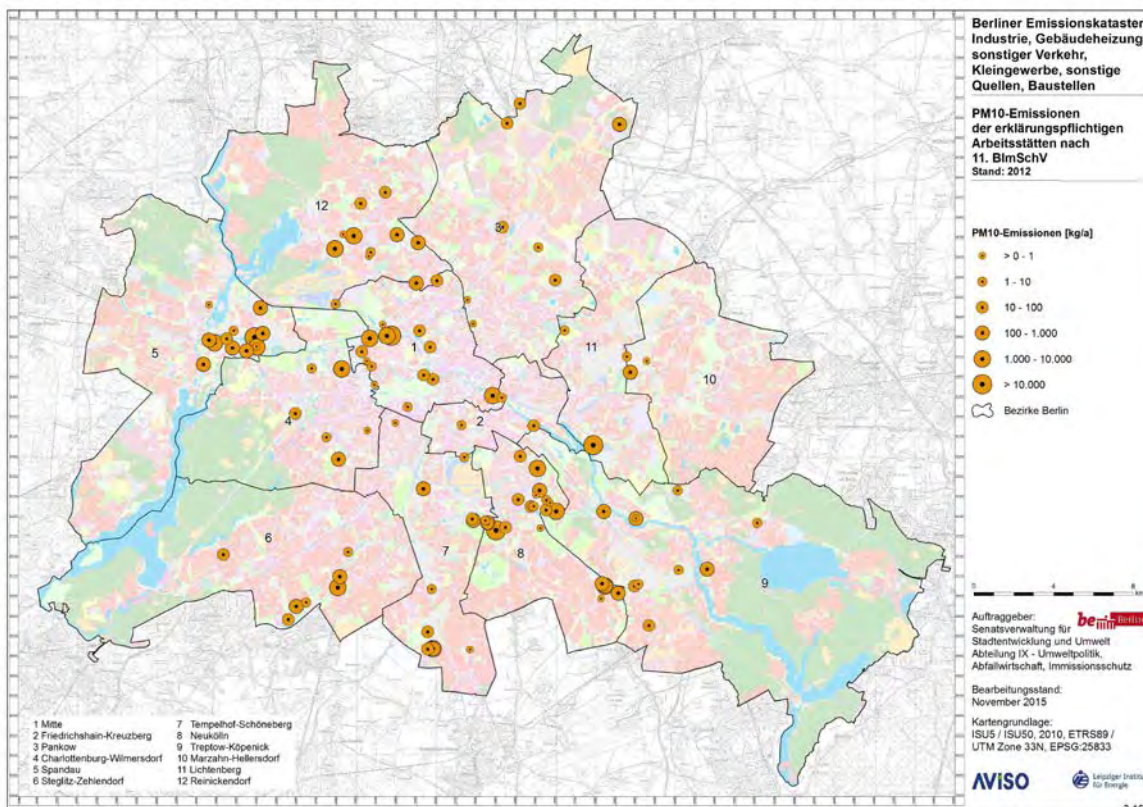


Bild 3.16: PM10-Emissionen erklärungspflichtiger Anlagen in Berlin 2012 (11. BImSchV)

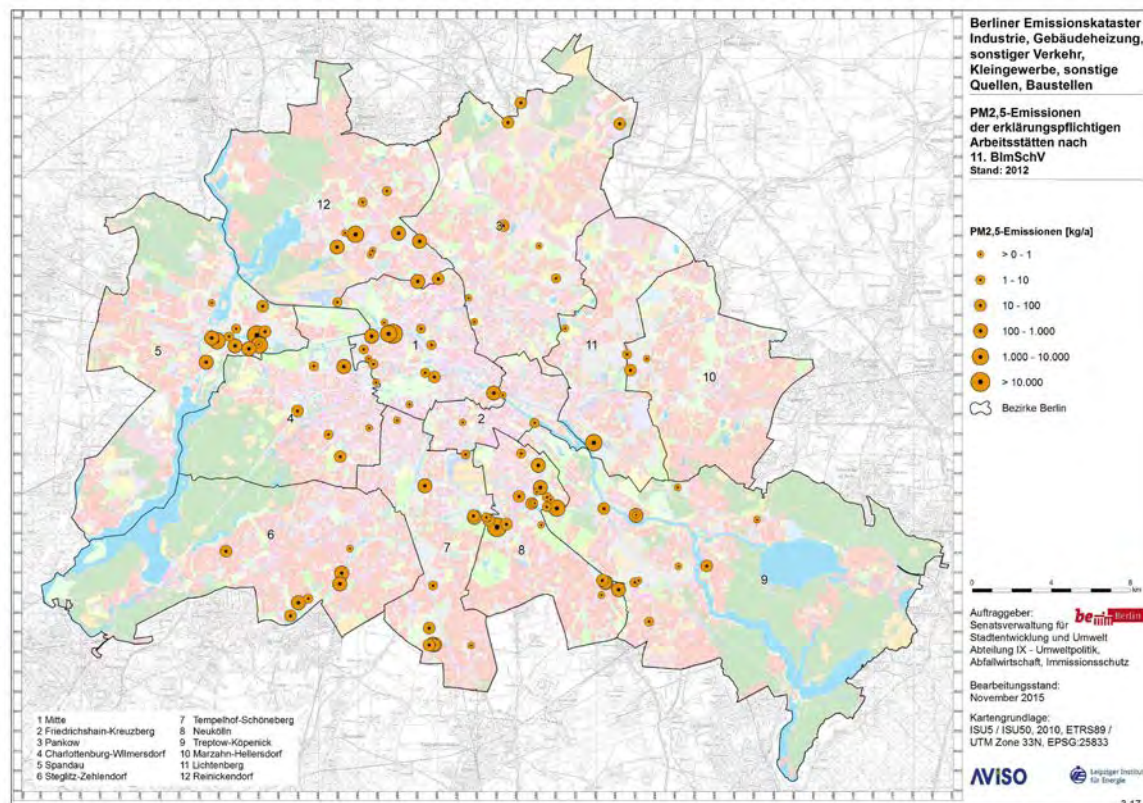


Bild 3.17: PM2,5-Emissionen erklärungspflichtiger Anlagen in Berlin 2012 (11. BImSchV)

Persistente organische Verbindungen

Zu den persistenten organischen Luftschadstoffen (POP) gehören die Benzo(a)pyrene (BaP) sowie die Dioxine und Furane (PCDD/F).

Von den erklärungsspflichtigen Anlagen nach 11. BImSchV wurden im Jahr 2012 1,68 kg Benzo(a)pyren (BaP) emittiert. 76 % der BaP-Emissionen konzentrierten sich auf die Stadtbezirke Spandau, Tempelhof-Schöneberg und Charlottenburg-Wilmersdorf (siehe Bild 3.17). Wesentliche Verursacher von BaP-Emissionen waren die Branchen „Wärmeerzeugung, Bergbau und Energie“ und „Holz, Zellstoff“ (siehe Tab. 3.8).

Der Großteil (ca. 92 %) der Emissionen von Benzo(a)pyren im Land Berlin konzentrierte sich im Jahr 2012 auf nur sechs Emittenten (siehe Bild 3.23).

Die erklärungsspflichtigen Anlagen nach 11. BImSchV emittierten im Jahr 2012 im Land Berlin insgesamt 95 mg Dioxine und Furane (PCDD/F). Räumlich konzentrierten sich etwa zwei Drittel auf den Stadtbezirk Reinickendorf (siehe Bild 3.19). Verursacher war im Wesentlichen die Branche 03 „Stahl, Eisen und sonstige Metalle einschließlich Verarbeitung“ (siehe Tab. 3.8).

Etwa 89 % der Emissionen von Dioxinen und Furanen im Land Berlin konzentrierte sich im Jahr 2012 auf nur fünf Arbeitsstätten (siehe Bild 3.19).

Tab. 3.8: POP-Emissionen erklärungspflichtiger Anlagen nach Stadtbezirken und Branchen 2012 (11. BImSchV) /SVSU 2014/

		Persistente organische Verbindungen		
	Nr.	Stadtbezirke	Benzo(a)pyren (BaP) in kg/a	PCDD/F in mg/a
Stadtbezirke	01	Mitte	0,179	4,032
	02	Friedrichshain-Kreuzberg	0,000	0,000
	03	Pankow	0,008	0,008
	04	Charlottenburg-Wilmersdorf	0,330	0,379
	05	Spandau	0,480	6,096
	06	Steglitz-Zehlendorf	0,029	0,213
	07	Tempelhof-Schöneberg	0,472	9,344
	08	Neukölln	0,035	9,661
	09	Treptow-Köpenick	0,140	3,334
	10	Marzahn-Hellersdorf		0,000
	11	Lichtenberg	0,005	1,917
	12	Reinickendorf	0,002	60,074
		Berlin	1,679	95,057

		Persistente organische Verbindungen		
	Nr.	Branche	Benzo(a)pyren (BaP) in kg/a	PCDD/F in mg/a
Branchen 4. BImSchV	01	Energie	1,183	19,793
	02	Mineral		
	03	Metall	0,014	62,762
	04	Chemie	0,001	0,001
	05	Oberflächenbehandlung	0,016	0,032
	06	Holz, Zellstoff	0,466	6,590
	07	Nahrung		
	08	Abfälle	0,000	5,880
	09	Lagerung		
	10	Sonstige		
		Berlin	1,679	95,057

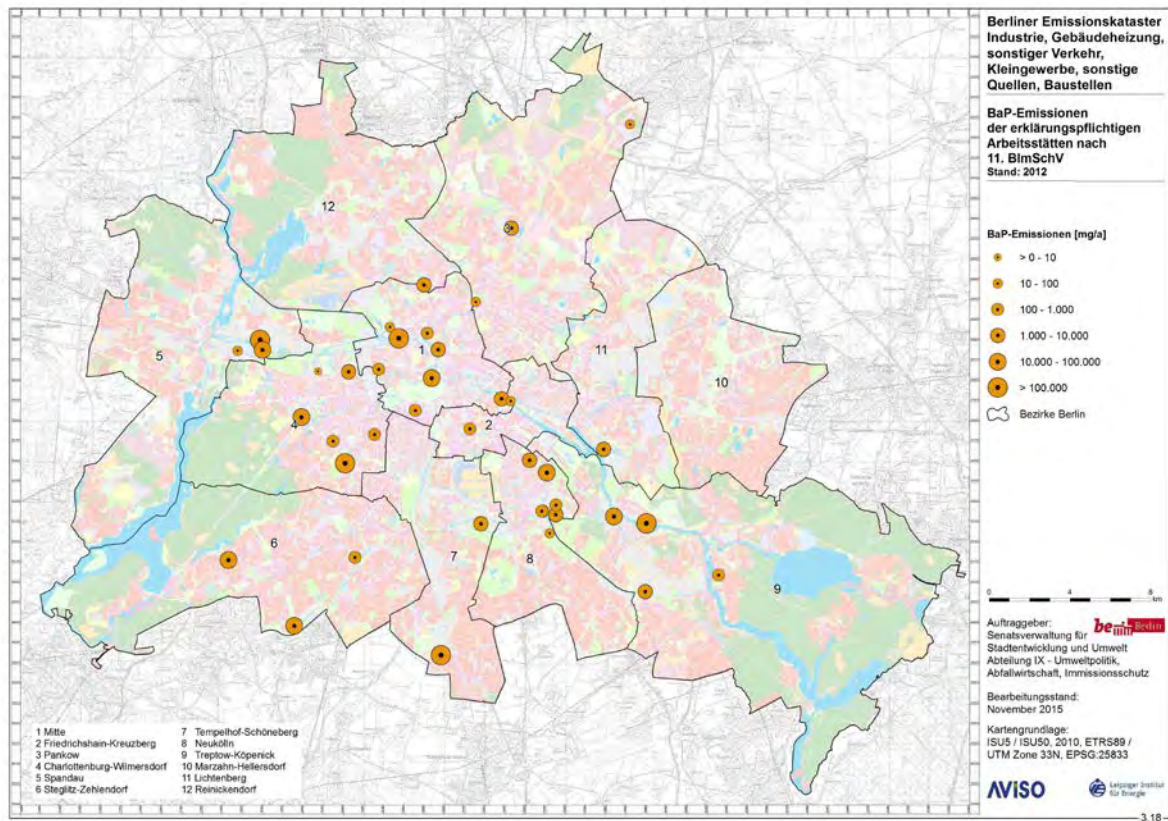


Bild 3.18: BaP-Emissionen erklärungsspflichtiger Anlagen in Berlin 2012 (11. BImSchV)

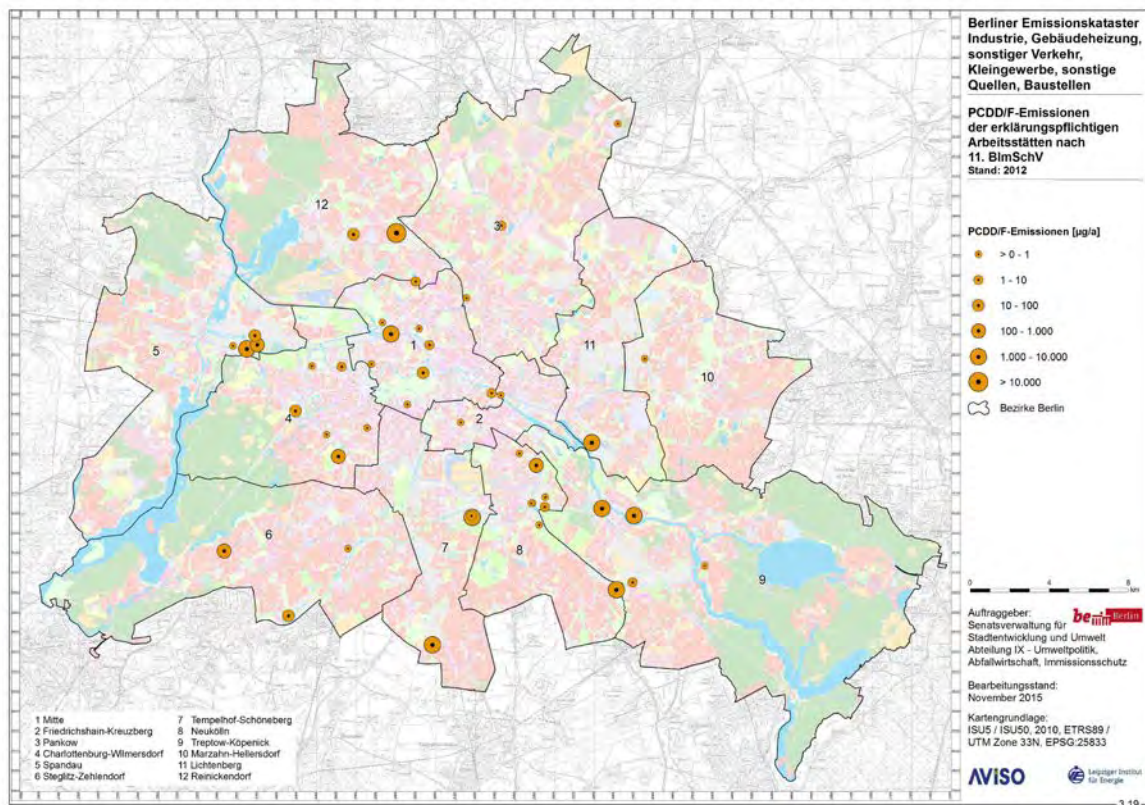


Bild 3.19: PCDD/F-Emissionen erklärungsspflichtiger Anlagen in Berlin 2012 (11. BImSchV)

Schwermetalle

In der Stoffgruppe Schwermetalle werden die Emissionen von elf Stoffen (siehe Abschnitt 2.1) zusammengefasst.

Von den erklärungsspflichtigen Anlagen im Land Berlin wurden im Jahr 2012 etwa 1,6 t Schwermetalle emittiert. Diese konzentrieren sich zu ca. 85 % auf die Stadtbezirke Spandau und Tempelhof-Schöneberg (siehe Tab. 3.9).

Tab. 3.9: *Schwermetall-Emissionen erklärungsspflichtiger Anlagen nach Stadtbezirken und Branchen 2012 (11. BImSchV) /SVSU 2014/*

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

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

Die Branchen „Verwertung und Beseitigung von Abfällen und sonstigen Stoffen“, „Wärmeerzeugung, Bergbau und Energie“ und „Stahl, Eisen und sonstige Metalle einschließlich Verarbeitung“ (Nr. 1, 2 und 8 der 4. BImSchV) verursachten im Berichtsjahr 2012 nahezu die gesamten Schwermetall-Emissionen der erklärungsspflichtigen Anlagen.

Die Stoffe Kupfer, Blei, und Zink sind für ca. 78 % der Schwermetall-Emissionen der erklärungsspflichtigen Anlagen im Land Berlin verantwortlich (siehe Bild 3.20).

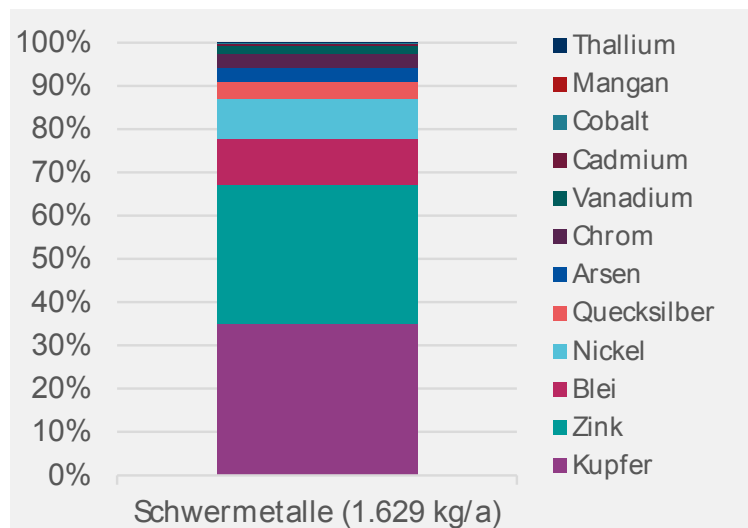


Bild 3.20: Anteil der Stoffe an den Schwermetall-Emissionen erklärungspflichtiger Arbeitsstätten im Jahr 2012 (11. BImSchV) /SVSU 2014/

Der Großteil (ca. 79 %) der Schwermetall-Emissionen im Land Berlin konzentrierte sich im Jahr 2012 auf nur drei Emittenten bzw. Arbeitsstätten (siehe Bild 3.21).

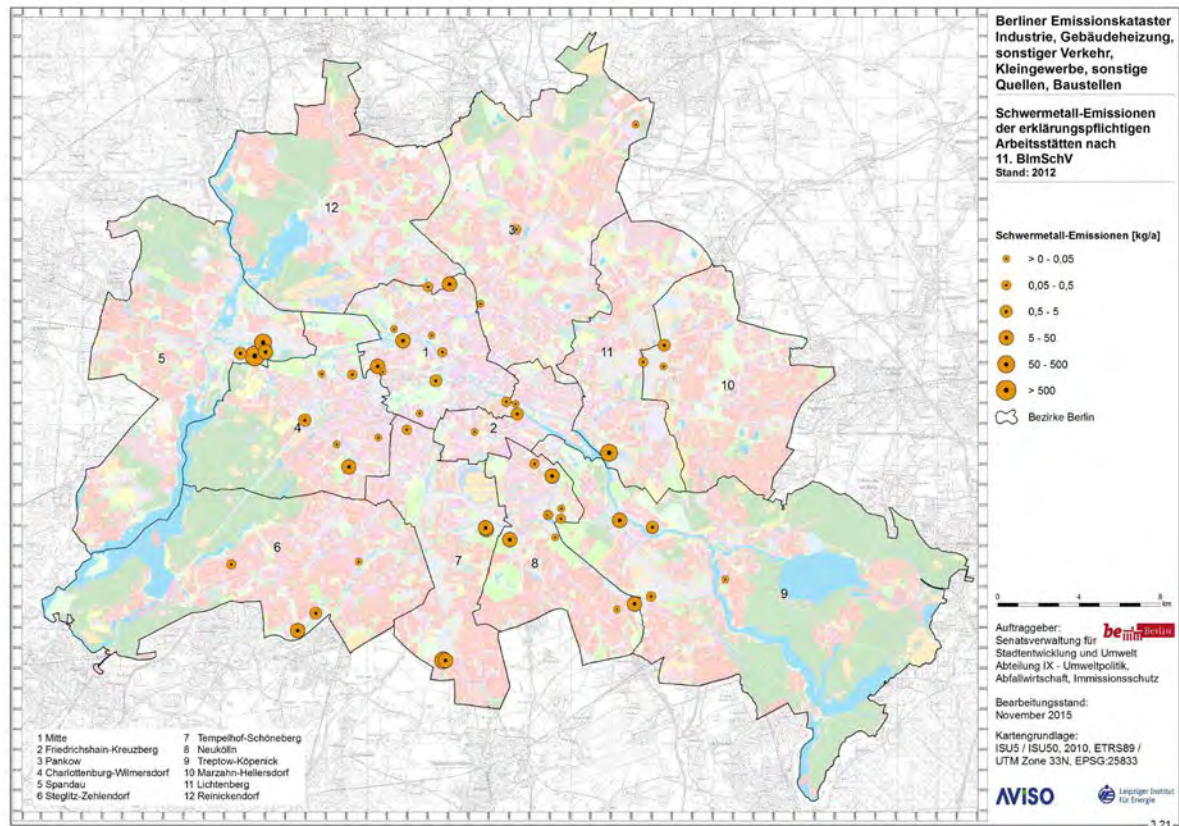


Bild 3.21: Schwermetall-Emissionen erklärungspflichtiger Anlagen in Berlin 2012 (11. BImSchV)

Emissionen von Chlor- und Fluorwasserstoff

Im Jahr 2012 wurden von den erklärungspflichtigen Anlagen im Land Berlin ca. 98 t Chlorwasserstoff (HCl) emittiert. Räumlich konzentrierten sich diese Emissionen zu ca. 77 % auf die Stadtbezirke Mitte und Spandau (siehe Tab. 3.11). Die Branche „Wärmeerzeugung, Bergbau und Energie“ (Nr. 1 der 4. BImSchV) war für ca. 87 % der HCl-Emissionen im Jahr 2012 verantwortlich (siehe Tab. 3.11). Weitere 13 % der HCl-Emissionen wurden von den Branchen „Stahl, Eisen und sonstige Metalle einschließlich Verarbeitung“ und „Verwertung und Beseitigung von Abfällen und sonstigen Stoffen“ emittiert. Der Großteil (ca. 95 %) der Emissionen von Chlorwasserstoff konzentrierte sich im Jahr 2012 im Land Berlin auf nur acht Hauptemittenten (siehe Bild 3.22).

Im Berichtsjahr 2012 wurden von erklärungspflichtigen Anlagen ca. 31 t Fluorwasserstoffe (HF) emittiert (siehe Tab. 3.11). Etwa 71 % davon wurden im Stadtbezirk Spandau ausgestoßen.

Die Branche „Wärmeerzeugung, Bergbau und Energie“ (Nr. 1 der 4. BImSchV) war für ca. 99 % der HCl-Emissionen im Jahr 2012 verantwortlich (siehe Tab. 3.11).

Der Großteil (ca. 97 %) der Emissionen von Chlorwasserstoff im Land Berlin konzentrierte sich im Jahr 2012 auf nur sechs Emittenten (siehe Bild 3.23).

Tab. 3.10: Chlor- und Fluorwasserstoff-Emissionen erklärungspflichtiger Anlagen nach Stadtbezirken und Branchen 2012 (11. BImSchV) /SVSU 2014/

		Anorganische Verbindungen		
	Nr.	Stadtbezirke	Chlorwasserstoff in kg/a	Fluorwasserstoff in kg/a
Stadtbezirke	01	Mitte	35.722	2.692
	02	Friedrichshain-Kreuzberg	86	
	03	Pankow	21	1
	04	Charlottenburg-Wilmersdorf	46	2
	05	Spandau	39.984	22.099
	06	Steglitz-Zehlendorf	540	7
	07	Tempelhof-Schöneberg	1.095	62
	08	Neukölln	5.516	339
	09	Treptow -Köpenick	2.511	233
	10	Marzahn-Hellersdorf	250	
	11	Lichtenberg	11.084	5.301
	12	Reinickendorf	1.438	361
		Berlin	98.296	31.097

		Anorganische Verbindungen		
	Nr.	Branche	Chlorwasserstoff in kg/a	Fluorwasserstoff in kg/a
Branchen 4. BImSchV	01	Energie	85.825	30.668
	02	Mineral	1	1
	03	Metall	3.049	424
	04	Chemie		
	05	Oberflächenbehandlung	6	1
	06	Holz, Zellstoff	108	4
	07	Nahrung		
	08	Abfälle	9.306	
	09	Lagerung		
	10	Sonstige		
		Berlin	98.296	31.097

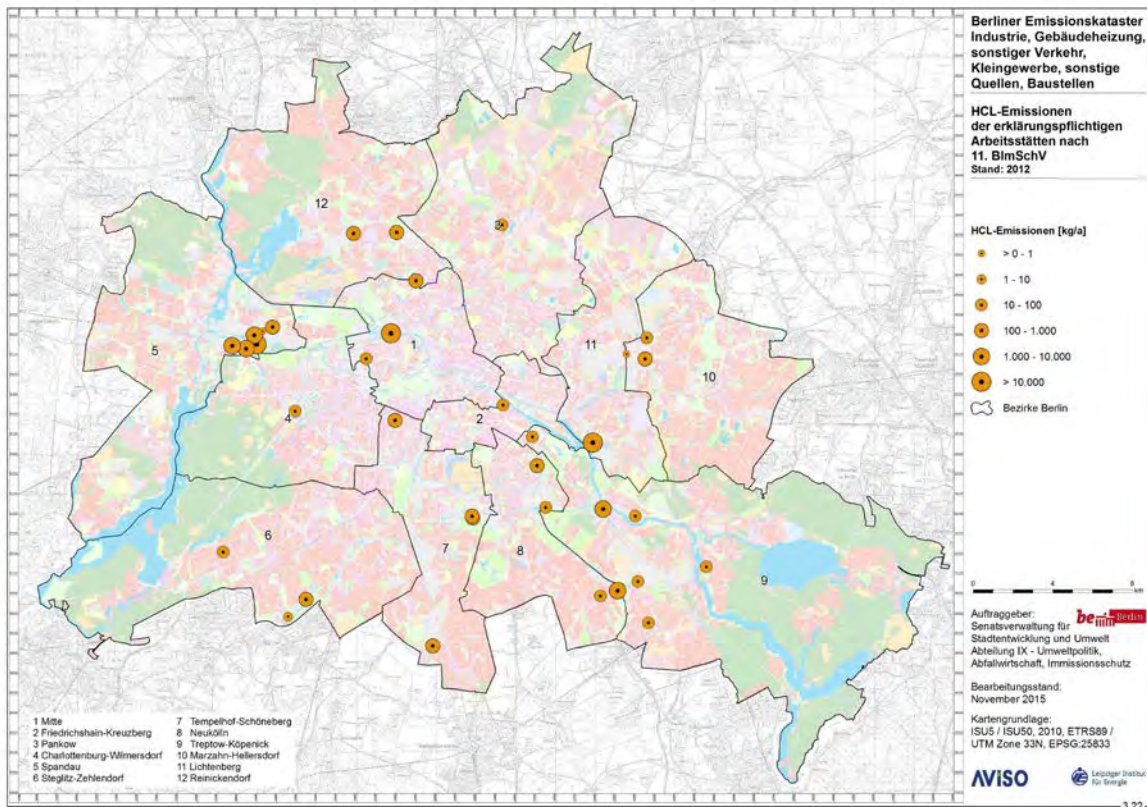


Bild 3.22: HCL-Emissionen erklärungspflichtiger Anlagen in Berlin 2012 (11. BImSchV)

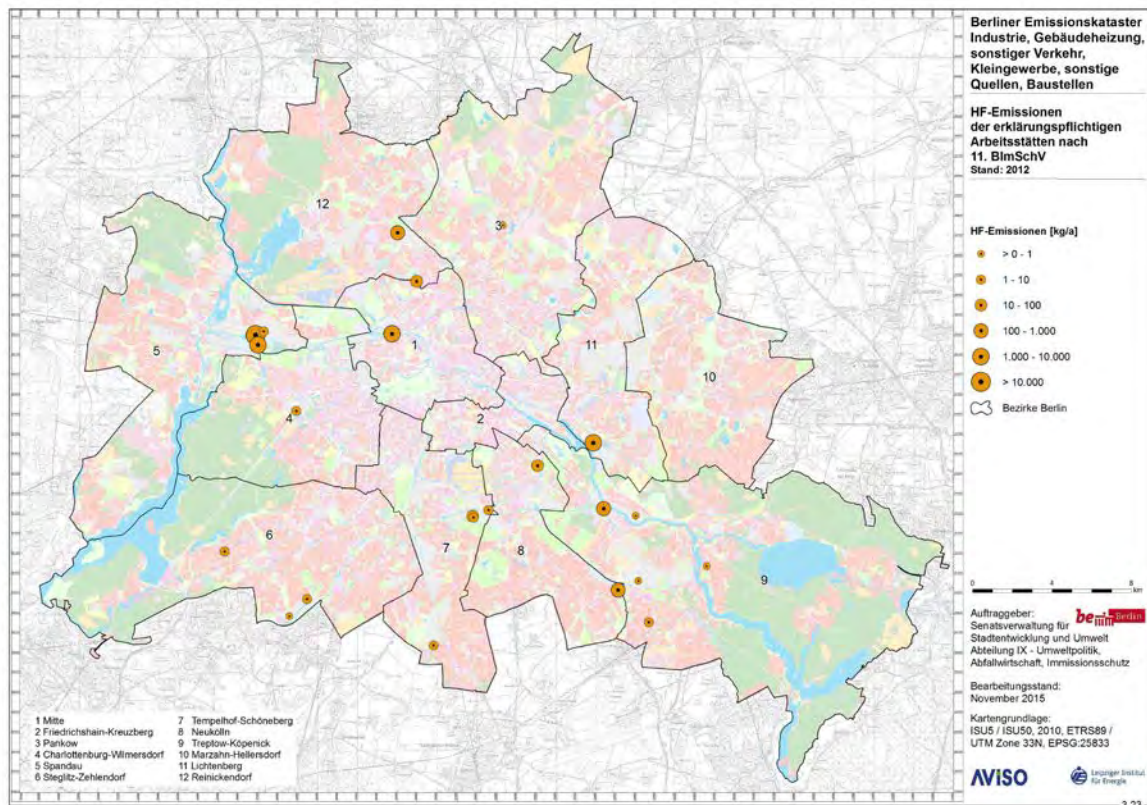


Bild 3.23: HF-Emissionen erklärungspflichtiger Anlagen in Berlin 2012 (11. BImSchV)

3.2 Genehmigungspflichtige Anlagen ohne Emissionserklärungspflicht

Genehmigungspflichtige Anlagen haben i.d.R. dann keine Emissionserklärungspflicht, wenn von diesen Anlagen keine oder nur geringe Emissionen ausgehen. Daher ist von dieser Teilquellengruppe ein wesentlich geringerer Beitrag zu den Emissionen zu erwarten als von den erklärungsrechtlichen Anlagen.

Im Sinne einer möglichst vollständigen Erfassung der Emissionen der Quellengruppe Industrie/Gewerbe wird im Folgenden zunächst die vorhandene Datenbasis zu den genehmigungspflichtigen Anlagen ohne Erklärungspflicht erläutert, daran schließt sich eine Abschätzung zu deren Emissionen an.

3.2.1 Datenbasis

Vom Auftraggeber war eine Liste von Unternehmen und deren Anlagen, die emissionsrelevant sind, zur Verfügung gestellt worden. Zunächst wurden alle Anlagen, die eine Emissionserklärung abgeben müssen und in der Bube-Datenbank bereits erfasst werden (und daher in den in Kap. 3.1 ausgewiesenen Emissionen erfasst sind), aussortiert. Damit reduzierte sich die Anzahl der Unternehmen mit emissionsrelevanten (nicht erklärungsrechtlichen) Anlagen, die teilweise auch mehrere Teilanlagen enthalten können, auf nunmehr 201.

Da sich in der zur Verfügung gestellten Liste auch Links zum Berliner Umweltatlas befanden, wurden zunächst diese Anlagen sowie deren Nebenanlagen entsprechend ergänzt, so dass die Anlagenanzahl insgesamt auf 366 anstieg. Von diesen Anlagen sind einige Anlagen 2012 noch nicht in Betrieb gewesen bzw. stillgelegt. Solche Anlagen wurden aus der Liste entfernt, so dass letztendlich noch 347 Anlagen bzw. Teilanlagen zur weiteren Auswertung vorlagen.

Diese Anlagen unterteilen sich in folgende Kategorien (nach Tab. 3.12):

- Abfälle
- Chemie
- Energie
- Lagerung
- Metall
- Mineral
- Nahrung

In Tab. 3.12 ist die Verteilung dieser Anlagen bzw. Teilanlagen auf Berliner Bezirke dargestellt.

Für diese Anlagen bzw. Teilanlagen von Unternehmen wurde zunächst eine Kategorisierung mit Hilfe von /LANUV NRW 2015/ und den BImSchV Nummern vorgenommen. Damit wurden die Anlagen in der Liste in eine der folgenden Kategorien eingeteilt:

- Erklärungspflichtige Anlagenarten, wenn nicht von der Erklärungspflicht befreit. Hierfür muss der Betreiber die Emissionen erklären.
- Nicht erklärungspflichtige Anlagenarten. Hierfür gibt es Emissionsfaktoren. Dazu müssen die entsprechenden Einsatzstoffe und Mengen im Erhebungsjahr bekannt sein.
- Nicht erklärungspflichtige Anlagenarten, da keine oder nur geringe Emissionen vorkommen.

Insgesamt sind 309 Anlagen bzw. Teilanlagen der letzten Kategorie zuzuordnen (Tab. 3.13). Dies bedeutet, für diese Anlagentypen ist es nicht zielführend, eine Abschätzung bzw. Berechnung von Emissionen vorzunehmen, da keine anfallen.

Tab. 3.11: Genehmigungspflichtige Anlagen ohne Emissionserklärungspflicht nach Haupttätigkeiten und Stadtbezirken 2012 /SVSU 2014/

Nr.	Stadtbezirk	Anlagen	Energie	Mineral	Metall	Chemie	Nahrung	Abfälle	Lagerung
01	Mitte	13	5				1	6	1
02	Friedrichshain-Kreuzberg	4					1	3	
03	Pankow	32	5					25	2
04	Charlottenburg-Wilmersdorf	11	6					5	
05	Spandau	47	2		1		1	42	1
06	Steglitz-Zehlendorf	17	4		1			11	1
07	Tempelhof-Schöneberg	25					5	15	5
08	Neukölln	64	3			1	5	49	6
09	Treptow-Köpenick	24	2	1	1			16	4
10	Marzahn-Hellersdorf	29	1				1	26	1
11	Lichtenberg	49	4				1	43	1
12	Reinickendorf	32	2		1		7	19	3
	Berlin	347	34	1	4	1	22	260	25

Tab. 3.12: Genehmigungsbefürchtete Anlagen ohne Emissionen nach Haupttätigkeiten und Stadtbezirken 2012 /SVSU 2014/

Nr.	Stadtbezirk	Anlagen	Energie	Mineral	Nahrung	Abfälle	Lagerung
01	Mitte	9	2		1	6	
02	Friedrichshain-Kreuzberg	3				3	
03	Pankow	32	5			25	2
04	Charlottenburg-Wilmersdorf	8	3			5	
05	Spandau	45	2			42	1
06	Steglitz-Zehlendorf	14	3			10	1
07	Tempelhof-Schöneberg	20				15	5
08	Neukölln	57	2			49	6
09	Treptow-Köpenick	23	2	1		16	4
10	Marzahn-Hellersdorf	28	1			26	1
11	Lichtenberg	47	3			43	1
12	Reinickendorf	23	2			19	2
	Berlin	309	25	1	1	259	23

Insgesamt handelt es sich bei 22 Anlagen um erklärungsbedürftige Anlagen, wenn diese nicht explizit von der Erklärungspflicht befreit sind (vgl. Tab. 3.14). Aus der Liste konnte nicht entnommen werden, ob die Unternehmer für diese Anlagen eine Emissionserklärung abgeben oder nicht.

Tab. 3.13: Genehmigungsbefürchtete Anlagen mit prinzipieller Erklärungspflicht, wenn nicht von der Erklärungspflicht befreit /SVSU 2014/

Nr.	Stadtbezirk	Anlagen	Energie	Metall	Chemie	Nahrung	Abfälle	Lagerung
01	Mitte	4	3					1
02	Friedrichshain-Kreuzberg							
03	Pankow							
04	Charlottenburg-Wilmersdorf	2	2					
05	Spandau	1		1				
06	Steglitz-Zehlendorf	3	1	1			1	
07	Tempelhof-Schöneberg	2				2		
08	Neukölln	2	1		1			
09	Treptow-Köpenick	1		1				
10	Marzahn-Hellersdorf	1				1		
11	Lichtenberg	1	1					
12	Reinickendorf	5		1		3		1
	Berlin	22	8	4	1	6	1	2

Bei 16 genehmigungsbedürftigen Anlagen bzw. Teilanlagen liegt keine Emissionserklärungspflicht vor, diese Anlagen gehören aber nicht in die Gruppe der Anlagenarten, bei de-

nen keine oder geringe Emissionen vorkommen. Für diese Anlagen wurde - sofern möglich - versucht, die Emissionen mit Hilfe der veröffentlichten Bube-Emissionsfaktoren /BubeOnline 2015/ zu ermitteln. Dazu müssen die entsprechenden Einsatzstoffe und Mengen für 2012 bekannt sein. In Tab. 3.15 sind diese Anlagen nach Bezirken und Haupttätigkeiten dargestellt.

Tab. 3.14: Genehmigungsbefürchtete Anlagen ohne Erklärungspflicht, Emissionsfaktoren vorhanden /SVSU 2014/

Nr.	Stadtbezirk	Anlagen	Energie	Nahrung
01	Mitte			
02	Friedrichshain-Kreuzberg	■ 1		■ 1
03	Pankow			
04	Charlottenburg-Wilmersdorf	■ 1	■ 1	
05	Spandau	■ 1		■ 1
06	Steglitz-Zehlendorf			
07	Tempelhof-Schöneberg	■ 3		■ 3
08	Neukölln	■ 5		■ 5
09	Treptow-Köpenick			
10	Marzahn-Hellersdorf			
11	Lichtenberg	■ 1		■ 1
12	Reinickendorf	■ 4		■ 4
	Berlin	16	1	15

3.2.2 Emissionen nicht-erklärungsspflichtiger Anlagen

Für die unter Tab. 3.13 aufgelisteten Anlagen entfällt eine Bestimmung der Emissionen, da bei diesen Anlagen keine Emissionen anfallen.

Für die Anlagen in Tab. 3.14 müssten die Anlagenbetreiber eine Emissionserklärung abgeben, solange sie nicht von dieser Pflicht befreit sind. Auf diese Erklärungen kann nicht verwiesen werden, da diese nicht vorliegen. Eine Zuweisung von Emissionsfaktoren nach /BubeOnline 2015/ ist ohne weitere Angaben der Betreiber nicht möglich, da beispielsweise bei Angaben wie „Thermische Veredelung von Schokoladenmasse“ oder „Schiffswerft“ nicht genau bekannt ist, welche emissionsrelevanten Prozesse sich dahinter verbergen.

Anders ist dies bei den Anlagen, die in Tab. 3.15 aufgelistet sind. Hierbei handelt es sich hauptsächlich um Räumereien und Röstereien. Eine Anlage dient zum Testen von Verbrennungsmotoren, wobei nicht genau bekannt ist, welche Art von Motoren getestet wird. Für diese Anlage erfolgt keine Bestimmung bzw. Abschätzung der Emissionen.

Für die Räucheranlagen gibt es Angaben zu Emissionsfaktoren in /BubeOnline 2015/. Angaben zum Holzeinsatz in den Räumereien stehen nicht zur Verfügung, so dass hier derzeit keine Einschätzung der Emissionen erfolgen kann.

Bei den Röstereien sind fast komplett Produktionsmengen pro Tag in „von-bis-Angaben“ vorhanden. Anhand dieser Angaben wird abgeschätzt, dass insgesamt von all diesen Anlagen (9 Anlagen bzw. Teilanlagen) eine Jahresmenge von 221.555 t Kaffeebohnen, Nüsse und Kakaobohnen geröstet, gemahlen und verpackt werden. Bei den Röstereien wird vorausgesetzt, dass Erdgas zum Rösten der Bohnen eingesetzt wird.

Die Emissionsfaktoren der Röstereien, außer für Feinstaub, basieren auf den in /BubeOnline 2015/ dokumentierten Werten. Bei den für die Röstereien ausgewiesenen Staub-Emissionsquellen, die nicht explizit mit einem Staubgrenzwert versehen sind, handelt es sich im Wesentlichen um Kühl- bzw. Raumluft /Bäcker 2015/. In der Vergangenheit wurde in Berlin im Bereich der nach dem Bundesimmissionsschutzgesetz genehmigungsbedürftigen Röstereien in der Regel eine Minderungstechnik nach dem BVT-Standard zur Entstaubung gefordert. Diese Staubminderungstechnik stellt noch heute den aktuellen BVT-Standard dar. Aus Staub-Emissionsmessungen in zwei Berliner Röstanlagen konnte für die verbleibenden Feinstaub-Emissionen (PM₁₀) ein Emissionsfaktor von 0,056 g_{PM10} je Tonne Röstgut abgeleitet werden /Bäcker 2015/, der für die Ableitung der Feinstaub-Emissionen der Röstanlagen genutzt wurde. Insgesamt sind die Feinstaub-Emissionen aus Röstanlagen im Verhältnis zu den anderen Emittenten bzw. Quellgruppen sehr gering (siehe Tab. 3.16).

Tab. 3.15: Emissionen aus Röstereien nach Stadtbezirken 2012 /SVSU 2014/, /BubeOnline 2015/, /Bäcker 2015/

Stadtbezirke	Treibhausgase		Versauernde und eutrophierende Schwefeldioxid in kg/a	Staub Feinstaub PM10 in kg/a
	Kohlenstoffdioxid in kg/a	Methan in kg/a		
Mitte				
Friedrichshain-Kreuzberg	940.240	22	7	0,06
Pankow				
Charlottenburg-Wilmersdorf				
Spandau				
Steglitz-Zehlendorf				
Tempelhof-Schöneberg	18.880.480	44	15	0,12
Neukölln	285.362.840	6.647	2.216	18,61
Treptow-Köpenick				
Marzahn-Hellersdorf				
Lichtenberg				
Reinickendorf	282.542.120	6.581	2.194	18,43
Berlin	587.725.680	13.294	4.432	37,22

3.3 Bewertung der Unsicherheiten

Emissionen aus genehmigungsbedürftigen Anlagen mit Emissionserklärungspflicht

Die Unsicherheiten für die Emissionen der genehmigungspflichtigen Anlagen in Berlin ergeben sich aus den Unsicherheiten der in BUBE gemeldeten Emissionsdaten. Wie erläutert können diese auf Messung, Berechnung oder Abschätzung beruhen (vgl. Bild 3.6). Für Berlin basieren 25 % auf Messungen, 71 % auf Berechnungen und nur 4 % auf Schätzungen.

Da für den größten Teil der Anlagen Emissionsdaten aus individuellen Messungen oder Berechnungen vorliegen, entspricht dies gemäß des Einstufungsschemas für Gütestufen (vgl. Tab. 2.2) der Gütestufe A-B („Wert, der auf Messungen an zahlreichen Anlagen basiert, die den Sektor komplett abbilden bzw. die einen Großteil des Sektors abbilden“).

Emissionen aus genehmigungsbedürftigen Anlagen, die nicht emissionserklärungspflichtig sind

Nennenswerte Beiträge zu Emissionen aus genehmigungsbedürftigen Anlagen, die keine Emissionserklärung abgeben müssen, wurden nur für die Kaffeeröstereien in Berlin ermittelt. Diese wurden über einen spezifischen Emissionsfaktor abgeschätzt, der aus Messungen an zwei Röstanlagen abgeleitet worden war. Gemäß des Einstufungsschemas für Gütestufen entspricht dies der Gütestufe C („Schätzung basierend auf Messungen an einer geringen Zahl von repräsentativen Anlagen des Sektors“). Als Aktivitätsdaten wird die Menge an Röstgut verwendet, diese Angaben liegen pro Betrieb vor und können mit der Gütestufe A bewertet werden.

Somit ergibt sich insgesamt eine Gütestufe C für die Emissionen aus den hier betrachteten genehmigungsbedürftigen Anlagen ohne Emissionserklärungspflicht.

4 Quellengruppe Gebäudeheizung

Die Quellengruppe 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 Quellengruppe, die sich aus eine Vielzahl von kleinen Quellen zusammensetzt, sind in den letzten Jahren stärker in den Fokus geraten.

Die Schwierigkeiten bei der Ermittlung der Emissionen aus Kleinf Feuerungsanlagen zur Gebäudeheizung ergeben sich vor allem bei der differenzierten Ermittlung des Endenergieeinsatzes pro Energieträger.

4.1 Grundlagen und Methodik

Die Berechnung der Emissionen aus Kleinf Feuerungsanlagen basiert auf Daten zum Endenergieeinsatz der einzelnen Energieträger. Dazu wurde der Heizwärmebedarf in Wohn- und Nichtwohngebäuden in Berlin bestimmt. Dieser wird durch unterschiedliche Energieträger gedeckt. Die Differenzierung nach Energieträgern erfolgte kleinräumig und soweit möglich auf Baublock-Ebene.

Die Emissionen ergeben sich als Produkt aus den Endenergieeinsätzen der einzelnen Energieträger in Kleinf Feuerungsanlagen mit entsprechenden Emissionsfaktoren.

Für Berlin liegen verschiedene digitale Datenquellen vor, wobei einige der Daten kleinräumig differenziert auf Baublockebene vorliegen, andere nur in aggregierter Form (Postleitzahlbezirk). Die relevanten Datenquellen und verschiedene Möglichkeiten zur Ermittlung des Endenergieeinsatzes in Kleinf Feuerungsanlagen in Berlin werden im Folgenden erläutert.

Die letztendlich gewählte Berechnungsmethode hängt u.a. stark von der Datenverfügbarkeit ab.

4.1.1 Verfügbare Daten für Berlin

Zensus 2011

Es gab in Deutschland vor der Durchführung des Zensus 2011 keine aktuelle Statistik über den Gebäudebestand pro Kommune. Deshalb wurde im Rahmen des Zensus 2011 auch eine Gebäude- und Wohnungszählung als Vollerhebung durchgeführt. Damit konnten zuverlässige Informationen über den Wohnungsbestand in Deutschland und die Versorgung der Bevölkerung mit Wohnraum ermittelt werden.

Die Ergebnisse dieser Erhebung stehen zur Verfügung. Beim StatIT-BBB können die Ergebnisse für Berlin tabellarisch auf der Ebene der Bezirke abgerufen werden. Daten auf Baublockebene wurden von der Stadt Berlin zur Verfügung gestellt. Die folgenden Einzeldaten sind im Hinblick auf die Berechnung des Endenergieverbrauchs aus Feuerungsanlagen von Relevanz:

Gebäudedaten pro Block

- Anzahl der Gebäude gesamt
- Anzahl der Gebäude, differenziert nach Gebäudeart (Wohngebäude, sonstiges Gebäude mit Wohnraum, Wohnheim, bewohnte Unterkunft)
- Anzahl der Gebäude, differenziert nach Gebäudetyp (Freistehendes Ein- oder Mehrfamilienhaus, Doppelhaus (Ein- oder Mehrfamilienhaus), gereihtes Ein- oder Mehrfamilienhaus, anderer Gebäudetyp)
- Anzahl der Gebäude nach Baujahresgruppen
- Anzahl der Gebäude nach Heizungsart (Fernheizung (Fernwärme), Blockheizung, Zentralheizung, Etagenheizung, Einzel-/Mehrraumöfen, keine Heizung)
- Wohnungen insgesamt
- Räume insgesamt
- Wohnfläche insgesamt

Machbarkeitsstudie Klimaneutrales Berlin 2050

Eine weitere aktuelle Datenbasis, die für Berlin zur Verfügung steht, stellen die Daten aus der Machbarkeitsstudie Klimaneutrales Berlin /Berlin 2014 a/ dar. Einige dieser Daten wurden aus Daten des Zensus 2011 (siehe oben) abgeleitet. Die folgenden Einzeldaten liegen auf Baublockebene vor, wobei für Baublöcke, für die keine Zensusdaten vorlagen, Daten aus den vier nächstgelegenen Blöcken abgeleitet worden sind:

Gebäudedaten pro Block:

- Bruttogeschossfläche pro Block,
- Baujahresklasse, die im Block am häufigsten vorkommt,
- Heizart, die im Block am häufigsten vorkommt,
- Eigentumsform, die im Block am häufigsten vorkommt,
- Summe der Gebäudegrundfläche,

- Spezifischer Endenergieverbrauch ohne Solarthermie (für den Bestand 2010 und die Szenarien 2050 Referenz, 2050 Ziel 1 und 2050 Ziel 2); für den spezifischen Endenergieverbrauch liegt eine qualitative Bewertung nach den Klassen „sehr hoch, hoch, mittel, gering, kein“ vor.

Gebäudedaten pro Gebäude(-teil):

- Informationen zu den Gebäuden aus der ALK (Objektschlüssel, Geschossanzahl, Gebäudety, ...),
- Detaillierte Daten zu Gebäude(teil)-Flächen und Volumen,
- Blockschlüssel, Flächentyp und Stadtstrukturtyp des Blocks gemäß Informationssystem Stadt und Umwelt,
- Stadtraumtyp (Einteilung gemäß Machbarkeitsstudie),
- Informationen, ob das Gebäude oder Teile davon unter Denkmalschutz stehen,
- Kennzeichnung, ob das Gebäude sich für Photovoltaik oder Solarthermie eignet (Eignungsklassen 1–3) und Informationen zur geeigneten Fläche dafür.

Daten zur Gebäudenutzung

Des Weiteren wurden Daten zur Gebäudenutzung (Wohngebäude, gewerbliches Gebäude, unbeheiztes Gebäude) auf Gebäudeebene vom AG übergeben. Diese sind u.a. aus den Arbeiten der Machbarkeitsstudie abgeleitet worden.

Damit kann die Lage und der Anteil der nicht-Wohngebäude pro Baublock ermittelt werden.

Daten zu den Gas- und Fernwärme-versorgten Gebieten

Detaillierte Informationen zu den mit Fernwärme versorgten Gebieten liegen zum Stand 2007 aus der Machbarkeitsstudie vor.

Für die mit Gas versorgten Gebiete gibt es eine Aktualisierung auf 2011. Der Anteil mit Gas versorgter Fläche pro Baublock in Berlin 2011 ist in Bild 4.1 dargestellt.

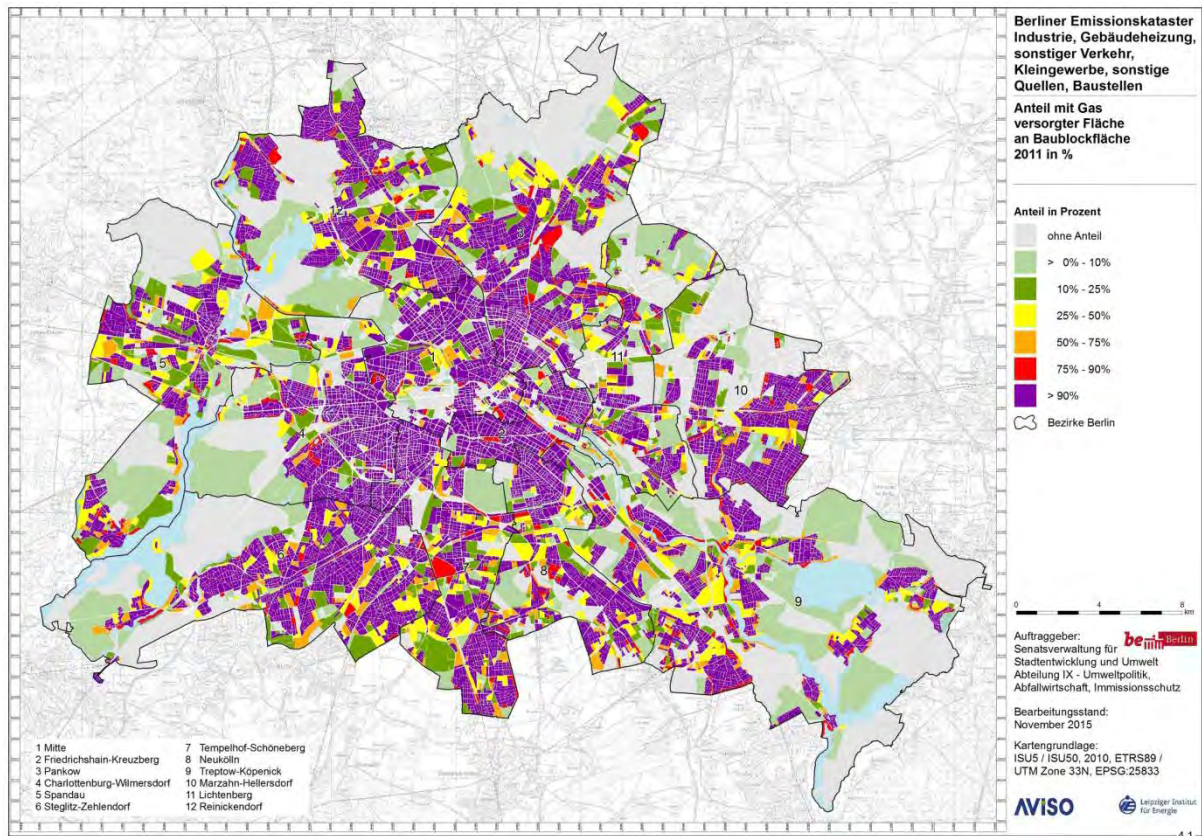


Bild 4.1: Anteil mit Gas versorgter Fläche an Baublockfläche 2011, Datenquelle: Berlin 2015

Schornsteinfegerdaten

Schornsteinfegerdaten für Berlin wurden von der Stadt Berlin übergeben. Diese Daten enthalten pro Postleitzahl (PLZ)-Bereich die Anzahl der Kamine für Festbrennstoff-, Heizöl- und Gasfeuerungen. Die Kamine der Festbrennstofffeuerungen sind zusätzlich differenziert nach der Anzahl Kehrunge pro Jahr.

Daten zum Absatz von Gas und Fernwärme

Daten zum Absatz von Gas und Fernwärme wurden soweit möglich von der Stadt Berlin übernommen.

Daten zum Absatz von Kohle und Öl

Die aktuell vorliegenden Daten zum Absatz von Kohle und Öl in Berlin wurden seitens der Stadt Berlin übergeben.

4.1.2 Methodik zur Berechnung des Endenergieverbrauchs

Die Berechnung der Emissionen aus Kleinf Feuerungsanlagen basiert im Wesentlichen auf Daten zum Endenergieeinsatz, differenziert nach Brennstoffen. Dieser kann nach drei unterschiedlichen Ansätzen bestimmt werden:

1. **Energiebilanz (top-down-Ansatz):** In der Energiebilanz für Berlin werden für alle Primärenergieträger (Gas, Öl, Kohle, Kernenergie, erneuerbare Energien) die Förderung im Land sowie die Exporte und Importe betrachtet.

Die Salden werden aufgeteilt in einen nicht-energetisch genutzten Anteil (z. B. von der Industrie), den im Energiesektor selbst verbrauchten Anteil sowie den Endenergieverbrauch. Letzterer wird weiter aufgeteilt auf verschiedene Verbrauchergruppen (Haushalte, Gewerbe, Industrie, Verkehr, ...) und für Haushalte weiter differenziert in Stromverbrauch und Wärmeeinsatz. Nach diesem Prinzip werden die Energiebilanzen der Bundesländer erstellt.

Wird der Endenergieverbrauch zur Gebäudeheizung ausgehend von der Energiebilanz berechnet, werden zur räumlichen Differenzierung Verteilparameter herangezogen, die lokale Unterschiede berücksichtigen.

Leitungsgebundene Energieträger wie Strom oder Gas können genau erfasst werden. Für Flüssiggas, Öl oder Festbrennstoffe sind die Unsicherheiten höher.

2. **Eigenschaften der Feuerungsanlagen (Schornsteinfegerdaten):** Hier ist das Vorgehen umgekehrt (**bottom-up**): Schornsteinfegerdaten können Informationen zur Anzahl der Feuerungsanlagen sowie zu Leistungsklasse oder Nennwärmeleistung, Anlagenart und dem eingesetzten Brennstoff enthalten. Wenn flächendeckend Schornsteinfegerdaten vorliegen, kann daraus unter Benutzung von Informationen zu den jährlichen Volllaststunden nach Anlagenart der Endenergieeinsatz in allen nicht genehmigungsbedürftigen Feuerungsanlagen, differenziert nach Brennstoffen, bestimmt werden.

3. **Gebäudeeigenschaften (Zensus 2011):** Auch hier ist das Vorgehen **bottom-up**. Zumindest für die Wohnungen kann auf die Zensusdaten 2011 zurückgegriffen werden. Aus Informationen zu Wohnfläche, Gebäudetyp und -alter sowie zu Leerstand und Heizungsart (Zentralheizung, Einzelraum, Fernwärme, ohne Heizung) kann unter Benutzung des jeweiligen spezifischen Heizwärmebedarfs der durch kamingebundene Energieträger gedeckte Heizwärmebedarf in Wohnungen bestimmt werden. Die Zensusdaten liegen auf der Ebene der (Teil-) Baublöcke vor und damit in einer sehr differenzierten räumlichen Auflösung, Angaben zum eingesetzten Brennstoff sind aber nicht enthalten.

In der Mikrozensus-Zusatzerhebung 2010 wurde auch die Energieart der Beheizung erfasst. Es gibt jedoch nur zu Gas und Öl durchgängig Daten, für die anderen Energieträger sind aufgrund dieser Erhebung keine belastbaren Angaben möglich. Die Differenzierung nach Brennstoffen muss daher aus anderen Quellen stammen.

Ebenso muss der Anteil des Sektors GHD (Gewerbe, Handel, Dienstleistungen) am Endenergieverbrauch zusätzlich berücksichtigt werden.

Für Berlin stehen, neben den Daten aus dem Zensus 2011 und der Machbarkeitsstudie, zusätzlich Schornsteinfegerdaten in einer räumlichen Auflösung von PLZ-Bezirken fast flächendeckend zur Verfügung. Dies sind Daten zur Anzahl der Kamine und die Häufigkeit der Kehrungen, differenziert nach Energieträgern. Daten z.B. zur installierten Leistung der einzelnen Anlagen, die einen direkten Rückschluss auf den Heizwärmebedarf zulassen, liegen nicht vor.

Es wurde daher für Berlin die Ermittlung des Endenergieverbrauchs in Kleinf Feuerungsanlagen nach allen drei Ansätzen durchgeführt.

Bei jedem dieser Ansätze ist es notwendig, fehlende Daten zur Berechnung des Endenergiebedarfs, differenziert nach Energieträgern, zu ergänzen. Hierzu wurden Daten aus den anderen für Berlin zur Verfügung stehenden Datenquellen und aus der Literatur verwendet. Zusätzlich wurden Erfahrungswerte aus vergleichbaren Projekten herangezogen.

Die Berechnung der Emissionen erfolgte dann auf Basis der kleinräumig ermittelten Endenergieverbrauchsdaten pro Energieträger.

Die Energiebilanz Berlin liegt für das Jahr 2012 vor. Der darin ausgewiesene Endenergieverbrauch in den Sektoren Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher wird in Kap. 4.2 dargestellt. Nach dem bottom-up-Ansatz wurde für Berlin der Endenergieverbrauch zur Gebäudeheizung auf Basis der Schornsteinfegerdaten ermittelt. Die Ergebnisse finden sich in Kap. 4.3. Die Berechnungen über die Zensusdaten sind in Kap. 4.4 erläutert. In Kap. 4.5 werden die Ergebnisse nach den drei Ansätzen verglichen.

4.2 Endenergieeinsatz aus der Energiebilanz Berlin (Ansatz 1)

In Tab. 4.1 ist der Endenergieverbrauch aus der Energiebilanz Berlin 2012 /Berlin 2015/ für die beiden Sektoren „Haushalte“ und „Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher“ ausgewiesen.

Es wird im Weiteren davon ausgegangen, dass der für diese beiden Sektoren ausgewiesene Endenergieverbrauch von Steinkohle, Braunkohle, Heizöl leicht, Erdgas und Biomasse in kamingebundenen Kleinfeuerungsanlagen erfolgt.

Tab. 4.1: Endenergieverbrauch in den Sektoren Haushalte und Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige nach der Energiebilanz Berlin 2012 (ohne Otto- und Diesel-Kraftstoffe und Bio-Treibstoffe) /Berlin 2015/

	Haushalte *	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher *	Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher
Endenergieverbrauch in Terajoule			
Steinkohle			2
Braunkohle Kohlen, Briketts und andere Produkte			462
Mineralöl(-produkte) Heizöl leicht			27.371
andere Mineralölprodukte			7
Flüssiggas			574
Erdgas	22.041	54.930	76.971
erneuerbare Energien			
Solarenergie			108
Biomasse	350		350
sonstige **			403
Strom	15.553	15.203	30.756
Wärme	39.333	660	39.993
Gesamt	77.277	70.793	176.997

** ohne Windkraft, Biokraftstoffe

* sofern für diese Merkmale darstellbar

4.3 Endenergieeinsatz Berlin, ermittelt auf der Basis von Schornsteinfegerdaten (Ansatz 2)

4.3.1 Datenlage

Die Schornsteinfegerdaten für Berlin enthalten die Anzahl der Kamine für Festbrennstoff-, Heizöl- und Gasfeuerungen, summiert über die Postleitzahl (PLZ)-Bereiche. Die Kamine der Festbrennstofffeuerungen sind zusätzlich differenziert nach der Anzahl Kehrungen pro Jahr. In Tab. 4.2 ist ein Ausschnitt dieser Daten dargestellt. Insgesamt sind 451.742 Kamine in den Daten erfasst.

Tab. 4.2: Schornsteinfegerdaten Berlin (Ausschnitt)

PLZ	Anzahl der Schornsteine von Festbrennstofffeuerungsanlagen mit pro Jahr				Anzahl der Schornsteine von Heizölfeuerungsanlagen	Anzahl der Schornsteine von Gasfeuerungsanlagen
	1 Kehrung	2 Kehrungen	3 Kehrungen	4 Kehrungen		
10115	243	33	112	-	4	2.339
10117	89	44	47	1	-	453
10119	270	34	176	-	2	2.113
10178	135	8	173	8	-	538
10179	24	5	111	2	-	293
10243	152	14	179	4	7	1.235
10245	245	52	197	-	31	3.499
10247	270	34	118	-	9	3.322
10249	188	43	123	-	2	2.317
10315	44	18	36	-	14	828
10317	248	64	113	5	6	1.676
10318	483	57	95	-	49	2.697
10319	6	-	13	-	6	115
10365	73	35	47	1	46	1.131
10367	35	-	110	2	8	470
10369	24	-	-	-	-	13
10405	453	5	183	-	8	3.591
10407	387	6	115	-	3	2.461
10409	2	-	95	2	2	272
10434	12	-	11	-	-	27
10435	185	30	107	-	-	2.468
10437	166	33	114	-	-	3.439
10439	340	38	141	-	4	5.388
10533	-	-	-	-	-	18
10551	410	39	185	8	57	1.413
...
gesamt	64.362	4.883	19.130	385	70.134	292.848

Für neun Kehrbezirke liegen keine Daten vor. Für diese Kehrbezirke sind jeweils PLZ-Bereiche angegeben, die in diese Kehrbezirke hineinreichen. Diese PLZ-Bereichen werden über die Daten aus anderen Kehrbezirken teilweise abgedeckt.

Für einige PLZ-Bereiche, in denen keine Kehrbezirke fehlen, sind auffallend wenige Schornsteine ausgewiesen, einige sind beispielhaft in Tab. 4.2 hellblau hinterlegt. Möglicherweise ist hier der Anteil der Versorgung mit Fernwärme besonders hoch oder es handelt sich um Industriegebiete. Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass die Schornsteinfegerdaten auch über die fehlenden Kehrbezirke hinaus unvollständig sind.

4.3.2 Telefonbefragung

Die Schornsteinfegerdaten enthalten differenziert nach PLZ-Bereichen Informationen zu

- Anzahl Schornsteine differenziert nach Brennstoff (Gas, Öl, Festbrennstoff) und
- Kehrhäufigkeit (für Festbrennstoffe).

Zur Klärung folgender Fragen wurde eine zusätzliche Telefonbefragung von Schornsteinfegern durchgeführt:

- Wie teilen sich die Feuerungsanlagen für Festbrennstoffe auf kohlestämmige Brennstoffe und Holz auf?
- Wie häufig kommt es vor, dass pro Schornstein mehrere Feuerungsanlagen vorhanden sind (Mehrfachbelegung)?
- Gibt es bei der Mehrfachbelegung Unterschiede zwischen den Energieträgern (Gas, Öl und Festbrennstoffe)?

Mehrfachbelegung von Schornsteinen ist zulässig bei Öfen (Einzelraumfeuerstätten und Etagenheizungen), nicht jedoch bei Zentralheizungen und offenen Kaminen. Bei Festbrennstoffen sind bis zu drei Anlagen pro Schornstein zugelassen. Typischerweise kommt es zu Mehrfachbelegungen, wenn ältere Häuser nachträglich mit Etagenheizungen ausgerüstet werden, für die keine eigenen Kamine vorhanden sind.

In folgenden Stadtbezirken wurden Schornsteinfegermeister kontaktiert:

- Mitte
- Friedrichshain-Kreuzberg
- Steglitz-Zehlendorf
- Tempelhof-Schöneberg
- Neukölln
- Reinickendorf

Mit Ausnahme von Friedrichshain-Kreuzberg, wo nur ein Schornsteinfeger erreicht werden konnte, der bereit war, telefonisch Auskünfte zu erteilen, wurden pro Bezirk mindestens zwei Schornsteinfeger befragt. In Tempelhof-Schöneberg wurden drei Schornsteinfeger befragt, einer aus Schöneberg, zwei aus Tempelhof.

Die Angaben der Schornsteinfeger waren zumeist qualitativ („überwiegend Kohle“, „eher Holz“), seltener wurden Zahlen genannt. In zwei unabhängigen Telefonaten wurde der Wert von 30 % Mehrfachbelegung in Berlin Mitte genannt, in den Randbezirken kommt dies seltener vor. Alle befragten Schornsteinfeger stimmten darin überein, dass Mehrfachbelegung etwa gleich häufig bei Gas und bei Festbrennstoffen vorkommt, bei Öl, das überwiegend in Zentralheizungen eingesetzt wird, jedoch vernachlässigbar ist.

Für „überwiegend“ wurde im Folgenden ein Wert von 80 % angesetzt. Die Ergebnisse wurden auf die restlichen Stadtbezirke extrapoliert, dabei wurden Ähnlichkeiten hinsichtlich

- der Lage,
- des mittleren Gebäudealters und
- der mittleren Geschosshöhe

berücksichtigt. Die unter diesen Annahmen abgeleiteten Ergebnisse der Telefonbefragung sind in Tab. 4.3 ausgewiesen.

Tab. 4.3: Ergebnisse der Telefonbefragung der Schornsteinfeger (fett gedruckte Bezirke) und Ergänzung für ähnliche Bezirke

Stadtbezirk	Anteil Kohle an Festbrennstoffen	Anteil Mehrfachbelegung bei Gas und Festbrennstoffen
1 Mitte	80%	30%
2 Friedrichshain-Kreuzberg	80%	15%
3 Pankow	20%	5%
4 Charlottenburg-Wilmersdorf	50%	5%
5 Spandau	15%	5%
6 Steglitz-Zehlendorf	20%	5%
7 Tempelhof-Schöneberg	20%	15%
8 Neukölln	60%	5%
9 Treptow-Köpenick	15%	5%
10 Marzahn-Hellersdorf	20%	5%
11 Lichtenberg	20%	5%
12 Reinickendorf	15%	5%

Weiterhin wurde angenommen, dass zu mehrfach belegten Schornsteinen im Mittel jeweils drei Feuerungsanlagen gehören.

4.3.3 Anlageneigenschaften

Die Schornsteinfegerdaten für Berlin enthalten die Anzahl an Schornsteinen für Öl-, Gas- und Festbrennstofffeuerungsanlagen. Bei den Festbrennstoffen werden zusätzlich noch die jeweiligen Kehrhäufigkeiten unterschieden. Es sind jedoch keine Informationen über die Leistung der zugehörigen Anlagen vorhanden.

Demnach kann zwar die Anzahl der Kleinfeuerungsanlagen, differenziert nach Gas, Öl und Festbrennstoffen, aus diesen Daten abgeleitet werden, um aber den Endenergieeinsatz zu ermitteln, werden zusätzlich Angaben zur installierten Leistung und zu den Betriebsstunden im Jahr benötigt.

Zur Abschätzung dieser Werte wurde auf Erfahrungswerte aus bereits durchgeführten Auswertungen von Schornsteinfegerdaten zurückgegriffen, die in unterschiedlichen Detaillierungsgraden zur Verfügung standen. Daraus abgeleitet wurden folgende Informationen:

- Die Anteile von Einzelraumfeuerstätten und Zentralheizungen (Einzelraumfeuerstätten werden im Mittel nur halb so viele Stunden im Jahr betrieben wie Zentralheizungen, daher ist es wichtig die Einzelraum- und Zentralheizungen zu differenzieren)
- Die mittlere Nennwärmeleistung einer Einzelraumfeuerstätte bzw. einer Zentralheizung, differenziert nach Brennstoff

Die Verteilung der Anlagen auf Einzelraumfeuerstätten und Zentralheizungen, abgeleitet aus den Auswertungen von Schornsteinfegerdaten für vier verschiedene Gebiete, ist in Bild 4.2 dargestellt. Ebenfalls dargestellt ist der daraus abgeleitete gewichtete Mittelwert, wobei die Daten von Auswertung 1, bei denen die Einzelraumfeuerstätten Öl und Gas nicht gesondert ausgewiesen waren, nicht berücksichtigt wurden.

Insgesamt zeigt sich, dass der Anteil von Einzelraumfeuerstätten bei Öl- und Gasfeuerungen ziemlich klein ist (<10 %), dagegen bei den Festbrennstofffeuerungen im Mittel bei fast 90 % liegt.

Für Berlin werden jeweils die Mittelwerte aus den vorhandenen Daten verwendet.

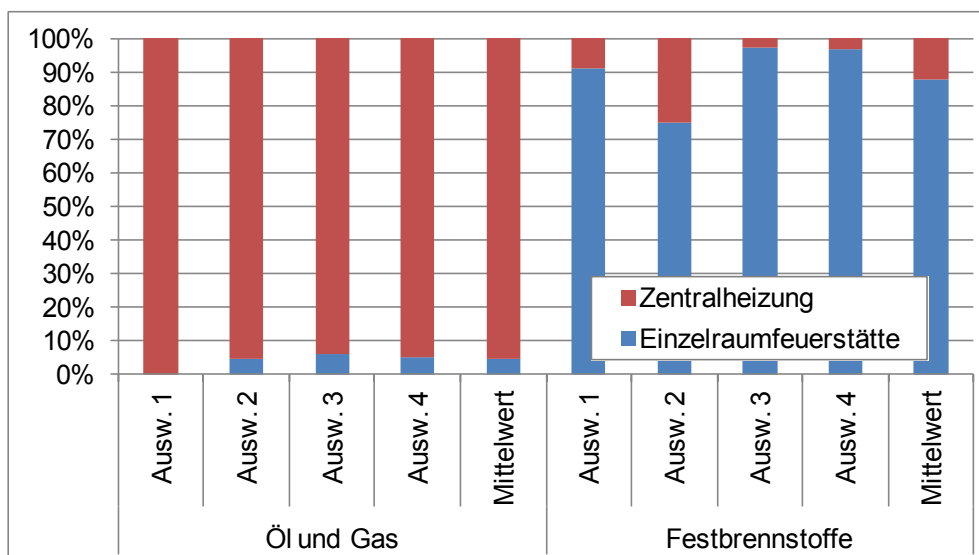


Bild 4.2: Anteile von Zentralheizungen und Einzelraumfeuerstätten nach Brennstoffen, gemäß Auswertungen von Schornsteinfegerdaten für vier verschiedene Gebiete

In Bild 4.3 sind die mittleren Nennwärmeleistungen nach Anlagentyp und Brennstoff aus den vier Auswertungen von Schornsteinfegerdaten sowie der sich daraus ergebende gewichtete Mittelwert dargestellt.

Es ist deutlich zu erkennen, dass Zentralheizungen überall größer ausgelegt sind als Einzelraumfeuerstätten.

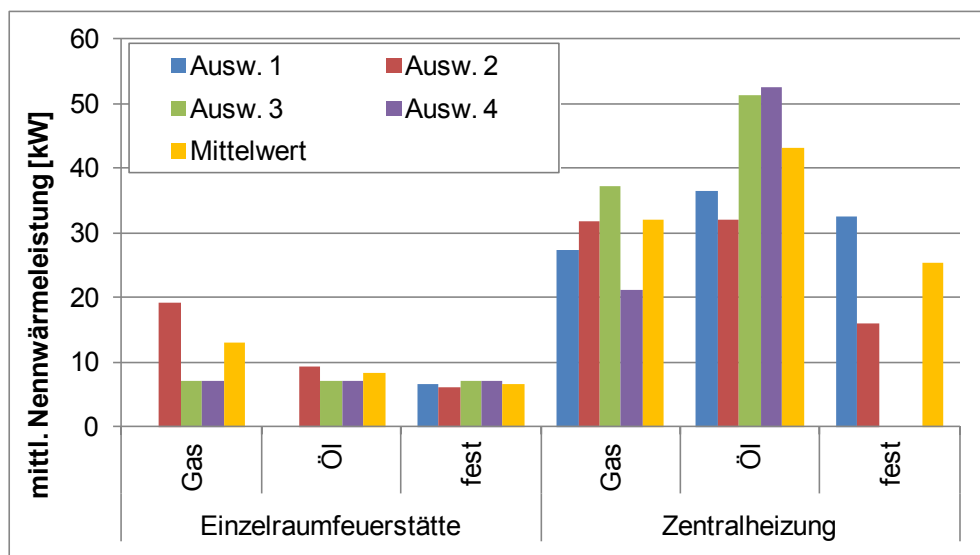


Bild 4.3: Mittlere Nennwärmeleistung nach Anlagentyp und Brennstoff, gemäß Auswertungen von Schornsteinfegerdaten für vier verschiedene Gebiete

4.3.4 Jährliche Volllaststunden

Zur Bestimmung des Endenergieeinsatzes in Kleinfeuerungsanlagen wird, differenziert nach Energieträger, neben der Anlagengröße (installierte Nennwärmeleistung) auch die mittlere Betriebsdauer der Anlagen (jährliche Volllaststunden) benötigt.

Die jährlichen Volllaststunden in Abhängigkeit von der mittleren Nennwärmeleistung der entsprechenden Feuerungsanlagen können einer Untersuchung von Strukscha et al. /UBA 2008/ entnommen werden, sie sind in Tab. 4.4 ausgewiesen.

Tab. 4.4: Feuerungsanlagen: mittlere Nennwärmeleistung und jährliche Volllaststunden nach Struschka et al.; /UBA 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

Auch diekehrhäufigkeiten von Kleinf Feuerungsanlagen für Festbrennstoffe enthalten Informationen über die Betriebsdauer, sie sind in Anlage 1 derkehr- und Überprüfungsordnung geregelt:

- Einmal jährlich zukehr sind
 - gelegentlich benutzte Feuerstätten und Räucheranlagen sowie
 - nach § 15 1. BImSchV wiederkehrend zu überwachende Feuerstätten mit Einrichtungen zur Sicherstellung der Verbrennungsgüte.

- Zweimal jährlich zu kehren sind
 - Feuerstätten zur Verbrennung von Holzpellets (Brennstoffe nach § 3 Absatz 1 Nummer 5a 1. BImSchV) und erkennbar rückstandsarmer Verbrennung,
 - Blockheizkraftwerke,
 - nach § 15 1. BImSchV wiederkehrend zu überwachende Feuerstätten,
 - mehr als gelegentlich, aber nicht regelmäßig benutzte Feuerstätten und Räucheranlagen.
- Dreimal jährlich zu kehren sind
 - regelmäßig in der üblichen Heizperiode benutzte Feuerstätten.
- Viermal jährlich zu kehren sind
 - ganzjährig regelmäßig benutzte Feuerstätten und Räucheranlagen.

Die Kkehrhäufigkeiten sagen also nur bedingt etwas über die Betriebshäufigkeit aus, und zwar in Kombination mit der Verbrennungsgüte: „Mehr als gelegentlich, aber nicht regelmäßig benutzte Feuerstätten“ z.B. sind seltener in Betrieb als „wiederkehrend zu überwachende Feuerstätten mit Einrichtungen zur Sicherstellung der Verbrennungsgüte“, auch wenn sie häufiger gekehrt werden. Im Rahmen der vorliegenden Auswertung werden pauschal 4 Fälle unterschieden:

1. Einzelraumfeuerstätten, 1 Kehrung:
Es werden nach Tab. 4.4 350 jährliche Volllaststunden angesetzt.
2. Einzelraumfeuerstätten, > 1 Kehrung:
Es werden nach Tab. 4.4 596 jährliche Volllaststunden angesetzt.
3. Zentralheizungen, < 4 Kehrungen:
Es wird der Mittelwert der Volllaststunden bei Zentralheizungen für Festbrennstoffe nach Tab. 4.4 angesetzt (959 Stunden).
4. Zentralheizungen, 4 Kehrungen:
Bei diesen Anlagen wird es sich i.d.R. nicht um Zentralheizungen handeln, sondern um Kleinf Feuerungsanlagen im Bereich GHD, wie z.B. Räuchereien oder Backöfen. Hinsichtlich ihrer Nennwärmeleistung entsprechen sie jedoch eher den Zentralheizungen, deshalb sind sie hier eingeordnet. Es wird die doppelte Anzahl Volllaststunden wie unter 3. angesetzt (1919 Stunden). Dies entspricht bei im Mittel 250 Arbeitstagen im Jahr und einer 38,5-Stundenwoche auch in etwa den Arbeitsstunden (1925).

4.3.5 Endenergieeinsatz

Zur Bestimmung des Endenergieeinsatzes (EEE) in Kleinf Feuerungsanlagen in Berlin auf Basis der Schornsteinfegerdaten wurden zunächst die installierte Leistung der Anlagen und die zugehörigen Volllaststunden nach Anlagenart und Energieträger bestimmt. Der EEE ergibt sich als Produkt beider Größen.

Die installierte Nennwärmeleistung der Feuerungsanlagen in Berlin wurde wie folgt bestimmt:

- Die Anzahl der Schornsteine wurde für alle Brennstoffarten jeweils nach dem Mittelwert aus Bild 4.2 auf Einzelraumfeuerstätten und Zentralheizungen aufgeteilt.
- Die Anzahl der Schornsteine von Festbrennstoffanlagen wurde weiter unterteilt in die im vorherigen Abschnitt beschriebenen vier Gruppen (Einzelraum mit jeweils 1 oder >1 Kehrungen, Zentralheizung mit jeweils <4 oder 4 Kehrungen).
- Die Anlagenzahl nach Anlagenart (Einzelraum bzw. Zentralheizung) und Brennstoff (Gas, Öl, fest) wurde jeweils mit der mittleren Nennleistung nach Bild 4.3 multipliziert; bei Festbrennstoffanlagen wurde dabei jeweils die Anzahl Kehrungen berücksichtigt.

Zur Berechnung des Endenergieeinsatzes (EEE) wird die Nennwärmeleistung mit den entsprechenden jährlichen Volllaststunden nach Tab. 4.4 multipliziert.

Diese Volllaststunden beziehen sich auf bundesmittlere Verhältnisse und das Jahr 2005. Mit Hilfe der in Tab. 4.5 angegebenen Gradtagszahlen des Deutschen Wetterdienstes /IWU 2013/ wurden diese an Berliner Verhältnisse und das Jahr 2012 angepasst.

Tab. 4.5: Gradtagszahlen DWD, Berechnung nach VDI 3807, Heizgrenztemperatur: 15°C, Innentemperatur: 20°C (Empfehlung für Bestandsgebäude); /IWU 2013/

Gradtagszahl Deutschland ges, 2005	3773
Gradtagszahl Berlin Tempelhof, 2012	3452
Skalierungsfaktor	0,915

Die so berechneten Endenergieeinsätze (EEE) in kamingebundenen Feuerungsanlagen sind in Tab. 4.6 ausgewiesen, dargestellt sind ein Ausschnitt der PLZ-Bereiche sowie die Gesamtsumme. Der Endenergieeinsatz, der über Gasfeuerungen gedeckt wird, dominiert deutlich mit einem Anteil von 73 % am gesamten Endenergieeinsatz.

Wie in Tab. 4.2 sind einige PLZ, in denen der EEE extrem niedrig erscheint, hellblau hinterlegt. Mögliche Gründe dafür sind, wie oben beschrieben, ein hoher Anteil an Fernwärme in diesem Bereich, ein kleiner Anteil an durch Kleinfeuerungsanlagen beheizten Gebäuden (Industriegebiet, Park) oder unvollständige Schornsteinfegerdaten.

Tab. 4.6: Endenergieeinsatz (EEE) in Kleinf Feuerungsanlagen in Berlin nach Auswertungen der Schornsteinfegerdaten (Ausschnitt)

PLZ	Öl	Gas	Kohle	Holz	Pellets	Summe
	EEE [MWh/a]					
10115	150	122.207	2.763	609	82	125.811
10117	-	23.668	1.447	319	43	25.477
10119	75	110.399	3.574	788	106	114.942
10178	-	28.109	2.924	645	86	31.764
10179	-	15.309	1.410	311	42	17.071
10243	263	49.243	2.259	498	67	52.330
10245	1.166	139.516	2.935	647	87	144.351
10247	339	105.053	450	1.588	213	107.644
10249	75	73.272	407	1.437	193	75.384
10315	527	26.184	119	420	56	27.306
10317	226	53.001	505	1.783	239	55.754
10318	1.843	85.289	618	2.181	292	90.224
10319	226	3.637	25	88	12	3.988
10365	1.730	35.766	192	678	91	38.458
10367	301	14.863	213	750	101	16.227
10369	-	411	7	25	3	446
10405	301	113.560	651	2.296	308	117.116
10407	113	77.826	494	1.743	234	80.410
10409	75	8.602	163	576	77	9.493
10434	-	1.411	176	39	5	1.631
10435	-	128.947	2.378	524	70	131.919
10437	-	108.753	360	1.271	170	110.555
10439	150	170.388	548	1.932	259	173.277
10533	-	569	-	-	-	569
10551	2.144	73.826	4.802	1.059	142	81.972
...
gesamt	2.638.404	10.366.763	210.127	252.498	33.844	13.501.637

Zusätzlich zeigen Bild 4.4 bis Bild 4.8 die räumliche Verteilung des auf Basis der Schornsteinfegerdaten ermittelten Endenergieeinsatzes in Kleinf Feuerungsanlagen, sowohl gesamt als auch einzeln für die Energieträger Öl, Gas und Festbrennstoffe. Es sind die Endenergieeinsatz-Dichten in $\text{MWh}/(\text{a} \cdot \text{km}^2)$ dargestellt.

Bei der Zuordnung der PLZ-Bereiche aus der Schornsteinfegerdatei zu den PLZ-Schlüsseln im GIS zeigte es sich, dass in der Schornsteinfegerdatei 17 PLZ-Schlüssel vorkommen, die in es in der GIS Datei nicht gibt. Dies betrifft aber nur einen vernachlässigbar kleinen Anteil der Schornsteine von 0,03 %. Außerdem zeigte es sich, dass es zwei PLZ-Bereiche im GIS

gibt, für die keine Schornsteinfegerdaten vorliegen. Es sind die zwei in Bild 4.4 grau eingefärbten PLZ-Bereiche.

Wie Bild 4.4 zeigt, finden sich im Randbereich von Berlin eher niedrigere Endenergieeinsatzdichten, während im zentralen Bereich die höheren Werte überwiegen.

Etwas anders stellt sich die Lage bei Betrachtung der Verteilung der Endenergieeinsatzdichten für die einzelnen Energieträger Gas (Bild 4.5), Öl (Bild 4.6) und Festbrennstoffe (Bild 4.7 und Bild 4.8) dar. Während sowohl für Gas als auch für die Festbrennstoffe die höheren Werte eher im zentralen Bereich auftreten, finden sich die höchsten Endenergieeinsatzdichten für Ölfeuerungen in den Randbezirken.

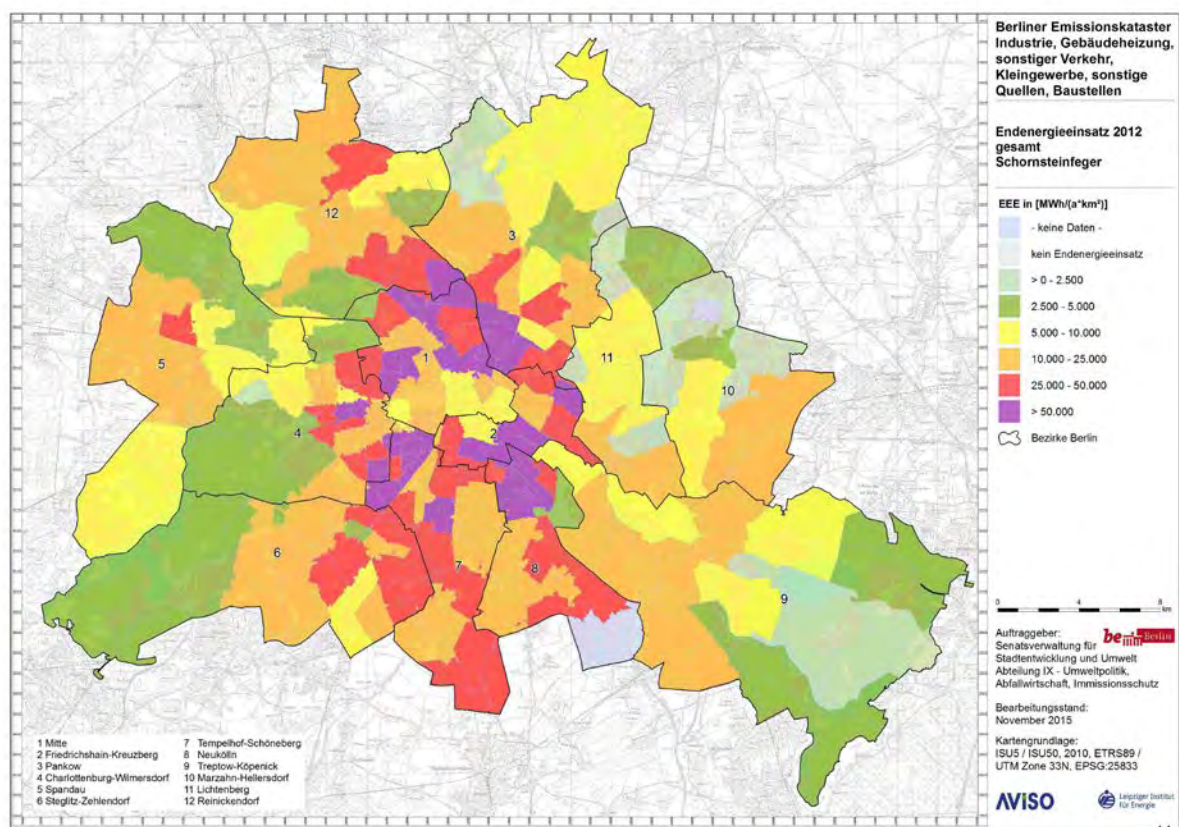


Bild 4.4: Räumliche Verteilung des Endenergieeinsatzes in $\text{MWh}/(\text{a} \cdot \text{km}^2)$ in Kleinfeuerungsanlagen in Berlin, ermittelt auf Basis der Schornsteinfegerdaten (Ansatz 2), gesamt

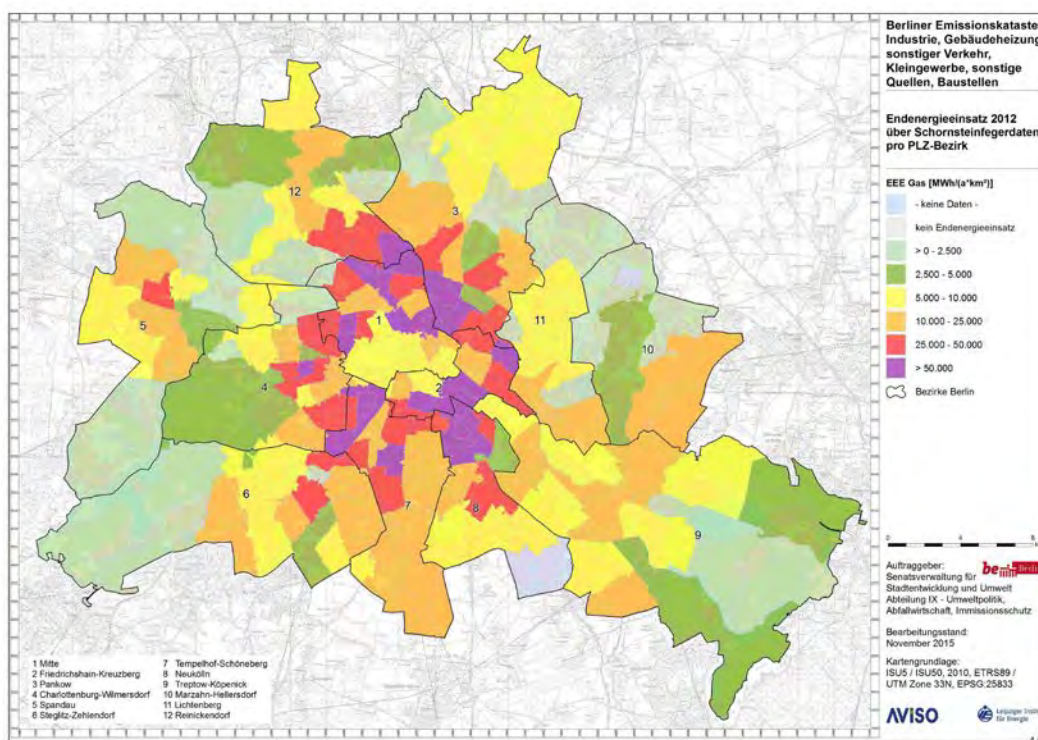


Bild 4.5: Räumliche Verteilung des Endenergieeinsatzes in $MWh/(a \cdot km^2)$ in Kleinfeuerungsanlagen in Berlin, ermittelt auf Basis der Schornsteinfegerdaten (Ansatz 2), Energieträger Gas

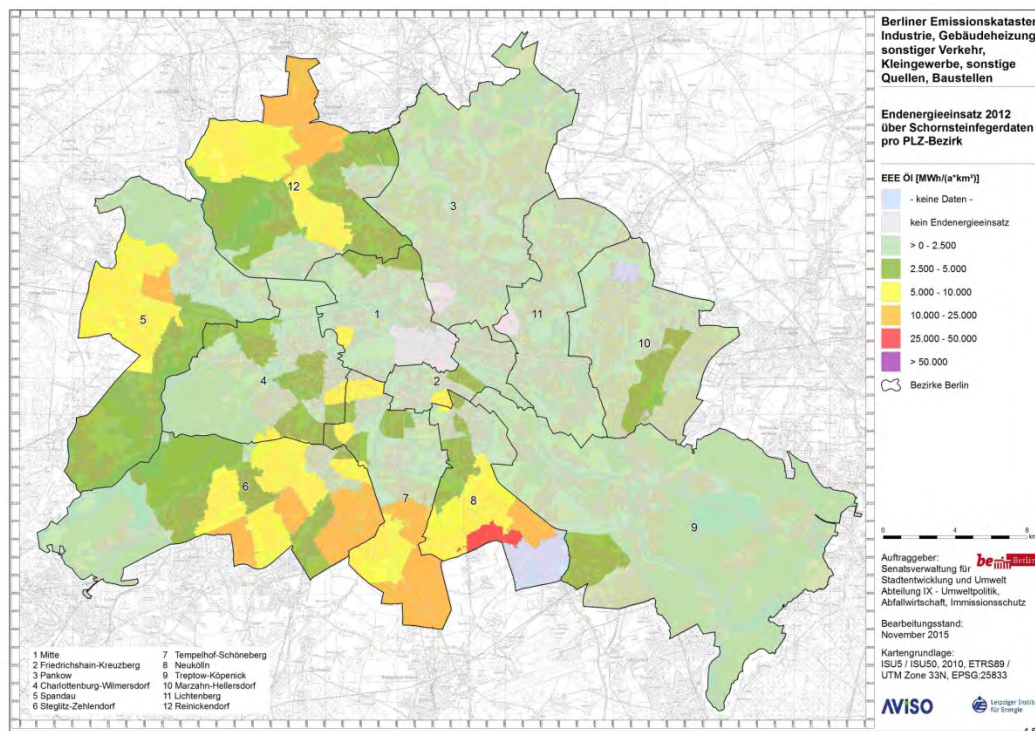


Bild 4.6: Räumliche Verteilung des Endenergieeinsatzes in $MWh/(a \cdot km^2)$ in Kleinfeuerungsanlagen in Berlin, ermittelt auf Basis der Schornsteinfegerdaten (Ansatz 2), Energieträger Öl

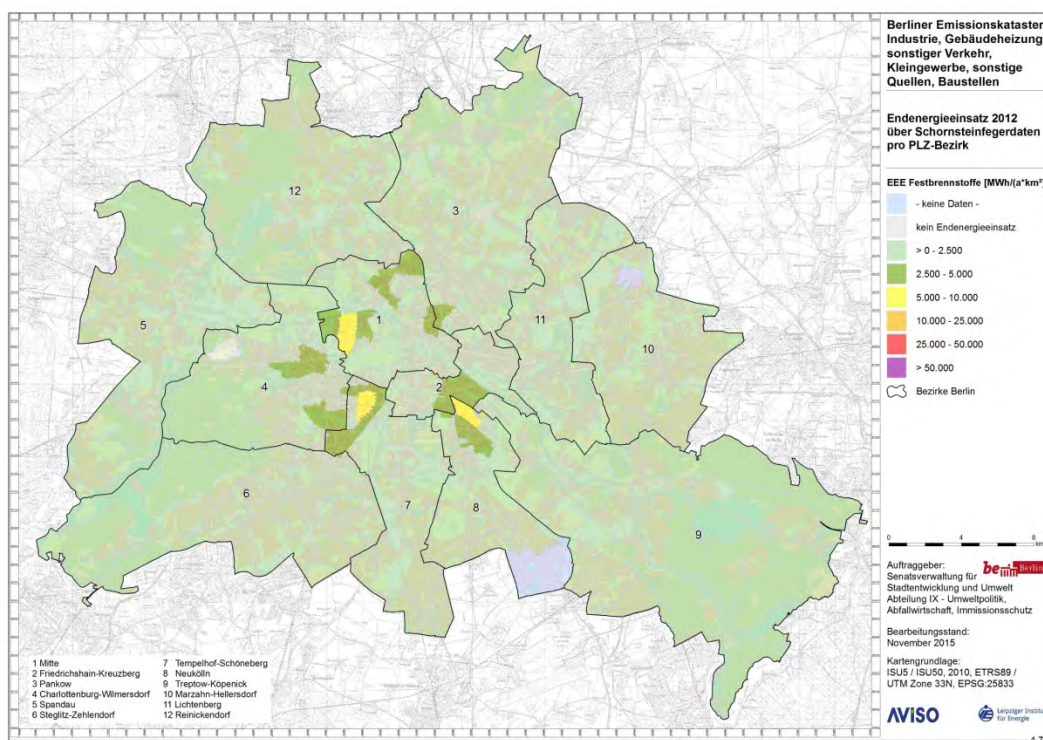


Bild 4.7: Räumliche Verteilung des Endenergieeinsatzes in MWh/(a*km²) in Kleinfeuerungsanlagen in Berlin, ermittelt auf Basis der Schornsteinfederdaten (Ansatz 2), Energieträger Festbrennstoffe (Skalierung wie in vorigen Darstellungen)

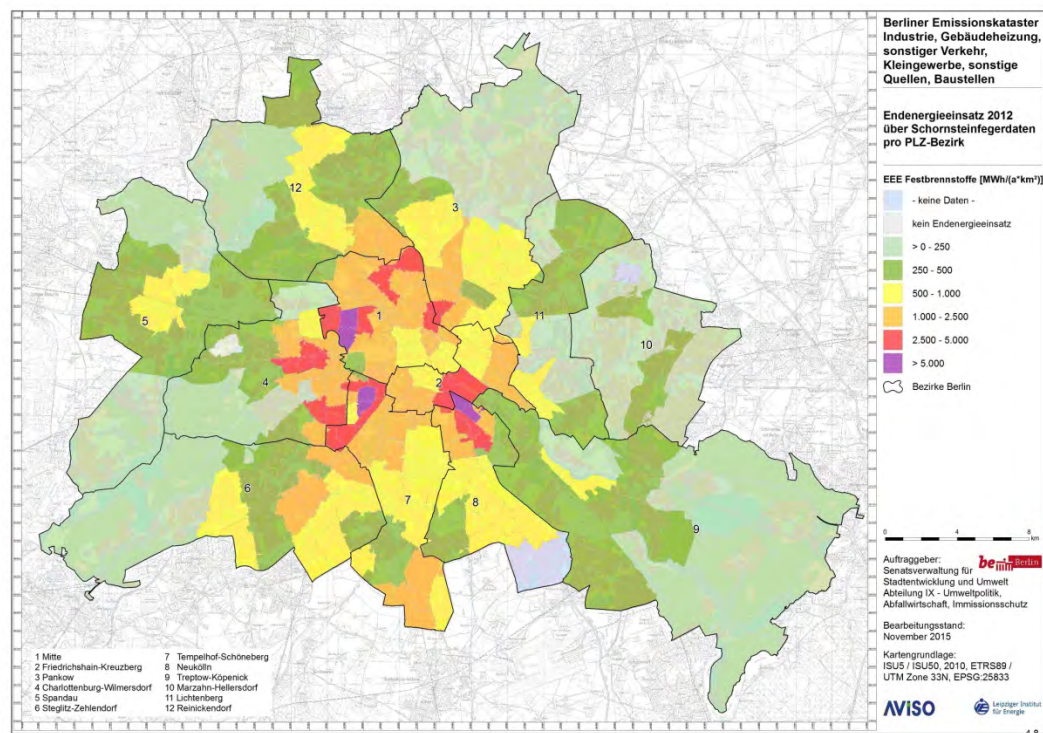


Bild 4.8: Räumliche Verteilung des Endenergieeinsatzes in MWh/(a*km²) in Kleinfeuerungsanlagen in Berlin, ermittelt auf Basis der Schornsteinfederdaten (Ansatz 2), Energieträger Festbrennstoffe (modifizierte Skalierung)

4.4 Endenergieeinsatz Berlin, ermittelt auf der Basis von Gebäudeeigenschaften (Ansatz 3)

Im Folgenden wird als ein weiterer Ermittlungsansatz der Endenergieeinsatz in Kleinfeuerungsanlagen in Wohngebäuden sowie im Bereich GHD (Gewerbe, Handel, Dienstleistungen) mittels der Eigenschaften der Gebäude bestimmt. Dazu wird zunächst der Heizwärmebedarf der entsprechenden Gebäude sowie der zugehörige Wärmebedarf zur Bereitung von Warmwasser bestimmt. Von diesem wird der durch Fernwärme, Elektroheizungen, Solarthermie oder Umweltwärme gedeckte Wärmebedarf abgezogen. Der Rest wird lokal durch Kleinfeuerungsanlagen bereitgestellt und entspricht dem Endenergieeinsatz in diesen Anlagen.

Der Heizwärmebedarf eines Gebäudes ergibt sich als Produkt der beheizten Gebäudefläche und des spezifischen Heizwärmebedarfs.

4.4.1 Spezifischer Heizwärmebedarf

Die Machbarkeitsstudie Klimaneutrales Berlin enthält qualitative Stufen für den spezifischen Heizwärmebedarf auf Baublock-Ebene („niedrig“, „mittel“, „hoch“, „sehr hoch“). Hier werden jedoch quantitative Werte benötigt, daher wird auf weitere Literatur zurückgegriffen.

Die Bestimmung des spezifischen Heizwärmebedarfs kann entweder über die Art der Gebäude und die verwendeten Materialeigenschaften über ein Gebäudemodell berechnet oder durch die Auswertung möglichst vieler Heizabrechnungen bestimmt werden.

Der erste Ansatz wurde in /ZUB 2009/ verfolgt, es kam das Gebäudemodell IKARUS der Universität Bremen zum Einsatz. Der zweite Ansatz liegt dem ista-IWH-Energieeffizienzindex zugrunde, der in Kooperation zwischen dem Energiedienstleister ista Deutschland GmbH und dem Institut für Wirtschaftsforschung Halle (IWH) erarbeitet wird. Dieser Index wird jährlich aktualisiert, inzwischen liegen ihm tatsächliche Verbrauchswerte von rund 300.000 Gebäuden bzw. 3 Millionen Wohnungen in Deutschland zugrunde. Implizit steckt in den von Baujahr und Gebäudetyp abhängigen Daten auch der Modernisierungsgrad der Gebäude: Es zeigt sich, dass die spezifischen Verbrauchswerte in den neuen Bundesländern, wo in den 1990er Jahren viele Modernisierungsmaßnahmen durchgeführt wurden, niedriger liegen als in den alten Bundesländern /IWH 2009/. Die Daten sind frei verfügbar⁶.

Ein Vergleich beider Ansätze zeigt, dass bei der Berechnung des Heizwärmebedarfs über Gebäudemodelle tendenziell der Wärmebedarf von Bestandsgebäuden überschätzt wird /IWH 2010/. Als Grund wird angegeben, dass in Altbauten häufig nicht alle Räume beheizt werden.

⁶ <http://www.iwh-halle.de/projects/2010/ista/d/start.asp>

Wo vorhanden, wird der spezifische Heizwärmebedarf für Berlin dem ista-IWH-Energieeffizienzindex entnommen, dabei wurde der höhere Modernisierungsgrad der neuen Bundesländer zugrunde gelegt. Die Werte nach ista-IWH sind jedoch hinsichtlich Baujahr und Gebäudetyp weniger differenziert als die Angaben nach /ZUB 2009/. Wo keine Daten vorhanden sind, werden die Werte nach /ZUB 2009/ übernommen und mit einem aus den ista-IWH-Daten abgeleiteten Faktor skaliert. Die hier verwendeten Werte für den spezifischen Heizwärmebedarf sind in Bild 4.9 dargestellt. Mit zunehmendem Baujahr zeigt sich ein deutlicher Rückgang des spezifischen Heizwärmebedarfs für alle Gebäudetypen.

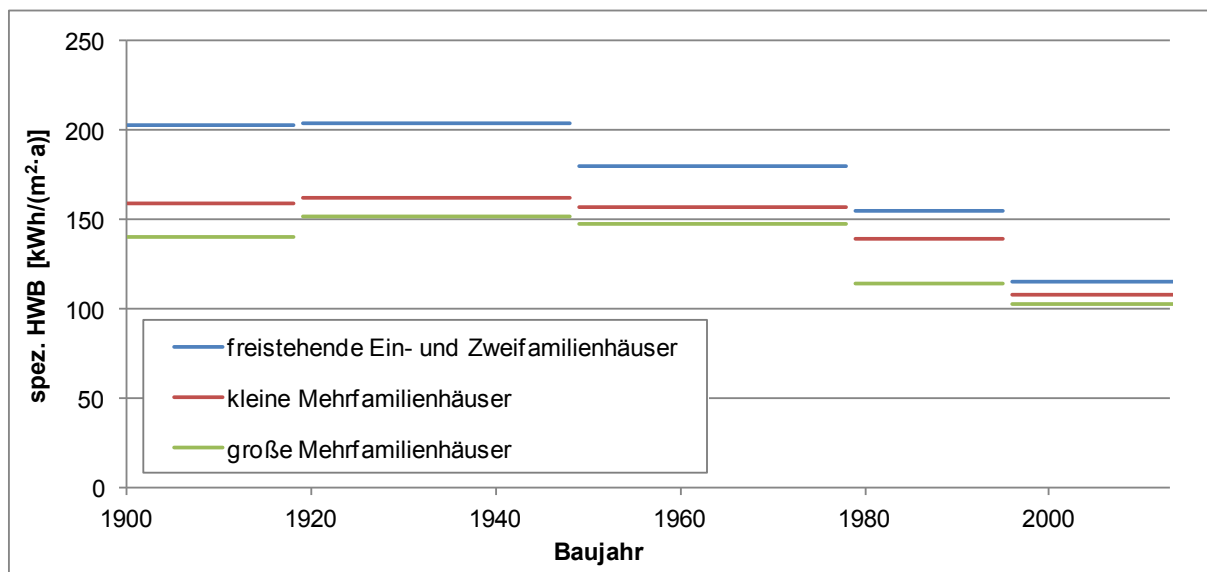


Bild 4.9: Spezifischer Heizwärmebedarf nach Baujahr und Gebäudetyp

Zur Ableitung des spezifischen Heizwärmebedarfs für jeden Baublock wurden Angaben zu Baujahr und Gebäudetyp pro Baublock benötigt. Die Machbarkeitsstudie Klimaneutrales Berlin enthält pro Baublock Informationen über Baujahr, Geschossfläche und Grundfläche. Aus den letzteren beiden Größen wird hier der Gebäudetyp abgeleitet:

- Verhältnis Geschossfläche/Grundfläche < 3 und Verhältnis Grundfläche/Blockfläche < 0,33: freistehendes Ein- und Zweifamilienhaus
- Sonst: Verhältnis Geschossfläche/Grundfläche < 7: kleines Mehrfamilienhaus
- Sonst: großes Mehrfamilienhaus

Als Ergebnis konnte pro Baublock auf Basis von Baujahr und zugewiesenem Gebäudetyp eine Abschätzung des spezifischen Heizwärmebedarfs in kWh/(m²·a) durchgeführt werden.

Der spezifische Warmwasser-Wärmebedarf wird nach DIN4107-10 pauschal mit 12,5 kWh/(m²·a) angesetzt.

4.4.2 Endenergieeinsatz

Durch Multiplikation des spezifischen Heizwärmebedarfs (vergl. Abschnitt 4.4.1) mit den beheizten Gebäudeflächen pro Baublock (Bruttogeschossflächen beheizter Gebäude, Quelle: Machbarkeitsstudie Klimaneutrales Berlin) ergab sich der Heizwärmebedarf pro Baublock. Der durch Fernwärme beheizte Anteil wurde ebenfalls der Machbarkeitsstudie entnommen und subtrahiert, übrig blieb der lokal zu deckende Heizwärmebedarf pro Baublock.

Anzumerken ist, dass in der Machbarkeitsstudie die beheizten Flächen von Baublöcken, die nicht nur aus reiner Wohnbebauung bestehen (und daher nicht aus den Zensus-Daten übernommen werden konnten) aus Informationen über die benachbarten Blöcke abgeleitet worden sind. Es wurden in der Machbarkeitsstudie dabei nur solche Blöcke als bebaute Mischblöcke dargestellt, für die der Anteil der Bruttogeschossfläche an der Blockfläche größer als 5 % ist. Nur diese Mischblöcke wurden entsprechend auch für die hier vorliegende Untersuchung berücksichtigt.

Im Ergebnis lag pro Baublock der lokal zu deckende Heizwärmebedarf vor.

Endenergieeinsatz nach Energieträgern

Der wie oben erläutert abgeleitete **lokal zu deckende Wärmebedarf** (für Heizung und Warmwasser) pro Baublock kann durch Einsatz unterschiedlicher Energieträger gedeckt werden. Zur Ableitung des Endenergieeinsatzes pro Energieträger wurden folgende Informationen herangezogen:

- Informationen zu den lokal, aber ohne Feuerungsanlage beheizten Wohnungen (elektrisch, mittels Solarthermie oder Umweltwärme) wurden der Mikrozensus-Zusatzerhebung 2010 entnommen. Diese enthält für Berlin gesamt Informationen zur Anzahl Wohnungen nach überwiegender Energieart der Beheizung. Da der Anteil der elektrisch, mittels Solarthermie oder Umweltwärme beheizten Wohnungen gering ist ($\approx 1\%$), wurde er pauschal abgezogen. Als Ergebnis ergab sich pro Baublock der **kamingebunden zu deckende Wärmebedarf**. Dieser entspricht dem Endenergieeinsatz (EEE) in Kleinfeuerungsanlagen.
- Zur Aufteilung des EEE auf die Brennstoffe Gas, Öl, Kohle, Holz, Pellets wurde auf die **Schornsteinfegerdaten** zurückgegriffen. Da diese auf PLZ-Ebene vorliegen, wird für die Baublöcke innerhalb der PLZ-Bereiche jeweils eine gemittelte Verteilung angesetzt.
- Als zusätzliche Information wurde von der Stadt Berlin eine Karte zur Verfügung gestellt, die pro Baublock den Anteil mit **Gas versorgter Fläche** enthält (Stand 2011), siehe Bild 4.1. Dies bezieht sich nicht auf die tatsächlich lokal zu beheizende Fläche. Es wurde daher aus dieser Karte nur die Information verwendet, ob Gas prinzipiell vorhanden ist (Anteil > 0) oder nicht.
- Auf Basis der Schornsteinfegerdaten ist die Verteilung auf die Energieträger pro PLZ-Bezirk konstant. Mittels der Zusatzinformation, in welchen Blöcken keine Gasversor-

gung vorhanden ist, wurde eine **Umverteilung der Endenergieeinsätze** durchgeführt:

- Der Gaseinsatz aus Blöcken ohne Gasversorgung wurde prozentual zum Endenergieeinsatz auf die restlichen Blöcke im PLZ-Bereich verteilt.
- Der Einsatz von Öl, Kohle und Holz in diesen Blöcken wurde entsprechend prozentual reduziert und auf die Blöcke ohne Gasversorgung verteilt.

Dabei waren folgende Randbedingungen zu erfüllen:

- Der Endenergieeinsatz pro Baublock (Summe aller Energieträger) sollte konstant bleiben.
- Die Verteilung auf Gas, Öl, Kohle und Holz pro PLZ-Bezirk sollte konstant bleiben.

Dies ließ sich nicht streng durchführen, da in einigen PLZ-Bezirken die in Blöcken ohne Gasversorgung entfallende Gasmenge höher war, als die aus den Schornsteinfegerdaten abgeleitete Menge an Öl, Kohle und Holz. In solchen Fällen wurden die Unsicherheiten beim Endenergieeinsatz pro Baublock geringer eingeschätzt, als die der Verteilung auf Basis der Schornsteinfegerdaten. Es wurde daher nur die erste Randbedingung streng erfüllt.

- Abweichend von diesem Vorgehen wurde in **Marzahn-Hellersdorf** in Bereichen ohne Gasversorgung eine Versorgung ausschließlich durch **Fernwärme** angesetzt. In diesem Stadtteil wurden insbesondere in den 80er Jahren viele Plattenbauten errichtet. In einem Schreiben des Bezirksamts von Marzahn-Hellersdorf vom 16.11.2009 wurden alle bekannten Wohnungsunternehmen bzw. Wohnungsgenossenschaften des Bezirks Marzahn-Hellersdorf gebeten, sich zu ihrem Beitrag zum Klimaschutz zu äußern. Die Antwort darauf ist im Bericht für die Sitzung der Bezirksverordnetenversammlung Marzahn-Hellersdorf vom 25.03.2010 protokolliert: 99,7 % des von BBU-Mitgliedsunternehmen in Marzahn-Hellersdorf bewirtschafteten Wohnungsbestandes wird durch Fernwärme beheizt, der Rest durch Gas. Es erscheint daher sinnvoll in Marzahn-Hellersdorf alle nicht mit Gas versorgten Gebiete als fernwärmeversorgt anzusetzen.

Skalierung zur Anpassung an die Energiebilanz Berlin

Von den in Kleinfeuerungsanlagen eingesetzten Brennstoffen ist Erdgas der einzige leitungsgebundene Energieträger. Es besteht zwar die Möglichkeit, den Gasversorger zu wechseln: Die GASAG versorgt auch Kunden außerhalb des Stadtgebiets von Berlin mit Gas, und Betreiber von gasbetriebenen Kleinfeuerungsanlagen können auch von Unternehmen aus Brandenburg mit Erdgas versorgt werden. Dies gilt jedoch in noch größerem Maße für Heizöl, Kohle oder Holz. Der Erdgasabsatz ist daher am besten bekannt und in der Energiebilanz Berlin 2012 der Wert mit der geringsten Unsicherheit.

Die hier bestimmten EEE für die verschiedenen Brennstoffe wurden deshalb alle mit dem Faktor skaliert, der sich aus dem Verhältnis des hier bestimmten Gaseinsatzes zu dem aus

der Energiebilanz (einschließlich Flüssiggas) ergibt. In Tab. 4.7 sind die Werte mit und ohne Skalierung ausgewiesen.

Tab. 4.7: Endenergieeinsatz (EEE) in Kleinfeuerungsanlagen, berechnet auf Basis der Gebäudeeigenschaften (Ansatz 3)

EEE Berlin [GWh/a] nach Ansatz 3	Heizöl	Gas (inkl. Fl'gas)	Kohle	Holz / Pellets	gesamt
unskaliert	2.864	13.751	234	286	17.135
skaliert	4.486	21.540	367	549	26.942

Nach der Skalierung ist der EEE in Summe für Berlin um mehr als einen Faktor 1,5 höher als vor der Skalierung. Dieser Faktor ist ein Maß für die Unsicherheit der Abschätzung. Mögliche Gründe für die Abweichung sind:

- Unterschätzung des spezifischen Heizwärmebedarfs: Es wurden in Abschnitt 4.4.1 für den spezifischen Heizwärmebedarf in Berlin die für die neuen Bundesländer nach ista-IWH abgeleiteten Werte angesetzt. Diese implizieren einen höheren Modernisierungsgrad der Gebäude im Vergleich zu den alten Bundesländern. Möglicherweise wurde dadurch der Modernisierungsgrad in Berlin überschätzt.
- Unterschätzung der beheizten Gebäudefläche: Es wurden, analog zur Machbarkeitsstudie Klimaneutrales Berlin, nur Blöcke berücksichtigt, bei denen der Anteil der Bruttogeschossfläche an der Blockfläche mehr als 5 % beträgt.
- Vernachlässigung des EEE für anderen Zwecke als Heizung und Warmwasserbereitung (Heißmangeln, Pizzaöfen etc.).
- Überschätzung des Erdgasabsatzes der GASAG, falls diese mehr Kunden um Umland von Berlin mit Gas versorgt als Kunden in Berlin von auswärtigen Anbietern versorgt werden.

Im Folgenden werden für Ansatz 3 die skalierten Werte verwendet. Danach ergibt sich insgesamt ein EEE in Kleinfeuerungsanlagen in Berlin von 26.942 GWh/a. Bild 4.11 bis Bild 4.16 zeigen die räumliche Verteilung des auf Basis der Gebäudeeigenschaften ermittelten Endenergieeinsatzes in Kleinfeuerungsanlagen für die Energieträger Gas, Öl, Kohle und Holz. Es sind die Endenergieeinsatz-Dichten in MJ/(a*m²) dargestellt.

In der Machbarkeitsstudie Klimaneutrales Berlin sind, anders als im Zensus 2011, alle beheizten Gebäude enthalten, also neben Wohngebäuden auch Gebäude des Teilsektors GHD. Dies entspricht der Definition der Quellengruppe „Kleinfeuerungsanlagen“, die alle nicht genehmigungsbedürftigen Feuerungsanlagen umfasst. Über das Heizen hinausgehende Nutzungen (Heißmangeln, Pizzaöfen etc.) sind in der räumlichen Verteilung nicht enthalten. In der Gesamtsumme des EEE sind diese Nutzungen jedoch durch die Skalierung mit dem Gasabsatz aus der Energiebilanz enthalten: Diese umfasst die Teilsektoren „Haushalte“ und „GHD“.

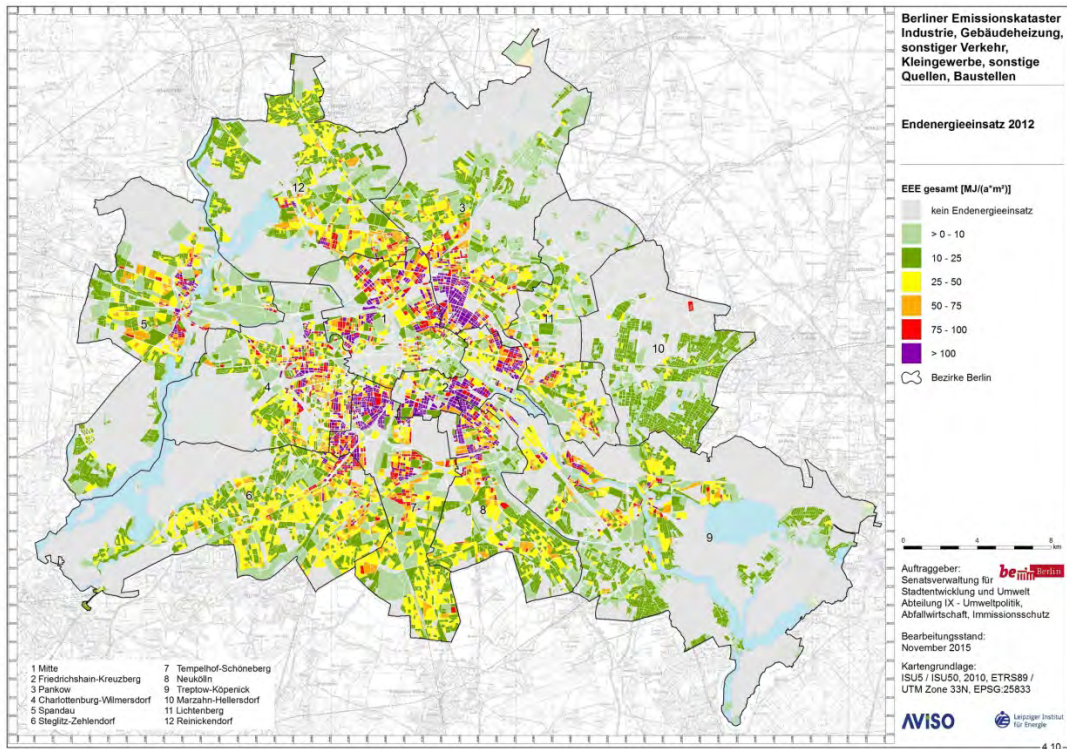


Bild 4.10: Räumliche Verteilung des Endenergieeinsatzes gesamt in MJ/(a*m²) in Kleinfeuerungsanlagen in Berlin, ermittelt auf Basis der Gebäudeeigenschaften (Ansatz 3)

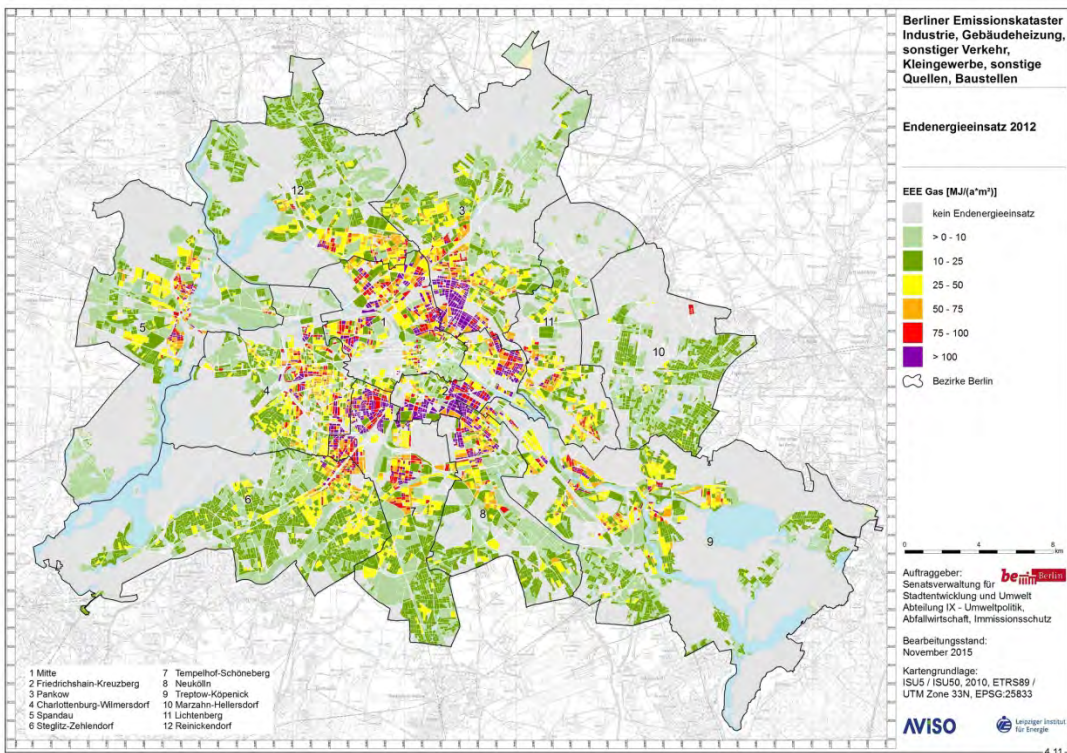


Bild 4.11: Räumliche Verteilung des Endenergieeinsatzes Gas in MJ/(a*m²) in Kleinfeuerungsanlagen in Berlin, ermittelt auf Basis der Gebäudeeigenschaften (Ansatz 3)

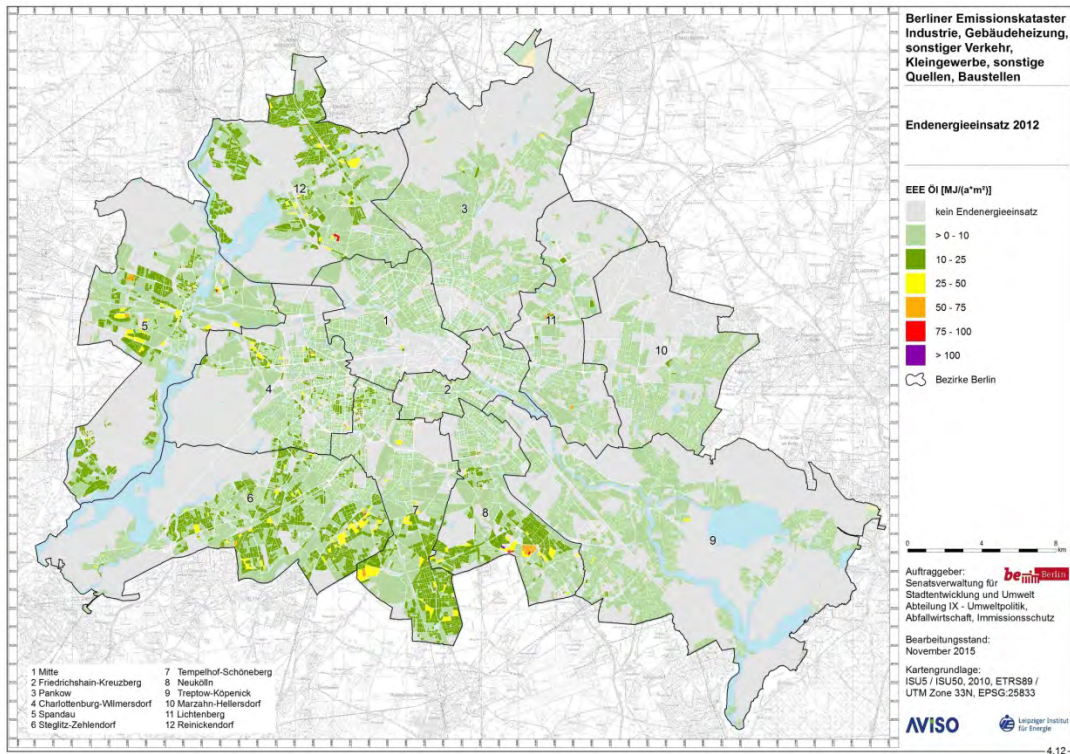


Bild 4.12: Räumliche Verteilung des Endenergieeinsatzes Öl in MJ/(a*m²) in Kleinfeuerungsanlagen in Berlin, ermittelt auf Basis der Gebäudeeigenschaften (Ansatz 3)

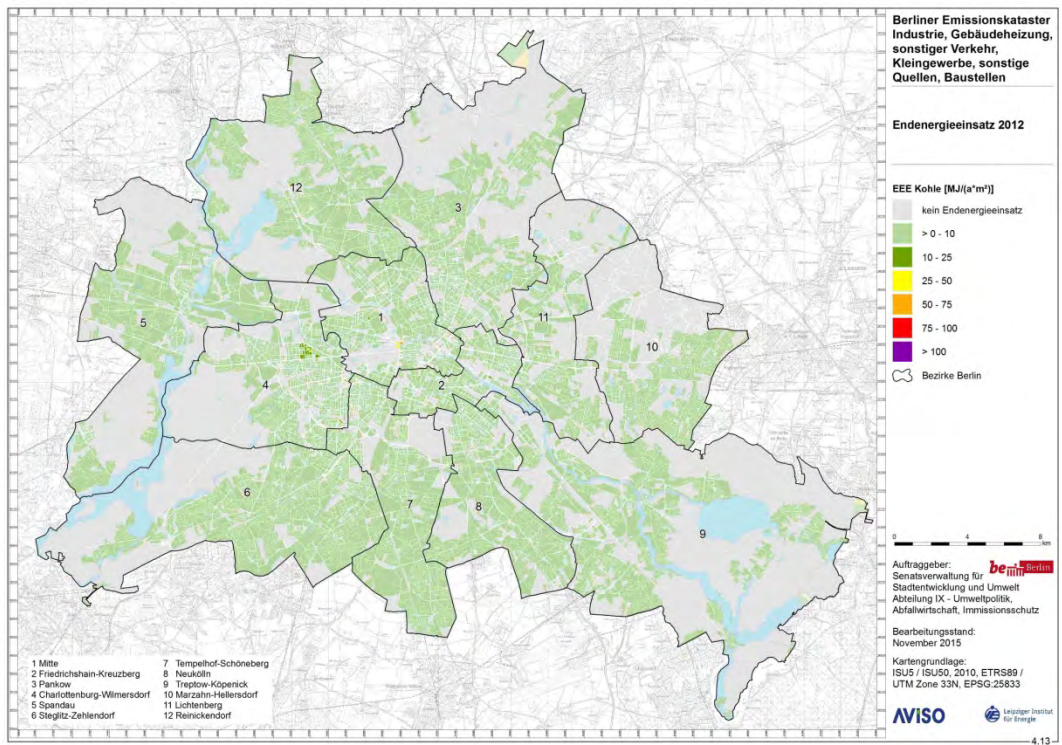


Bild 4.13: Räumliche Verteilung des Endenergieeinsatzes Kohle in MJ/(a*m²) in Kleinfeuerungsanlagen in Berlin, ermittelt auf Basis der Gebäudeeigenschaften (Ansatz 3) (Skalierung wie in Darstellungen für Gas und Öl)

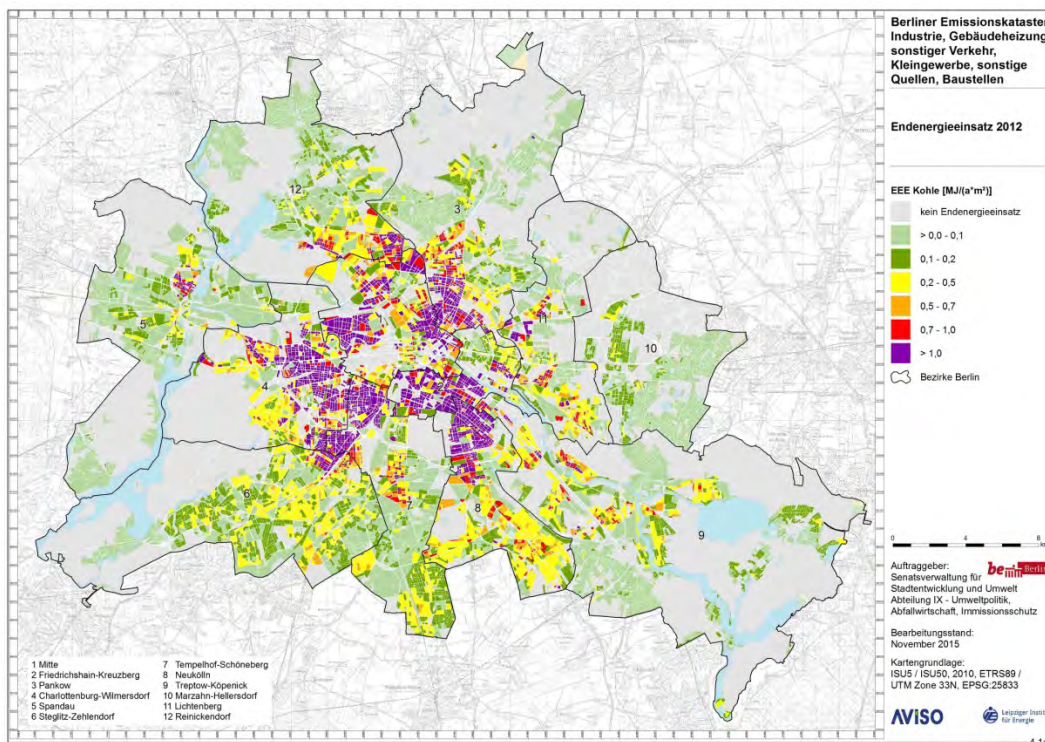


Bild 4.14: Räumliche Verteilung des Endenergieeinsatzes Kohle in MJ/(a*m²) in Kleinfeuerungsanlagen in Berlin, ermittelt auf Basis der Gebäudeeigenschaften (Ansatz 3) (modifizierte Skalierung)

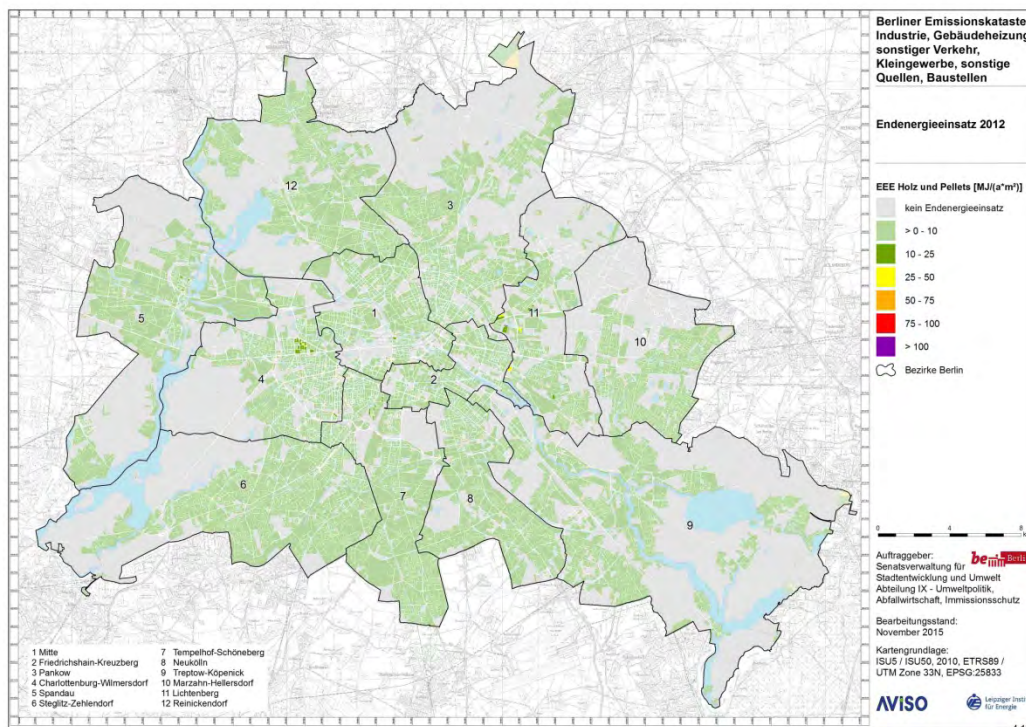


Bild 4.15: Räumliche Verteilung des Endenergieeinsatzes Holz in MJ/(a*m²) in Kleinfeuerungsanlagen in Berlin, ermittelt auf Basis der Gebäudeeigenschaften (Ansatz 3) (Skalierung wie in Darstellungen für Gas und Öl)

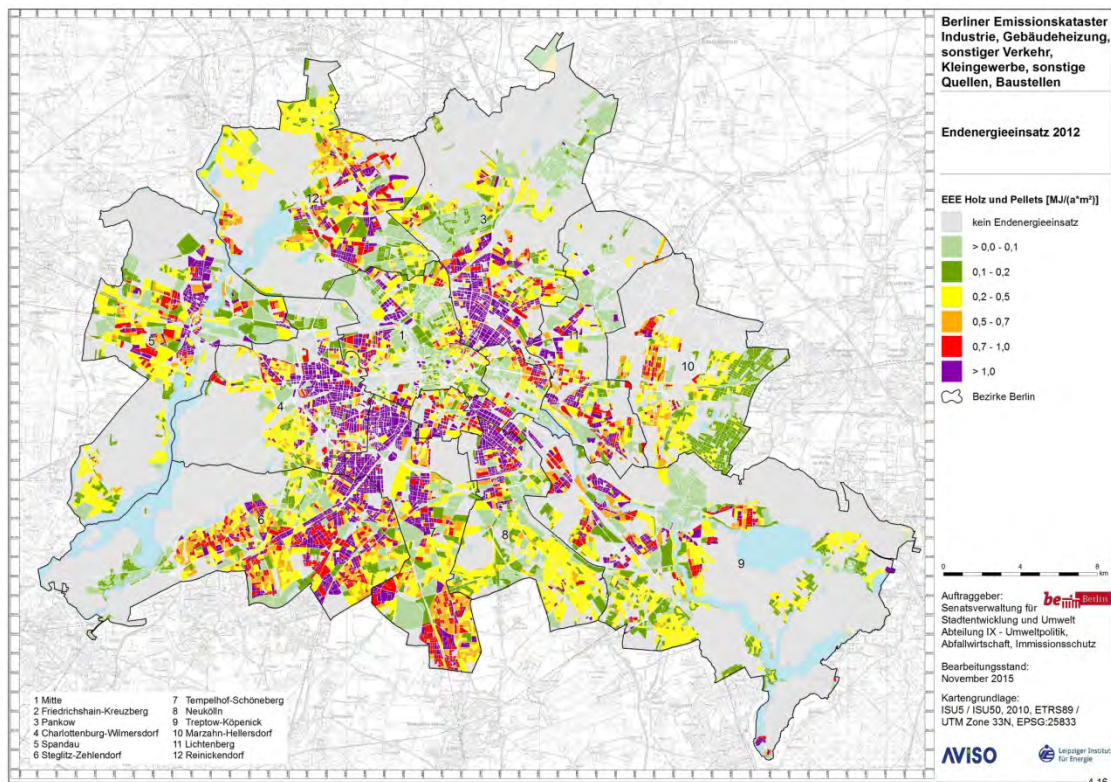


Bild 4.16: Räumliche Verteilung des Endenergieeinsatzes Holz in MJ/(a*m²) in Kleinfeuerungsanlagen in Berlin, ermittelt auf Basis der Gebäudeeigenschaften (Ansatz 3) (modifizierte Skalierung)

4.5 Vergleich der Ansätze zur Ermittlung des EEE

In Tab. 4.8 werden die nach Ansatz 1 bis 3 bestimmten Endenergieeinsätze (EEE) in Kleinfeuerungsanlagen in Berlin vergleichend ausgewiesen. Analog zu Ansatz 3 wurden hier auch die EEE aus den Schornsteinfegerdaten mit dem Gaseinsatz aus der Energiebilanz 2012 skaliert. In Bild 4.17 sind die Werte grafisch dargestellt.

Tab. 4.8: *Endenergieeinsatz (EEE) in Kleinfeuerungsanlagen, berechnet auf Basis der Gebäudeeigenschaften im Vergleich mit der Energiebilanz Berlin 2012 und EEE auf Basis der Schornsteinfegerdaten*

betrachtete Ansätze	Heizöl	Gas (inkl. Fl'gas)	Kohle	Holz / Pellets	gesamt
Endenergieeinsatz [GWh/a]					
Energiebilanz Berlin 2012, HH+GHD (Ansatz 1)	7.605	21.540	129	102	29.376
Schornsteinfegerdaten 2012 (Ansatz 2)	5.482	21.540	437	595	28.054
Gebäudeeigenschaften und Zusatzinformationen (Ansatz 3)	4.486	21.540	367	549	26.942
Anteile					
Energiebilanz Berlin 2012, HH+GHD (Ansatz 1)	25,9%	73,3%	0,4%	0,3%	100%
Schornsteinfegerdaten 2012 (Ansatz 2)	19,5%	76,8%	1,6%	2,1%	100%
Gebäudeeigenschaften und Zusatzinformationen (Ansatz 3)	16,7%	79,9%	1,4%	2,0%	100%

Nach allen drei Methoden ist Gas mit einem Beitrag zwischen 73 % und 80 % der dominierende Energieträger, gefolgt von Öl mit einem Beitrag zwischen 17 % und 26 %. Die Beiträge der Festbrennstoffe (Kohle, Holz und Pellets) tragen mit Werten zwischen 1 % (Energiebilanz) und 4 % (Schornsteinfegerdaten) nur gering zum EEE bei.

Nach der Statistik der Kohlenwirtschaft e.V. beträgt der Absatz von Braunkohlenbriketts an die Verbrauchergruppe „Hausbrand/Kleinverbraucher“ im Jahr 2012 in Berlin 23.786 t. Bei einem mittleren Brennwert von 5,3 kWh/kg entspricht dies einem EEE von 126 GWh. Dieser Wert passt gut zur Energiebilanz (129 GWh).

Die Unterschiede beim Einsatz der Festbrennstoffe haben große Auswirkungen insbesondere auf die Ermittlung der Feinstaubemissionen: Die Emissionsfaktoren für Feinstaub beim Einsatz von Gas sind fast vernachlässigbar, beim Einsatz von Öl moderat, bei den Festbrennstoffen jedoch um ca. einen Faktor 100 höher als bei Öl.

Zur Ermittlung der Emissionen wurde der Endenergieeinsatz ermittelt nach Ansatz 3 (über Gebäudeeigenschaften und Zusatzinformationen) verwendet. Die Gebäudeeigenschaften liegen mit der höchsten räumlichen Auflösung vor. Außerdem gehen in Ansatz 3 zusätzlich Informationen aus den Schornsteinfegerdaten, der Telefonumfrage und der Gaskarte ein.

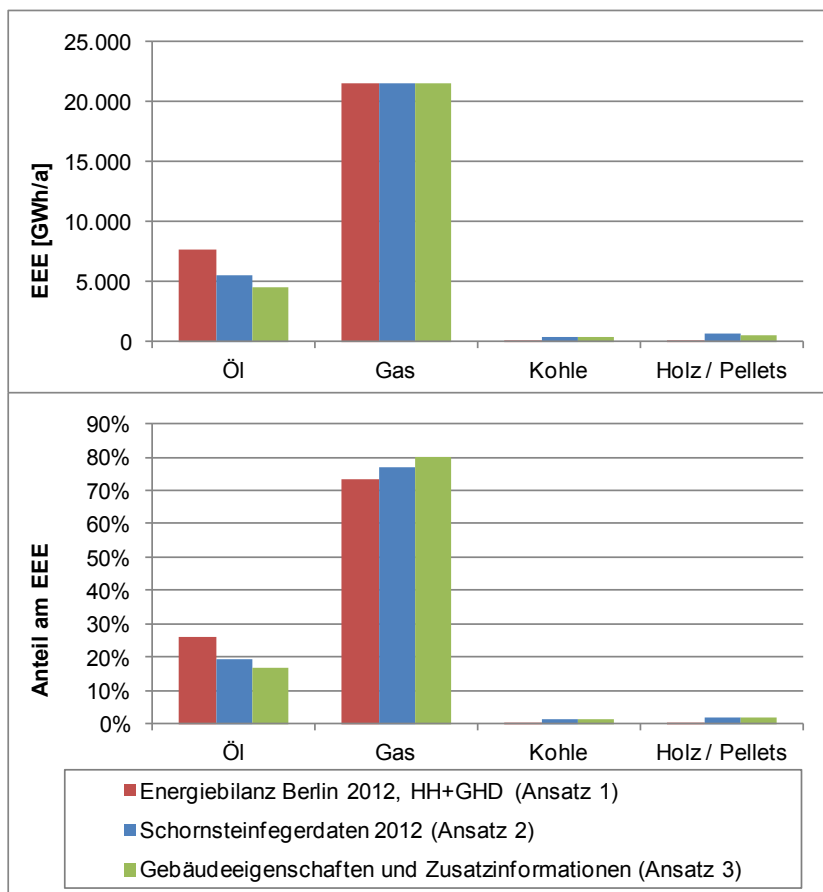


Bild 4.17: Endenergieeinsätze der verschiedenen Brennstoffe in Kleinf Feuerungsanlagen Berlin, Ableitung aus Schornsteinfegerdaten, Gebäudeeigenschaften und Energiebilanz im Vergleich

4.6 Emissionen

Die Emissionen der relevanten Luftschadstoffe werden durch Multiplikation der Endenergieeinsätze mit entsprechenden Emissionsfaktoren bestimmt.

4.6.1 Emissionsfaktoren

Als Basis wurden die Emissionsfaktoren der LUBW, die in der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz (LAI) mit dem Stand vom 24. April 2013 (für Bericht 2012) verteilt wurden /LAI 2013/, verwendet. Sie sind in Tab. 4.9 ausgewiesen.

Tab. 4.9: Mittlere Emissionsfaktoren für kleine und mittlere Feuerungsanlagen KuMFA (nach 1. BImSchV vom 26.01.2010) ohne Abgasreinigung, Stand 24. April 2013 für Bericht 2012 /LAI 2013/

Emittierter Stoff	E-katastr.- Stoff-Nr.	Einheit	Heizöl/EL	Erdgas	Flüssig- gas	Braunkohlebrikett			Steinkohle			Stein- kohlemix stückerig BW	Holz pellet	Stroh	
						Lausitz	Mittel- deutsch ¹⁾	Böhmen	Rhein- land	Koks	Brikett				Kohle
H e i z w e r t		MJ/kg	42,7	48,9(H_N)	46	18,9	19,7	22,0	19,7	28,7	29,2	32,1	30,3	15,0	15,3
CO	1110	kg/TJ	14	14	13	2435	3504	3800	2280	6768	4875	3386	4595	2871	317
NO _x (NO+NO ₂ als NO ₂)	79910	kg/TJ	43	24	36	89	72	86	85	41	50	63	54	74	114
SO ₂	1020	kg/TJ	2,3	0,5	0,5	121	719	267	70	450	563	375	463	7,7	5,1
HF(gasf.anorg.,Fluorverb.als HF)	1040	kg/TJ	vn	vn	vn	0,3	0,3	1,0	0,08	1,5	1,9	0,21	1,12	0,03	0,03
HCl(gasf.anorg.,Chlorverb.als HCl)	1050	kg/TJ	vn	vn	vn	4,2	4,5	0,58	3,4	23	26	9,0	18	0,9	0,9
CO ₂	1120	kg/TJ	74.000	55000	65000	101000	97000	97000	99000	105000	93000	98000	97300	102000	104000
N ₂ O	4230	kg/TJ	0,6	0,3	0,3	6,3	3,3	KA	4,1	0,8	10	11	9	1,5	1,5
VOC	-	kg/TJ	1,9	1,8	1,3	241	318	368	157	25	460	161	255	222	4,5
CH ₄	10000	kg/TJ	0,04	1,6	0,9	51	99	126	60	13	368	129	202	96	1,8
Benzol	10060	g/TJ	15	0,22	0,25	1100	750	37000	6500	6100	6100	6100	6100	7612	2300
Gesamtstaub	99900	kg/TJ	1,0	0,03	0,03	51	120	336	75	16	265	18	115	102	33
PM10-Feinstaub	99920	kg/TJ	1,0	0,03	0,03	48	113	319	71	16	253	18	111	99	33
PM2.5-Feinstaub	99930	kg/TJ	1,0	0,03	0,03	43	102	285	63	14	227	16	99	94	31
BaP	22500	g/TJ	0,02	vn	vn	40	60	900	20	8,8	46	1,4	20,4	15	2,2
Arsen	330	g/TJ	0,4	vn	vn	0,7	5,1	21	7,6	4,4	4,1	3,2	3,8	0,42	0,08
Cadmium	480	g/TJ	0,3	vn	vn	0,35	0,45	0,9	0,41	1,4	1,1	4,0	6,3	2,1	0,3
Blei	820	g/TJ	0,3	vn	vn	11	17	13	4,1	120	215	230	204	25	4
Chrom	240	g/TJ	0,3	vn	vn	0,7	1,1	0,6	15	KA	KA	KA	KA	12	1,0
Kupfer	290	g/TJ	0,6	vn	vn	0,3	0,36	2,1	0,9	KA	KA	KA	KA	11	2
Nickel	280	g/TJ	2,3	vn	vn	4,3	11	19	8,9	3,0	KA	KA	KA	1,5	0,15
PCDD/F (ITE gem. NATO-CCMS)	42010	µgTE/TJ	2,6	1,9	1,9	24	20	33	26	46	20	2,1	17,2	72	1,0
NMVO		kg/TJ	1,86	0,2	0,4	190	219	242	97	12	92	32,0	52,1	126	2,7
Quecksilber		g/TJ	0,2	0,06	0,06	2,3	2,3	2,3	2,3	3,6	3,6	3,6	3,6	0,56	0,56

Neben den Emissionsfaktoren nach /LAI 2013/ standen Emissionsfaktoren aus eine weiteren Datenquelle für Brandenburg zur Verfügung /BRANDENBURG 2015/. Im Rahmen der Erstellung des Emissionskatasters Kleinf Feuerungsanlagen für Brandenburg war der Bestand der Kleinf Feuerungsanlagen in Brandenburg mit hohem Detaillierungsgrad erhoben worden. Durch Auswertung des Bestands nach Brennstoff, Alter, Anlagenart und Anlagenleistung waren sektorale Emissionsfaktoren für die Luftschadstoffe NO_x und Staub (Gesamtstaub sowie die Fraktionen PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$ und PM_1) jeweils für das Land Brandenburg sowie für die Städte Potsdam und Brandenburg an der Havel bestimmt worden.

In Bild 4.18 sind die Emissionsfaktoren für NO_x und PM_{10} im Vergleich mit denen nach /LAI 2013/ (Tab. 4.9) dargestellt.

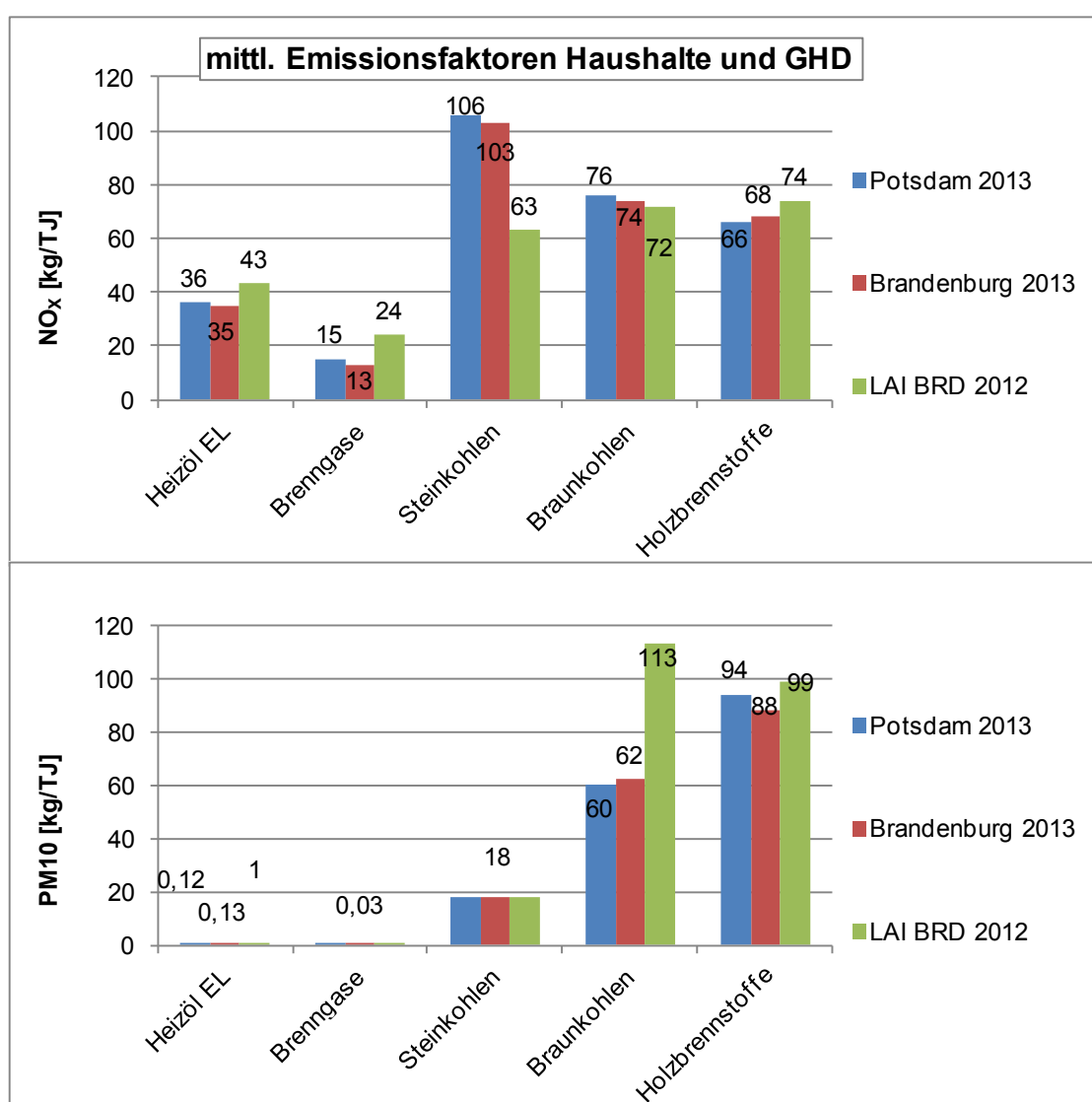


Bild 4.18: Mittlere Emissionsfaktoren für Kleinf Feuerungsanlagen in Haushalten und im Sektor GHD nach /BRANDENBURG 2015/ im Vergleich mit denen nach LAI (Tab. 4.9)

Bei diesem Vergleich wurden bei den Emissionsfaktoren nach /LAI 2013/ für Braunkohle die Faktoren für Mitteldeutschland angesetzt und für Holzbrennstoffe der Faktor für Scheitholz.

Folgende Unterschiede fallen auf:

- Die Emissionsfaktoren für NO_x bei Steinkohlen sind nach /LAI 2013/ mit 63 kg/TJ kleiner als aus der Erhebung für Brandenburg abgeleitet (106 bzw. 103 kg/TJ).
- Bei den Emissionsfaktoren für PM10 bei Braunkohlen sind nach /LAI 2013/ mit 113 kg/TJ hingegen größer als für Brandenburg abgeleitet (60 bzw. 62 kg/TJ).
- Die PM10 Emissionsfaktoren bei Heizöl sind nach /BRANDENBERG 2015/ mit 0,12 bzw. 0,13 kg/TJ deutlich kleiner als nach /LAI 2013/ mit 1 kg/TJ.
- Die NO_x -Emissionsfaktoren bei den Brenngasen sind nach /LAI 2013/ mit 24 kg/TJ größer als nach /BRANDENBERG 2015/ (15 bzw. 13 kg/TJ). Da Erdgas der am häufigsten eingesetzte Brennstoff ist, hat dies große Auswirkungen auf die mit diesen Emissionsfaktoren berechneten NO_x -Emissionen.

Für die Berechnung der Emissionen wurden die aus dem Anlagenbestand in Potsdam abgeleiteten Emissionsfaktoren verwendet. Diese liegen jedoch nur für die Luftschadstoffe NO_x , Gesamtstaub, PM10, PM2,5 vor.

Für die Schwermetalle wurde angenommen, dass sie in der PM10-Fraktion der Staubemissionen enthalten sind. Die Emissionsfaktoren für Schwermetalle werden daher von /LAI 2013/ übernommen, aber skaliert mit dem Verhältnis der Emissionsfaktoren PM10 von Potsdam zu /LAI 2013/.

Die Emissionsfaktoren für die restlichen Schadstoffe wurden nach /LAI 2013/ angesetzt.

Emissionsfaktor Ruß

Ruß wurde bei der Auswertung des Bestands der Kleinf Feuerungsanlagen aus Brandenburg nicht gesondert betrachtet. Auch nach /LAI 2013/ liegen keine Emissionsfaktoren für Ruß vor. Hier wird daher für Ruß auf Veröffentlichungen des IIASA zurückgegriffen.

In zwei Publikationen der IIASA wird ein umfangreicher Literaturüberblick über Ruß-Messungen an Kleinf Feuerungsanlagen gegeben /IIASA 2004/, /IIASA 2007/. Daraus werden Ruß-Emissionsfaktoren für das RAINS-Modell der IIASA abgeleitet. Angegeben werden sowohl absolute Werte für die Emissionsfaktoren als auch Anteile an den Emissionen für Gesamtstaub.

Hier werden aus diesen Publikationen die Anteile von Ruß an den Gesamtstaub-Emissionen übernommen, sie sind in Tab. 4.10 ausgewiesen. Diese werden auf die für Potsdam abgeleiteten Gesamtstaub-Emissionen bezogen.

Tab. 4.10: Rußanteile an den Gesamtstaub-Emissionen nach Brennstoff, nach /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%

4.6.2 Emissionen

Die aus den Endenergieeinsätzen und den Emissionsfaktoren berechneten Emissionen der Luftschadstoffe aus Kleinfeuerungsanlagen in Berlin 2012 sind in nachfolgenden Tabellen, differenziert nach Stadtbezirken und differenziert nach Brennstoffen ausgewiesen. Es wurde in Berlin 2010 von den Kleinfeuerungsanlagen 1.995 t NO_x und 242 t PM10 freigesetzt.

In Bild 4.19 sind die Beiträge der unterschiedlichen Brennstoffe jeweils zum Endenergieeinsatz sowie zu den NO_x- und den PM10-Emissionen anteilig dargestellt. Es ist gut zu erkennen, dass die Brennstoffe sehr unterschiedlich zu den Emissionen beitragen: Während die Brenngase (Erdgas und Flüssiggas) in Berlin 2012 80 % des Endenergieeinsatzes ausmachen, liegt ihr Beitrag zu den NO_x-Emissionen bei knapp 60 % und zu den PM10-Emissionen nur bei 1 %. Umgekehrt ist es bei Holz: Holz macht nur ca. 2 % des Endenergieeinsatzes in Berlin 2012 aus, trägt jedoch ca. 7 % zu den NO_x-Emissionen und fast 80 % zu den PM10-Emissionen bei.

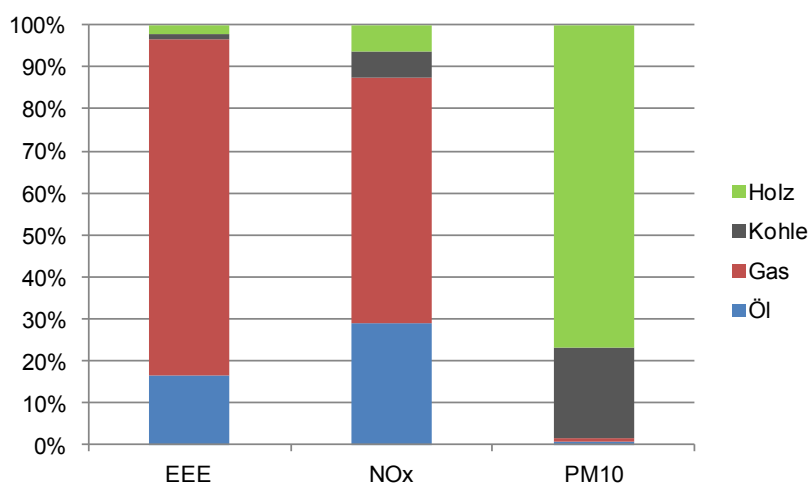


Bild 4.19: Beiträge der Brennstoffe Öl, Gas, Kohle und Holz jeweils zum Endenergieeinsatz (EEE) sowie zu den NO_x- und PM10-Emissionen der Quellengruppe Gebäudeheizung in Berlin 2012

Tab. 4.11: Emissionen der Luftschadstoffe aus Kleinf Feuerungsanlagen in Berlin 2012 nach Stadtbezirken (Treibhausgase)

Nr.	Stadtbezirk	Treibhausgase		
		Kohlenstoffdioxid in kg/a	Methan in kg/a	Distickstoffmonoxid in kg/a
01	Mitte	491.423.507	50.772	4.176
02	Friedrichshain-Kreuzberg	384.169.863	33.077	2.983
03	Pankow	596.790.137	41.051	4.023
04	Charlottenburg-Wilmersdorf	473.481.997	59.476	4.309
05	Spandau	464.708.229	27.306	3.375
06	Steglitz-Zehlendorf	700.743.219	43.025	5.285
07	Tempelhof-Schöneberg	765.072.934	58.401	5.741
08	Neukölln	507.803.537	40.421	4.192
09	Treptow-Köpenick	483.502.026	31.532	3.239
10	Marzahn-Hellersdorf	168.255.409	11.158	1.163
11	Lichtenberg	221.653.965	25.582	1.716
12	Reinickendorf	540.567.849	30.910	4.061
	Berlin	5.798.172.672	452.713	44.265

Nr.	Herkunftsbereich	Treibhausgase		
		Kohlenstoffdioxid in kg/a	Methan in kg/a	Distickstoffmonoxid in kg/a
01	Erdgas	4.233.405.000	123.154	23.091
02	Flüssiggas	37.310.000	517	172
03	Heizöl	1.195.155.916	646	9.690
04	Holz	164.312.098	154.647	2.416
05	Kohle	129.974.691	173.092	8.347
06	Pellets	38.014.967	658	548
	Berlin	5.798.172.672	452.713	44.265

Tab. 4.12: Emissionen der Luftschadstoffe aus Kleinf Feuerungsanlagen in Berlin 2012 nach Stadtbezirken (SO₂, NO_x, NMVOC, CO)

Nr.	Stadtbezirk	Versauernde und eutrophierende Stoffe		Ozonvorläufersubstanzen	
		Schwefeldioxid in kg/a	Stickstoffoxide in kg/a	NMVOC in kg/a	Kohlenmonoxid in kg/a
01	Mitte	95.746	155.008	38.365	1.261.060
02	Friedrichshain-Kreuzberg	55.868	118.759	24.142	786.353
03	Pankow	42.266	179.568	30.205	914.778
04	Charlottenburg-Wilmersdorf	93.474	168.177	55.211	1.590.314
05	Spandau	21.564	174.729	29.619	695.568
06	Steglitz-Zehlendorf	44.466	267.424	46.150	1.115.680
07	Tempelhof-Schöneberg	66.994	266.554	54.413	1.459.817
08	Neukölln	68.645	184.728	36.521	1.041.384
09	Treptow-Köpenick	31.317	147.145	23.231	698.096
10	Marzahn-Hellersdorf	8.757	56.857	10.343	265.987
11	Lichtenberg	24.598	72.634	24.315	661.628
12	Reinickendorf	36.417	203.648	31.652	785.138
	Berlin	590.112	1.995.232	404.167	11.275.804

Nr.	Herkunftsbereich	Versauernde und eutrophierende Stoffe		Ozonvorläufersubstanzen	
		Schwefeldioxid in kg/a	Stickstoffoxide in kg/a	NMVOC in kg/a	Kohlenmonoxid in kg/a
01	Erdgas	38.485	1.154.565	15.394	1.077.594
02	Flüssiggas	287	8.610	230	7.462
03	Heizöl	37.147	581.427	30.040	226.111
04	Holz	12.404	106.320	202.974	4.624.902
05	Kohle	499.925	120.185	154.542	5.223.862
06	Pellets	1.864	24.125	987	115.873
	Berlin	590.112	1.995.232	404.167	11.275.804

Tab. 4.13: Emissionen der Luftschadstoffe aus Kleinf Feuerungsanlagen in Berlin 2012 nach Stadtbezirken (PM10, PM2,5, EC, Schwermetalle)

Nr.	Stadtbezirk	Staub		EC in kg/a	Schwermetalle in kg/a
		Feinstaub PM10 in kg/a	Feinstaub PM2,5 in kg/a		
01	Mitte	17.984	16.669	3.511	28
02	Friedrichshain-Kreuzberg	12.122	11.295	2.321	17
03	Pankow	22.971	21.788	4.107	17
04	Charlottenburg-Wilmersdorf	30.537	28.717	5.679	34
05	Spandau	18.662	17.811	3.311	13
06	Steglitz-Zehlendorf	27.489	26.161	4.939	22
07	Tempelhof-Schöneberg	32.991	31.276	5.967	29
08	Neukölln	17.882	16.767	3.389	22
09	Treptow-Köpenick	18.435	17.505	3.285	13
10	Marzahn-Hellersdorf	6.762	6.442	1.198	5
11	Lichtenberg	17.418	16.550	3.101	13
12	Reinickendorf	18.304	17.387	3.319	16
	Berlin	241.557	228.368	44.128	226

Nr.	Herkunftsbereich	Staub		EC in kg/a	Schwermetalle in kg/a
		Feinstaub PM10 in kg/a	Feinstaub PM2,5 in kg/a		
01	Erdgas	2.309	2.309	162	5
02	Flüssiggas	17	17	1	0
03	Heizöl	1.938	1.938	628	9
04	Holz	151.425	144.981	26.153	80
05	Kohle	51.508	46.225	11.250	130
06	Pellets	34.360	32.898	5.934	3
	Berlin	241.557	228.368	44.128	226

Tab. 4.14: Emissionen der Luftschadstoffe aus Kleinf Feuerungsanlagen in Berlin 2012 nach Stadtbezirken (BaP, PCDD/F, HCl; HF)

Nr.	Stadtbezirk	Persistente organische Verbindungen		Anorganische Verbindungen	
		Benzo(a)pyren (BaP) in kg/a	PCDD/F in kg/a	Chlorwasserstoff in kg/a	Fluorwasserstoff in kg/a
01	Mitte	33,896	0,0263	2.746	1.431
02	Friedrichshain-Kreuzberg	19,575	0,0195	1.585	818
03	Pankow	14,962	0,0314	1.222	564
04	Charlottenburg-Wilmersdorf	34,333	0,0347	2.739	1.366
05	Spandau	6,912	0,0278	520	197
06	Steglitz-Zehlendorf	14,420	0,0412	1.114	483
07	Tempelhof-Schöneberg	23,540	0,0462	1.856	866
08	Neukölln	23,404	0,0278	1.875	951
09	Treptow-Köpenick	10,937	0,0250	899	407
10	Marzahn-Hellersdorf	3,064	0,0100	235	97
11	Lichtenberg	9,785	0,0178	772	341
12	Reinickendorf	11,503	0,0294	904	412
	Berlin	206,332	0,3368	16.468	7.933

Nr.	Herkunftsbereich	Persistente organische Verbindungen		Anorganische Verbindungen	
		Benzo(a)pyren (BaP) in kg/a	PCDD/F in kg/a	Chlorwasserstoff in kg/a	Fluorwasserstoff in kg/a
01	Erdgas	0,000	0,1462	0	0
02	Flüssiggas	0,000	0,0011	0	0
03	Heizöl	0,323	0,0420	0	0
04	Holz	24,164	0,1160	1.450	48
05	Kohle	181,041	0,0311	14.689	7.873
06	Pellets	0,804	0,0004	329	11
	Berlin	206,332	0,3368	16.468	7.933

Einfluss der Emissionsfaktoren

Wie in Abschnitt 4.6.1 beschrieben, wurden für die meisten Luftschadstoffe die für Gesamtdeutschland 2012 abgeleiteten Emissionsfaktoren nach /LAI 2013/ verwendet. Für NO_x und Feinstaub (und daraus abgeleitet für Ruß und Schwermetalle) wurden diese durch aktuell für Potsdam 2013 bestimmte Emissionsfaktoren /BRANDENBERG 2015/ ergänzt.

Die Unterschiede zwischen den Emissionsfaktoren beider Literaturquellen wurden ebenfalls in Abschnitt 4.6.1 beschrieben: Die für Potsdam bestimmten NO_x-Emissionsfaktoren /BRANDENBURG 2015/ liegen z. B. bei den Brenngasen (Erdgas, Flüssiggas) mit 15 kg/TJ deutlich unter den Faktoren nach /LAI 2013/ mit 24 kg/TJ, bei Steinkohle mit 106 kg/TJ jedoch deutlich über dem Mittelwert der Faktoren nach /LAI 2013/ mit 63 kg/TJ.

In Tab. 4.15 wird dargestellt, welchen Einfluss die gewählten Emissionsfaktoren auf die damit berechneten Gesamtemissionen für NO_x, PM10 und PM2.5 haben.

Tab. 4.15: Einfluss der gewählten Emissionsfaktoren auf die Gesamtemissionen

	NO _x	PM10	PM2.5	verwendete Emissionsfaktoren
Emissionen 1 [kg/a]	1.994.183	241.006	227.844	Potsdam 2013 /Brandenburg 2015/
Emissionen 2 [kg/a]	2.811.482	275.926	258.589	Deutschland gesamt 2012 /LAI 2013/
Differenz	41%	14%	13%	

Wäre die Emissionsberechnung nur auf Basis von /LAI 2013/ durchgeführt worden (Emissionen 2 in Tab. 4.15), so ergäben sich für NO_x um 41 % und für PM10 (PM2.5) um 14 % (13 %) höhere Emissionen als durch die Berechnung mit den durch /BRANDENBURG 2015/ ergänzten Emissionsfaktoren (Emissionen 1 in Tab. 4.15).

Kartografische Darstellungen

Die räumliche Verteilung der flächenbezogenen Emissionen (Emissionsdichten) ist für NO_x in Bild 4.20, für PM10 in Bild 4.21 und für NMVOC in Bild 4.22 grafisch dargestellt. Bezüglich der räumlichen Verteilungsstruktur der Emissionen zeigt sich für alle drei Schadstoffe ein ähnliches Bild, die höchsten Emissionsdichten treten im Zentrum von Berlin auf (vgl. dazu auch Bild 4.10) und zwar in den Bezirken Charlottenburg-Wilmersdorf, Templehof-Schönefeld, Friedrichshain-Kreuzberg und Pankow.

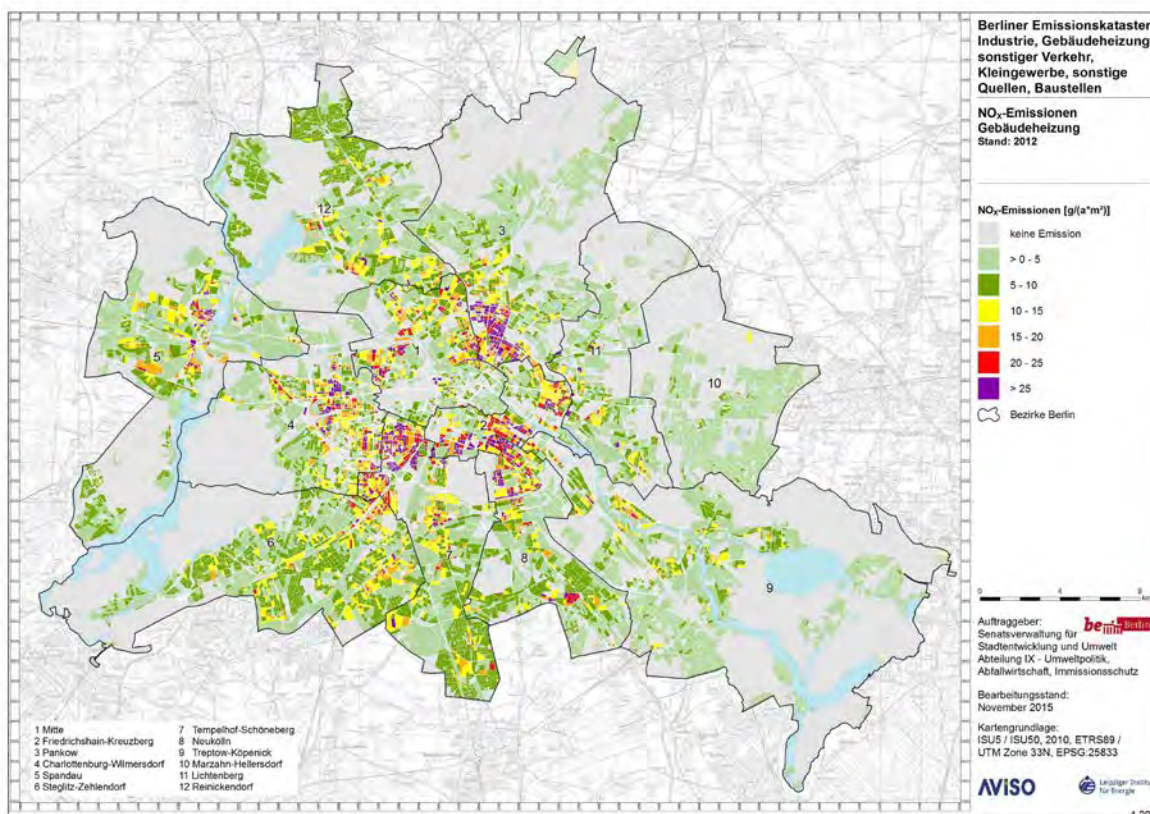


Bild 4.20: Flächenbezogene NO_x-Emissionen aus Kleinfeuerungsanlagen in Berlin 2012

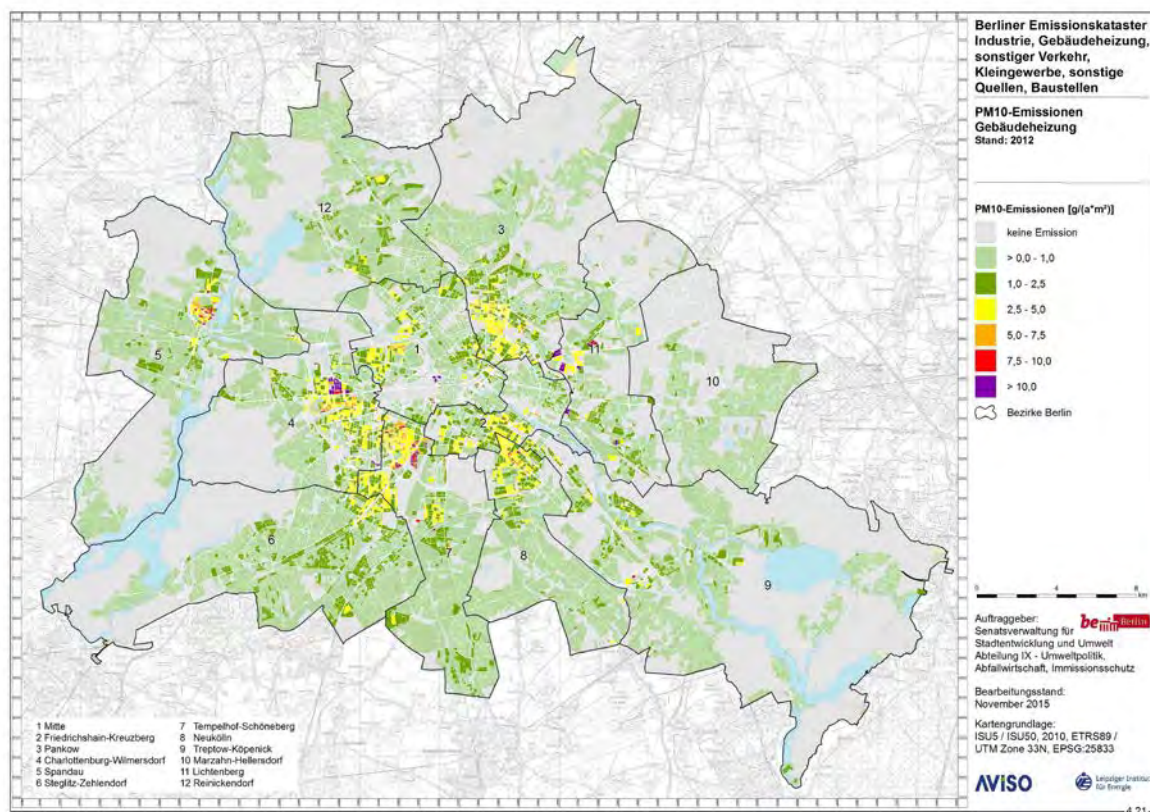


Bild 4.21: Flächenbezogene PM10-Emissionen aus Kleinfeuerungsanlagen in Berlin 2012

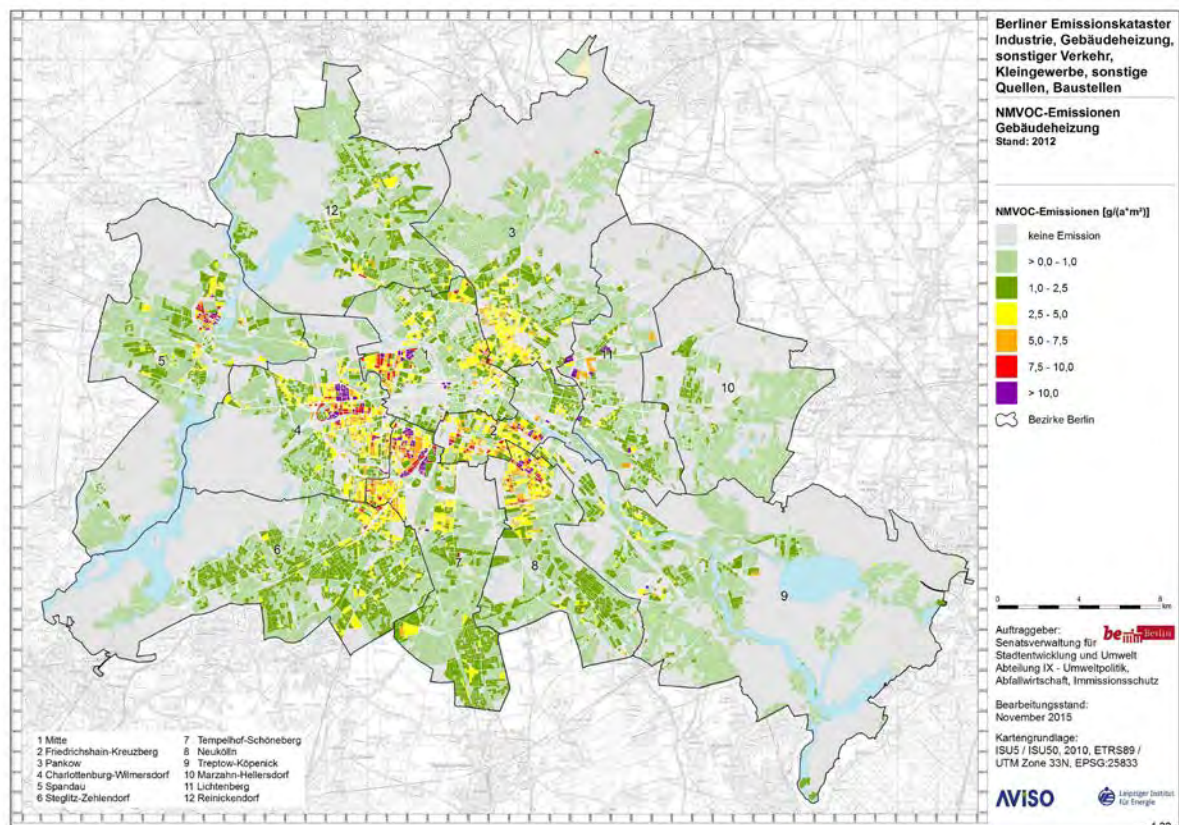


Bild 4.22: Flächenbezogene NMVOC-Emissionen aus Kleinf Feuerungsanlagen in Berlin 2012

4.7 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.

Für den Endenergieeinsatz kann die Abweichung aus der Energiebilanz für Berlin und der Abschätzung auf Basis der Gebäudeeigenschaften als Maß für die Unsicherheit dienen. In Abschnitt 4.4.2, Tab. 4.7 wurde ein Faktor von 1,5 zwischen beiden Methoden gefunden. Dies entspricht der Gütestufe B-C nach Tab. 2.2.

Für die Emissionsfaktoren zeigt Tab. 4.15 die aus der Wahl unterschiedlicher Datenquellen resultierenden Unsicherheiten. Auch diese entsprechen der Gütestufe B-C nach Tab. 2.2.

Für die Emissionen ergibt sich insgesamt die Gütestufe C nach Tab. 2.2, das heißt eine Unsicherheit von 50 bis 150 %.

5 Quellengruppe „Sonstiger Verkehr“

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

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

Im Folgenden wird die Ermittlung der Beiträge dieser Teilgruppen zu den Emissionen in Berlin erläutert und die Ergebnisse für das Analysejahr 2012 beschrieben. Die Emissionen aus dem Einsatz mobiler Maschinen und Geräte in der Bauwirtschaft wird in einem eigenen Kapitel betrachtet (Kap.7).

Im Vergleich zum Emissionsbeitrag des Straßenverkehrs nehmen die Beträge des „Sonstigen Verkehrs“ in den letzten Jahren stetig zu, da in diesem Bereich die Gesetzgebung zur Begrenzung der Abgasemissionen deutlich später einsetzte bzw. verschärft wurde als im Straßenverkehr.

5.1 Schienenverkehr

5.1.1 Datengrundlagen

Durch den Schienenverkehr entstehen neben Abgas-Emissionen der dieselbetriebenen Schienenfahrzeuge auch Partikel-Emissionen durch Abriebe (der Bremsen, Räder, Schienen, Fahrleitungen 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, vor allem der Straßenbahn/Tram und U-Bahn (oberirdische Streckenabschnitte), betrachtet (vgl. Bild 5.1).

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



Bild 5.1: Streckennetz der DB AG, weiterer Werks- und Privatbahnen und überirdisch verlaufende Streckenabschnitte von U-Bahn und Straßenbahn, Berlin, Stand 2012

Emissionsdaten der DB AG für Berlin 2012

Wesentliche Datenbasis zur Bestimmung der Emissionen des Schienenverkehrs stellen die Emissionsdaten der DB AG dar. Diese enthalten Abgas- und Abriebs-Emissionen auf dem Schiennetz der DB AG für die Schadstoffe NO_x , PM_{10} (Abgas und Abrieb), CO , SO_2 , HC und für CO_2 , differenziert nach Personen- und Güterverkehr.

Folgende Daten wurden für Berlin auf Basis des Fahrplans 2012 bei der DB AG beschafft /DBAG 2015/:

- Abschnittsbezogen: Abgas-Emissionen Dieseltraktion DB AG.
- Abschnittsbezogen: Abrieb (ohne Aufwirbelung) Diesel- und Elektrotraktion DB AG.
- „Dritte EVU“ auf dem Netz der DB AG als Summenwert für Berlin (Abgas- und Abriebsmissionen).

Die abschnittsbezogen vorliegenden Daten wurden in das Schiennetz Berlin übertragen.

Dritte EVU auf dem Netz der DB AG

Die Angaben zu den Emissionen der sonstigen („dritten“) EVUs, die auf dem DB-Schienennetz verkehren, wurden von der DB AG summarisch für Berlin gesamt zur Verfügung gestellt /DBAG 2015/. Diese Emissionen wurden unter Berücksichtigung der folgenden Randbedingungen auf die relevanten Streckenabschnitte des Schienennetzes in Berlin verteilt:

- In Berlin gibt es im Personen-Nahverkehr drei Wettbewerber der DB AG: die EGP (Eisenbahngesellschaft Potsdam mbH), die NEB (Niederbarnimer Eisenbahn Betriebsgesellschaft) und die ODEG (Ostdeutsche Eisenbahn). Die Streckenabschnitte, die von diesen Unternehmen befahren werden, sind bekannt.
- Im Güterverkehr gibt es mehr Wettbewerber. Es liegen jedoch keine differenzierten Informationen vor, wo diese Fahrten stattfinden.
- Die S-Bahn wird von der DB AG betrieben und ist entsprechend bereits in den räumlich verteilten Emissionen der DB AG enthalten.

Die Emissionen des Personenverkehrs dritter EVUs wurden auf die Streckenabschnitte im DB-Schienennetz verteilt, die von den entsprechenden Unternehmen befahren werden. Da für den Güterverkehr dritter EVUs nicht bekannt ist, wo die Fahrten stattfinden, wurden die Emissionen gleichmäßig auf das Schienennetz der DB AG verteilt.

Werks- oder Privatbahnen

Streckenabschnitte des Schienennetzes in Berlin, die nicht im DB-Schienennetz enthalten sind, deuten auf Werksbahnen/Privatbahnen hin. Die betreffenden Strecken in Berlin wurden im GIS identifiziert und im Internet folgende Informationen dazu recherchiert:

- Bei vielen Strecken handelt es sich um alte Gleise, die offensichtlich außer Betrieb sind (zugewachsen oder mit nicht mehr befahrbaren Brücken verbunden).
- Die alte NEB-Stammstrecke der Heidekrautbahn entlang der Mauer über Berlin Wilhelmsruh wird nach Auskunft der Webseite der NEB derzeit nicht befahren.
- Die Oberhavelländische Eisenbahn vermietet Schmalspur- und andere historische Lokomotiven, Waggons und Baugeräte, täglich verkehrt ein Dampfzug.
- Die von der Zehlendorfer Eisenbahn betriebene Goerzbahn ist an das DB-Netz angeschlossen. Es werden aktuell Kunststoff-Autoteile für ein Werk an der Goerzallee transportiert. Außerdem finden gelegentlich Museums- und Sonderfahrten statt.
- Die einzige (zumindest zum Teil) mehrgleisige Strecke gehört zur Neukölln-Mittenwalder Eisenbahn. Bis Ende 2011 diente sie dem Mülltransport von Berlin-Neukölln nach Schöneicher Plan, auch die Verladung fand hier statt. Es gab auch einen Gleisanschluss zur ehemaligen Deponie Großziethen, dieser wurde jedoch 2012/2013 abgebaut. Aktuell ist der Transport auf dieser Strecke vernachlässigbar.
- Zwei kleinere Industriegebiete sind jeweils durch einspurige Strecken an das DB-Netz angeschlossen.

Auch auf den noch befahrenen Strecken sind die Zugzahlen gering. Es wurde von im Mittel zwei dieselbetriebenen Fahrten pro Tag ausgegangen. Die spezifischen Emissionsfaktoren zur Ermittlung der Emissionen für die Werks- und Privatbahnen wurden aus den Daten der DB AG abgeleitet.

Straßenbahn und U-Bahn

Die Straßenbahn und die U-Bahn in Berlin werden elektrisch betrieben, es fallen also lediglich Abriebs-Emissionen an. Für die Straßenbahn und die U-Bahn liegen streckenabschnittsbezogenen Informationen über die Anzahl Züge pro Tag vor /SenStadt 2015/. Diese enthalten nur für überirdisch verlaufende Streckenabschnitte Daten, daher wurden auch nur für diese Abschnitte Abriebs-Emissionen ermittelt.

Ausgehend von den mittleren spezifischen Abriebs-Emissionen der DB AG im Personenverkehr in Berlin und unter Berücksichtigung der Angaben aus /ORTHOFFER 2013/ wurden spezifische Abriebs-Emissionswerte für Straßenbahnen abgeleitet, die zur Berechnung angesetzt wurden.

Emissionen von Schwermetallen und weiteren Schadstoffen

Die Emissionsdaten der DB AG enthalten nicht für alle hier betrachteten Schadstoffe Daten. Daher wurden für die weiteren Schadstoffe geeignete Berechnungsansätze aus der Literatur herangezogen. Für die meisten sogenannten abgeleiteten Schadstoffe werden in /EEA 2013, UBA 2015 b/ Emissionsfaktoren bzw. anteilige Werte, bezogen auf den Kraftstoffverbrauch, angegeben. Waren dort keine Werte verfügbar, wurde auf entsprechende Werte bei schweren Nutzfahrzeugen älterer Motorkonzepte (ohne Abgasnachbehandlung) zurückgegriffen. Der Schwermetallanteil an den Abriebsmissionen wurde nach /DBAG 2007, INFRAS 2007/ bestimmt.

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. Es wurde daher analysiert, ob eine Übertragung der Verhältnisse vom Straßenverkehr auf den Schienenverkehr möglich ist.

Im Straßenverkehr ist der Anteil der (Wieder-) Aufwirbelung an den nicht-motorbedingten Emissionen in Abhängigkeit von Schwerverkehrsanteil und Geschwindigkeit sehr variabel (Messungen an der Marylebone Road in London von /Harrison et al. 2012/: 38 %, Messungen im Rahmen des APART-Projekts an einem Autobahnabschnitt bei Reiden in der Schweiz: 95 % /APART 2009/). Generell ist die (Wieder-) Aufwirbelung bei höheren Fahrgeschwindigkeiten und größeren Fahrzeugmassen höher. Die (Wieder-) Aufwirbelung ist nur bedingt proportional zur Verkehrsstärke: Wenn der verfügbare Staub bereits in der Schwebe gehalten wird, tragen zusätzliche Fahrzeuge nicht zu einer weiteren Aufwirbelung bei.

Beim Vergleich zwischen Straßen- und Schienenverkehr ist zu beachten, dass die Abriebs-Emissionen beim Schienenverkehr deutlich höher liegen als beim Straßenverkehr. Die Emis-

sionsfaktoren für schwere Nutzfahrzeuge auf der Straße für die Summe aus Aufwirbelung und Abrieb liegen in der Größenordnung von 0,2 Gramm pro Fahrzeug-km. Die Abriebs-Emissionsfaktoren für den Schienenverkehr (pro Zug-km) liegen um ca. einen Faktor 20 darüber.

Im Rahmen von Immissionsmessungen der EMPA an einer Bahnhofseinfahrt in Zürich sowie an einer vielbefahrenen Überlandstrecke in der Schweiz konnte kein vom Schienenverkehr (wieder-) aufgewirbeltes, zerriebenes Schottermaterial nachgewiesen werden /INFRAS 2007/. Daraus kann geschlossen werden, dass (Wieder-) Aufwirbelung im Schienenverkehr zumindest eine deutlich geringere Rolle spielt als im Straßenverkehr. Es wurden daher die Emissionen aus (Wieder-) Aufwirbelung im Schienenverkehr vernachlässigt.

5.1.2 Emissionen 2012

Auf der Basis der beschriebenen Datengrundlagen wurden die Emissionen des Schienenverkehrs für Berlin 2012 streckenabschnittsbezogen ermittelt. In Tab. 5.1 bis Tab. 5.4 sind die Ergebnisse, differenziert nach den Stadtbezirken und Herkunftsbereichen, aufgeführt. Für PM10 ist dort die Summe aus den Abgas- und Abriebs-Emissionen ausgewiesen. Insgesamt wurden vom Schienenverkehr in Berlin 6,9 kt CO₂, 114 t NO_x und 227 t PM10 im Jahr 2012 emittiert.

Es zeigt sich für alle Schadstoffe bis auf PM10 und PM2,5 eine recht ähnliche Verteilung bezüglich des Herkunftsbereichs: den größten Anteil an den Emissionen hat der Güterverkehr. Für PM10 und PM2,5 kommen die höchsten Beiträge vom Personennahverkehr der DB, der auch die S-Bahn enthält. Zu diesen Emissionen tragen nicht nur die dieselbetriebenen Züge, sondern auch die elektrisch betriebenen Züge bei (Abriebe).

Die Verteilung auf die Stadtbezirke zeigt die geringsten Anteile für die Bezirke Tempelhof-Schöneberg, Neukölln und Reinickendorf.

Die räumliche Verteilung der NO_x- und PM10-Emissionen des Schienenverkehrs (auf Linienebene dargestellt) zeigen Bild 5.2 und Bild 5.3. Deutlich treten die hochbelasteten Strecken hervor. Für die PM10-Emissionen sind aufgrund der Beiträge der elektrisch betriebenen Züge mehr Streckenabschnitte höher belastet als bei den NO_x-Emissionen, die vor allem entlang der DB-Hauptstrecken von dieselbetriebenen Lokomotiven freigesetzt werden.

Tab. 5.1: Emissionen des Schienenverkehrs in Berlin (Basis Fahrplan 2012) auf dem Schienennetz der DB AG /DBAG 2015/, differenziert nach Herkunftsbereichen (Treibhausgase)

Nr.	Stadtbezirk	Treibhausgase		
		Kohlenstoffdioxid in kg/a	Methan in kg/a	Distickstoffmonoxid in kg/a
01	Mitte	684.447	11,0	32,3
02	Friedrichshain-Kreuzberg	305.101	5,9	14,4
03	Pankow	1.153.492	25,4	54,5
04	Charlottenburg-Wilmersdorf	703.993	10,7	33,3
05	Spandau	739.991	11,6	35,0
06	Steglitz-Zehlendorf	244.808	7,3	11,6
07	Tempelhof-Schöneberg	103.768	3,1	4,9
08	Neukölln	38.954	1,1	1,8
09	Treptow -Köpenick	912.597	17,2	43,1
10	Marzahn-Hellersdorf	850.949	18,2	40,2
11	Lichtenberg	1.158.457	22,1	54,7
12	Reinickendorf	39.843	1,5	1,9
	Berlin	6.936.399	135,1	327,7

Nr.	Herkunftsbereich	Treibhausgase		
		Kohlenstoffdioxid in kg/a	Methan in kg/a	Distickstoffmonoxid in kg/a
01	DB, Güterverkehr	3.878.722	66,4	183,2
02	DB, Personenverkehr	1.407.682	29,1	66,5
03	nicht DB, Güterverkehr	513.878	19,4	24,3
04	nicht DB, Personenverkehr	1.136.117	20,2	53,7
05	Straßenbahn	0	0,0	0,0
06	U-Bahn	0	0,0	0,0
	Berlin	6.936.399	135,1	327,7

Tab. 5.2: Emissionen des Schienenverkehrs in Berlin (Basis Fahrplan 2012) auf dem Schienennetz der DB AG /DBAG 2015/, differenziert nach Stadtbezirken (SO₂, NO_x, NH₃)

Nr.	Stadtbezirk	Versauernde und eutrophierende Stoffe		
		Schwefeldioxid in kg/a	Stickstoffoxide in kg/a	Ammoniak in kg/a
01	Mitte	5,12	10.910	1,51
02	Friedrichshain-Kreuzberg	2,22	5.393	0,67
03	Pankow	7,98	19.952	2,54
04	Charlottenburg-Wilmersdorf	5,19	11.190	1,55
05	Spandau	5,50	11.122	1,63
06	Steglitz-Zehlendorf	1,98	4.198	0,54
07	Tempelhof-Schöneberg	0,83	1.747	0,23
08	Neukölln	0,29	627	0,09
09	Treptow -Köpenick	6,58	14.672	2,01
10	Marzahn-Hellersdorf	6,41	13.810	1,88
11	Lichtenberg	8,05	19.361	2,55
12	Reinickendorf	0,25	653	0,09
	Berlin	50,41	113.635	15,29

Nr.	Herkunftsbereich	Versauernde und eutrophierende Stoffe		
		Schwefeldioxid in kg/a	Stickstoffoxide in kg/a	Ammoniak in kg/a
01	DB, Güterverkehr	26,6	63.854	8,6
02	DB, Personenverkehr	9,6	22.732	3,1
03	nicht DB, Güterverkehr	3,3	8.424	1,1
04	nicht DB, Personenverkehr	10,9	18.625	2,5
05	Straßenbahn	0,0	0	0,0
06	U-Bahn	0,0	0	0,0
	Berlin	50,4	113.635	15,3

Tab. 5.3: Emissionen des Schienenverkehrs in Berlin (Basis Fahrplan 2012) auf dem Schienennetz der DB AG /DBAG 2015/, differenziert nach Stadtbezirken (NMVOC, CO, PM10, PM2,5)

Nr.	Stadtbezirk	Ozonvorläufersubstanzen		Staub	
		NMVOC in kg/a	Kohlenmonoxid in kg/a	Feinstaub PM10 in kg/a	Feinstaub PM2,5 in kg/a
01	Mitte	448	1.139	33.183	4.315
02	Friedrichshain-Kreuzberg	240	673	15.070	1.715
03	Pankow	1.034	2.349	30.301	3.004
04	Charlottenburg-Wilmersdorf	435	1.203	20.120	3.501
05	Spandau	472	967	11.527	2.102
06	Steglitz-Zehlendorf	296	445	13.836	2.302
07	Tempelhof-Schöneberg	127	194	10.507	1.769
08	Neukölln	43	69	2.351	408
09	Treptow -Köpenick	700	1.639	34.694	4.119
10	Marzahn-Hellersdorf	741	1.433	23.781	2.312
11	Lichtenberg	899	2.372	27.556	2.284
12	Reinickendorf	62	102	4.304	668
	Berlin	5.496	12.586	227.230	28.500

Nr.	Herkunftsbereich	Ozonvorläufersubstanzen		Staub	
		NMVOC in kg/a	Kohlenmonoxid in kg/a	Feinstaub PM10 in kg/a	Feinstaub PM2,5 in kg/a
01	DB, Güterverkehr	2.698	7.414	15.870	3.444
02	DB, Personenverkehr	1.184	2.551	117.421	20.082
03	nicht DB, Güterverkehr	791	1.299	374	292
04	nicht DB, Personenverkehr	822	1.322	25.922	4.683
05	Straßenbahn	0	0	62.813	0
06	U-Bahn	0	0	4.831	0
	Berlin	5.496	12.586	227.230	28.500

Tab. 5.4: Emissionen des Schienenverkehrs in Berlin (Basis Fahrplan 2012) auf dem Schienennetz der DB AG /DBAG 2015/, differenziert nach Stadtbezirken

Nr.	Stadtbezirk	Persistente organische Verbindungen		Schwermetalle
		Benzo(a)pyren (BaP) in kg/a	PCDD/F in kg/a	Schwermetalle in kg/a
01	Mitte	0,00647	0,000000013	0,612
02	Friedrichshain-Kreuzberg	0,00288	0,000000006	0,273
03	Pankow	0,01090	0,000000022	1,032
04	Charlottenburg-Wilmersdorf	0,00665	0,000000013	0,630
05	Spandau	0,00699	0,000000014	0,662
06	Steglitz-Zehlendorf	0,00231	0,000000005	0,219
07	Tempelhof-Schöneberg	0,00098	0,000000002	0,093
08	Neukölln	0,00037	0,000000001	0,035
09	Treptow-Köpenick	0,00862	0,000000017	0,816
10	Marzahn-Hellersdorf	0,00804	0,000000016	0,761
11	Lichtenberg	0,01095	0,000000022	1,036
12	Reinickendorf	0,00038	0,000000001	0,036
	Berlin	0,06554	0,000000131	6,205

Nr.	Herkunftsbereich	Persistente organische Verbindungen		Schwermetalle
		Benzo(a)pyren (BaP) in kg/a	PCDD/F in kg/a	Schwermetalle in kg/a
01	DB, Güterverkehr	0,03665	0,000000073	3,469
02	DB, Personenverkehr	0,01330	0,000000027	1,259
03	nicht DB, Güterverkehr	0,00486	0,000000010	0,460
04	nicht DB, Personenverkehr	0,01073	0,000000021	1,016
05	Straßenbahn	0,00000	0,000000000	0,000
06	U-Bahn	0,00000	0,000000000	0,000
	Berlin	0,06554	0,000000131	6,205

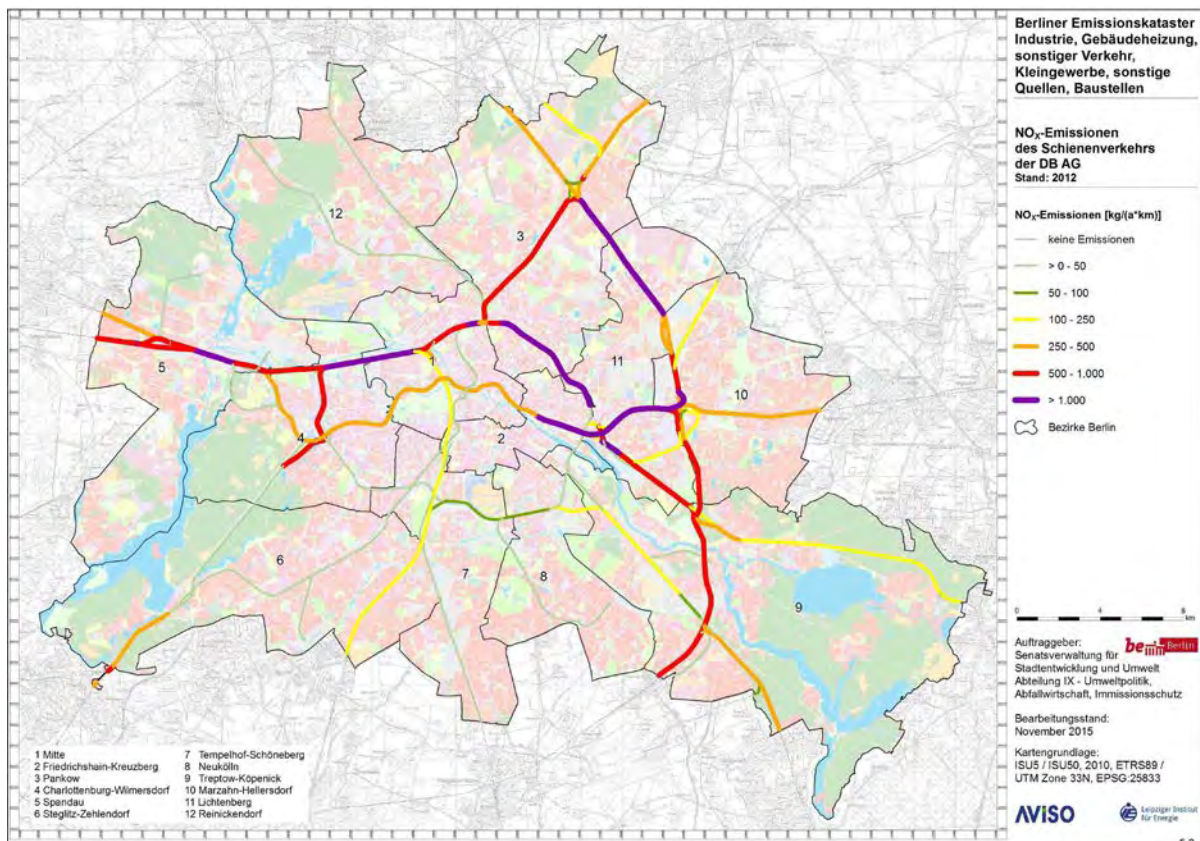


Bild 5.2: NO_x-Emissionen des Schienenverkehrs in Berlin 2012

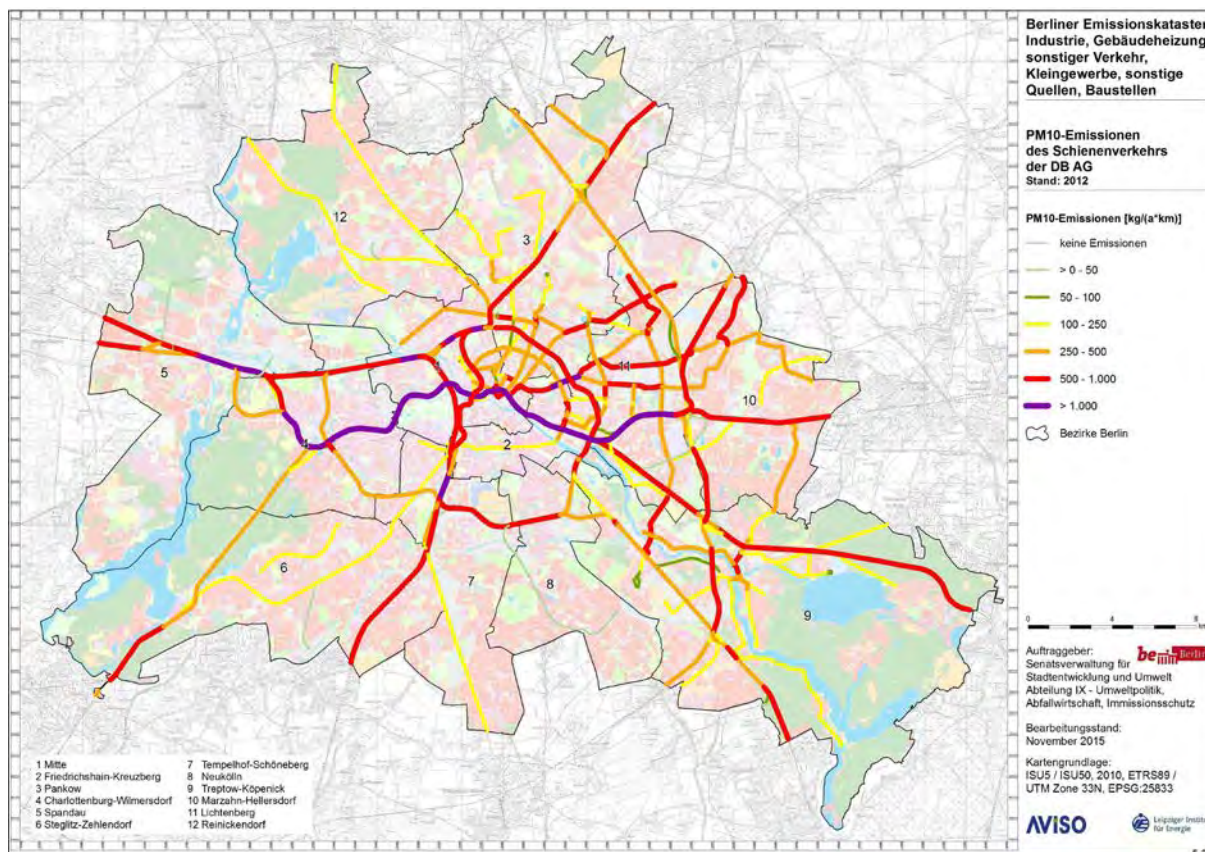


Bild 5.3: PM10-Emissionen (Abgas und Abrieb) des Schienenverkehrs in Berlin 2012

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.

Der Schiffsverkehr der Berliner Wasserstraßen setzt sich somit aus dem Güterverkehr sowie der Freizeit- und Fahrgastschifffahrt zusammen. Es wurden für jeden dieser Teilsektoren die Abgas-Emissionen ermittelt, die entlang der Wasserstraßen und in den Schleusen und Häfen freigesetzt werden.

5.2.1 Datengrundlagen

Für das Land Berlin ist innerhalb der Wasser- und Schifffahrtsdirektion Ost (WSD Ost) das Wasser- und Schifffahrtsamt Berlin (WSA Berlin) verantwortlich. Dieses erhebt Daten zu den Schiffs- und Güterstrombewegungen auf den Bundeswasserstraßen und gibt diese seit 1999 in einem jährlichen Verkehrsbericht heraus. Dabei werden alle Schleusungen zahlenmäßig erfasst und für jede Schleuse differenziert ausgewiesen. Zusätzlich werden in dem Bericht auch Umschlagszahlen über Kai bzw. Schiff/Schiff aller relevanten Häfen genannt.

Wesentliche Datengrundlagen zur Ermittlung der Emissionen aus dem Schiffsverkehr liefert außerdem die jährliche Veröffentlichung der DESTATIS Fachserie 8 /DESTATIS 2012a/.

Zur Ableitung der Bewegungen der Fahrgastschiffe auf dem Berliner Wasserstraßennetz wurden zusätzlich die Fahrpläne der Reedereien /Reeder 2015/ sowie die nicht im Reederverband der Berliner Personenschifffahrt e.V. organisierten Unternehmen ausgewertet.

Technische Daten zu den Wasserstraßen, wie z.B. die zulässige Höchstgeschwindigkeit, wurden dem Elektronischen Wasserstraßeninformationssystem ELWIS entnommen.

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 und Güterumschlag in den Häfen abgeleitet.

Flottenstruktur

Die Flottenstruktur der in Berlin beheimateten Schiffe im Hinblick auf Tragfähigkeit/Fahrgastkapazität und Motorisierung ist in Bild 5.4 und Bild 5.5 zusammengestellt.

Bei den Güterschiffen insgesamt liegt die mittlere Tragfähigkeit bei 1.026 t und die mittlere installierte Leistung bei 473 kW. Bei den Personenschiffen liegt die mittlere Fahrgastkapazität bei 170 Personen und die mittlere Motorisierung bei 160 kW. Die installierte Leistung bei den Güterschiffen ist somit mehr als doppelt so hoch.

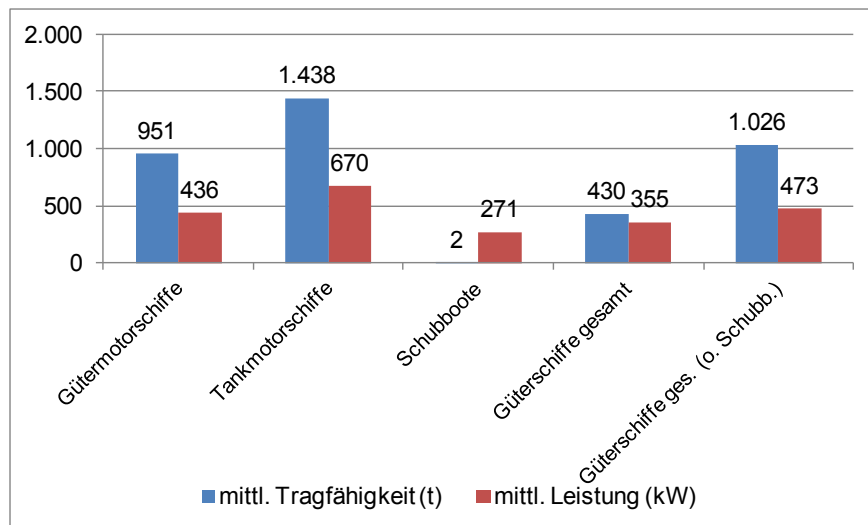


Bild 5.4: Flottenstruktur der in Berlin beheimateten Güterschiffe /WSD Ost 2012/ differenziert nach mittlerer Tragfähigkeit und mittlerer Leistung

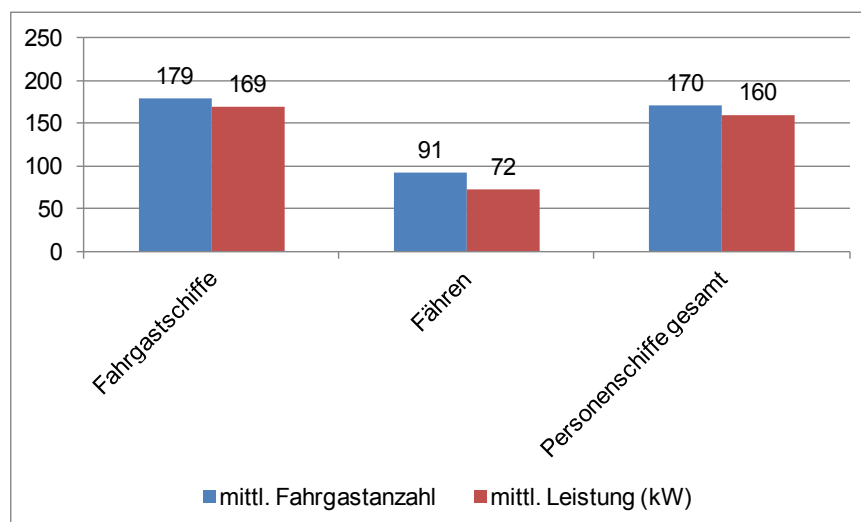


Bild 5.5: Flottenstruktur der in Berlin beheimateten Personenschiffe /WSD Ost 2012/, differenziert nach mittlerer Fahrgastanzahl und mittlerer Leistung

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.

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.

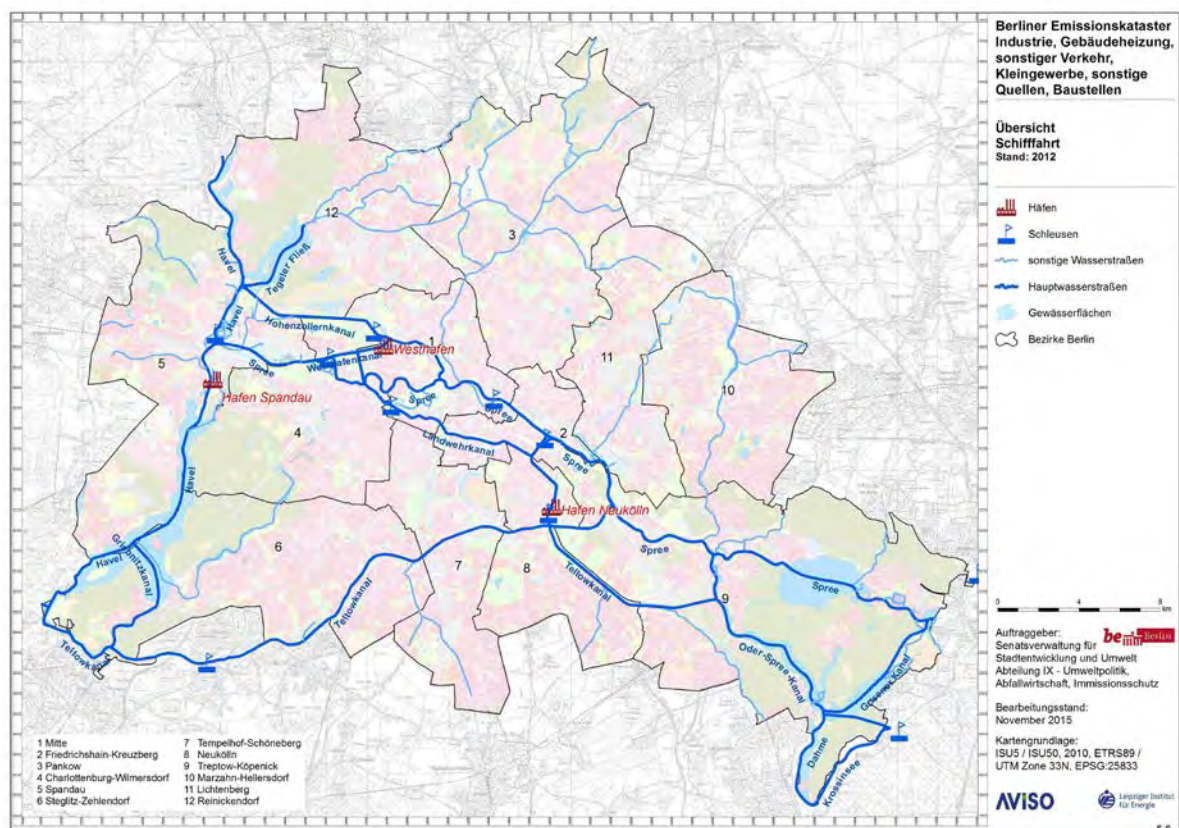


Bild 5.6: Wasserstraßen, Schleusen und Häfen in der Region Berlin, Stand 2012

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.

Transportleistungen und Schiffsbewegungen

Für den Güterverkehr stehen abschnittsspezifischen Angaben zu Güterbeförderung (Ladungstonnen) aus /DESTATIS 2012a/ zur Verfügung.

Für die Personen- und Freizeitschifffahrt bilden Angaben zu den jeweiligen Schiffsbewegungszahlen die Ausgangsbasis zur Ermittlung der Emissionen. Die Schiffsbewegungszahlen wurden aus den Schleusenbelegungszahlen und den Fahrplänen der Personenschifffahrt abgeleitet. Es wurde, neben den vom WSA Berlin erfassten Schiffsschleusungen, der regelmäßige Linienverkehr der Fahrgastschifffahrt nach Auswertung der Fahrplänen abschnittsspezifisch den betroffenen Wasserstraßenabschnitten zugewiesen. Damit wurden auch die Fahrten berücksichtigt, die zwischen Schleusen stattfinden und so vom WSA Berlin nicht erfasst werden können.

Die durch das WSA Berlin gelieferten Schleusendaten erfassen sowohl motorisierte als auch nicht-motorisierte Sportboote. Für eine plausible Verteilung der Sportboote auf den Wasserstraßen wurden, basierend auf dem Forschungsbericht der Forschungsvereinigung für die Sport- und Freizeitschifffahrt e.V. /FVSF 2008/, von der erfassten Anzahl pauschal 1/5 der gezählten Sportboote abgezogen und als nicht-motorisierte Sportboote kategorisiert.

Die ermittelten Schiffsbewegungen der Personen-, Freizeitschifffahrt und Schubboote und die Transportleistungen im Güterverkehr sind für das Jahr 2012 summarisch für Berlin in Tab. 5.5 ausgewiesen. Das erfasste schiffbare Wasserstraßennetz hat eine Länge von ca. 194 km. Insgesamt betrug im Jahr 2012 die Güterbeförderung auf diesen Wasserstraßen 138 Mio. tkm. Die Fahrleistung der übrigen Schiffe (Fahrgastschiffe, Schubboote, Sportboote und sonstige Boote) betrug 2 Mio. Schiffskilometer.

Die Verteilung des Gütertransportaufkommens und der Schiffsbewegungen auf die einzelnen Abschnitte der Wasserstraßen zeigen Bild 5.7 und Bild 5.8. Für den Güterverkehr zeigt sich deutlich die Hauptroute durch das Berliner Stadtgebiet. 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. 5.5: Abschnittsspezifische Transportleistungen des Güterverkehrs (tkm) sowie Fahrleistungen der Fahrgastschiffe (FGS), Schubboote, Sonstigen Boote und Sport-

boote auf den Berliner Wasserstraßen für 2012 /DESTATIS 2012 a /WSD OST 2012, REEDER 2015/

WStr.		Länge [km]	Güterbeförderung [Mio. tkm]	FGS	Schubboote	Sonst. Boote	Sportboote
				Fahrleistung [1.000 Schiffskm]			
71	Hauptwasserstraßen Berlin	131,11	126,2	856,0	104,0	85,6	594,1
711	Berliner Havel	29,11	28,2	89,6	24,9	12,4	210,1
712	Berlin-Spandauer-Schiffahrtskanal, Hohenzollernkanal	12,06	3,1	10,4	10,8	6,8	26,0
713	Spree-Oder (Untere-, Berliner- und Treptow Spree)	32,99	39,9	734,6	31,7	37,6	153,7
714	Spreee-Oder (Dahme, Langer See, Oder-Spree-Kanal)	14,30	27,1	8,3	3,7	3,4	22,3
715	Teltowkanal	38,96	26,8	12,8	31,0	22,7	171,5
716	Britzer Zweigkanal	3,70	1,1	0,3	2,0	2,8	10,5
73	Nebenwasserstraßen Berlin	62,70	12,1	213,3	15,4	26,3	153,2
730	Tegeler See	4,78		35,4	1,4	0,7	42,2
731	Wannsee, Griebnitzkanal	7,00	1,1	37,1	5,2	3,1	27,7
732	Westhafenkanal	3,21	0,5	1,4	1,1	0,8	5,5
733	Charlottenburger Verbindungskanal	1,57	0	0,0	0,5	0,4	1,0
734	Landwehrkanal	11,97	0,1	104,3	0,0	3,4	20,1
735	Neuköllner Schiffahrtskanal	4,02	0,1	0,0	1,1	1,5	6,7
736	Müggelspree	11,98	1,4	31,8	3,1	10,1	28,2
737	Dahmewasserstraße	3,85		0,7	0,5	0,5	3,1
738	Wernsdorfer Seenkette	6,72	8,8	0,9	1,5	1,1	4,7
739	Seddinsee, Gosener Kanal und Rüdersdorfer Gewässer	7,62	0	1,8	1,0	4,6	13,9
	Berlin gesamt	193,82	138,30	1.069,3	119,4	111,9	747,3

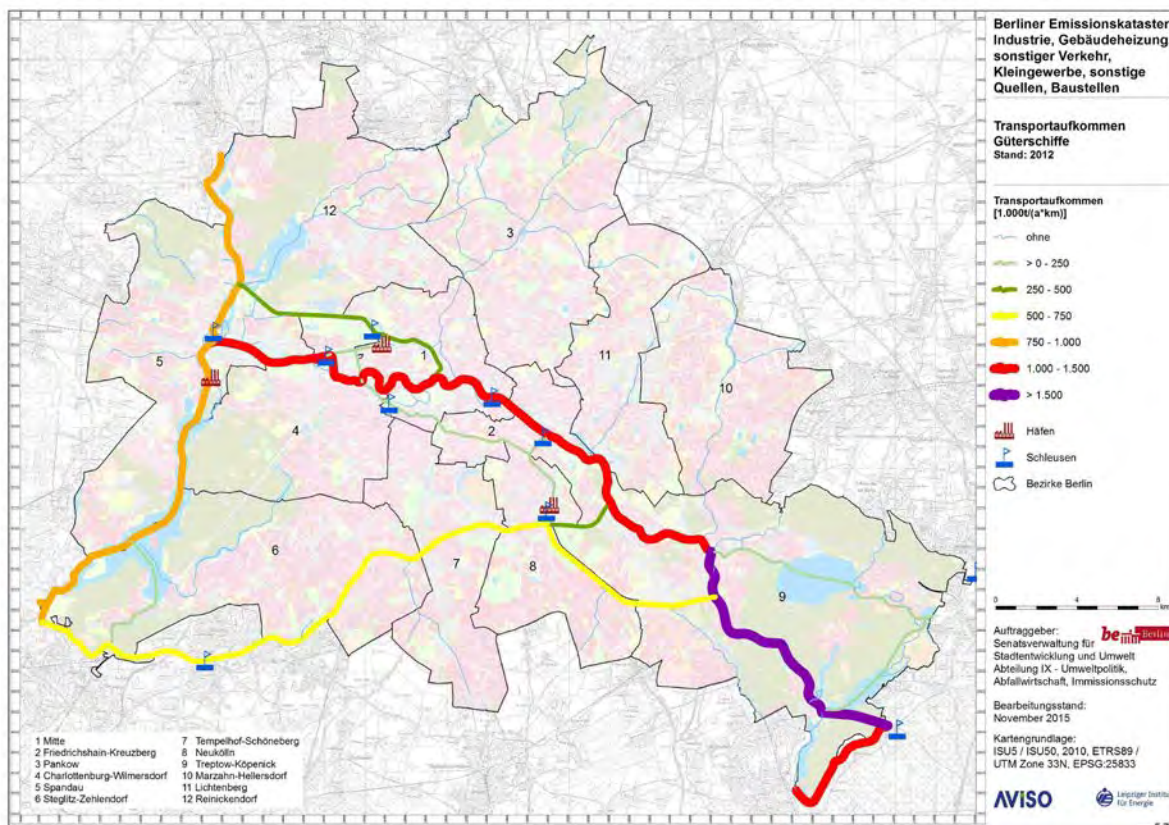


Bild 5.7: Transportaufkommen im Güterverkehr in der Binnenschifffahrt Berlin 2012

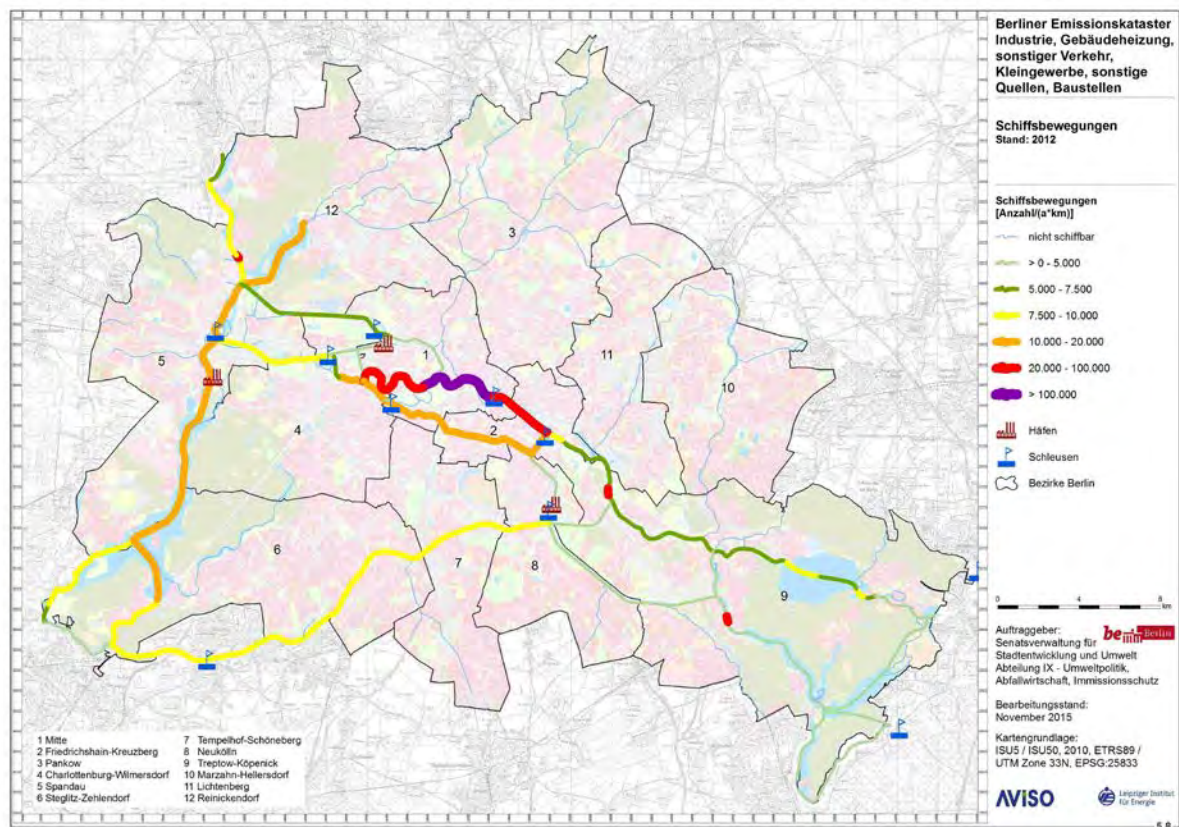


Bild 5.8: Schiffsbewegungen Personenverkehr und Sonstige in der Binnenschifffahrt Berlin 2012

Ermittlung von Kraftstoffverbrauch und Emissionen im Güterverkehr

Emissionen der Güterschifffahrt werden über Angaben zu den beförderten Ladungstonnen pro Abschnitt und charakteristischen Emissionsfaktoren ermittelt. Aktuelle Daten zu Kraftstoffverbrauch der Güterverkehrs-Binnenschifffahrt in Berlin liegen aus /IFEU 2013a/ bereits vor. Dort sind differenzierte Betrachtungen zu den Emissionen der Güterverkehrs-Binnenschifffahrt für Deutschland beschrieben und Ergebnisse u.a. für das Bezugsjahr 2012 ausgewiesen. Die Angaben zum Kraftstoffverbrauch im Güterverkehr für Berlin gesamt aus /IFEU 2013a/ wurden verwendet und über die streckenabschnittsbezogen vorliegenden Angaben zu den geförderten Ladungstonnen auf die Streckenabschnitte verteilt. Außerdem wurden die aus /IFEU 2013a/ vorliegenden kraftstoffbezogenen Emissionsfaktoren für den Güterverkehr für das Bezugsjahr 2012 für die Schadstoffe NO_x , CO, HC und Partikel zur Ermittlung der Abgasemissionen pro Streckenabschnitt verwendet.

Ermittlung von Kraftstoffverbrauch und Emissionen der sonstigen Schifffahrt

Die Ermittlung der Luftschadstoff-Emissionen der übrigen Bootskategorien (Fahrgastschifffahrt (FGS), Schubboote, sonstige Boote und Sportboote) erfolgte über die Schiffsfahrleistungen. Über die jeweiligen Wasserstraßenabschnittslängen, die zulässige Geschwindigkeit

und die Anzahl der auf dem Abschnitt verkehrenden Schiffe wurden zunächst die abschnittsspezifischen Betriebsstunden ermittelt.

Die entsprechenden Emissionsfaktoren, bezogen auf die Betriebsstunden, wurden aus der vom Schweizer Bundesamt für Umwelt veröffentlichten Offroad-Datenbank /BAFU 2010/ für die Schadstoffe NO_x, CO, HC und Partikel entnommen. Dabei wurde bei den Schubbooten und Fahrgastschiffen die mittlere installierte Motorleistung der Berliner Flotte berücksichtigt.

Die Sportboote wurden weiter nach Kategorien und Motortypen unterteilt. Dies stützt sich auf den Forschungsbericht der Forschungsvereinigung für die Sport- und Freizeitschifffahrt e.V., nach dem die Sportbootanzahl auf die Kategorien „Segelboote mit Motor“ und „Miet- und private Motorboote“ aufgeteilt wird. Zusätzlich wurden die Segelboote mit Motor, die Miet- und private Motorboote und Schubboote nach dem Motorentyp (Diesel, Otto 2-Takt und 4-Takt) differenziert. Die prozentuale Verteilung auf Diesel- und Otto-Motoren wurde nach /BAFU 2008/ vorgenommen.

Ermittlung der Emissionen in Häfen und Schleusen

Neben den Luftschadstoff-Emissionen, die durch das Befahren der Wasserstraßen entstehen, werden zusätzliche Emissionen durch den Dieserverbrauch der Hilfsmotoren und Nebenaggregate zur Stromerzeugung an Bord oder zum Manövrieren in Häfen und/oder Schleusen freigesetzt. Der für diese Vorgänge benötigte Kraftstoffverbrauch wurde nach /IFEU 2013a/ mit ca. 5 % des Kraftstoffverbrauchs auf den Wasserstraßen angesetzt.

Emissionsfaktoren für weitere Schadstoffe

Für die weiteren Schadstoffe wurden kraftstoffbezogene Emissionsfaktoren nach Angaben aus /IFEU 2013a, UBA 2015b, EEA 2014/ zurückgegriffen.

5.2.2 Emissionen 2012

Die Berechnung der Kraftstoffverbräuche und der Abgas-Emissionen für den Schiffsverkehr wurde auf Basis der o.g. Grundlagendaten und Emissionsfaktoren durchgeführt.

Die Verteilung des Kraftstoffverbrauchs auf den Güterverkehr und die restlichen Schiffskategorien zeigt Tab. 5.6. Im Jahr 2012 ist auf den Berliner Wasserstraßen 5.597 t Kraftstoff verbraucht worden. Davon entfallen ca. 270 t/a auf das Manövrieren in den Häfen und Schleusen (ca. 5 %). Der mit Abstand größte Anteil des Kraftstoffverbrauchs entfällt mit 60 % auf die Fahrgastschiffe, 25 % entfallen auf den Güterverkehr.

Tab. 5.6: Kraftstoffverbrauch in der Binnenschifffahrt in Berlin 2012, differenziert nach Herkunftsbereichen

	Wasserstraßen			Häfen/Schleusen			Gesamt
	Diesel	Benzin 2-Takt	Benzin 4-Takt	Diesel	Benzin 2-Takt	Benzin 4-Takt	Verbrauch in kg/a
	Verbrauch in kg/a			Verbrauch in kg/a			
Güterverkehr	1.347.100			70.900			1.418.000
Schubboote	332.174			16.609			348.783
Fahrgastschiffe	3.172.752			158.638			3.331.390
Motorboote	36.179	6.384	332.150	1.809	319	16.608	393.449
Segelboote	22.486	3.011	4.016	1.124	151	201	30.989
Sonstige Boote	20.358		50.101	1.018		2.505	73.982
Gesamt	4.931.049	9.395	386.268	250.097	470	19.313	5.596.593

	Wasserstraßen			Häfen/Schleusen			Gesamt
	Diesel	Benzin 2-Takt	Benzin 4-Takt	Diesel	Benzin 2-Takt	Benzin 4-Takt	Anteil in %
	Anteil in %			Anteil in %			
Güterverkehr	27%			28%			25%
Schubboote	7%			7%			6%
Fahrgastschiffe	64%			63%			60%
Motorboote	1%	68%	86%	1%	68%	86%	7%
Segelboote	0%	32%	1%	0%	32%	1%	1%
Sonstige Boote	0%		13%	0%		13%	1%
Gesamt	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Die für die Berliner Wasserstraßen sowie den Häfen und Schleusen auf Basis des Kraftstoffverbrauchs berechneten Luftschadstoffemissionen sind in Tab. 5.6 bis Tab. 5.9, differenziert nach Stadtbezirken und nach Herkunftsbereichen, zusammengestellt.

Dominierend auf den Wasserstraßen ist vor allem die Fahrgastschifffahrt, wie in Tab. 5.6 bereits für den Kraftstoffverbrauch dargestellt. Entsprechend hoch sind auch die Anteile der Fahrgastschifffahrt an den Emissionen, so liegt z.B. der Anteil an den NO_x-Emissionen bei 57 % und der PM₁₀-Emissionen bei 65 %.

Der größte Anteil der Emissionen der meisten Schadstoffe entfällt auf den Stadtbezirk Berlin Mitte. Nur bei den NH₃-Emissionen, die überwiegend aus benzinbetriebenen Motorbooten emittiert werden, werden neben dem Stadtbezirk Mitte hohe Anteile in den Bezirken Spandau, Steglitz-Zehlendorf und Treptow-Köpenick freigesetzt.

Tab. 5.7: Emissionen der Binnenschifffahrt in Berlin 2012, differenziert nach Stadtbezirken und Herkunftsbereichen (Treibhausgase)

Nr.	Stadtbezirk	Treibhausgase		
		Kohlenstoffdioxid in kg/a	Methan in kg/a	Distickstoffmonoxid in kg/a
01	Mitte	7.226.525	864	69
02	Friedrichshain-Kreuzberg	1.837.652	209	19
03	Pankow	0	0	0
04	Charlottenburg-Wilmersdorf	819.428	75	10
05	Spandau	1.604.582	128	24
06	Steglitz-Zehlendorf	2.039.604	175	26
07	Tempelhof-Schöneberg	186.110	13	3
08	Neukölln	347.532	23	5
09	Treptow -Köpenick	2.565.888	154	29
10	Marzahn-Hellersdorf	0	0	0
11	Lichtenberg	41.152	3	0,4
12	Reinickendorf	1.021.552	106	12
	Berlin	17.690.025	1.752	197

Nr.	Herkunftsbereich	Treibhausgase		
		Kohlenstoffdioxid in kg/a	Methan in kg/a	Distickstoffmonoxid in kg/a
01	Güterverkehr	4.282.431	82	38
02	Schubboote	1.046.375	132	9
03	Fahrgastschiffe	9.994.423	1.258	90
04	Motorboote	1.177.222	144	42
05	Segelboote	92.905	17	1
06	Sonstige Boote	221.483	32	7
7	Hafen/Schleusen Güterverkehr	248.565	8	2
8	Hafen/Schleusen übrige	626.620	79	7
	Berlin	17.690.025	1.752	197

Tab. 5.8: Emissionen der Binnenschifffahrt in Berlin 2012, differenziert nach Stadtbezirken und Herkunftsbereichen (SO₂, NO_x, NH₃)

Nr.	Stadtbezirk	Versauernde und eutrophierende Stoffe		
		Schwefeldioxid in kg/a	Stickstoffoxide in kg/a	Ammoniak in kg/a
01	Mitte	36,7	104.417	75
02	Friedrichshain-Kreuzberg	9,3	26.349	30
03	Pankow	0,0	0	0
04	Charlottenburg-Wilmersdorf	4,1	11.595	23
05	Spandau	8,1	21.831	82
06	Steglitz-Zehlendorf	10,3	28.612	74
07	Tempelhof-Schöneberg	0,9	2.539	10
08	Neukölln	1,8	4.816	18
09	Treptow -Köpenick	12,9	38.231	60
10	Marzahn-Hellersdorf	0,0	0	0
11	Lichtenberg	0,2	619	1
12	Reinickendorf	5,2	14.458	27
	Berlin	89,5	253.466	400

Nr.	Herkunftsbereich	Versauernde und eutrophierende Stoffe		
		Schwefeldioxid in kg/a	Stickstoffoxide in kg/a	Ammoniak in kg/a
01	Güterverkehr	21,6	69.376	25
02	Schubboote	5,3	15.303	6
03	Fahrgastschiffe	50,8	145.044	60
04	Motorboote	6,0	9.048	246
05	Segelboote	0,5	795	6
06	Sonstige Boote	1,1	1.712	37
7	Hafen/Schleusen Güterverkehr	1,1	3.593	1
8	Hafen/Schleusen übrige	3,2	8.595	18
	Berlin	89,5	253.466	400

Tab. 5.9: Emissionen der Binnenschifffahrt in Berlin 2012, differenziert nach Stadtbezirken und Herkunftsbereichen (NMVOC, CO, PM10, PM2.5)

Nr.	Stadtbezirk	Ozonvorläufersubstanzen		Staub	
		NMVOC in kg/a	Kohlenmonoxid in kg/a	Feinstaub PM10 in kg/a	Feinstaub PM2,5 in kg/a
01	Mitte	34.873	66.081	4.370	4.370
02	Friedrichshain-Kreuzberg	8.361	19.536	1.066	1.066
03	Pankow	0	0	0	0
04	Charlottenburg-Wilmersdorf	2.923	10.660	426	426
05	Spandau	4.646	31.517	722	722
06	Steglitz-Zehlendorf	6.641	31.584	997	997
07	Tempelhof-Schöneberg	477	3.800	81	81
08	Neukölln	827	6.586	149	149
09	Treptow -Köpenick	5.914	26.395	1.177	1.177
10	Marzahn-Hellersdorf	0	0	0	0
11	Lichtenberg	105	367	20	20
12	Reinickendorf	4.149	13.488	545	545
	Berlin	68.917	210.015	9.553	9.553

Nr.	Herkunftsbereich	Ozonvorläufersubstanzen		Staub	
		NMVOC in kg/a	Kohlenmonoxid in kg/a	Feinstaub PM10 in kg/a	Feinstaub PM2,5 in kg/a
01	Güterverkehr	3.353	12.797	1.751	1.751
02	Schubboote	5.381	8.489	830	830
03	Fahrgastschiffe	51.140	80.953	6.251	6.251
04	Motorboote	4.139	79.976	130	130
05	Segelboote	549	4.760	68	68
06	Sonstige Boote	938	12.989	62	62
7	Hafen/Schleusen Güterverkehr	310	691	93	93
8	Hafen/Schleusen übrige	3.107	9.358	367	367
	Berlin	68.917	210.015	9.553	9.553

Tab. 5.10: Emissionen der Binnenschifffahrt in Berlin 2012, differenziert nach Stadtbezirken und Herkunftsbereichen (BaP, PCDD/F, Schwermetalle)

Nr.	Stadtbezirk	Persistente organische Verbindungen		Schwermetalle
		Benzo(a)pyren (BaP) in kg/a	PCDD/F in kg/a	Schwermetalle in kg/a
01	Mitte	1,03	0,000000297	6,64
02	Friedrichshain-Kreuzberg	0,24	0,000000076	1,69
03	Pankow	0,00	0,000000000	0,00
04	Charlottenburg-Wilmersdorf	0,08	0,000000033	0,74
05	Spandau	0,09	0,000000065	1,46
06	Steglitz-Zehlendorf	0,16	0,000000083	1,86
07	Tempelhof-Schöneberg	0,01	0,000000008	0,17
08	Neukölln	0,01	0,000000014	0,32
09	Treptow -Köpenick	0,13	0,000000105	2,34
10	Marzahn-Hellersdorf	0,00	0,000000000	0,00
11	Lichtenberg	0,00	0,000000002	0,04
12	Reinickendorf	0,11	0,000000042	0,94
	Berlin	1,86	0,000000723	16,19

Nr.	Herkunftsbereich	Persistente organische Verbindungen		Schwermetalle
		Benzo(a)pyren (BaP) in kg/a	PCDD/F in kg/a	Schwermetalle in kg/a
01	Güterverkehr	0,04	0,000000175	3,91
02	Schubboote	0,16	0,000000043	0,96
03	Fahrgastschiffe	1,54	0,000000412	9,20
04	Motorboote	0,02	0,000000045	1,05
05	Segelboote	0,01	0,000000004	0,08
06	Sonstige Boote	0,01	0,000000009	0,20
7	Hafen/Schleusen Güterverkehr	0,00	0,000000009	0,21
8	Hafen/Schleusen übrige	0,09	0,000000026	0,58
	Berlin	1,86	0,000000723	16,19

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

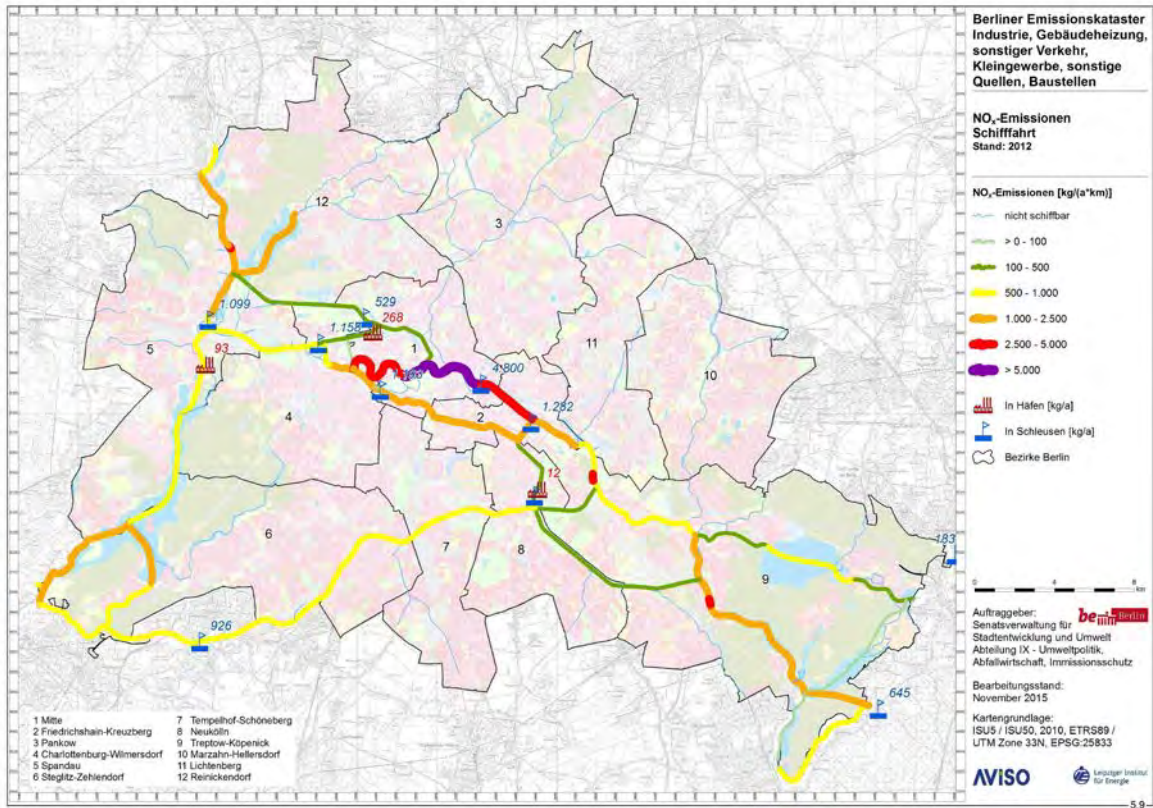


Bild 5.9: NO_x-Emissionen Schiffsverkehr Berlin 2012

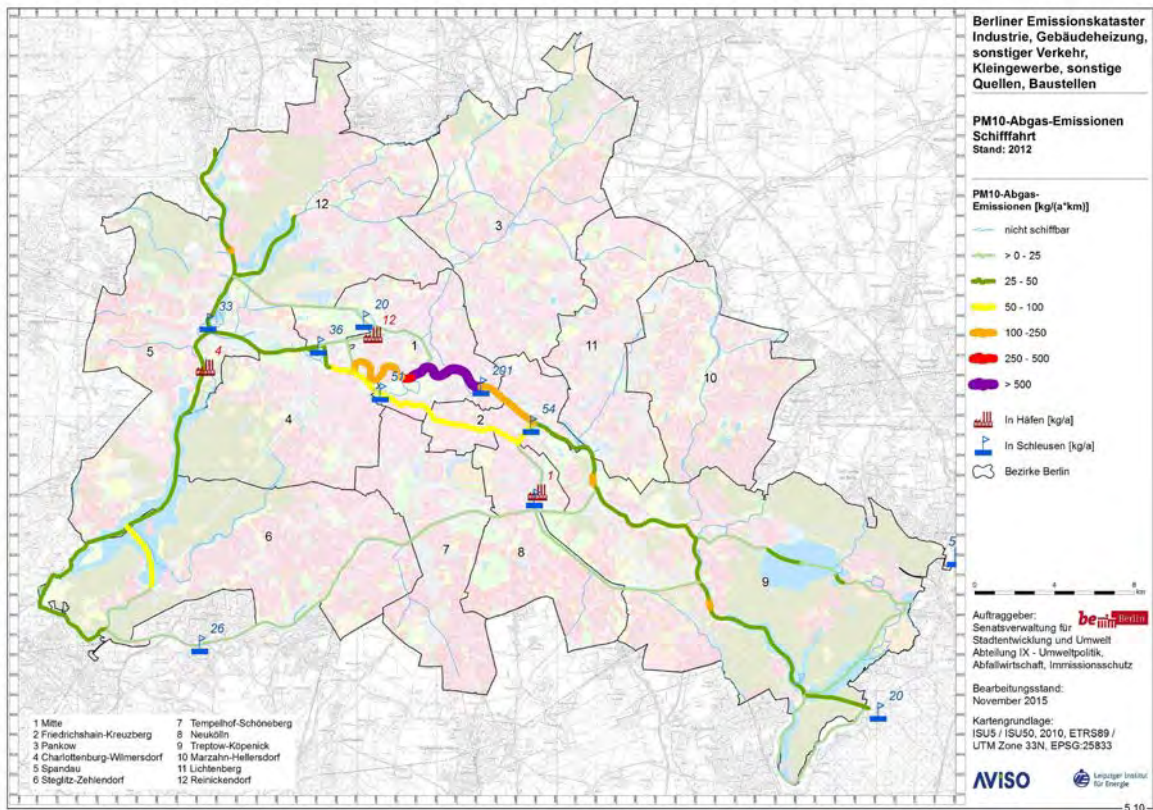


Bild 5.10: PM10-Abgas-Emissionen Schiffsverkehr Berlin 2012

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 werden auch die Vorfeldemissionen ausgewiesen. Zur Berechnung der Emissionen des bodennahen Flugverkehrs wurde das Emissionsmodell *airTEIM /AVISO 2001, AVISO 2014 b/* eingesetzt.

Die Emissionen wurden für die zwei internationalen Flughäfen Tegel und Schönefeld, die Verkehrslandeplätze und zusätzlich auch für den zukünftigen internationalen Flughafen Berlin Brandenburg (nach Schließung von Tegel und Schönefeld) ermittelt.

5.3.1 Datengrundlagen

Das Land Berlin verfügt über 2 Flughäfen und 10 Hubschrauberlandeplätze. Die relevanten Geometrien der Flughäfen wurden digital erfasst und im Berechnungsmodell durch Linien- und Flächenquellen abgebildet. Basis für Geometrie und Ausrichtung von Start- und Landebahnen bilden die aktuellsten Flugplatzkarten der Deutschen Flugsicherung (DFS). Die Start- 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.

Flugbewegungsdaten 2012

Zur Ermittlung der Emissionen des Flugverkehrs im LTO-Zyklus (bis zu einer Höhe von ca. 915 m über Grund) wurden die Starts und Landungen der Flughäfen Tegel und Schönefeld, differenziert nach Luftfahrzeugklassen (LFZ-Klassen), verwendet. Eine wesentliche Datenquelle stellen die Daten des Statistischen Bundesamtes /Destatis 2012 b/ dar. Zusätzlich wurden vom Flughafenbetreiber Berlin Brandenburg GmbH modellfeine Daten aus den Flugebüchern für die Flughäfen Tegel und Schönefeld zur Verfügung gestellt.

Insgesamt haben im Jahr 2012 am Flughafen Tegel 85.559 Starts und am Flughafen Schönefeld 35.878 Starts stattgefunden. Die Verteilung der Starts auf Gewichtsklassen zeigt Tab. 5.11.

Tab. 5.11: Starts nach Startgewichtsklassen im gewerblichen Flugverkehr in Berlin im Jahr 2012

Flughafen	Startgewichtsklasse über . . . bis . . . t					Hub-schrauber	Luft-schiffe	Starts insgesamt
	bis 2	2 - 5,7	5,7 - 14	14 - 20	über 20			
Tegel	94 0%	696 1%	5.010 6%	1.186 1%	77.970 91%	603 1%	0 0%	85.559
Schönefeld	896 2%	2.269 6%	2.189 6%	1.017 3%	28.784 80%	723 2%	0 0%	35.878
Summe	990 1%	2.965 2%	7.199 6%	2.203 2%	106.754 88%	1.326 1%	0 0%	121.437

Unter Berücksichtigung der Daten aus der JP Airline Fleets Datenbank wurde eine Zuordnung zwischen den modellfeinen Flugzeugdaten und typischen Triebwerksverteilungen durchgeführt.

Die Flugbewegungsdaten für den sonstigen Flugverkehr wurden aus den Daten des statistischen Bundesamtes für das Analysejahr 2012 entnommen und sind in Tab. 5.12 dargestellt (hier ausschließlich Starts). Auf den Hubschrauberlandeplätzen in Berlin fanden 2012 insgesamt 4.068 Starts statt.

Tab. 5.12: Starts nach Startgewichtsklassen im sonstigen Flugverkehr in Berlin im Jahr 2012; /Destatis 2012 b/

Gegenstand der Nachweisung	Motorflüge				Hub-schrauber	Luftschiffe	Bemannte Ballone	Segelflugzeuge			Motorsegelflüge		Ultraleichtflugzeuge		Flüge insgesamt
	über 5,7 t	2-5,7 t	bis 2 t					Zusammen	nichtgew. Schulflüge	Schleppstarts	Zusammen	darunter Schleppstarts	Zusammen	darunter Schleppstarts	
			ein-	zwei-											
Hubschrauberlandeplätze	-	-	-	-	24	-	-	-	-	-	-	-	-	24	
Berlin, Bundeswehrkrankenh.	-	-	-	-	410	-	-	-	-	-	-	-	-	410	
Berlin, Charité	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	10	
Berlin, Helios-Kl., Emil von Behring	-	-	-	-	24	-	-	-	-	-	-	-	-	24	
Berlin, Humboldt-Klinikum	-	-	-	-	2.204	-	-	-	-	-	-	-	-	2.204	
Berlin, Klinikum Benjamin Franklin	-	-	-	-	138	-	-	-	-	-	-	-	-	138	
Berlin, Klinikum Buch	-	-	-	-	23	-	-	-	-	-	-	-	-	23	
Berlin, Klinikum Friedrichshain	-	-	-	-	46	-	-	-	-	-	-	-	-	46	
Berlin, Klinikum Neukölln	-	-	-	-	1.186	-	-	-	-	-	-	-	-	1.186	
Berlin, Unfallkrankenhaus	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	3	
Berlin, Wenckebach-Klinikum	-	-	-	-	4.068	-	-	-	-	-	-	-	-	4.068	
Zusammen	-	-	-	-											

Räumliche Verteilung der Flugbewegungen 2012

Die Verteilung der Starts und Landungen auf die einzelnen Start- und Landebahnen wurde ebenfalls der modellfeinen Datenlieferung der Flughafen Berlin Brandenburg GmbH entnommen.

Die An- und Abflugrouten konnten für die Flughäfen Tegel und Schönefeld aus den nachstehenden Karten der Deutschen Flugsicherung GmbH (DFS) abgeleitet werden (Bild 5.11).

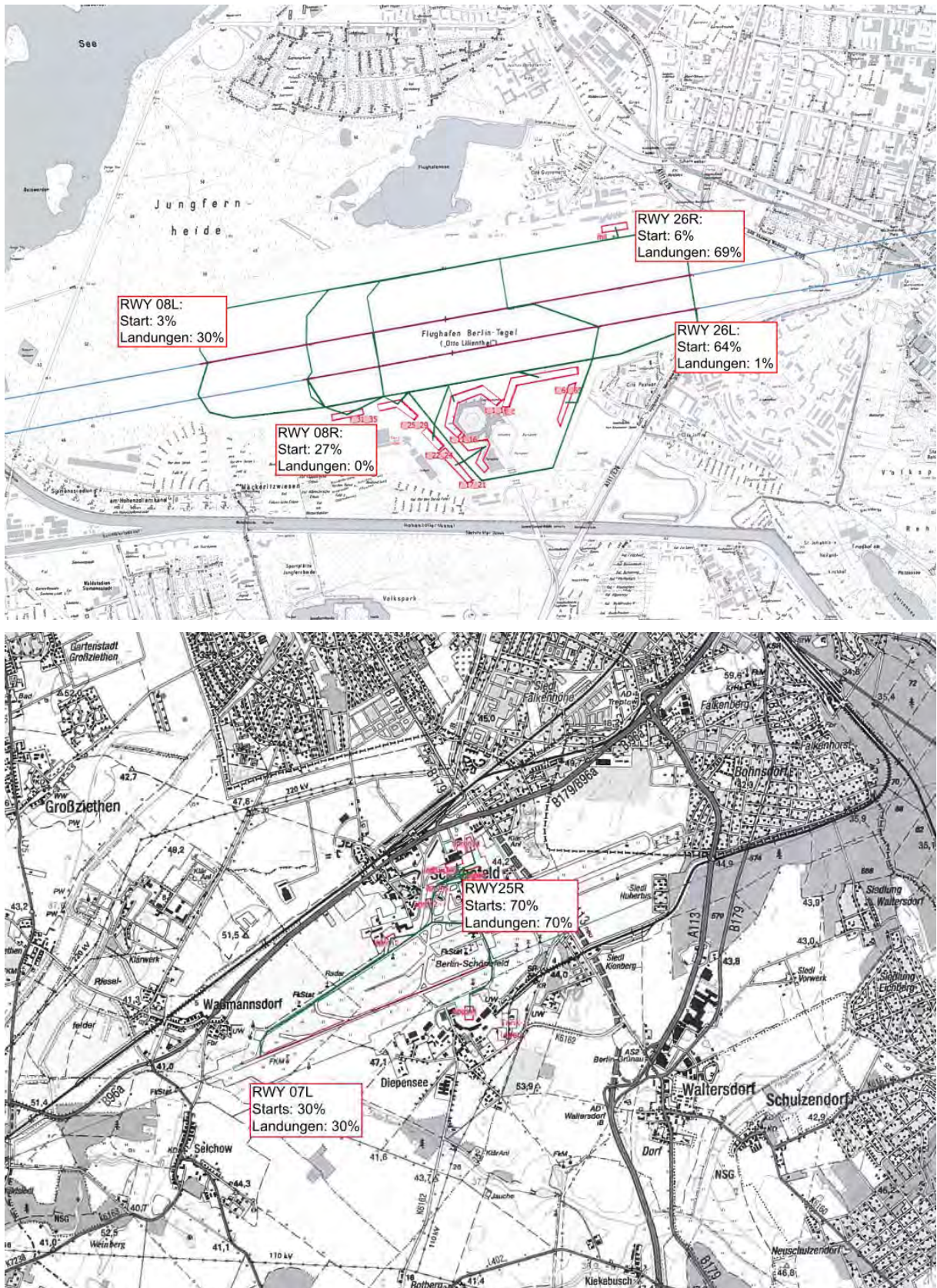


Bild 5.11: An- und Abflugrouten /DFS/ für Tegel (Quelle Karte: YADE-GIS (SenStadt)) und Schönefeld (Kartengrundlage: TK50 (05/03 LGB Brandenburg))

Grundzüge der Berechnungsmethodik

Die Berechnung der **Abgas-Emissionen** erfolgt mittels multiplikativen 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 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 Abhebezeitpunkt (Take Off) und dem Steigflug bis zum Erreichen der Höhe von 3.000 ft (Climb Out) zusammen.

Da die Taxi-Zeiten stark von der Infrastruktur des Flughafens abhängen und auch innerhalb der verschiedenen Flughäfen starke Unterschiede aufweisen, wurden diese auch beim Flughafenbetreiber abgefragt und konnten aus der modellfeinen Datenlieferung ermittelt werden.

Tab. 5.13: Taxi-Zeiten (Taxi In + Taxi Out) in Sekunden für die Flughäfen Tegel und Schönefeld in Berlin 2012

Flughafen	Jahr	Luftfahrzeugklasse				
		Jet	Kolben	Hubschrauber	Motorsegler/ Ultralight	Luftschiiff
Tegel	2012	688	738	609	100	100
Schönefeld	2012	712	726	520	100	100

In der ICAO-Triebwerkdatenbank sind Verbrauchsfaktoren und Emissionsfaktoren, differenziert nach den unterschiedlichen Phasen des LTO-Zyklus auf Triebwerksebene, für die Schadstoffe NO_x, HC und CO (sowie die Smoke Number) enthalten. Diese bildeten die Basis zur Ermittlung von mittleren Emissionsfaktoren, wobei die modellfeinen Daten der Flughäfen zu den Flugbewegungen, differenziert nach Flugzeug- und Triebwerkstypen, berücksichtigt wurden.

Für die übrigen Schadstoffe wurde auf verbrauchsbezogene Emissionsfaktoren aus /IFEU 2013a, UBA 2015b, EEA 2013/ zurückgegriffen.

Neben den Abgas-Emissionen der Flugzeuge wurden auch die Emissionen der für die Abwicklung des Flugbetriebs benötigten Fahrzeuge und Geräte auf dem **Vorfeld** berechnet. Darunter fällt der Verkehr mit den Crewbussen, Bussen, Gepäckwagen sowie Förderbänder etc. Die Emissionen des Vorfeldverkehrs wurden auf Basis einer differenzierten Untersuchung für den Flughafen Düsseldorf für die Berliner Flughäfen abgeschätzt /AVISO 2003/.

5.3.2 Emissionen 2012

Die Berechnung des Kraftstoffverbrauchs und der Abgas-Emissionen vom Flugverkehr in Berlin für das Jahr 2012 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.

Im Jahr 2012 wurden in Berlin auf den Flughäfen Tegel und Schönefeld sowie den Hubschrauberlandeplätzen insgesamt 73.882 t Kraftstoff im bodennahen Bereich bis 3.000 ft verbraucht. Am Flughafen Schönefeld wurden dabei rund 28 % des Gesamtkraftstoffes bei rund 29 % der Gesamtflüge an den Berliner Flughäfen verbraucht. Auffällig bei den Hubschrauberlandeplätzen ist, dass diese 3,2 % aller Starts aufweisen, jedoch mit einem Anteil von 0,2 % am Kraftstoffverbrauch nicht ins Gewicht fallen. Dies ist der grundlegend unterschiedlichen Treibstoffverbrauchs von Flugzeugen und Hubschraubern geschuldet.

Die für die Flughäfen Tegel und Schönefeld sowie die Hubschrauberlandeplätze in Berlin berechneten Luftschadstoff-Emissionen 2012 sind in den nachfolgenden Tabellen zusammengestellt. Die Emissionen des Vorfeldverkehrs sind darin enthalten und haben einen Anteil an den Gesamt-Emissionen von ca. 10 %, außer für NMVOC und PM10.

Der Anteil der Emissionen vom Flughafen Tegel an den Gesamt-Emissionen liegt je nach Schadstoff im Bereich von 60 % bis 80 %.

Tab. 5.14: Emissionen des bodennahen Flugverkehrs (bis 3.000 ft) in Berlin 2012 in kg/a (Treibhausgase)

Nr.	Stadtbezirk	Treibhausgase		
		Kohlenstoffdioxid in kg/a	Methan in kg/a	Distickstoffmonoxid in kg/a
01	Mitte	53.996	16	2
02	Friedrichshain-Kreuzberg	2.862	1	0
03	Pankow	17.169	5	1
04	Charlottenburg-Wilmersdorf	0	0	0
05	Spandau	0	0	0
06	Steglitz-Zehlendorf	275.456	80	10
07	Tempelhof-Schöneberg	373	0	0
08	Neukölln	5.723	2	0
09	Treptow -Köpenick	63.994.573	2.916	1.889
10	Marzahn-Hellersdorf	147.557	43	6
11	Lichtenberg	0	0	0
12	Reinickendorf	168.157.364	4.885	5.438
	Berlin	232.655.074	7.948	7.346

Nr.	Herkunftsbereich	Treibhausgase		
		Kohlenstoffdioxid in kg/a	Methan in kg/a	Distickstoffmonoxid in kg/a
01	Flughafen Schönefeld, LTO	63.994.573	2.916	1.889
	Flughafen Schönefeld, Vorfeld			
02	Flughafen Tegel, LTO	168.154.378	4.884	5.438
	Flughafen Tegel, Vorfeld			
	Summe Flughäfen	232.148.951	7.800	7.327
03	sonstige Flugplätze	506.123	147	19
	Summe gesamt	232.655.074	7.948	7.346

Tab. 5.15: Emissionen des bodennahen Flugverkehrs (bis 3.000 ft) in Berlin 2012 in kg/a (SO₂, NO_x, NMVOC, CO)

Nr.	Stadtbezirk	Versauernde und eutrophierende Stoffe		Ozonvorläufersubstanzen	
		Schwefeldioxid in kg/a	Stickstoffoxide in kg/a	NMVOC in kg/a	Kohlenmonoxid in kg/a
01	Mitte	4	108	141	459
02	Friedrichshain-Kreuzberg	0	6	7	24
03	Pankow	1	34	45	146
04	Charlottenburg-Wilmersdorf	0	0	0	0
05	Spandau	0	0	0	0
06	Steglitz-Zehlendorf	18	553	721	2.340
07	Tempelhof-Schöneberg	0	1	1	3
08	Neukölln	0	11	15	49
09	Treptow-Köpenick	4.584	323.322	49.480	190.227
10	Marzahn-Hellersdorf	10	296	386	1.254
11	Lichtenberg	0	0	0	0
12	Reinickendorf	12.248	904.535	82.897	443.890
	Berlin	16.865	1.228.866	133.695	638.392

Nr.	Herkunftsbereich	Versauernde und eutrophierende Stoffe		Ozonvorläufersubstanzen	
		Schwefeldioxid in kg/a	Stickstoffoxide in kg/a	NMVOC in kg/a	Kohlenmonoxid in kg/a
01	Flughafen Schönefeld, LTO	4.095	290.140	26.243	170.353
	Flughafen Schönefeld, Vorfeld	489	33.182	23.237	19.874
02	Flughafen Tegel, LTO	10.938	811.700	43.960	397.490
	Flughafen Tegel, Vorfeld	1.309	92.830	38.929	46.375
	Summe Flughäfen	16.832	1.227.851	132.369	634.092
03	sonstige Flugplätze	34	1.015	1.325	4.300
	Summe gesamt	16.865	1.228.866	133.695	638.392

Tab. 5.16: Emissionen des bodennahen Flugverkehrs (bis 3.000 ft) in Berlin 2012 in kg/a

Nr.	Stadtbezirk	Staub		Persist. org. Verb.
		Feinstaub PM10 in kg/a	Feinstaub PM2,5 in kg/a	Benzo(a)pyren (BaP) in kg/a
01	Mitte	2,38	2,38	0,0049
02	Friedrichshain-Kreuzberg	0,13	0,13	0,0003
03	Pankow	0,76	0,76	0,0016
04	Charlottenburg-Wilmersdorf	0,00	0,00	0,0000
05	Spandau	0,00	0,00	0,0000
06	Steglitz-Zehlendorf	12,17	12,17	0,0249
07	Tempelhof-Schöneberg	0,02	0,02	0,0000
08	Neukölln	0,25	0,25	0,0005
09	Treptow -Köpenick	3.221,44	3.221,44	0,9174
10	Marzahn-Hellersdorf	6,52	6,52	0,0134
11	Lichtenberg	0,00	0,00	0,0000
12	Reinickendorf	9.641,70	9.641,70	1,4624
	Berlin	12.885,37	12.885,37	2,4253

Nr.	Herkunftsbereich	Staub		Persist. org. Verb.
		Feinstaub PM10 in kg/a	Feinstaub PM2,5 in kg/a	Benzo(a)pyren (BaP) in kg/a
01	Flughafen Schönefeld, LTO	1.861,79	1.861,79	0,9174
	Flughafen Schönefeld, Vorfeld	1.359,65	1.359,65	
02	Flughafen Tegel, LTO	5.569,93	5.569,93	1,4621
	Flughafen Tegel, Vorfeld	4.071,64	4.071,64	
	Summe Flughäfen	12.863,01	12.863,01	2,3795
03	sonstige Flugplätze	22,36	22,36	0,0458
	Summe gesamt	12.885,37	12.885,37	2,4253

5.3.3 Verlagerung auf den Flughafen Berlin Brandenburg

Neben der Ermittlung der Emissionen der Berliner Flughäfen Tegel und Schönefeld wurde zusätzlich eine Abschätzung der zukünftig zu erwartenden Emissionen des Flughafens Berlin Brandenburg durchgeführt.

Der Flughafen Berlin Brandenburg wird gemäß dem Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm (FlugLSG) vom Oktober 2007 /FIUGLSG 2007/ als bestehender Flughafen verstanden. Im Rahmen der Berechnung der Fluglärmbelastung unterliegt dieser der Erstellung einer Flugverkehrsprognose für 10 Jahre, die zusammen mit dem geplanten Flugverfahren (einschließlich Flugrouten) im Datenerfassungssystem (DES) 2023 zusammengefasst wurde.

Geplante Infrastruktur

Die geplante Infrastruktur des Flughafens Berlin Brandenburg ist in nachfolgendem Bild 5.12 dargestellt. Es ist ein Parallelbahnsystem mit zwei Start- und Landebahnen vorgesehen. Die derzeitige Start- und Landebahn des Flughafens Schönefeld wird zur Nordbahn 07L/25R mit einer Länge von 3.000 m umfunktioniert. Die neue Südbahn 07R/25L ist mit einer Länge von 4.000 m geplant.

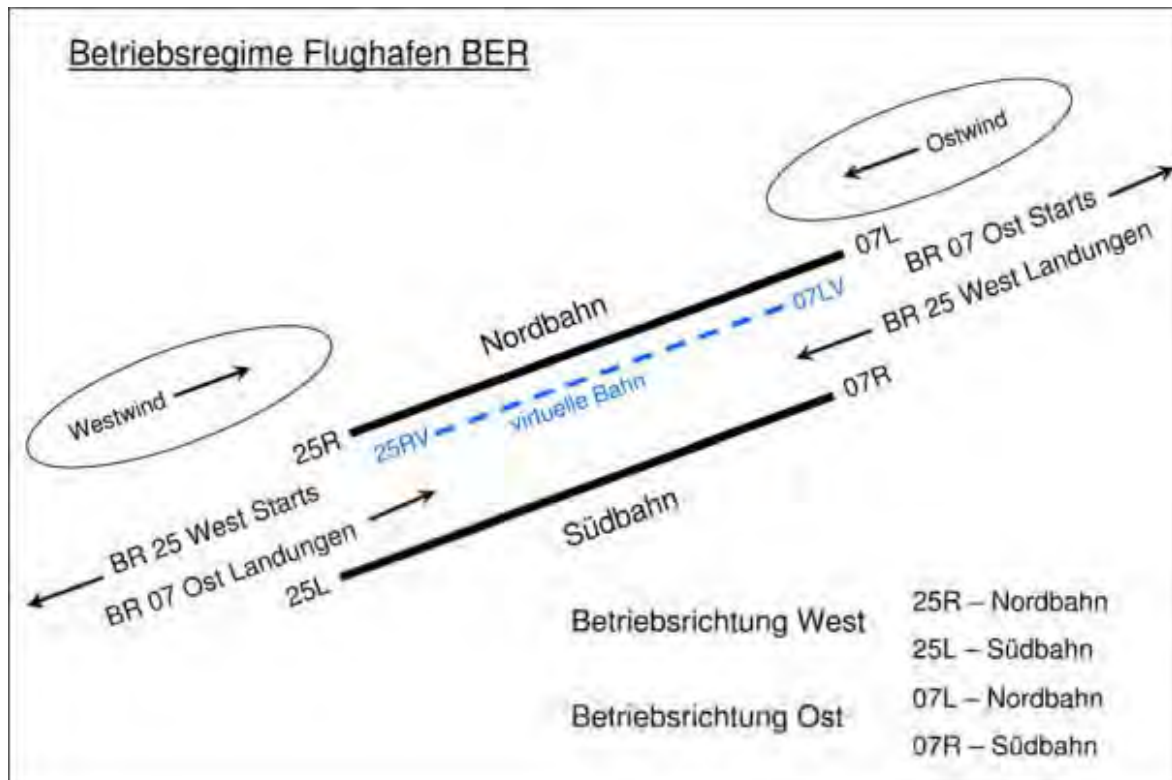


Bild 5.12: Übersicht des geplanten Betriebsregimes am Flughafen Berlin Brandenburg; /MUGV 2013/

Flugverkehrsprognose

Bei der Berechnung der zu erwartenden Emissionen am Flughafen Berlin Brandenburg wird auf die vom Flughafen Berlin Brandenburg GmbH /FBB GmbH 2012/ erstellte Flugverkehrsprognose zurückgegriffen. Darin sind die Flugbewegungen der sechs verkehrsreichsten Monate auf den Flugbetrieb am Tag (6.00 – 22.00 Uhr) und in der Nacht (22.00 – 06.00 Uhr) verteilt. Laut /MUGV 2013/ machen die prognostizierten verkehrsreichsten sechs Monate 54 % des gesamten Flugverkehrsaufkommen aus, so dass für eine vollständige Emissionsermittlung die Anzahl der Flugbewegungen für das gesamte Jahr hochgerechnet wurde. Die Gesamtanzahl der zu erwartenden Starts beläuft sich jährlich auf 159.456.

Flugverfahren (einschließlich Flugrouten)

Das Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung (BAF) /BAF 2012/ ergänzt das DES 2023 um die Datengrundlage zum erforderlichen Flugverfahren. Die darin festgelegte Bahnverteilung sieht 45,5 % der Starts und Landungen auf der nördlichen Bahn vor, folglich entfallen 54,5 % der Flugbewegungen auf die südliche Bahn. Dabei können die Start- und Landebahnen (abhängig von der Windrichtung) in beide Betriebsrichtungen genutzt werden. Darüber hinaus sind auch die geplanten Flugrouten veröffentlicht worden, die sich auf die An- und Abflugstrecken der Start- und Landebahnen mit Instrumenten- und Sichtflug beziehen.

Emissionen des zukünftigen Flughafens Berlin Brandenburg (Prognosejahr 2023)

Auf Grundlage der im DES 2023 veröffentlichten Daten zum geplanten Flugverkehr am Flughafen Berlin Brandenburg konnten die zu erwartenden Emissionen für das Prognosejahr 2023 ermittelt werden. Die Ergebnisse sind in Tab. 5.16 aufgeführt.

Tab. 5.17: Schadstoffemissionen des bodennahen Flugverkehrs (bis 3.000 ft) in Berlin im Prognosejahr 2023 kg/a

BER		NO _x	CO	HC	SO ₂	PM ₁₀	Benzol
		[t/a]	[t/a]	[t/a]	[t/a]	[t/a]	[t/a]
	LTO-Emissionen	1.394,9	663,9	99,8	19,1	8,6	1,9
	Vorfeld-Emissionen	159,5	77,5	88,4	2,3	6,3	0,8
	Gesamt-Emissionen	1.554,4	741,3	188,2	21,4	14,8	2,7

Nach der Schließung des Flughafens Tegel und der Verlagerung des gesamten Berliner Flugverkehrs auf den Flughafen Berlin Brandenburg wird in Folge des zukünftigen Wachstums ein deutlicher Anstieg der Flugbewegungen prognostiziert. Die im Rahmen des DES 2023 ermittelte Startanzahl lässt ein Wachstum von rund 30 % bis zum Jahr 2023 im Vergleich zu Jahr 2012 erwarten. Entsprechend werden auch für die Emissionen Zunahmen prognostiziert.

5.4 Offroad-Verkehr

Die Quellengruppe Offroad-Verkehr setzt sich hier aus den Kategorien Forstwirtschaft, Landwirtschaft, Industrie, Gartenpflege/Hobby (privat), Pflege öffentlicher Grünflächen und Militär zusammen. Betrachtet werden die Emissionen, die bei der Anwendung von mobilen Geräten und Maschinen sowie von Fahrzeugen außerhalb des öffentlichen Straßenverkehrs freigesetzt werden.

Die Bedeutung dieser Quellengruppe in Bezug auf die Emissionsbelastung Berlin nimmt stetig zu. Vorliegende Untersuchungen /IFEU 2014, UBA 2014d/ zeigen, dass die Emissionen dieses Sektors durchaus einen nennenswerten Beitrag zur Gesamtbelastung haben. Nach /UBA2014d/ liegt 2010 der Beitrag aus den Sektoren Land- und Forstwirtschaft, Industrie, Garten und Hobby und Bauwirtschaft (hier in Kap. 7 behandelt) zu den Abgas-Partikelemissionen deutschlandweit etwas so hoch wie der des Straßenverkehrs, für NO_x etwa bei einem Viertel davon.

5.4.1 Datengrundlagen

Die Ermittlung der Emissionen für diese Quellengruppe basiert auf der Verknüpfung von geeigneten Aktivitätsdaten je Kategorie mit charakteristischen spezifischen Emissionsfaktoren.

Als Aktivitätsdaten werden Angaben zum eingesetzten Fahrzeug- und Gerätebestand (differenziert nach Baujahr, Antriebsart, Leistung, ...) und deren Einsatzbedingungen (Einsatzzeiten, Lastfaktoren, ...) benötigt. Diese Daten liegen aber i.d.R. nicht so differenziert vor und können nur über umfangreichen Erhebungen kleinräumig erfasst werden. Es wird daher auf andere verfügbare Aktivitätsdaten zurückgegriffen, z.B. auf Flächen differenziert nach Nutzungsarten oder Beschäftigtenzahlen.

Mit der Offroad-Datenbank des Schweizer BAFU /BAFU 2010/ sowie Untersuchungen des Umweltbundesamtes /IFEU 2009/ und /IFEU 2014/ liegen geeignete Datengrundlagen vor, um für die Quellengruppe der mobilen Maschinen und Geräte charakteristische spezifische Emissionsfaktoren abzuleiten, die es erlauben die Emissionen auf der Basis von entsprechend verfügbaren Aktivitätsdaten zu ermitteln.

Aktivitätsdaten

Für die verschiedenen Kategorien des Offroad-Verkehrs wurden die im Folgenden aufgeführten Aktivitätsdaten verwendet:

- Landwirtschaft: Landwirtschaftliche Fläche (Regionaldatenbank: Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung);
- Forstwirtschaft: Gesamte Waldfläche (Regionaldatenbank: Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung);

- Industrie: Anzahl der Beschäftigten in Bergbau und Verarbeitendem Gewerbe (Regionaldatenbank: Verarbeitendes Gewerbe, Bergbau und Gewinnung von Steinen);
- Gartenpflege/Hobby: Gebäude- und Freiflächen Wohnen (Regionaldatenbank: Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung);
- Militär: Anzahl der Dienstposten (Bundesministerium der Verteidigung: Stationierung der Bundeswehr in Deutschland);
- Öffentliche Grünflächen: Summe aus Erholungsfläche Grünanlage und Friedhofsfläche (Regionaldatenbank: Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung).

Diese Aktivitätsdaten liegen sowohl für Berlin gesamt als auch für die einzelnen Stadtbezirke vor, nicht aber in einer kleinräumigeren Auflösung.

Befragung zur Pflege öffentlicher Grünanlagen

Zur Erfassung des Fahrzeug-/Maschinen- und Gerätebestands zum Einsatz für die Pflege öffentlicher Grünanlagen und deren Kraftstoffverbrauch in Berlin wurde zusätzlich eine Befragung bei den Bezirksämtern durchgeführt. Ziel war es, durch die erhobenen Daten berlin-spezifische Zusatzinformationen zum Geräte- und Maschinenbestand und dem jährlichen Kraftstoffverbrauch zu erfassen.

Aufgrund der geringen Rücklaufquote konnten nur Daten der Bezirke Neukölln und Berlin Mitte ausgewertet werden. Für diese beiden Bezirke liegen Angaben zu den eingesetzten Fahrzeugen, Maschinen und Geräten sowie den Kraftstoffverbräuchen vor (vgl. Tab. 5.17). In Berlin Mitte werden insgesamt 419 Maschinen und Geräte (Rasenmäher, Motorsägen, Laubpuster, ...) und 101 Fahrzeuge für die öffentliche Grünpflege eingesetzt. Für Neukölln wurden 73 Maschinen und Geräte und 73 Fahrzeuge gemeldet. Der Kraftstoffverbrauch liegt in Berlin Mitte mit 105,2 t/a deutlich höher als in Neukölln (44 t/a).

Da von den Bezirken Neukölln und Berlin Mitte keine Angaben vorlagen, wie sich der Diesel- und Ottokraftstoffverbrauch auf die Maschinen und Fahrzeuge verteilt, wurde vereinfacht angenommen, dass der Ottokraftstoff auf die Maschinen entfällt, der Dieselkraftstoff auf die Fahrzeuge.

In der Offroad-Datenbank des BAFU sind für einzelne Maschinen-, Geräte- und Fahrzeugtypen charakteristische Nutzungsstunden und Verbrauchs- und Emissionsfaktoren in g/h angegeben. Auf der Basis dieser Daten wurden der Kraftstoffverbrauch, die Emissionen der Fahrzeuge und die Emissionen verursacht durch den Einsatz der Maschinen und Geräte für die beiden Bezirke ermittelt. Dabei wurde ein Abgleich mit den gelieferten Daten zum Kraftstoffverbrauch durchgeführt.

Im Weiteren wurden aus den Ergebnissen für diese beiden Bezirke typische mittlere Verbrauchs- und Emissionsfaktoren bezogen auf die Fläche öffentlicher Grünfläche abgeleitet, die dazu verwendet wurden die Emissionen für die übrigen Bezirke zu ermitteln.

Tab. 5.18: Maschinen- und Fahrzeugbestand sowie der jährlichen Kraftstoffverbrauch der Bezirke Berlin Mitte und Neukölln zur Pflege öffentlicher Grünanlagen, Stand 2012

Berlin Mitte								
Maschinentyp	Anz.	Fahrzeug	Anz.	Kraftstoff	l/a	kg/a		
Freischneider	47	PKW	29	Diesel	107.646	89.346		
Laubpuster	85	LKW	44	Benzin	21.081	15.810		
Heckenscheren	60	Radlader	6					
Motorsägen	93	Traktoren	12					
Rasenmäher	114	Summe	101					
Aufsitzmäher	20							
Summe	419							

Neukölln								
Maschinentyp	Anz.	Fahrzeug	Anz.	Kraftstoff	l/a	kg/a		
Blasgeräte	10	PKW	41	Diesel	40.841	33.898		
Rasenmäher	10	LKW	6	Benzin	13.535	10.151		
Aufsitzmäher	7	Radlader	3					
Motorsägen	29	Bagger	3					
Freischneider	7	Traktor	1					
Heckenscheren	3	Gabelstapler	1					
Vertikutierer	3	Summe	55					
Bohrgeräte	2							
Trennschleifgeräte	1							
Häcksler	1							
Summe	73							

Emissionsfaktoren

Für die Kategorie Pflege öffentlicher Grünanlagen konnten zur Berechnung der Emissionen die aus den Befragungsergebnissen abgeleiteten Kraftstoffverbrauchs- und Emissionsfaktoren verwendet werden.

Für die übrigen Kategorien mussten geeignete Emissionsfaktoren aus Literaturdaten abgeleitet werden. Hierzu wurden im Wesentlichen Daten aus Schweizer Offroad-Datenbank /BAFU 2010/ herangezogen, in der pro Offroad-Kategorie, Maschinen-/Gerätetyp und Schadstoff Angaben zu typischen Einsatzzeiten/Betriebsstunden und spezifischen Emissionen für verschiedene Bezugsjahre vorliegen. Bereits in /AVISO 2010/ wurden daraus pro Offroad-Kategorie geeignete spezifische Verbrauchs- und Emissionsfaktoren für die Schadstoffe HC, CO, NO_x, PM10 und CO₂ bezogen auf die charakteristischen Aktivitätsdaten wie Fläche (Kategorie Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Gartenpflege/Hobby), Beschäftigtenzahl (Kategorie Industrie) und für die Kategorie Militär die Anzahl der Dienstposten abgeleitet, die auch hier für die Emissionsberechnungen verwendet wurden.

Angaben zu der typischen Aufteilung des Kraftstoffverbrauchs auf Diesel- und Ottokraftstoff wurden pro Offroad-Kategorie ebenfalls aus /AVISO 2010/ übernommen bzw. für die öffentlichen Grünflächen aus den Angaben der Berliner Stadtbezirke abgeleitet.

Abgeleitete Luftschadstoffe

Die Emissionen der Luftschadstoffe der übrigen hier betrachteten Schadstoffe wurden unter Berücksichtigung geeigneter Anteilswerte aus den vorliegenden Verbrauchsfaktoren bzw. HC-Emissionsfaktoren abgeleitet. Entsprechende Daten wurden aus Angaben zu Emissionsfaktoren für den Offroad-Sektor in /UBA 2015b, EEA 2013, HBEFA 2014/ abgeleitet.

PM10-Emissionen durch Aufwirbelung und Abrieb

Die Emissionsfaktoren der Offroad-Datenbank des BAFU für Feinstaub enthalten nur die motorbedingten Emissionen. Hinzu kommen noch PM10-Emissionen aus Aufwirbelung und Abrieb (Bremsabrieb, Reifenabrieb, Straßenabrieb, der Kupplungsabrieb verbleibt nahezu vollständig im Kupplungsgehäuse). Beim Straßenverkehr tragen die Feinstaub-Emissionen aus Aufwirbelung und Abrieb mit mehr als zwei Dritteln zu den Gesamt-Emissionen des Feinstaubes bei. Beim Offroad-Verkehr, der vornehmlich auf unbefestigten Straßen stattfindet, liegt dieser Anteil deutlich höher und wurde mit Faktor 5 bezogen auf die PM10-Abgas-Emissionen angesetzt.

5.4.2 Emissionen 2012

Der Kraftstoffverbrauch und die Emissionen des Offroad-Verkehrs für Berlin 2012 wurden auf Basis der beschriebenen Datengrundlagen ermittelt. Die Verteilung des Kraftstoffverbrauchs sowie der NMVOC, CO, NO_x und PM10/2.5-Abgas-Emissionen auf die einzelnen Offroad-Kategorien ist in Bild 5.13 dargestellt. Der Kraftstoffverbrauch liegt insgesamt bei 12.576 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 (überwiegend in 2-Takt-Motoren) eingesetzt wird, während in allen anderen Offroad-Kategorien (ausgenommen Militär) der Diesel-Anteil am Kraftstoffeinsatz deutlich überwiegt.

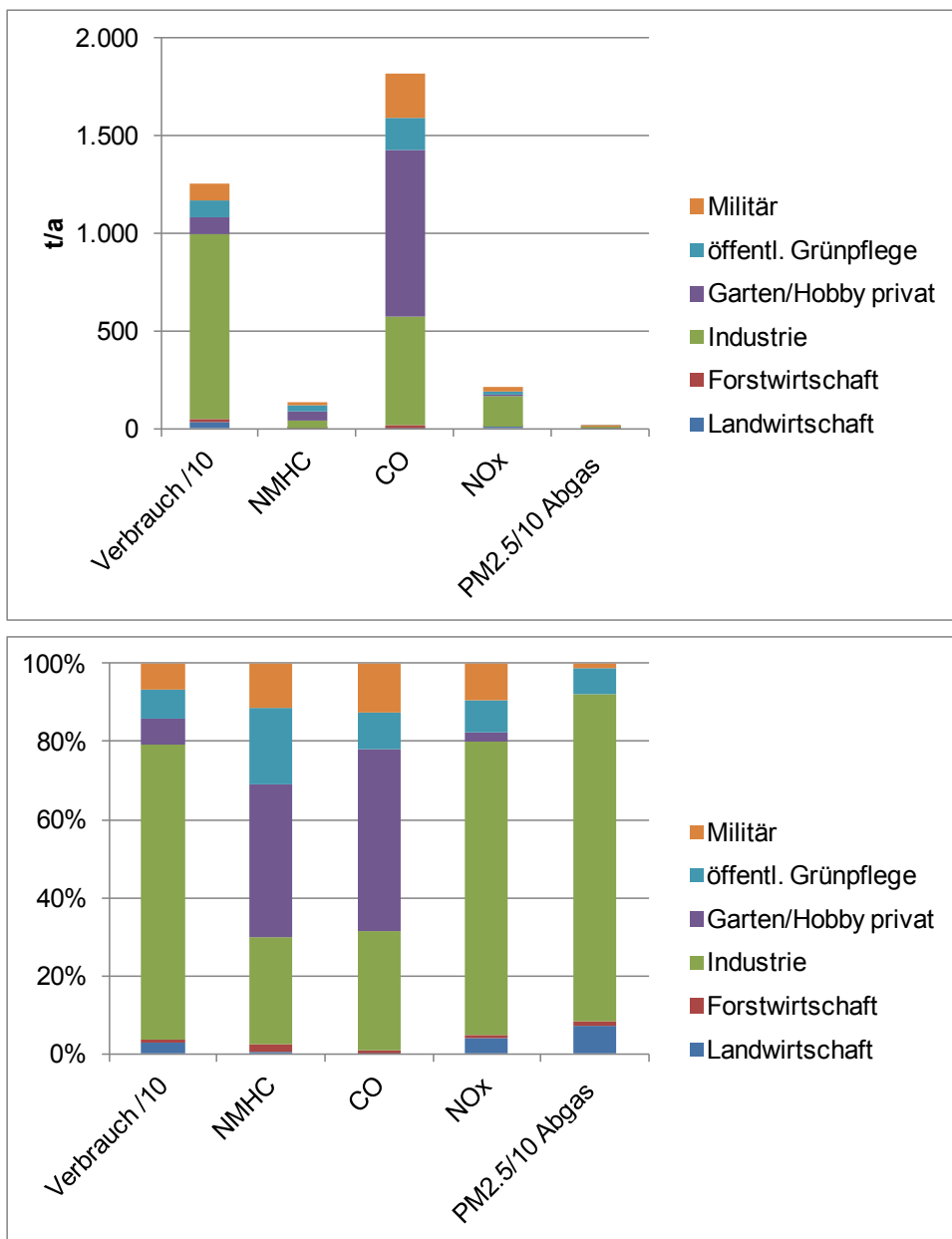


Bild 5.13: Verteilung des Kraftstoffverbrauchs und der NMVOC, CO, NO_x und PM2.5/10 Abgas-Emissionen auf die einzelnen Kategorien des Offroad-Verkehrs in Berlin 2012

In Tab. 5.18 bis Tab. 5.21 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 2012 insgesamt 211 kt NO_x und 57,3 kt PM10 (davon entfallen 9,6t auf die PM10-Abgas-Emissionen) emittiert.

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

Tab. 5.19: Emissionen des Offroad-Verkehrs in Berlin 2012 (Treibhausgase)

Nr.	Stadtbezirk	Treibhausgase		
		Kohlenstoffdioxid in kg/a	Methan in kg/a	Distickstoffmonoxid in kg/a
01	Mitte	2.485.303	386	93
02	Friedrichshain-Kreuzberg	1.940.276	127	74
03	Pankow	2.927.882	835	105
04	Charlottenburg-Wilmersdorf	1.592.339	501	56
05	Spandau	2.111.298	695	74
06	Steglitz-Zehlendorf	3.186.796	982	112
07	Tempelhof-Schöneberg	5.784.112	780	218
08	Neukölln	4.518.456	723	169
09	Treptow -Köpenick	4.366.723	1.066	156
10	Marzahn-Hellersdorf	2.042.773	713	71
11	Lichtenberg	2.025.331	437	74
12	Reinickendorf	5.681.468	972	211
	Berlin	38.662.757	8.218	1.413

Nr.	Herkunftsbereich	Treibhausgase		
		Kohlenstoffdioxid in kg/a	Methan in kg/a	Distickstoffmonoxid in kg/a
01	Landwirtschaft	1.089.671	25	46
02	Forstwirtschaft	310.836	80	12
03	Industrie	28.978.422	1.363	1.127
04	Gartenpflege/Hobby	2.643.492	4.697	50
05	Militär	2.702.503	1.125	65
06	öffentliche Grünflächen	2.937.834	928	113
	Berlin	38.662.757	8.218	1.413

Tab. 5.20: Emissionen des Offroad-Verkehrs in Berlin 2012 (SO₂, NO_x, NH₃)

Nr.	Stadtbezirk	Versauernde und eutrophierende Stoffe		
		Schwefeldioxid in kg/a	Stickstoffoxide in kg/a	Ammoniak in kg/a
01	Mitte	12,9	13.555	5,2
02	Friedrichshain-Kreuzberg	10,1	10.708	4,1
03	Pankow	15,0	16.906	5,9
04	Charlottenburg-Wilmersdorf	8,2	8.582	3,1
05	Spandau	10,8	11.815	4,2
06	Steglitz-Zehlendorf	16,4	16.871	6,3
07	Tempelhof-Schöneberg	30,0	31.308	12,1
08	Neukölln	23,4	24.340	9,4
09	Treptow -Köpenick	22,5	23.962	8,8
10	Marzahn-Hellersdorf	10,5	10.727	4,0
11	Lichtenberg	10,4	11.375	4,1
12	Reinickendorf	29,4	30.776	11,8
	Berlin	199,8	210.924	79,0

Nr.	Herkunftsbereich	Versauernde und eutrophierende Stoffe		
		Schwefeldioxid in kg/a	Stickstoffoxide in kg/a	Ammoniak in kg/a
01	Landwirtschaft	5,5	8.330	2,5
02	Forstwirtschaft	1,6	1.609	0,7
03	Industrie	150,9	158.417	62,3
04	Gartenpflege/Hobby	13,4	5.566	3,3
05	Militär	13,7	20.086	4,0
06	öffentliche Grünflächen	14,8	16.915	6,2
	Berlin	199,8	210.924	79,0

Tab. 5.21: Emissionen des Offroad-Verkehrs in Berlin 2012 (NMVOC, CO, PM10, PM2.5)

Nr.	Stadtbezirk	Ozonvorläufersubstanzen		Staub	
		NMVOC in kg/a	Kohlenmonoxid in kg/a	Feinstaub PM10 in kg/a	Feinstaub PM2,5 in kg/a
01	Mitte	6.936	92.754	3.713	619
02	Friedrichshain-Kreuzberg	2.821	43.172	3.122	520
03	Pankow	13.024	169.365	4.863	811
04	Charlottenburg-Wilmersdorf	7.639	103.013	2.030	338
05	Spandau	10.339	140.126	3.076	513
06	Steglitz-Zehlendorf	14.211	204.232	4.188	698
07	Tempelhof-Schöneberg	13.735	196.830	8.943	1.490
08	Neukölln	12.211	173.079	6.882	1.147
09	Treptow -Köpenick	16.847	229.549	6.043	1.007
10	Marzahn-Hellersdorf	10.280	144.922	2.621	437
11	Lichtenberg	7.321	94.707	3.157	526
12	Reinickendorf	15.709	228.772	8.636	1.439
	Berlin	131.073	1.820.521	57.275	9.546

Nr.	Herkunftsbereich	Ozonvorläufersubstanzen		Staub	
		NMVOC in kg/a	Kohlenmonoxid in kg/a	Feinstaub PM10 in kg/a	Feinstaub PM2,5 in kg/a
01	Landwirtschaft	956	4.902	4.038	673
02	Forstwirtschaft	2.500	14.052	667	111
03	Industrie	35.610	550.266	48.087	8.015
04	Gartenpflege/Hobby	51.217	854.132	0	0
05	Militär	14.777	229.108	819	137
06	öffentliche Grünflächen	26.014	168.062	3.664	611
	Berlin	131.073	1.820.521	57.275	9.546

Tab. 5.22: Emissionen des Offroad-Verkehrs in Berlin 2012 (BAP, PCDD/F, Schwermetalle)

Nr.	Stadtbezirk	Persistente organische Verbindungen		Schwermetalle
		Benzo(a)pyren (BaP) in kg/a	PCDD/F in kg/a	Schwermetalle in kg/a
01	Mitte	0,0263	0,000000062	2,283
02	Friedrichshain-Kreuzberg	0,0204	0,000000047	1,791
03	Pankow	0,0311	0,000000074	2,660
04	Charlottenburg-Wilmersdorf	0,0172	0,000000042	1,452
05	Spandau	0,0227	0,000000055	1,919
06	Steglitz-Zehlendorf	0,0345	0,000000084	2,913
07	Tempelhof-Schöneberg	0,0612	0,000000142	5,325
08	Neukölln	0,0479	0,000000112	4,155
09	Treptow-Köpenick	0,0469	0,000000113	3,992
10	Marzahn-Hellersdorf	0,0221	0,000000054	1,864
11	Lichtenberg	0,0215	0,000000051	1,850
12	Reinickendorf	0,0604	0,000000142	5,221
	Berlin	0,4122	0,000000978	35,425

Nr.	Herkunftsbereich	Persistente organische Verbindungen		Schwermetalle
		Benzo(a)pyren (BaP) in kg/a	PCDD/F in kg/a	Schwermetalle in kg/a
01	Landwirtschaft	0,0104	0,000000021	0,979
02	Forstwirtschaft	0,0031	0,000000007	0,279
03	Industrie	0,3040	0,000000692	26,785
04	Gartenpflege/Hobby	0,0332	0,000000101	2,350
05	Militär	0,0321	0,000000092	2,408
06	öffentliche Grünflächen	0,0294	0,000000065	2,624
	Berlin	0,4122	0,000000978	35,425

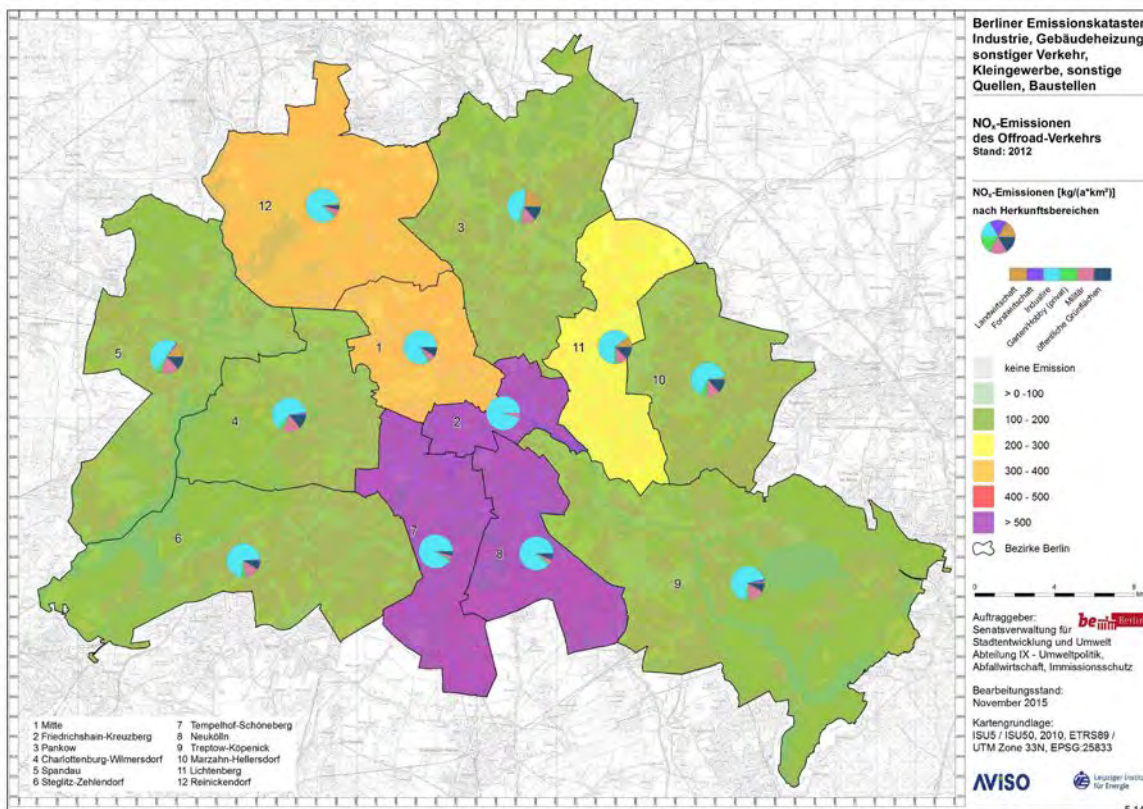


Bild 5.14: NO_x-Emissionen Offroad-Verkehr Berlin 2012

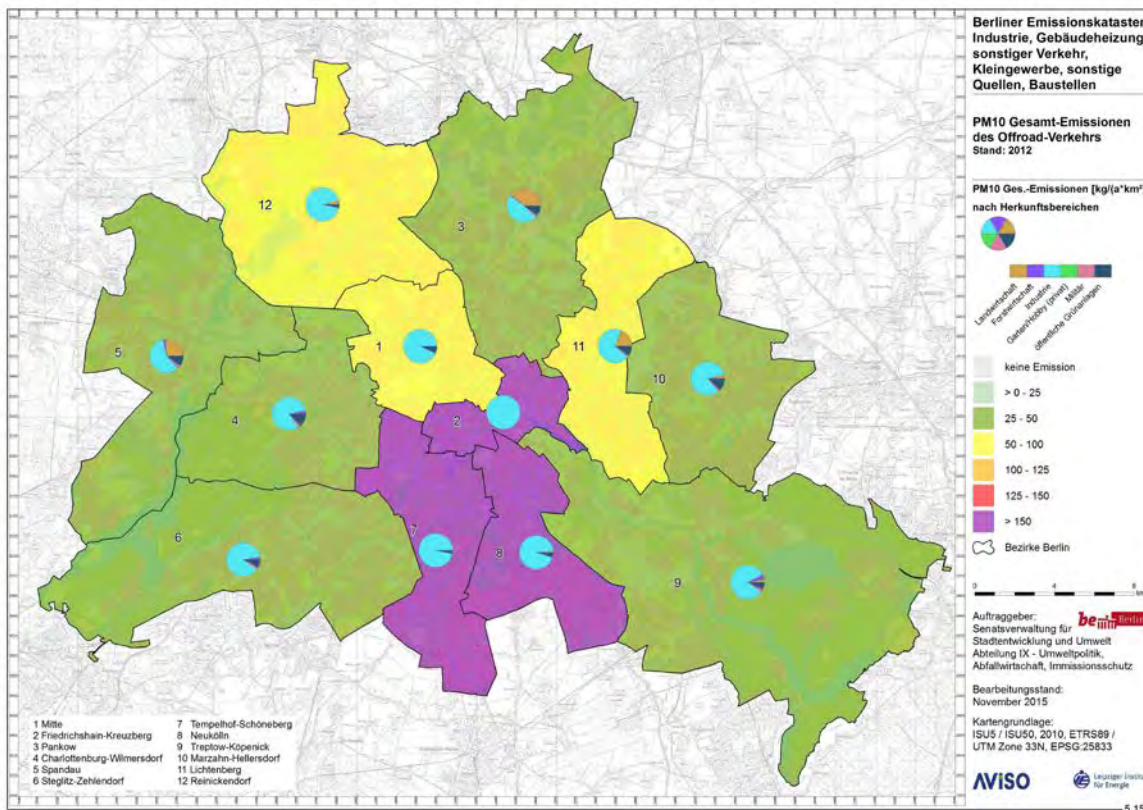


Bild 5.15: PM10-Emissionen Offroad-Verkehr Berlin 2012

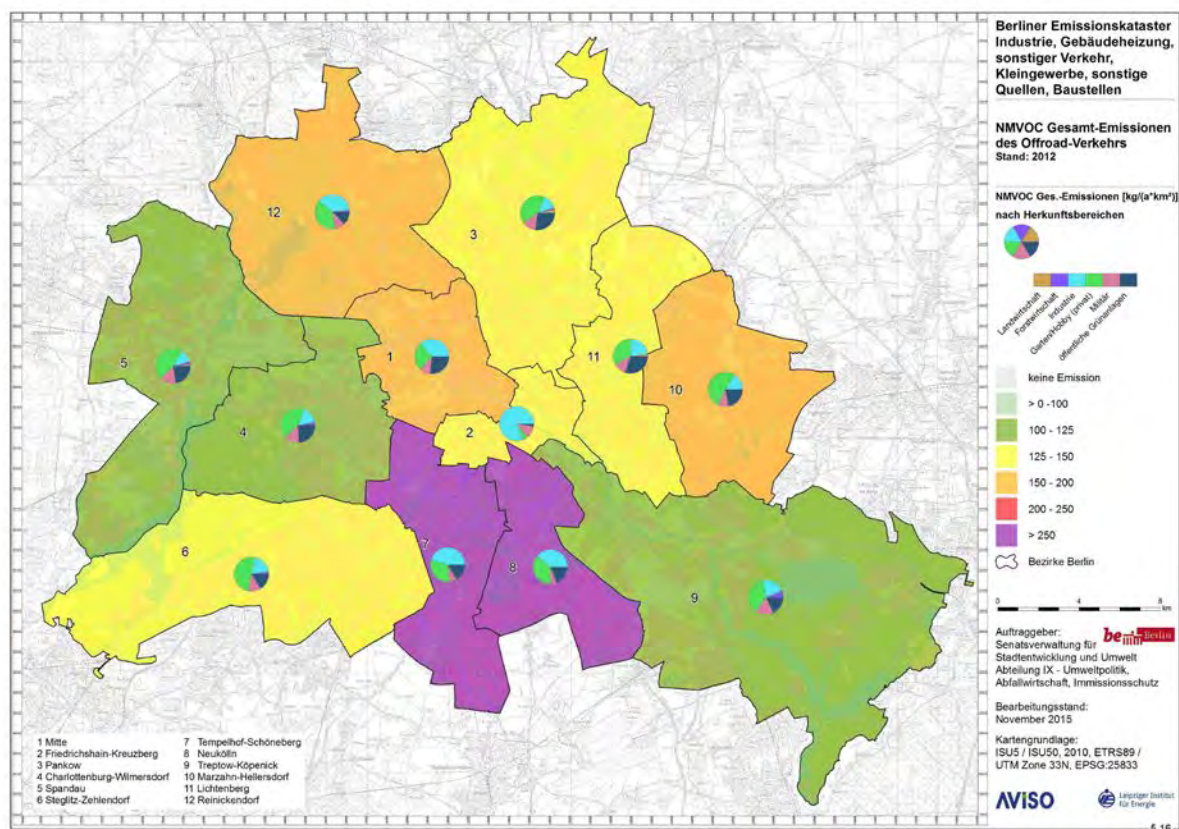


Bild 5.16: NMVOC-Emissionen Offroad-Verkehr Berlin 2012

5.5 Bewertung der Unsicherheiten

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

Schienerverkehr

Für den Schienenverkehr wurden die Emissionen bei der DB Umwelt AG auf Basis der Fahrleistungen differenziert ermittelt. Die Güte der verwendeten Aktivitätsdaten wird mit Gütestufe A bewertet, die der Abgas-Emissionsfaktoren mit dem Gütestufe B-C (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 zur Transportleistung im Güterverkehr und zu den Schiffsbewegungen für die Personenschifffahrt und sonstigen Boote. Diese Daten liegen teilweise aus Statistiken vor und wurden ergänzend durch Auswertung von Fahrplänen 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 und Motortypen daraus abgeleitet. Die Güte dieser Emissionsfaktoren wird mit der Gütestufe C-D eingeschätzt.

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

Flugverkehr

Die Ermittlung der Emissionen des Flugverkehrs basiert auf eine umfangreichen Datenbasis, die für die zwei großen Flughäfen zur Verfügung gestellt wurden, differenziert nach Luftfahrzeugklassen. 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, da typische Triebwerksverteilungen bei der Emissionsberechnung berücksichtigt wurden.

Entsprechend werden die ermittelten Emissionen mit der Gütestufe B bewertet.

Offroad-Verkehr

Die verwendeten Aktivitätsdaten liegen für Berlin 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

Die verwendeten Aktivitätsdaten sind als Hilfsgrößen zu verstehen. Die eigentlichen Aktivitätsdaten sind die Betriebsstunden der eingesetzten Geräte und Maschinen, die nicht zur Verfügung. Daher wurden Emissionsfaktoren abgeleitet, die sich auf diese zur Verfügung stehende und für die Teilsektoren charakteristische Aktivitätsgrößen beziehen. Die Abgas-Emissionsfaktoren bilden damit 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.

Für eine differenziertere räumliche Zuordnung der Emissionen innerhalb der Bezirke liegen für die Aktivitätsdaten keine Angaben zur Verteilung vor. So müssen für eine weitere räumlichen Verteilung, (wie in Kap. 9.1 für die Rasterung der Emissionen durchgeführt) zusätzliche Daten berücksichtigt werden. Dazu werden kleinräumig auf Baublockebene vorliegende Landnutzungsdaten (Nutzungsarten aus der Basiskarte Berlin) verwendet, die zwar in einer hohen Genauigkeit vorliegen, aber teilweise nur eingeschränkt die räumliche Struktur der möglichen Emissionsverteilung widerspiegeln.

6 Sonstige Quellen

Unter der Quellengruppe „Sonstige Quellen“ werden Emissionen ausgewiesen, die bei der Verwendung und Verteilung von (chemischen) Produkten sowohl im betrieblichen als auch im privaten Umfeld entstehen. Außerdem werden hier auch die Emissionen aus dem Bereich Abfall/Abwasser betrachtet.

Für die Emissionen aus sonstigen Quellen sind daher die folgende Herkunftsbereiche relevant:

- Verwendung von Lösemitteln und Produkten (NFR 3.A bis 3.D),
- Verteilung von Mineralölprodukten (NFR 1.B.2.a),
- Verteilung von Erdgas (NFR 1.B.2.b),
- Nutzung von Kühl-, Treib- und Löschmitteln (NFR 2.F.1 bis 2.F.9),
- Abfall und Abwasser (NFR 6.B.2 und NFR 6.D.1).

Luftschadstoff-Emissionen aus diesen sonstigen Quellen entstehen vorwiegend in Form von flüchtigen organischen Verbindungen (NMVOC), Methan (CH_4), Feinstaub (PM₁₀ und PM_{2,5}), teilhalogenierten (wasserstoffhaltigen) Fluorkohlenwasserstoffen (HFKW), Fluorkohlenwasserstoffen (FKW) sowie Schwefelhexafluorid (SF_6).

6.1 Verwendung von Lösemitteln und andere Produktanwendungen

Die Verwendung von Lösemitteln und andere Produktanwendungen untergliedert sich, entsprechend des nationalen Inventarberichtes /UBA 2014 b/ /UBA 2015/, in folgende Bereiche:

- Anwendung von Farben und Lacken (NFR 3.A),
- Entfettung, Chemische Reinigung und Elektronik (NFR 3.B),
- Herstellung und Verarbeitung von chemischen Produkten (NFR 3.C),
- Andere Anwendungen von Lösemitteln und ähnlichen Aktivitäten sowie Emissionen aus Feuerwerken, Grillen und Zigaretten (NFR 3.D).

Insgesamt wurden im Berichtsjahr 2012 637,0 Mio. kg⁷ an NMVOC-Emissionen in Deutschland⁸ emittiert /UBA 2015a/. Der größte emissionswirksame Bereich (ca. 47 % der Gesamtemissionen an NMVOC) entfiel auf die Gruppe NFR 3.D (andere Lösemittelverwendungen). Diese Gruppe untergliedert sich in folgende Anwendungen bzw. Aktivitäten:

- Druckindustrie (Druckanwendungen),
- Häusliche Verwendung von Lösemitteln (ohne Farben und Lacke),
- Häusliche Verwendung von pharmazeutischen Produkten,

⁷ 3.A: 249,9 10³ t NMVOC, 3.B: 38,8 10³ t NMVOC, 3.C: 48,6 10³ t NMVOC, 3.D: 299,8 10³ t NMVOC

⁸ NMVOC-Emissionen aus flüchtigen organischen Verbindungen sind seit 1990 in Deutschland zurückgegangen. So waren es 1990 noch 3,1 Mio. t, die bis 2012 auf 0,95 Mio. t reduziert werden konnten /UBA 2014/.

- 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 Basis eines produktverbrauchsorientierten Ansatzes ermittelten NMVOC-Emissionsmengen liegen für Deutschland vor. Auf eine genaue methodische Beschreibung bezüglich der Ermittlung dieser Emissionen sie auf /UBA 2014 b (dort Kapitel 5.2.2)/ verweisen.

Mit Hilfe von geeigneten Indikatorgrößen wurde das Deutsche Inventar auf Berlin bzw. die Stadtbezirke von Berlin übertragen. Dazu wurden geeignete Indikatoren entsprechend der jeweiligen Anwendungen bzw. Aktivitäten den Teilspektoren zugeordnet⁹ /Theloke 2014/. Relevanten Indikatoren sind je nach Teilssektor z.B. die Anzahl der Beschäftigten in ausgewählten Wirtschaftsbereichen, die Einwohnerzahl oder der Fahrzeugbestand.

Über die entsprechenden Indikatorgrößen für Berlin gesamt bzw. pro Stadtbezirk und unter Berücksichtigung der nach der SNAP¹⁰-Systematik /UBA 2004/ differenziert vorliegenden deutschlandweiten NMVOC-Emissionen wurden die entsprechenden NMVOC-Emissionen durch Verwendung von Lösemitteln und andere Produktanwendungen pro Teilssektor für Berlin bestimmt.

In Bild 6.1 sind die ermittelten NMVOC-Emissionen der vier Herkunftsbereiche ausgewiesen. Insgesamt wurden im Berichtsjahr 2012 in Berlin ca. 15.966 t NMVOC-Emissionen aus dem Lösemittelseinsatz und anderen Produktanwendungen freigesetzt. Deutlich ist die Dominanz der sonstigen Anwendungen (64 %) im Vergleich zu den übrigen Anwendungen in Berlin.

⁹ Dieses Verfahren fand bereits Anwendung bei der Erstellung anderer bundeslandspezifischer Emissionskataster, u.a. des hessischen Emissionskatasters /HLUG 2014/.

¹⁰ Basierend auf den Selected Nomenclature for Air Pollution for CORINAIR Inventory 97

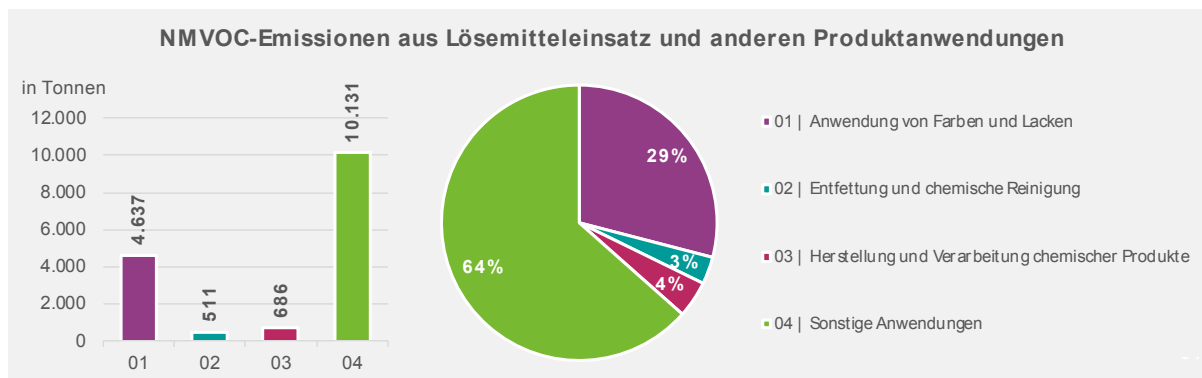


Bild 6.1: NMVOC-Emissionen aus Lösemitteln und anderen Produktanwendungen nach Quellgruppen; Analyse auf Basis von /THELOKE 2008, BBB 2015 a, DESTATIS 2015 a, KBA 2015, DFS/

Über ein Viertel der NMVOC-Emissionen aus dem Lösemittelleinsatz und anderen Produktanwendungen wurden in den Bezirken Friedrichshain-Kreuzberg und Tempelhof-Schöneberg emittiert (siehe Tab. 6.1). 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. 6.1: NMVOC-Emissionen aus Lösemitteln und anderen Produktanwendungen nach Bezirken in Berlin 2012; Analyse auf Basis von /Theloke 2008/, /BBB 2015 a/, /Destatis 2015 a/, /KBA 2015/, /DFS/

Nr.	Stadtbezirk	NMVOE in kg/a
01	Mitte	1.320.192
02	Friedrichshain-Kreuzberg	2.505.205
03	Pankow	1.422.621
04	Charlottenburg-Wilmersdorf	1.265.169
05	Spandau	873.205
06	Steglitz-Zehlendorf	1.115.419
07	Tempelhof-Schöneberg	1.653.538
08	Neukölln	1.353.848
09	Treptow -Köpenick	1.143.599
10	Marzahn-Hellersdorf	972.500
11	Lichtenberg	908.270
12	Reinickendorf	1.432.614
	Berlin	15.966.180

In Bild 6.2 bis Bild 6.4 sind die NMVOC-Emissionen für einzelne emissionswirksame Wirtschaftszweige aus dem Bereich Verwendung von Lösemitteln und andere Produktanwendungen auf Bezirksebene dargestellt. Ergänzend ist die Lage von Kleinbetrieben der entsprechenden Sparten dargestellt, die einer Auflistung der Berliner Kleinbetriebe entnommen worden ist, die für die folgenden Sparten vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt wurde :

- Druckereien,
- Holzverarbeitende Betriebe, Beschichtungsbetriebe,
- Entfettungsanlagen, Reinigungsbetriebe, Chemische Reinigungen.

NMVOC-Emissionen der Druckereien

Die Emissionen aus Druckereien fallen im Bereich Sonstige Anwendung bzw. andere Anwendungen von Lösemitteln und ähnlichen Aktivitäten (3.D) an. Rund 4.000 t sind dem Bereich der Druckereien in Berlin zu zuordnen (Bild 6.2). Die höchsten flächenbezogenen Emissionen wurden in den Bezirken Mitte und Friedrichshain-Kreuzberg emittiert.

NMVOC-Emissionen der holzverarbeitenden Betriebe und Beschichtungsbetriebe

Diese Betriebe sind dem Emissionsbereich 3.A Anwendung von Farben und Lacken zuzuordnen. Insgesamt wurden in diesem Bereich 4.637 t 2012 emittiert (Bild 6.3). Die höchsten flächenmäßigen Emissionen wurden in den Bezirken Friedrichshain-Kreuzberg, Mitte und Tempelhof-Schöneberg freigesetzt.

NMVOC-Emissionen der Entfettungsanlagen, Reinigungsbetriebe und der chem. Reinigungen

Die Reinigungsbetriebe und Entfettungsanlagen sind dem Bereich 3.B zuzuordnen. Insgesamt wurden 511 t 2012 in Berlin emittiert (Bild 6.4). Die höchsten Emissionen fielen in den Bezirken Mitte, Neukölln und Reinickendorf an.

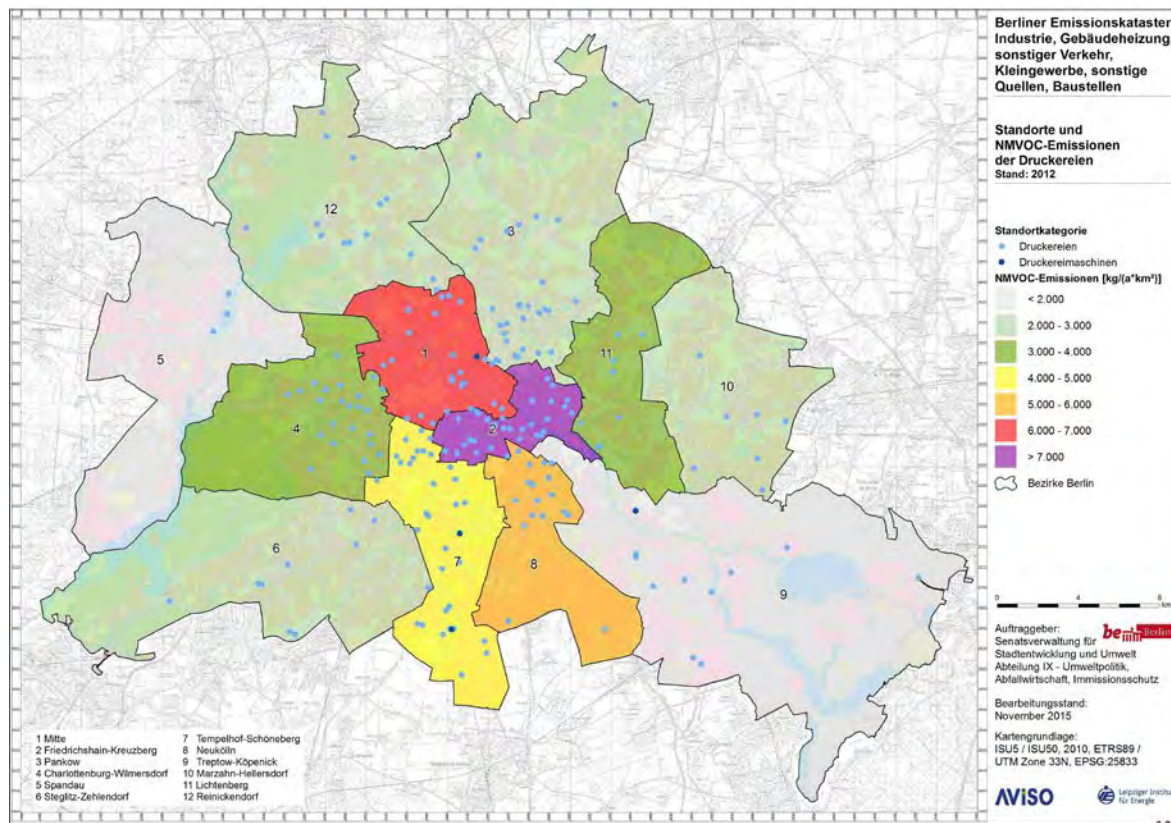


Bild 6.2: NMVOC-Emissionen aus Druckereien, Berlin 2012

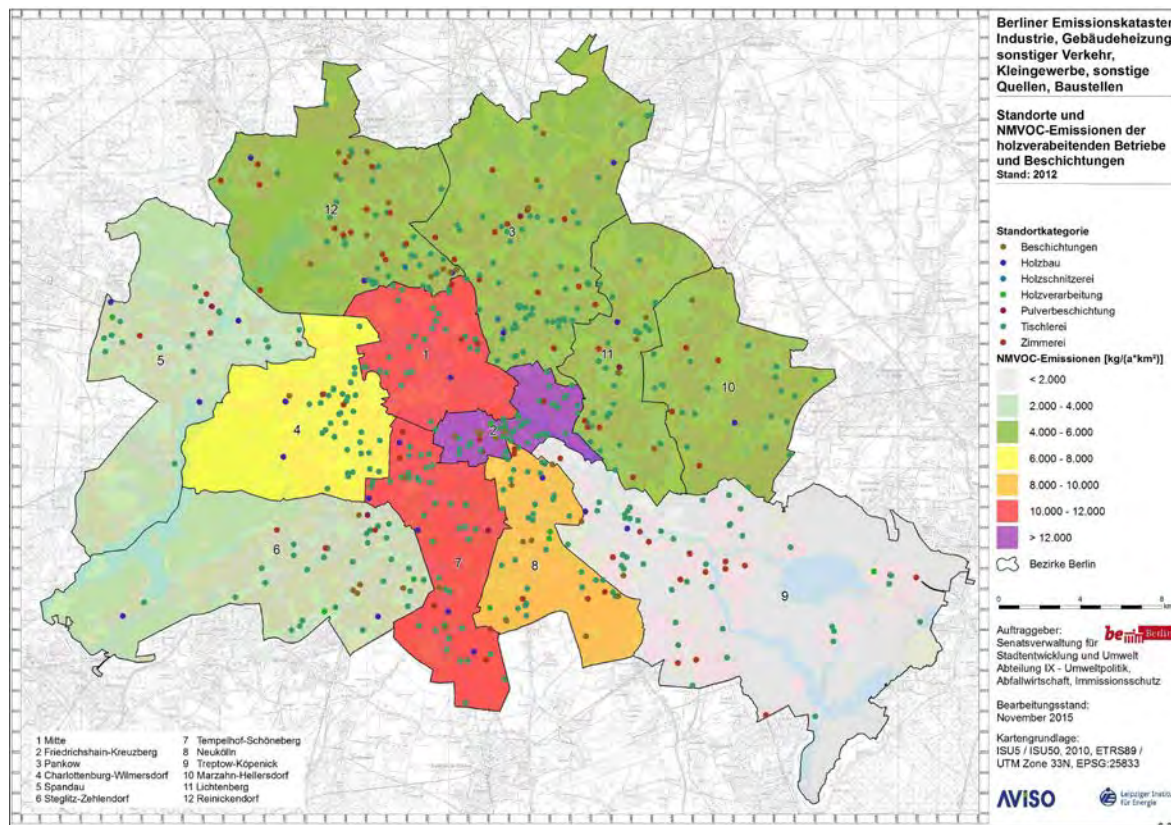


Bild 6.3: NMVOC-Emissionen der Holzverarbeitenden Betriebe und Beschichtungsbetriebe, Berlin 2012

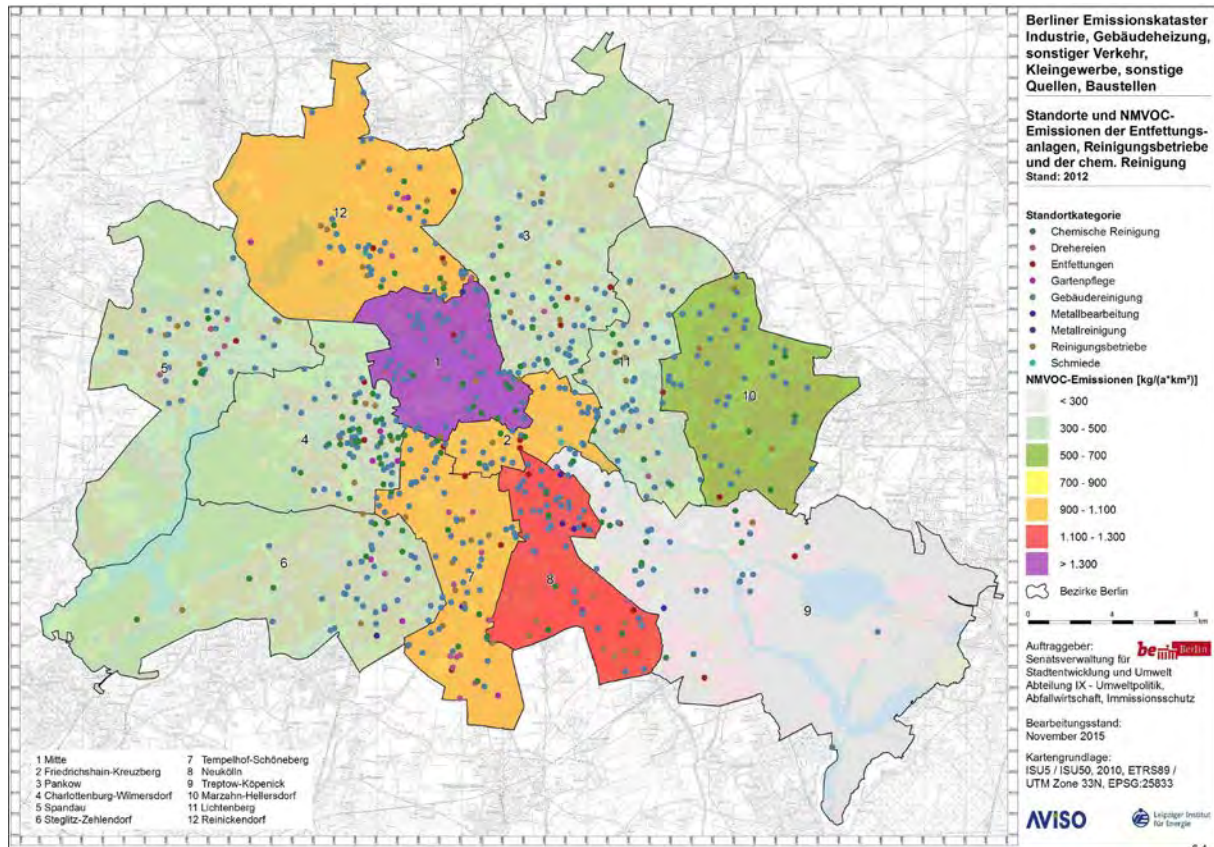


Bild 6.4: NMVOC-Emissionen der Entfettungsanlagen, Reinigungsbetriebe und der chem. Reinigungen, Berlin 2012

Feinstaub-Emissionen

Zum Herkunftsbereich der sonstigen Anwendungen (NFR 3.D) gehören neben der Anwendung von Lösemitteln auch Feinstaub-Emissionen

- durch das Rauchen von Zigaretten (01),
- der Verwendung von Holzkohle beim Grillen (02) und
- aus der Explosion von Feuerwerkskörpern (03).

Die Feinstaub-Emissionen aus den zuvor genannten Bereichen wurden für Berlin auf Basis von einwohnerspezifischen Emissionsfaktoren /UBA 2002/ abgeleitet und werden als PM_{2,5} ausgewiesen. In Tab. 6.2 sind die PM_{2,5}-Emissionen der drei Herkunftsbereiche dargestellt. Insgesamt wurden im Jahr 2012 in Berlin 438,9 t an PM_{2,5}-Feinstaub durch Zigaretten, Grillen und Feuerwerke freigesetzt.

Die höchsten Feinstaub-Emissionen der sonstigen Anwendungen fallen, entsprechend dem Anteil der Bevölkerung, in Pankow, Mitte und Tempelhof-Schöneberg an.

Tab. 6.2: Feinstaub-Emissionen aus sonstigen Anwendungen nach Bezirken in Berlin 2012; Analyse auf Basis von /UBA 2002/, /BBB 2015 a/

Nr.	Stadtbezirk	Feinstaub PM2,5 in kg/a
01	Mitte	43.007
02	Friedrichshain-Kreuzberg	34.088
03	Pankow	46.924
04	Charlottenburg-Wilmersdorf	40.390
05	Spandau	28.248
06	Steglitz-Zehlendorf	37.412
07	Tempelhof-Schöneberg	41.546
08	Neukölln	40.272
09	Treptow -Köpenick	30.846
10	Marzahn-Hellersdorf	31.863
11	Lichtenberg	32.954
12	Reinickendorf	31.358
	Berlin	438.907

Der Großteil der Feinstaub-Emissionen der sonstigen Anwendungen wurde durch das Grillen mit Holzkohle verursacht (ca. 59 %, 260 t, vgl. Bild 6.5). Das Rauchen von Zigaretten hat mit ca. 13 % nur eine geringe Bedeutung.

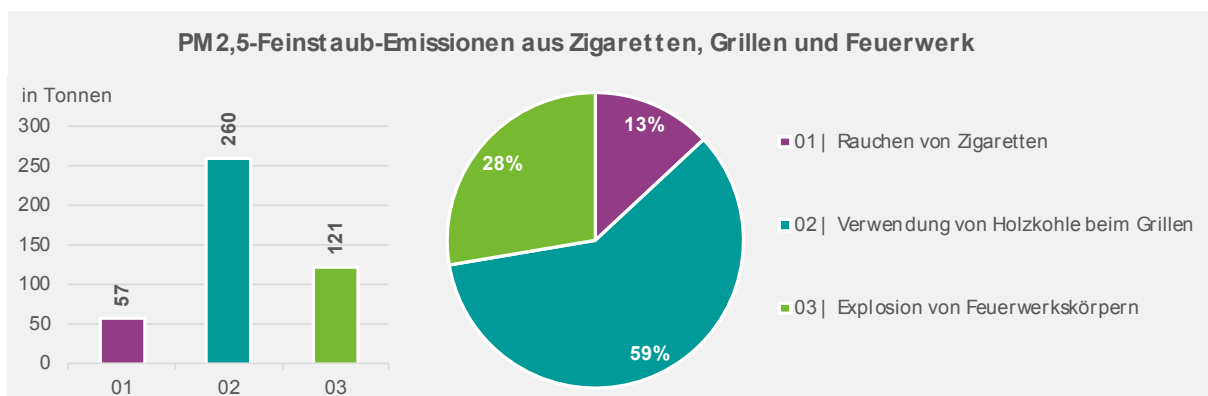


Bild 6.5: Feinstaub-Emissionen aus sonstigen Anwendungen nach Herkunftsbereichen in Berlin 2012

6.2 Verteilung von Mineralölprodukten

Die Emissionen aus der Verteilung von Mineralölprodukten (NFR 1.B.2a) resultieren aus Transport und Umschlag zwischen den jeweiligen Tanks und umfassen folgende Herkunftsbereiche:

- Betankung von Benzin- und Diesel-Kraftfahrzeugen,
- Betankung von Heizöltanks,
- Betankung von Flugzeugen.

Betankung von Benzin- und Dieselmotorkraftfahrzeugen

Bei der Betankung von Kraftfahrzeugen werden diffuse NMVOC-Emissionen freigesetzt. Durch sogenannte Gaspendelungs- und Gasrückführsysteme (20. und 21. BImSchV) sowie automatische Überwachungseinheiten konnten die NMVOC-Emissionen in den letzten Jahren deutlich reduziert werden. Jedoch lassen sich diese Emissionen nicht gänzlich vermeiden.

Auf Basis veröffentlichter Emissionsfaktoren /UBA 2014 b/ in Verbindung mit den in Berlin umgeschlagenen Mengen können die NMVOC-Emissionen aus Betankungsvorgängen abgeschätzt werden.

Die umgeschlagenen Mengen von Otto- und Dieselmotorkraftstoffen in Berlin wurden aus der Energiebilanz 2012 entnommen und über den gemeldeten Kfz-Bestand auf die Bezirke verteilt.

In Tab. 6.3 sind die NMVOC-Emissionen für die Betankung von Diesel- und Benzinfahrzeugen nach Stadtbezirken in Berlin aufgeführt. Insgesamt wurden in Berlin ca. 756 t an NMVOC-Emissionen durch Betankungsprozesse emittiert. Im Vergleich der NMVOC-Emissionen aus Lösemittelanwendungen entspricht dies nur einem Anteil von 3,4 %.

In Bild 6.6 sind alle Tankstellen Berlins und die tankstellenbezogenen NMVOC-Emissionen dargestellt. Es wurde bei der räumlichen Verteilung vorausgesetzt, dass aufgrund des Kfz-Bestandes im jeweiligen Bezirk auch in diesem Bezirk getankt wird. Daher hat Friedrichshain-Kreuzberg die höchsten tankstellenbezogenen Emissionen im Vergleich zu den anderen Bezirken.

Tab. 6.3: NMVOC-Emissionen aus Betankungsprozessen von Diesel- und Benzin-Kraftfahrzeugen nach Bezirken in Berlin 2012; Analyse auf Basis von /UBA 2014 b/, /BBB 2015 a/, /KBA 2015/

Nr.	Stadtbezirk	NMVOC in kg/a
01	Mitte	74.035
02	Friedrichshain-Kreuzberg	58.682
03	Pankow	80.778
04	Charlottenburg-Wilmersdorf	69.531
05	Spandau	48.629
06	Steglitz-Zehlendorf	64.404
07	Tempelhof-Schöneberg	71.521
08	Neukölln	69.328
09	Treptow-Köpenick	53.101
10	Marzahn-Hellersdorf	54.851
11	Lichtenberg	56.730
12	Reinickendorf	53.982
	Berlin	755.572

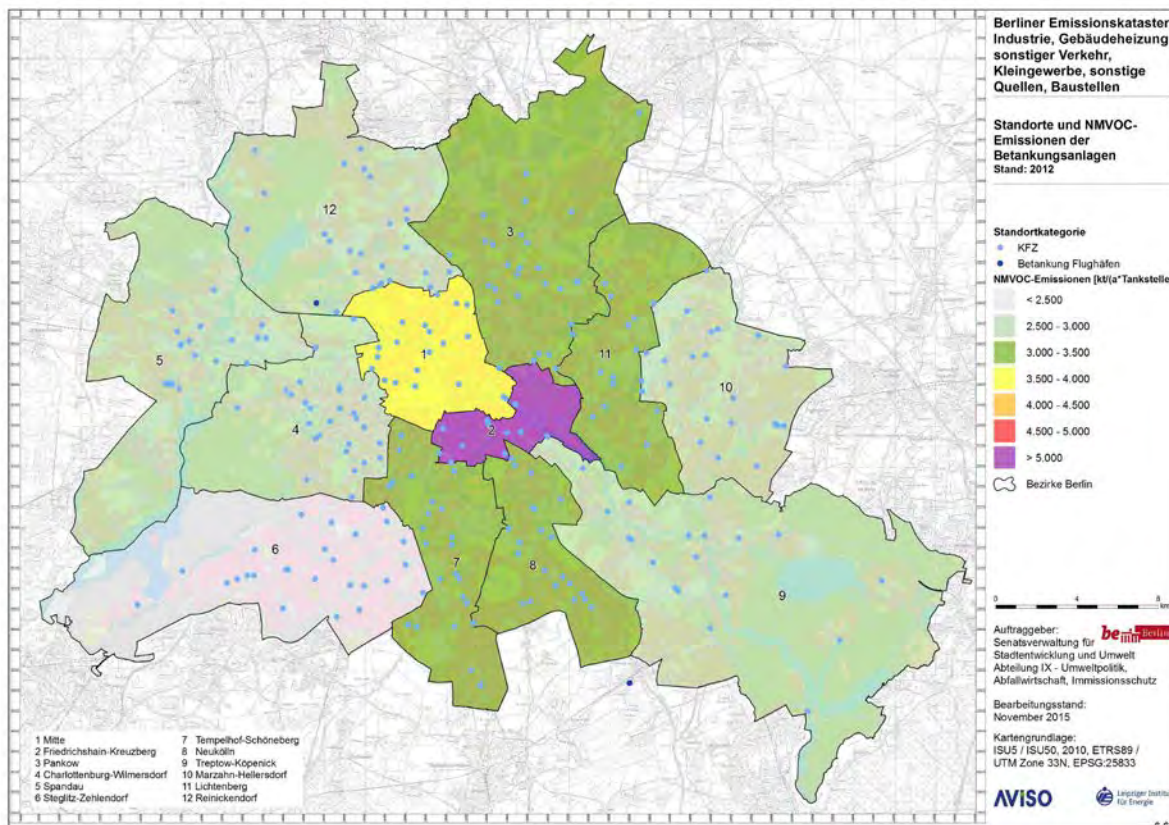


Bild 6.6: NMVOC-Emissionen aus Betankungsanlagen

Betankung von Heizöltanks

Bei der Befüllung von Heizökesseltanks werden NMVOC-Emissionen freigesetzt, allerdings sind diese infolge hoher Sicherheitsstandards relativ gering /UBA 2014 b/.

In Kap.4 (Gebäudeheizung) ist die Verteilung des Heizölverbrauchs der Haushalte sowie der Kleinverbraucher in Stadtbezirken Berlins ausgewiesen. Darüber hinaus sind die Heizölmengen des verarbeitenden Gewerbes zu berücksichtigen /BBB 2015 b/.

Unter Nutzung von mengenspezifischen Emissionsfaktoren /UBA 2014 b/ in Verbindung mit den in Berlin verbrauchten Heizölmengen wurden die NMVOC-Emissionen aus der Betankung von Heizöltanks nach Stadtbezirken abgeschätzt (siehe Tab. 6.4).

Insgesamt wurden im Jahr 2012 in Berlin 6,1 t NMVOC-Emissionen bei der Befüllung von Heizöltanks freigesetzt. Entsprechend der Bedeutung des Energieträgers in den Stadtbezirken differieren die NMVOC-Emissionen zum Teil deutlich. Mehr als die Hälfte (3,3 t) der NMVOC-Emissionen aus der Befüllung von Heizöltanks entfiel auf die Stadtbezirke Tempelhof-Schöneberg, Steglitz-Zehlendorf und Reinickendorf.

Tab. 6.4: NMVOC-Emissionen aus Betankungsprozessen mit leichtem Heizöl nach Stadtbezirken in Berlin 2012; Analyse auf Basis von /UBA 2014 b/, /BBB 2015 b/

Nr.	Stadtbezirk	NMVOC in kg/a
01	Mitte	133,22
02	Friedrichshain-Kreuzberg	130,44
03	Pankow	122,87
04	Charlottenburg-Wilmersdorf	342,02
05	Spandau	783,84
06	Steglitz-Zehlendorf	1.257,45
07	Tempelhof-Schöneberg	936,51
08	Neukölln	761,62
09	Treptow -Köpenick	220,55
10	Marzahn-Hellersdorf	198,02
11	Lichtenberg	104,50
12	Reinickendorf	1.067,80
	Berlin	6.058,86

Betankung von Flugzeugen

Durch den Einsatz von Trockenkupplungen werden die Emissionen aus der Betankung von Flugzeugen im Allgemeinen als sehr gering eingeschätzt /UBA 2014 b/.

Analog zur Ermittlung der Abgas-Emissionen der Flugzeuge (vgl. Kap.5.3) wurden hier für die zwei Flughäfen Berlin-Tegel und Berlin-Schönefeld die NMVOC-Emissionen, die bei der Betankung freigesetzt werden, ermittelt.

Auf Basis des Einsatzes von Flugturbinentreibstoff /BBB 2015 b/ und der spezifischen Emissionsfaktoren für die Betankung von Flugzeugen /UBA 2014 b/ wurden im Jahr 2012 20,7 t NMVOC-Emissionen in Berlin freigesetzt (siehe Tab. 6.5). Der Großteil der NMVOC-Emissionen aus der Betankung von Flugzeugen wurde am Flughafen Tegel (Stadtbezirk Reinickendorf) freigesetzt. Die NMVOC-Emissionen des Flughafen Berlin-Schönefeld wurde dem Stadtbezirk Treptow-Köpenick zugeordnet.

Tab. 6.5: NMVOC-Emissionen aus Betankungsprozessen mit Flugturbinenkraftstoff nach Stadtbezirken in Berlin 2012; Analyse auf Basis von /UBA 2014 b, BBB 2015 b, StaBu 2014/

Nr.	Stadtbezirk	NMVOC in kg/a
01	Mitte	0
02	Friedrichshain-Kreuzberg	0
03	Pankow	0
04	Charlottenburg-Wilmersdorf	0
05	Spandau	0
06	Steglitz-Zehlendorf	0
07	Tempelhof-Schöneberg	0
08	Neukölln	0
09	Treptow -Köpenick	5.970
10	Marzahn-Hellersdorf	0
11	Lichtenberg	0
12	Reinickendorf	14.687
	Berlin	20.658

Insgesamt verursachte die Verteilung von Mineralölprodukten (NFR 1.B.2a) im Berichtsjahr 2012 Emissionen in Höhe von ca. 782 t NMVOC. Der wesentliche Teil wurde bei der Betankung von Benzin- und Diesel-Kraftfahrzeugen emittiert. Von untergeordneter Bedeutung sind die Emissionen aus der Betankung von Heizöl- und Flugzeugtanks.

6.3 Verteilung von Erdgas

Die Verteilung von Erdgas (NFR 1.B.2.b.iii) verursacht auf den folgenden Stufen der Gasverteilung Methan-Emissionen:

- Transport in Ferngasnetzen,
- Transport in Rohrleitungen (Leitungsemissionen),
- Gasdruckregel(mess)anlagen,
- Verdichter,
- Obertagespeicher,
- Untertagespeicher.

Transport in Ferngasnetzen

Für den Transport in das Teilnetz Berlin werden fünf Erdgasübernahmestationen genutzt /NBB 2015/. Diese werden zwei Marktgebieten zugeordnet. Zum einen Gaspool und zum anderen NetConnet Germany (NCG). Fernleitungen verlaufen nicht durch Berlin. Innerhalb der Stadtgrenzen befindet sich nur das reine Stadtnetz zur Versorgung Berliner Haushalte und Betriebe.

Transport in Rohrleitungen

Neben den Methan-Emissionen aus den Rohrleitungen tritt Methan auch an den Zwischenstufen (Verdichter, Regelanlagen und Speicher) aus. Die Verteilung über Rohrleitungen umfasst alle oben aufgeführten Herkunftsbereiche außer den Transport in Ferngasnetzen und die Untertagespeicher.

Die Länge des Gasnetzes betrug in Berlin zum Jahresende 2014 nach /NBB 2015/ 7.046 km (Niederdruck und Mitteldruck: 6.259 km, Hochdruck: 787 km).

Ausgehend vom längenspezifischen Emissionsfaktor /UBA 2014 c/ in Verbindung mit den Längen des Erdgasnetzes in Berlin wurden die CH₄-Emissionen aus der Verteilung von Erdgas inkl. den Zwischenstufen (Verdichter, Regelanlagen und Speicher) abgeschätzt.

In Summe ergeben sich CH₄-Emissionen in einer Höhe von 2.209 t für Berlin. Eine Zuweisung der Leitungslängen nach Bezirken Berlins erfolgt nach Einwohnerzahlen. Angaben der Leitungslängen nach Bezirken Berlins liegen nicht vor. Eine Darstellung der Emissionen bezogen auf die jeweilige Bezirksfläche ist in Bild 6.7 dargestellt.

Untertagespeicher

In Deutschland stehen rund 40 Untertagespeicher (22,3 Mrd. m³) zur Verfügung /UBA 2014 b/, die sich im Wesentlichen in ausgeförderten Erdöl- und Erdgaslagerstätten befinden. In Berlin existiert ein unterirdischer Erdgasspeicher mit einem gesamten Speichervolumen von 1.085 Mio. m³ /BES 2015/.

Aus den unterirdischen Gasspeichern kann, u.a. infolge von Störungen, Methangas (CH_4) entweichen. Unter Nutzung des typischen CH_4 -Emissionsfaktors für Porenspeicher /UBA 2014 b/ werden die Methan-Emissionen für Berlin abgeschätzt.

Im Berichtsjahr 2012 wurden aus dem unterirdischen Gasspeicher Berlins etwa 76,0 t Methan (CH_4) emittiert. Diese verteilen sich räumlich auf den Bezirk Charlottenburg-Wilmersdorf (Bild 6.7).

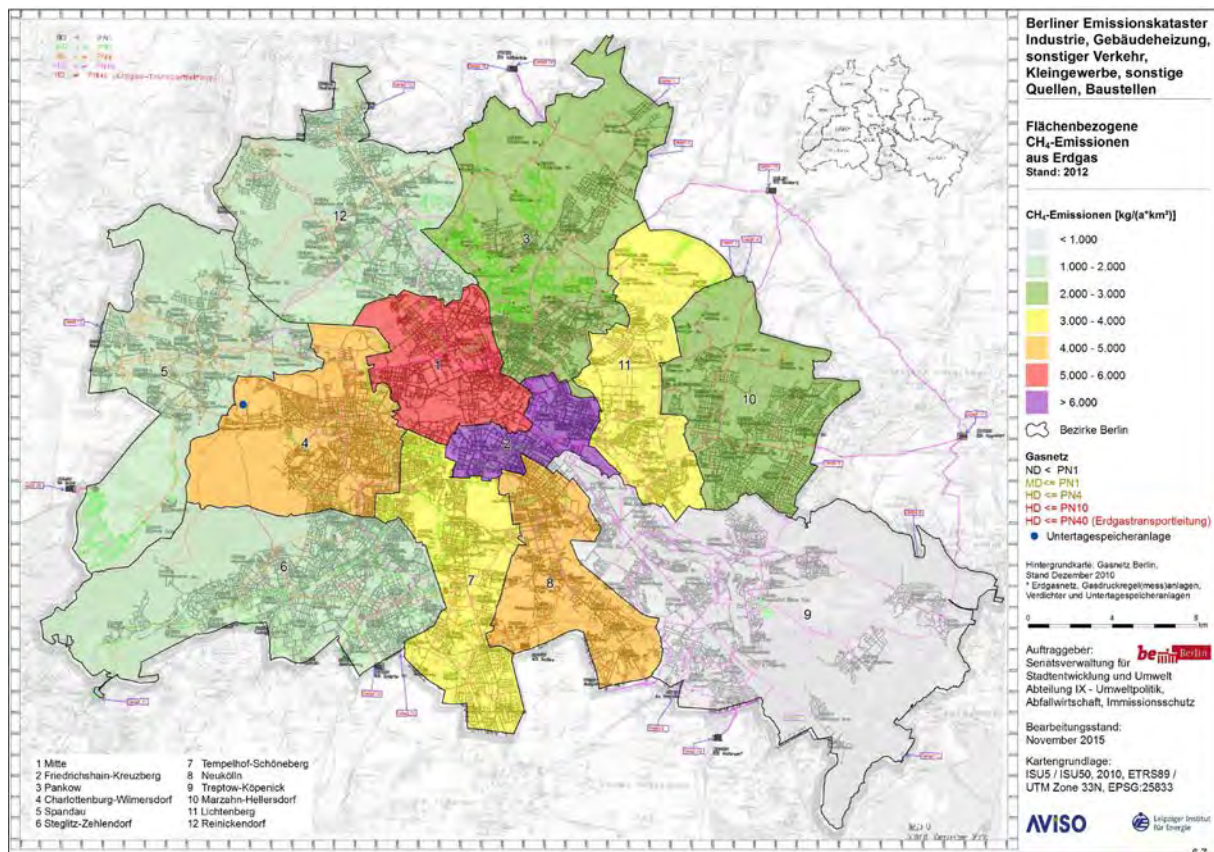


Bild 6.7: Methangas-Emissionen in Berlin aus Rohrleitungen und Untertagespeicherung von Erdgas

Insgesamt wurden bei der Verteilung von Erdgas in Berlin im Jahr 2012 etwa 2.285 t Methan (CH_4) emittiert. Mit einem Anteil von etwa 89 % sind der Transport im Erdgasnetz (ohne Ferngasnetz) sowie die Erdgasverdichtung hauptverantwortlich für die Methangas-Emissionen aus der Verteilung von Erdgas (siehe Bild 6.8).

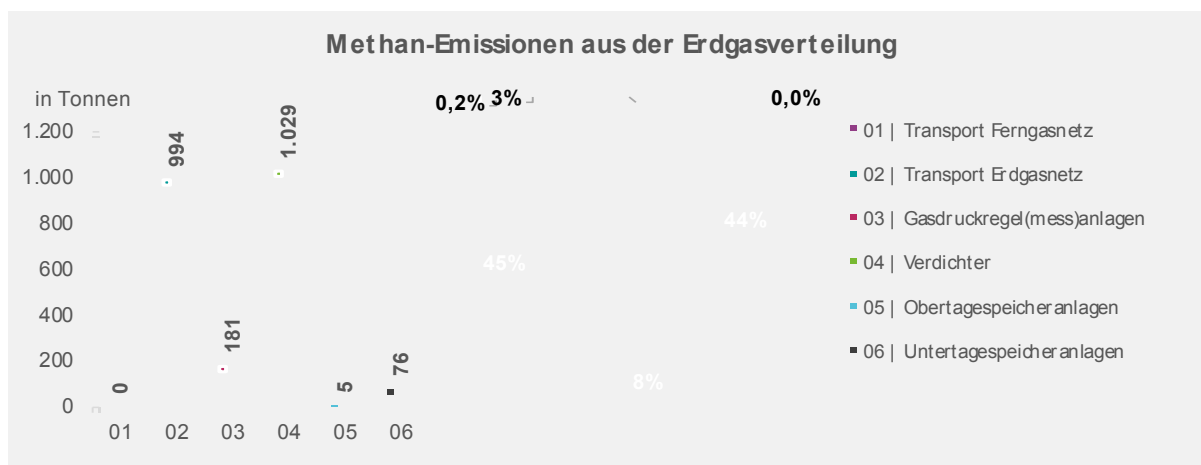


Bild 6.8: CH_4 -Emissionen aus der Erdgasverteilung nach Herkunftsbereichen in Berlin 2012; Analyse auf Basis von /UBA 2014 b, UBA 2014 c, NBB 2015, BES 2015/

6.4 Nutzung von Kühl-, Treib- und Löschmitteln

Die Quellengruppe „Nutzung von Kühl-, Treib- und Löschmitteln“ (NFR 2.F.1 bis 2.F.9) untergliedert sich, entsprechend des nationalen Inventarberichtes /UBA 2014 b/, in folgende Bereiche:

- Kühlmittel,
- Treibmittel – Schaumherstellung,
- Löschmittel – Feuerlöscher,
- Andere Verwendungen (Aerosole, Halbleiterproduktion, Elektrische Betriebsmittel, Sonstige).

Die Emissionen dieser Quellengruppe gehören nicht zu den klassischen Luftschadstoffen, sondern umfassen die teilhalogenierten (wasserstoffhaltigen) Fluorkohlenwasserstoffe (HFKW), die Fluorkohlenwasserstoffe (FKW) sowie Schwefelhexafluorid (SF_6), die zu den direkten Treibhausgasen zählen. Diese sind für die internationale Berichterstattung im Rahmen des Kyoto-Protokolls relevant und werden als CO_2 -Äquivalent-Emissionen ausgewiesen.

Kühlmittel – Kälte- und Klimaanlage

Kühlmittel kommen in den folgenden Bereichen zur Anwendung /UBA 2014 b/:

- Haushaltskälte,
- Gewerbekälte,
- Transportkälte,
- Industriekälte,

- Stationäre Klimaanlage,
- Mobile Klimaanlage.

HFKW-134a sowie die Gemische R404A, R407C, R410A und R507A sind die am häufigsten verwendeten Kältemittel in Deutschland /UBA 2014 b/. Die Anwendung von FKW in Kälte- und Klimaanlage ist in Deutschland eher von untergeordneter Bedeutung.

Vom Statistischen Landesamt Berlin-Brandenburg werden für die gesamten Emissionen aus Kältemitteln (HFKW und FKW) metrische Mengen ausgewiesen /BBB 2015 c/. Für 2012 sind insgesamt 70,7 metrische Tonnen für die Verwendung von Kältemittel angegeben. Diese Mengen sind verschiedenen Wirtschaftszweigen zugeordnet. Die daraus resultierenden Emissionen sind jedoch nicht angegeben. Diese erfassten Mengen sind der reine Absatz an Kältemitteln für 2012.

Auf Basis deutschlandweiter Angaben zur Verwendung von Kältemitteln /UBA 2014 b/ sowie entsprechender Indikatorgrößen (u.a. Beschäftigte nach Branchen, Einwohner, Nutzfahrzeuge) wurden die aus Kältemitteln hervorgerufenen Emissionsmengen nach Herkunftsbereichen für Berlin abgeleitet. Insgesamt wurden in Berlin 174,8 metrische Tonnen (HFKW und FKW) im Jahr 2012 emittiert.

In Bild 6.9 sind die metrischen, aus Kältemitteln emittierten, Mengen nach Herkunftsbereichen in Berlin für das Berichtsjahr 2012 dargestellt. Den größten Anteil (ca. 48 %, 68 t) an emittierten Kältemitteln entfallen auf den Einsatz mobiler Klimageräte. Der Hauptteil der emittierten Kältemittel waren HKW, der Anteil von FKW-Kältemitteln ist mit 0,2 % sehr gering.

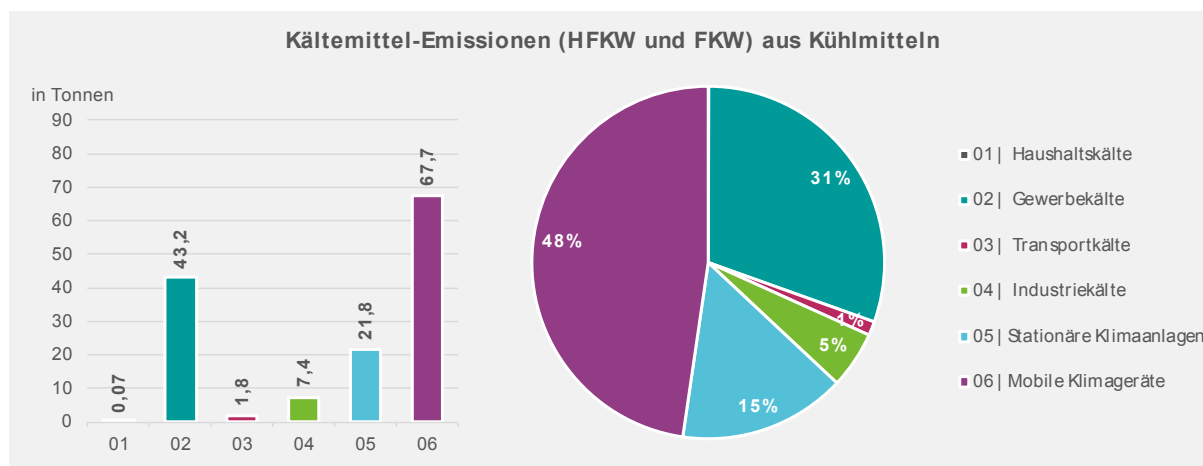


Bild 6.9: Metrische Mengen emittierter Kältemittel nach Herkunftsbereichen in Berlin 2012; Analyse auf Basis von /UBA 2014 b, BBB 2015 a, Destatis 2015 b/

Treibmittel – Schaumherstellung

Als Treibmittel werden HFKWs bei der Schaumherstellung, u.a. PU-Hartschaum, PU-Integralschaum, PU-Montageschaum und XPS-Dämmschaum, eingesetzt.

Aus der Schaumherstellung wurden in Deutschland 652 metrische Tonnen an HFKW-Emissionen freigesetzt. Auf Basis entsprechender wirtschaftsbezogener¹¹ Indikatorgrößen wurden für Berlin 16 metrische Tonnen an HFKW-Emissionen abgeleitet. Dies entspricht rund 9 % der Gesamt-Emissionen der Kühl-, Treib- und Löschmittel Berlins.

Löschmittel – Feuerlöscher

Nach /UBA 2014 b/ werden Feuerlöschmittel in Deutschland importiert, d.h. für die Herstellung solcher Mittel fallen keine Emissionen an, sondern nur für das Befüllen. Entsprechend dem Anteil der Einwohner Berlins wurden auf Basis der deutschlandweiten Angaben für die Anwendung von Feuerlöschmitteln rund 0,3 t HFKW ermittelt.

Andere Verwendungen

Aufgrund der sehr heterogenen Struktur des Herkunftsbereiches (Aerosole, Halbleiterproduktion, Elektrische Betriebsmittel, Sonstige) ist eine genaue Aufschlüsselung der Emissionen in diesem Bereich nicht möglich.

In diesem Herkunftsbereich „Andere Anwendungen“ fallen sowohl HFKW, FKW und SF₆-Emissionen an. Emissionen von Schwefelhexafluorid (SF₆) werden u.a. bei der Halbleiterproduktion, der Herstellung von elektrischen Betriebsmitteln und bei der Entsorgung von alten Isolierglasfenstern emittiert.

Auf Basis deutschlandweiter Angaben zu den Emissionen „Anderer Verwendungen“ /UBA 2014 b/ sowie entsprechender Indikatorgrößen (Beschäftigte nach Branchen, Einwohner) wurden die hervorgerufenen Emissionsmengen für Berlin abgeleitet. Dieser Bereich verursachte etwa 16,32 t HFKW und 0,26 t FKW.

Darüber hinaus wurden 3,30 t SF₆-Emissionen emittiert. Diese sind vor allem auf das Recycling von Isolierglasfenster zurückzuführen.

Gesamtemissionen durch Nutzung von Kühl-, Treib- und Löschmitteln

Durch die Nutzung von Kühl-, Treib- und Löschmitteln wurden im Jahr 2012 insgesamt

- 174,5 t HFKW-Emissionen,
- 0,31 t FKW-Emissionen und
- 3,30 t SF₆-Emissionen

emittiert (vgl. Tab. 6.6). Die höchsten Emissionen an HFKW wurden im Bezirk Mitte und Pankow ermittelt. Bei den FKW Emissionen ist es der Bezirk Treptow-Köpenick und bei den SF₆-Emissionen Pankow sowie Mitte.

¹¹ Wirtschaftszweig „Herstellung sonstiger chemischer Produkte“, der auch die Herstellung von Schäumen enthält

Tab. 6.6: Emissionen von HFKW, FKW und SF₆ nach Bezirken in Berlin 2012; Analyse auf Basis von /UBA 2014 b, BBB 2015 a, Destatis 2015 b/

Nr.	Stadtbezirk	HFKW in kg/a	FKW in kg/a	SF ₆ in kg/a
01	Mitte	22.427	35	488
02	Friedrichshain-Kreuzberg	13.924	16	386
03	Pankow	18.072	15	532
04	Charlottenburg-Wilmersdorf	15.392	15	104
05	Spandau	11.134	9	320
06	Steglitz-Zehlendorf	13.178	12	424
07	Tempelhof-Schöneberg	17.857	15	153
08	Neukölln	15.646	9	456
09	Treptow -Köpenick	11.290	110	55
10	Marzahn-Hellersdorf	11.910	43	70
11	Lichtenberg	11.027	10	135
12	Reinickendorf	12.629	22	172
	Berlin	174.487	311	3.295

Nr.	Herkunftsbereich	HFKW in kg/a	FKW in kg/a	SF ₆ in kg/a
01	Kühlmittel	141.856	50	0
02	Treibmittel	16.002	0	0
03	Löschmittel	307	0	0
04	andere Verwendungen	16.322	261	3.295
	Berlin	174.487	311	3.295

Der Großteil der HFKW-Emissionen wurde durch die Nutzung von Kühlmitteln verursacht, die FKW-Emissionen hingegen vorwiegend durch sonstige Einsatzbereiche. Die SF₆-Emissionen resultieren hauptsächlich aus der Herstellung elektrischer Betriebsmittel.

Unter Berücksichtigung der GWP-Potenziale der Stoffgruppen HFKW (\emptyset GWP_{100 SAR} 1.569), FKW (\emptyset GWP_{100 SAR} 7.320) und SF₆ (GWP_{100 SAR} 23.900) wurden zusätzlich CO_{2äq}-Emissionen von 355 kt/a ermittelt. Daran haben die HFKW-Emissionen einen Anteil von ca. 53 % und die SF₆-Emissionen von ca. 45 %.

6.5 Abfall und Abwasser

Nachfolgend werden die Emissionen aus

- kommunalen Abwässern (NFR 6.B.2) und
- Kompostierungsanlagen (NFR 6.D.1)

dargestellt. Die Emissionen aus kommunalen Abwässern können aus abflusslosen Gruben und gereinigten Abwässern entweichen. Emissionen aus Kompostieranlagen setzen sich aus Emissionen von ungedultem und gedultem Klärschlamm und von Bioabfall zusammen.

Die Emissionen aus Abfalldeponien, industrieller Abwasserbehandlung, Abfallverbrennung und mechanisch-biologischer Abfallbehandlung (MBA) werden im Abschnitt Industrie und Gewerbe berücksichtigt.

Kommunale Abwasserbehandlung

Die Behandlung der Abwässer erfolgt in der Regel unter aeroben Bedingungen in kommunalen Kläranlagen bzw. Kleinkläranlagen. Unter diesen Bedingungen treten keine Methan-Emissionen (CH_4) auf. In sehr wenigen Fällen werden die Abwassermengen von Einwohnern nicht direkt in die Kanalisation bzw. Kleinkläranlagen eingeleitet, sondern bis zum Abtransport in ein Klärwerk in Gruben gesammelt. Dabei können teilweise unkontrollierte Prozesse (teils aerob, teils anaerob) ablaufen, die zur Methanbildung führen /UBA 2014 b/.

Die CH_4 -Emissionen aus abflusslosen Gruben werden aus organischer Fracht (60 g BSB5 pro Einwohner), Methanbildungspotenzial (0,6 kg CH_4 /kg BSB5) und temperaturabhängigen Konversions-Faktor (0,173) entsprechend der IPCC Methode berechnet /UBA 2014 b/. Die Anzahl der Einwohner, deren Abwasser über abflusslose Gruben entsorgt wird, wird statistisch erhoben /DESTATIS 2012c/. In Berlin ist dieser Wert vergleichsweise gering (2012: 13.800 Einwohner, das entspricht 0,4 % der Bevölkerung). Eine Zuordnung zu den Stadtbezirken erfolgt nicht.

Im Jahr 2012 wurden durch abflusslose Gruben etwa 31,4 t CH_4 -Emissionen emittiert (Tab. 6.7). Insgesamt sind die CH_4 -Emissionen aus abflusslosen Gruben auf einem sehr niedrigen Niveau.

Bei der Abwasserbehandlung kann als Nebenprodukt der gezielten Stickstoffelimination, insbesondere bei der Denitrifikation, Distickstoffmonoxid (N_2O) entstehen.

Die Distickstoffmonoxid-Emissionen (N_2O) kommunaler Abwässer werden mit einwohnerspezifischen Emissionsfaktoren, basierend auf der Einwohnerzahl, der durchschnittlichen Pro-Kopf-Eiweißzufuhr (99 g pro Person und Tag), dem Stickstoffanteil im Eiweiß (0,16 kg N pro kg Eiweiß) und dem N_2O -Emissionsfaktor (EF = 0,01 kg N_2O -N pro kg produziertes Abwasser), ermittelt /UBA 2014 b/. Die Reinigung der kommunalen Abwässer Berlins erfolgt in sechs Klärwerken. Das größte befindet sich innerhalb der Stadtgrenze in Ruhleben (Stadtbezirk Spandau) und ist damit für das Emissionskataster relevant. Die anderen fünf Anlagen liegen nahe der Berliner Stadtgrenze im Land Brandenburg und bleiben daher unberücksich-

tigt. Die im Klärwerk Ruhleben gereinigten Abwassermengen wurden bei den Berliner Wasserbetrieben /BWB 2015/ erfragt.

Durch die Behandlung kommunaler Abwässer wurden im Jahr 2012 in Berlin (Spandau) ca. 42 t N₂O freigesetzt (Tab. 6.7).

Der bei der Abwasserreinigung entstehende Klärschlamm wird entweder direkt entwässert oder zuvor anaerob im Faulurm stabilisiert und anschließend entwässert und z. T. zusätzlich getrocknet. Die Anlage Ruhleben ist eine Kläranlage ohne Faulung. Der vor Ort anfallende Schlamm wird mechanisch mittels Zentrifugen entwässert und zu 100 % in der angrenzenden Klärschlammverbrennungsanlage (Wirbelschichtöfen) verbrannt. Der gefaulte Klärschlamm der anderen fünf Klärwerke wird zum Teil ebenfalls in der Anlage in Ruhleben verbrannt oder als Ersatzbrennstoff in Kohlekraftwerken bzw. in der Zementindustrie in anderen Bundesländern energetisch verwertet. Insgesamt werden derzeit etwa 57 % des Berliner Klärschlammes in Ruhleben verbrannt /SENSTADT 2015/. Die resultierenden Aschen werden deponiert.

Bei der Klärschlammverbrennung entstehen N₂O-Emissionen. Die spezifischen Emissionsfaktoren für gefaulten und ungefaulten Klärschlamm und die dazugehörigen Stoffströme sind in der „Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz 2012 für die Nutzung von Berliner Abfällen als Ressource“ /IFEU 2013 b/ ausgewiesen.

In Berlin (Klärschlammverbrennungsanlage Ruhleben) wurden im Jahr 2012 durch die Verbrennung von Klärschlamm ca. 90 t N₂O emittiert (Tab. 6.7).

Unter Berücksichtigung der GWP-Potenziale ergeben sich aus der kommunalen Abwasserreinigung für das Jahr 2012 insgesamt ca. 41.800 t CO_{2äq}-Emissionen. Diese wurden zu 98 % durch N₂O-Emissionen verursacht: 67 % aus der Klärschlammverbrennung Ruhleben und 31 % durch die biologische Reinigung des Klärwerks Ruhleben.

Tab. 6.7: Treibhausgas-Emissionen aus kommunalen Abwässern nach Stadtbezirken und Herkunftsbereichen in Berlin 2012; /UBA 2014 b/, /BBB 2013 a/

Nr.	Stadtbezirk	CO ₂ -Äquivalent in t/a	Methan in t/a	Distickstoffoxid in t/a
01	Mitte			0,0
02	Friedrichshain-Kreuzberg			0,0
03	Pankow			0,0
04	Charlottenburg-Wilmersdorf			0,0
05	Spandau	41.161		132,8
06	Steglitz-Zehlendorf			0,0
07	Tempelhof-Schöneberg			0,0
08	Neukölln			0,0
09	Treptow -Köpenick			0,0
10	Marzahn-Hellersdorf			0,0
11	Lichtenberg			0,0
12	Reinickendorf			0,0
	Berlin	41.819	31,4	132,8

Nr.	Herkunftsbereich	CO ₂ -Äquivalent in t/a	Methan in t/a	Distickstoffoxid in t/a
01	Abflusslose Gruben	658	31,4	0,0
02	Behandlung kommunaler Abwässer (Kläranlagen)	13.010	0,0	42,0
03	Ungefauter Klärschlamm zur thermischen Behandlung	24.500	0,0	79,0
04	Gefauter Klärschlamm zur thermischen Behandlung	3.651	0,0	11,8
	Berlin	41.819	31,4	132,8

Kompostierungsanlagen

Bei der Kompostierung organischer Abfälle (NFR 6.D.1) entstehen, bedingt durch den mikrobiellen Abbau der Ausgangsmaterialien, als klimawirksame Gase Methan (CH₄), Distickstoffmonoxid (N₂O) sowie Ammoniak (NH₃).

Die organischen Abfälle Berlins werden getrennt nach Bioabfällen (Biotonne) und Grünabfällen (Straßenbegleitgrün, Laub, Grasschnitt) eingesammelt und zu sechs verschiedenen Kompostierungsanlagen gebracht /IFEU 2013 b/. Die Anlagen liegen alle in Brandenburg und sind daher für das Emissionskataster Berlin nicht relevant. Darüber hinaus findet die Eigenkompostierung von Bio- und Grünabfällen aus Wohngebieten und Kleingartenkolonien statt, deren Emissionen zu berücksichtigen sind.

Die Emissionsfaktoren basieren auf einer Studie des Witzenhausen-Instituts für Abfall, Umwelt und Energie, die im Auftrag des Umweltbundesamtes durchgeführt wurde /UBA 2010/. Die Unsicherheiten der Emissionsfaktoren sind hoch und hängen u. a. von dem Kompostierungsverfahren, der Zusammensetzung der Abfälle und dem Rottegrad des Kompostes ab. Es ist davon auszugehen, dass die Emissionsfaktoren für die Eigenkompostierung aufgrund der in der Regel ungünstigeren Randbedingungen (Vernässung, unregelmäßiges Belüften) höher als bei einer zentralen Kompostierung liegen /IFEU 2013 b/.

Unter der Annahme mittlerer Gehalte an Kohlenstoff und Stickstoff in Bioabfall und Grünabfall wurden aus der Eigenkompostierung im Jahr 2012 ca. 111 t Methan (CH₄) und 8 t Distickstoffmonoxid (N₂O) emittiert (Tab. 6.8), das entspricht etwa 4.900 t Kohlenstoffdioxid-Äquivalenten (CO_{2äq}). Verglichen mit anderen Emittenten sind die Treibhausgas-Emissionen aus der Kompostierung gering.

Bei der Eigenkompostierung wurden darüber hinaus knapp 80 t Ammoniak (NH₃) freigesetzt, sowohl während des eigentlichen Rotteprozesses als auch nachgelagert bei der Ausbringung des Kompostes /IFEU 2013 b/.

Der Anteil der Eigenkompostierung ist in den Stadtbezirken u. a. aufgrund unterschiedlicher Bebauungsstrukturen (Ein- und Zweifamilienhäuser, Kleingartenanlagen etc.) verschieden stark ausgeprägt. Da hierzu keine Angaben vorliegen, werden die Emissionen aus der Eigenkompostierung vereinfachend entsprechend der Einwohnerzahl auf die Stadtbezirke verteilt (Tab. 6.8).

Tab. 6.8: Emissionen aus Eigenkompostierung nach Stadtbezirken in Berlin 2012; /UBA 2010/ (CH₄, N₂O, NH₃)

Nr.	Stadtbezirk	Treibhausgase		
		Methan in kg/a	Distickstoffmonoxid in kg/a	Ammoniak in kg/a
01	Mitte	10.880	821	7.761
02	Friedrichshain-Kreuzberg	8.623	651	6.151
03	Pankow	11.871	896	8.468
04	Charlottenburg-Wilmersdorf	10.218	771	7.289
05	Spandau	7.146	539	5.098
06	Steglitz-Zehlendorf	9.464	714	6.751
07	Tempelhof-Schöneberg	10.510	793	7.497
08	Neukölln	10.188	769	7.267
09	Treptow -Köpenick	7.803	589	5.566
10	Marzahn-Hellersdorf	8.060	608	5.750
11	Lichtenberg	8.337	629	5.947
12	Reinickendorf	7.933	599	5.659
	Berlin	111.033	8.378	79.203

6.6 Bewertung der Unsicherheiten

Die Unsicherheiten für die berechneten Emissionen der verschiedenen Teilsektoren der „Sonstigen Quellen“ in Berlin ergeben sich aus den Unsicherheiten der zur Ermittlung verwendeten Aktivitätsdaten und Emissionsfaktoren.

Die verwendeten Aktivitätsdaten liegen für Berlin auf Bezirksebene vor und entstammen größtenteils öffentlichen Statistiken. Sie können auf dieser Ebene gemäß des Bewertungsschemas (vgl. Tab. 2.2) für die verschiedenen Teilsektoren wie folgt bewertet werden:

- Verwendung von Lösemitteln und andere Produktanwendungen, Aktivitätsgrößen: Beschäftigte nach Wirtschaftszweigen, Einwohner, Fahrzeugbestand (je nach Teilssektor); Gütestufe A
- Nutzung von Kühl-, Treib- und Löschmitteln, Aktivitätsgrößen: Anzahl Einwohner, Haushalte, Beschäftigte, Kfz-Bestand; Gütestufe A

Die für diese Teilssektoren verwendeten Aktivitätsdaten sind als Hilfsgrößen zu verstehen. Die eigentlichen Aktivitätsdaten sind die Verbrauchsmengen der Produkte und deren Inhaltsstoffe. Dazu liegen keine differenzierten Angaben für Berlin vor.

Für die übrigen Teilssektoren wurden die folgenden Aktivitätsdaten zur Ermittlung der Emissionen verwendet.

- Verteilung von Mineralölprodukten, Aktivitätsgrößen: umgeschlagene Mengen Treibstoff (Tankstellen für Kfz, Flugzeug-Betankung), Heizölverbrauch (in Kleinfeuerungsanlagen), Gütestufe A-C
- Verteilung von Erdgas, Aktivitätsgrößen: Länge Leitungsnetz, Speichervolumen in Untertagespeicher, Gütestufe A-B
- Abfall und Abwasser, Aktivitätsgrößen Einwohner, Abfallmengen, Gütestufe A

Für die verwendeten Emissionsfaktoren dagegen ergibt sich ein etwas anderes Bild bezüglich der Unsicherheiten. Diese beziehen sich auf die für die Teilssektoren charakteristischen Aktivitätsgrößen und wurden entweder aus Emissionen, die für Deutschland vorliegen, abgeleitet oder der Literatur entnommen. Aufgrund dessen werden die verwendeten Emissionsfaktoren, je nach Teilssektor, mit der Gütestufe B-D bewertet.

Die Unsicherheit der ermittelten Emissionen der hier betrachteten Emissionen sonstiger Quellen in Berlin insgesamt bzw. auf der Ebene der Stadtbezirke hängt maßgeblich von der Güte der verwendeten Emissionsfaktoren ab und kann daher mit der Gütestufe B-D bewertet werden.

Für eine differenziertere räumliche Zuordnung der Emissionen innerhalb der Bezirke liegen für die Aktivitätsdaten keine Angaben zur Verteilung vor. So müssen für eine weitere räumlichen Verteilung, (wie in Kap. 9.1 für die Rasterung der Emissionen durchgeführt) zusätzliche Daten berücksichtigt werden. Dazu werden kleinräumig auf Baublockebene vorliegende Landnutzungsdaten (Nutzungsarten aus der Basiskarte Berlin) verwendet, die zwar in einer hohen Genauigkeit vorliegen, aber teilweise nur eingeschränkt die räumliche Struktur der möglichen Emissionsverteilung widerspiegeln.

7 Baustellen

Emissionen verursacht durch den Einsatz von mobilen Geräten und Maschinen in der Bauwirtschaft sind dem Bereich Offroad-Verkehr (vgl. Kap. 5.4) zuzuordnen, werden hier aber in einem separaten Teilkapitel behandelt. Vorliegende Untersuchungen /UBA 2014d/ zeigen, dass die Emissionen von Baustellen gerade im Innerortsbereich durchaus einen nennenswerten Beitrag zur Gesamtbelastung leisten, der lokal im Nahbereich von Baustellen zumindest für Feinstaub (PM10) auch höher liegen kann als der Beitrag des Straßenverkehrs.

Auf Baustellen werden vielfältige Emissionen erzeugt, die sich in folgende Teilbereiche einteilen lassen:

- Abgasemissionen der mobilen Maschinen
- Aufwirbelungs- und Abriebemissionen der mobilen Maschinen
- weitere Emissionen (vor allem Staub) durch unterschiedliche Bautätigkeiten bzw. Arbeitsprozesse (z.B. Abbrucharbeiten, Kernbohrungen,...)

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.

Die aktuell vorliegenden Untersuchungen z.B. TREMOD-MM /UBA 2014d, IFEU 2014/ befassen sich mit der Ermittlung und Bilanzierung der Abgasemissionen von mobilen Geräten und Baumaschinen u.a. in der Bauwirtschaft für Deutschland gesamt bzw. einem gesamten Bundesland (Baden-Württemberg). Die Emissionsberechnungen wurden nach der sogenannten „Bestandsmethode“ durchgeführt, d.h. sie basieren auf einer differenzierten Bestandsanalyse zum Geräte- und Maschinenbestand nach Leistungsklassen, charakteristischen Daten zu Lastfaktoren und Einsatzstunden und entsprechenden Emissionsfaktoren.

Bei der Anwendung dieser Methode, die vom Standortprinzip ausgeht, ist zu beachten, dass es umso schwieriger wird je kleiner die betrachtete Raumeinheit ist, geeignete Aussagen zur Emissionssituation über den in dieser Raumeinheit gemeldeten Geräte- und Maschinenbestand abzuleiten, da der Standort des gemeldeten Bestandes und dessen Einsatzort nicht identisch sein müssen. So arbeiten Bauunternehmen häufig nicht nur lokal oder kleinere Firmen setzen häufig auch Leihmaschinen ein.

Während die Abgasemissionen der Baumaschinen relativ gut untersucht und dokumentiert sind (siehe z.B. TREMOD-MM, Schweizer Offroad-Datenbank), sind die nicht-motorbedingten Emissionen der verschiedenen Bautätigkeiten bisher weniger differenziert untersucht worden. Um die Emissionen der Bauwirtschaft für Berlin zu ermitteln, wurde daher zunächst eine Literaturrecherche durchgeführt, mit dem Ziel, einen Überblick über den aktuellen Stand der Berechnungsverfahren zu erhalten (eine aktuelle Übersicht findet sich z.B. in /FVB 2015/) und entsprechende Datengrundlagen und Berechnungsansätze zur Ermittlung der Emissionen aus der Bauwirtschaft für Berlin abzuleiten.

7.1 Grundlagen und Methodik

Abgasemissionen

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. Ab 2014 müssen neu in Betrieb gebrachte Motoren die Stufe IV erfüllen /UBA 2015c/.

Mit TREMOD-MM liegt für Deutschland ein Modell zur Berechnung der Abgas-Emissionen von mobilen Maschinen und Geräten vor. Es wurde im Auftrag des Umweltbundesamtes entwickelt, die letzte Aktualisierung erfolgte im Jahr 2014 /IFEU 2004, IFEU 2009, UBA 2014d/. Die Berechnung der Emissionen folgt der „Bestandsmethode“ und basiert im Wesentlichen auf der Verknüpfung von differenziert erhobenen Bestandsdaten zu den eingesetzten Geräten und Maschinen mit geeigneten Emissionsfaktoren. Zusätzlich berücksichtigt werden zur Charakterisierung der Nutzung der Maschinen typische Lastfaktoren und Einsatzzeiten pro Maschinenkategorie. Dabei gibt der Lastfaktor das Verhältnis von durchschnittlicher Leistung des Motors im realen Betrieb zur Nennleistung des Motors an, d.h. die durchschnittliche Intensität der abgerufenen Motorleistung.

Eine Statistik zum Bestand der Baumaschinen wurde in Deutschland bis zum Jahr 1996 veröffentlicht. Für die Folgejahre wurde in /UBA2014d/ auf Basis anderer Datenquellen eine Fortschreibung dieser Bestandsdaten durchgeführt. Der Baumaschinen-Bestand 2010 wurde auf Basis von veröffentlichten Populationszahlen eines britischen Consulting Unternehmens und die Entwicklung von 1996-2010 über die Entwicklung der Produktions- und Außenhandelsstatistik abgeleitet. Insgesamt sind die Kenntnisse zum Bestand an Baumaschinen in Deutschland deutlich unsicherer als z. B. die zum Kraftfahrzeugbestand.

Die Abgas-Emissionsfaktoren für Baumaschinen werden differenziert nach Maschinenkategorien, Leistungsklassen und Emissionsstufen ermittelt. Sie werden aus Basisemissionsfaktoren, die für den stationären Betrieb eines neuen Motors gelten, unter Berücksichtigung von altersabhängigen Verschlechterungsfaktoren und transiente Anpassungsfaktoren, die die realen Einsatzbedingungen im Vergleich zum stationären Prüfzyklus berücksichtigen, abgeleitet.

Die Abgas-Emissionsfaktoren, die in /UBA2014d/ verwendet werden, basieren auf Auswertungen von Messdaten und Literaturquellen. Dabei stellen die Emissionsfaktoren aus der Schweizer Offroad-Datenbank (Stand 2010) eine wesentliche Datenquelle dar. Nach /IFEU 2009/ zeigt sich für die Basisemissionsfaktoren eine gute Übereinstimmung mit den BAFU-Daten, die Anpassungsfaktoren (z.B. Lastfaktoren) unterscheiden sich teilweise aber stärker, was insbesondere auf die Partikel-, CO- und HC-Emissionen einen Einfluss hat. Ende 2015

wurde ein neuer aktualisierter Stand der BAFU-Offroad-Datenbank veröffentlicht /BAFU 2015a/, und in einem Erläuterungsbericht /BAFU 2015b/ werden die Änderungen und Aktualisierungen, u.a. Betriebsstunden und Lastfaktoren betreffend, beschrieben. Die aktuelle Schweizer Offroad-Datendank enthält u.a. für den Teilsektor Baumaschinen Emissionsfaktoren differenziert nach Maschinenkategorien, Motorentypen, Leistungsklassen und Emissionsstufen. Die Daten können für verschiedene Bezugsjahre (in 5-Jahres-Stufen) abgefragt werden.

Neben der Berechnung für Deutschland gesamt wurden mit dem Modell TREMOD-MM die Abgas-Emissionen von mobilen Geräten und Maschinen auch auf Länderebene, hier für Baden-Württemberg berechnet /IFEU 2014/. Dies erfolgte über die Ermittlung des Anteils von Baden-Württemberg an den Emissionen von Deutschland über geeignete statistische Kenngrößen. Für den Teilsektor Bauwirtschaft wurden die geleisteten Arbeitsstunden im Bauhauptgewerbe verwendet, um den Anteil der Baumaschinen-Einsatzstunden für Baden-Württemberg zu ermitteln. Zusätzlich wurde eine Anpassung der relativen Struktur des Bestandes für Baden-Württemberg bei der anschließenden Emissionsberechnung berücksichtigt.

Bei diesem Ansatz wird davon ausgegangen, dass durch die in Baden-Württemberg ansässigen Betriebe und der von diesen geleisteten Arbeitsstunden die in Baden-Württemberg stattfindende Bautätigkeit vollständig erfasst wird. D.h. der Ansatz basiert auf dem Standortprinzip. Während für ein Flächenland wie Baden-Württemberg diese Annahme noch gerechtfertigt erscheint, wird dieser Ansatz bei der Betrachtung für Berlin problematisch, da nicht davon ausgegangen werden kann, dass durch die in Berlin ansässigen Betriebe bzw. durch die von diesen geleisteten Arbeitsstunden die Bautätigkeit in Berlin vollständig abgedeckt wird (vgl. Kap. 7.2). Das Berliner Baugewerbe ist eher „kleingewerblich“ strukturiert mit entsprechender Ausprägung des eingesetzten Maschinenparks.

PM10-Emissionen durch Aufwirbelung und Abrieb

Neben den Abgasemissionen entstehen Emissionen (vor allem Staub) durch Aufwirbelung und Abrieb beim Betrieb von Maschinen auf der Baustelle. Schon beim Straßenverkehr, der auf befestigten Straßen stattfindet, ist der Anteil der PM10-Emissionen durch Aufwirbelung und Abrieb heutzutage höher als der durch Abgase. Auf Baustellen werden i.d.R. unbefestigte Flächen befahren, d.h. der Anteil der Emissionen durch Aufwirbelung und Abrieb wird im Vergleich zu den Abgasemissionen noch deutlich höher sein. Emissionen werden im Bauprozess vor allem durch Erdbewegungen und Befahren von nicht befestigten Flächen verursacht.

In /LOHMEYER 2010/ werden Emissionsfaktoren für Aufwirbelung und Abrieb verwendet, die in $\text{kg}/(\text{ha} \cdot \text{Monat})$ angegeben sind, d.h. sich auf die vom Bau betroffenen Fläche und die Baudauer beziehen (vgl. Tab. 7.1), differenziert nach Gebäudetypen. Es werden auch Annahmen zur betroffenen Fläche pro Baustelle für Sachsen aufgeführt.

Tab. 7.1: Emissionsfaktoren zur Ermittlung der Emissionen durch Aufwirbelung und Abrieb beim Betrieb von Baumaschinen nach /LOHMEYER 2010/

	PM10	PM2,5
	[t/(Monat*ha)]	
Wohnhäuser	0,035	0,0035
Apartements	0,125	0,0125
Nichtwohngebäude	0,21	0,021
Straßen	0,47	0,047

Nach /IFEU 2010/ wurde zur Abschätzung der betroffenen Fläche von der Wohn-/Nutzfläche der Neubauten ausgegangen und weiter angenommen, dass diese sich durchschnittlich auf 2 Stockwerke aufteilt und die betroffene Fläche (Baustellenfläche) das 1,2fache der Grundfläche des Gebäudes beträgt. Außerdem wurde dort davon ausgegangen, dass die Emissionen der kompletten Bauzeit (auch wenn diese größer als 1 Jahr ist) dem Bezugsjahr der Baufertigstellung zugewiesen wird.

In /UBA2014d und IFEU 2014/ wurden für eine Beispielbaustelle die Abgasemissionen und die Emissionen durch Aufwirbelung und Abrieb ermittelt. Es handelte sich dabei um den Bau eines Nichtwohngebäudes. Für dieses Beispiel ergab sich, dass die PM10-Emissionen durch Aufwirbelung und Abrieb ca. das 5fache der Abgasemissionen betragen.

Emissionen durch Abbrucharbeiten

Neben den oben beschriebenen PM10-Emissionen (motorbedingte Abgasemissionen und Aufwirbelungs- und Abriebs-Emissionen durch die Fahrbewegungen auf dem Baustellengelände), die beim Bau von Gebäuden oder Straßen durch den Betrieb von Baumaschinen entstehen, stellen Abriss- und Abbrucharbeiten eine weitere Quelle für Staub-Emissionen dar.

Zur Ermittlung dieser Emissionen kann, zumindest näherungsweise, die VDI-Richtlinie 3790 Blatt 3 („Emissionen von Gasen, Gerüchen und Stäuben aus diffusen Quellen – Lagerung, Umschlag und Transport von Schuttgütern“) herangezogen werden. In /LOHMEYER 2015/ wurde danach für den Abbruch eines Gebäudes in Düsseldorf eine Abschätzung der PM10-Emissionen durch die Abbruchtätigkeiten (Abbrechen der festen Bauten, zu Boden fallendes Material, Aufnehmen des Materials vom Boden und Abladen des Materials (in Lkw oder auf Halde)) durchgeführt. Es ergab sich ein spezifischer Emissionsfaktor von 0,129 kg/t abzubrechendem Material.

Beurteilung der Datenlage

Zusammenfassend muss festgestellt werden, dass insbesondere die nicht-motorbedingten Emissionen aus dem Einsatz von Baumaschinen und den Tätigkeiten auf Baustellen aktuell nur grob abgeschätzt werden können. Bezüglich der Abgasemissionen ist die Datenlage der spezifischen Emissionsfaktoren für Baumaschinen (differenziert nach Maschinenkategorien, Leistungsklassen und eingesetztem Kraftstoff) deutlich besser. In den vorliegenden Untersu-

chungen werden überwiegend nur Abgasemissionen für größere Gebiete (Deutschland oder einzelnen Bundesländer) ausgehend von den Baumaschinen-Bestandsdaten und deren typischen Einsatzzeiten ermittelt. Nur vereinzelt werden Ermittlungen für einzelne Modell-Baustellen, dann auch mit einer Abschätzung von nicht-motorbedingten Emissionen, durchgeführt, in /UBA2014d/ und für den Abriss eines Gebäudes in /LOHMEYER 2015/.

Zur Verbesserung der Datenlage ist es notwendig, verschiedene, möglichst repräsentative Einzelbaustellen im Detail zu untersuchen. Auf der Basis solcher Detaildaten können typische Einsatz-Mengengerüste abgeleitet werden, um einen möglichst allgemein gültigen Ansatz für die Emissionsberechnung zu entwickeln.

7.2 Datengrundlagen Berlin 2012

Idealerweise sollte im Sinne eines differenzierten Bottom-up-Ansatzes die Ermittlung der Emissionen von Baumaschinen auf detaillierte Daten zu den Baustellen/Bautätigkeiten und eingesetzten Maschinen in Berlin aufbauen. Ursprüngliches Ziel war es deshalb, im Rahmen dieser Untersuchung für ausgewählte Beispiel-Baustellen (im Hoch-, Tief- und Straßenbau) über die Bautätigkeiten sogenannte Einheits-Mengengerüste (Anzahl, Typen und Einsatzzeiten für Maschinen) abzuleiten und diese über die Anzahl der Baustellen (differenziert nach Art und Größe) auf Berlin hochzurechnen. Da hierfür geeignete Unterlagen (z.B. Ausschreibungs- oder anonymisierte Angebotsunterlagen oder Baustellentagebücher) im Rahmen dieser Untersuchung nicht zur Verfügung gestellt werden konnten, war es nicht möglich auf diesem Wege charakteristische Daten für Berliner Baustellen abzuleiten.

Daher war es notwendig, die Ermittlung der Emissionen der Bauwirtschaft in Berlin auf Basis anderweitiger Daten durchzuführen.

Bezüglich der Abgasemissionen wurden die folgenden Arbeitsschritte durchgeführt, um die benötigten Eingangsdaten zur Emissionsberechnung zu ermitteln, die im Weiteren näher erläutert werden:

- Ermittlung des Gesamtbauvolumens für Berlin 2012, d.h. das Bauvolumen der Berliner Unternehmen und das Bauvolumens der auswärtigen Unternehmen differenziert nach Bauhauptgewerbe und Ausbaugewerbe.
- Abschätzung der Anzahl der Beschäftigten auf Basis des Gesamtbauvolumens und der Daten aus der Statistik des Baugewerbes Berlin /STJB 2013/ differenziert nach Bauhauptgewerbe und Ausbaugewerbe.
- Ableitung von spezifischen Verbrauchsdaten (Diesel, Benzin, Gemisch) pro Beschäftigtem und Ermittlung von typischen Bestandsstrukturen der eingesetzten Baumaschinen für 19 Baugewerbe-Untergruppen über die Auswertung einer Umfrage im Baugewerbe in Deutschland /ISI 2013/.
- Ermittlung von charakteristischen kraftstoffbezogenen Abgas-Emissionsfaktoren auf Basis der BAFU-Offroad-Datenbank /BAFU 2015a/ unter Berücksichtigung der Er-

gebnisse der Auswertungen einer Umfrage im Baugewerbe in Deutschland zur Bestandsstruktur der eingesetzten Baumaschinen /ISI 2013/.

Gesamtbauvolumen Berlin 2012

Wie in Kap. 7.1 erläutert ist es für die Ermittlung der Emissionen aus der Bauwirtschaft für Berlin nicht zielführend, diese über eine für das Baugewerbe charakteristische statistische Kenngröße (z.B. geleistete Arbeitsstunden im Bauhauptgewerbe wie in /IFEU 2014/ verwendet) aus den für Deutschland vorliegenden Daten abzuleiten.

Dies wird durch die in Tab. 7.2 dargestellte Verteilung des Gesamtbauvolumens in Berlin verdeutlicht. Von der Investitionsbank Berlin /IBB 2013/ wurden bis zum Jahr 2004 Daten zum jährlichen Gesamtbauvolumen differenziert nach Berliner Unternehmen und auswärtigen Unternehmen veröffentlicht. Demnach lag der Anteil der Berliner Unternehmen am Gesamtbauvolumen in diesen Jahren zwischen 36-40 %, d.h. mehr als die Hälfte des Bauvolumens wurde von auswärtigen Unternehmen erbracht. Da wesentliche Kennzahlen wie die jährlichen Haushaltsansätze und -Zahlungen der öffentlichen Haushalte und der Umsatz Berliner Unternehmen zwischen 2002-2004 und 2011 relativ konstant geblieben sind (vgl. Tab. 7.2), wurde auf Basis dieser Daten und der sich bis 2004 auf ähnlichem Niveau bewegendes Gesamtbauvolumina der Wert für 2012 auf ca. 9 Mrd. € abgeschätzt, mit einem Anteil der Berliner Unternehmen von 40 %.

Zur Ermittlung der Emissionen aus Bautätigkeiten in Berlin ist es daher notwendig, neben den in Berlin ansässigen Betrieben auch die in Berlin tätigen auswärtigen Unternehmen zu berücksichtigen.

Tab. 7.2: *Bauvolumen, baugewerbliche Umsätze und Haushaltsansätze und -Zahlungen der öffentliche Haushalte Berlin, 2002-2004 und 2011 /IBB 2013/*

Mrd. €	2002	2003	2004	2011
Gesamtbauvolumen	9,6	9,3	8,9	
Umsatz Berliner Unternehmen	3,8	3,6	3,2	
Umsatz auswärtiger Unternehmen	5,8	5,7	5,7	
<i>Haushaltsansatz</i>	<i>1,4</i>	<i>1,3</i>	<i>1,4</i>	<i>1,4</i>
<i>Zahlungen</i>	<i>0,5</i>	<i>0,4</i>	<i>0,4</i>	<i>0,6</i>

Anzahl der Beschäftigten in der Bauwirtschaft in Berlin 2012

Angaben zum Umsatz und den Beschäftigten Berliner Bauunternehmen im Jahr 2012 wurden dem Statistischen Jahrbuch Berlin 2013 /STJB 2013/ entnommen.

Nach der oben aufgeführten Abschätzung des Gesamtbauvolumens für Berlin liegt der Umsatz der auswärtigen Unternehmen bei ca. 5,4 Mrd. €. Es wird davon ausgegangen, dass es

sich dabei ausschließlich um Tätigkeiten im Bauhauptgewerbe handelt und dass im Ausbaugewerbe nur Berliner Unternehmen tätig sind.

Um zu ermitteln wie sich der Umsatz innerhalb des Bauhauptgewerbes verteilt, wurden zusätzlich Daten aus /STJB 2013/ zu den Baugenehmigungen und Baufertigstellungen von Wohn- und Nichtwohngebäuden und deren Kosten herangezogen. Diese Angaben berücksichtigen alle Bautätigkeiten, unabhängig davon ob sie von Berliner Unternehmen oder auswärtigen Unternehmen ausgeführt wurden. Demnach entfällt 22 % des Umsatzes der auswärtigen Unternehmen auf den Bau von Gebäuden. Die Aufteilung des restlichen Umsatzes der auswärtigen Unternehmen auf die Bereiche Bau von Straßen und Bahnen und sonstiger Tiefbau etc. erfolgte analog zu den entsprechenden Verhältnissen bei den Berliner Unternehmen.

Die Anzahl der in Berlin tätigen Beschäftigten der auswärtigen Unternehmen wurde ausgehend von den spezifischen Umsatzwerten pro Beschäftigten der Berliner Unternehmen über die jeweiligen Umsätze der einzelnen Bausektoren ermittelt.

Insgesamt lassen sich damit knapp 54.000 Beschäftigte abschätzen, die in 2012 auf Baustellen in Berlin tätig waren, 55 % davon bei auswärtigen Unternehmen (vgl. Tab. 7.3).

Tab. 7.3: Umsatz und Beschäftigte in der Bauwirtschaft in Berlin 2012 /STJB 2013/, differenziert nach Berliner Unternehmen und auswärtige Unternehmen

	Umsatz [€]	Beschäftigte
Unternehmen mit Sitz in Berlin (Stat. Jahrbuch)		
Bauhauptgewerbe	2.107.903	11.290
Bau von Gebäuden	935.044	3.882
Bau von Straßen und Bahn	655.522	3.506
Leitungstiefbau	117.634	1.042
Sonstiger Tiefbau	115.577	566
Abbruch; Baustellenvorber.	22.436	168
Dachdeckerei; Zimmerei	110.700	850
sonst. Spez. Bautätigkeit	150.991	1.275
Ausbaugewerbe	1.481.855	13.039
Elektroinstallation	367.951	3.027
Gas-/Wasser-/Heizungs-/Lüftungs-/Klimainstallation	616.974	5.188
Dämmung gegen Kälte, Wärme, Schall u. Erschütterung	201.866	2.223
Anbringen von Stuckaturen, Gipserei und Verputzerei	33.361	259
Bautischlerei/-schlosserei	57.375	562
Fußboden-, Fliesen-, Plattenlegerei, Tapeziererei	34.447	314
Maler-/Lackierergewerbe	102.563	1.179
Glasgewerbe	67.318	288
Gesamt	3.589.758	24.329
Unternehmen mit Sitz außerhalb Berlin		
Bauhauptgewerbe	5.410.242	29.558
Bau von Gebäuden	1.193.550	4.955
Bau von Straßen und Bahn	3.033.614	16.225
sonstiger Tiefbau, Abbruch, Baustellenvorber.	1.183.079	8.377
Gesamt	9.000.000	53.887

Spezifische Kraftstoffverbrauchswerte im Baugewerbe

Im Rahmen der durchgeführten Literaturrecherche stellte sich heraus, dass in Deutschland zur besseren Erfassung des Energieverbrauchs des Sektors Gewerbe, Handel und Dienstleistung (GHD) Betriebsbefragungen durchgeführt wurden, u.a. auch in Betrieben des Baugewerbes. Die Erhebungen finden in regelmäßigen Abständen u.a. für die Aufstellung der Energiebilanzen statt. Die Rückläufe der letzten Stichprobenbefragung für das Baugewerbe (für das Jahr 2011) wurden durch das Institut für Energiewirtschaft der Technischen Universität München /IFE 2015/ anonymisiert auf Betriebsebene zur Verfügung gestellt. Für das Baugewerbe waren insgesamt 173 Betriebe in 19 Untergruppen befragt worden (vgl. Tab. 7.4). Ergebnisse der Befragungen für alle Sektoren finden sich in /ISI 2013/.

Tab. 7.4: Stichprobenbefragung in Betrieben in Deutschland /FI 2015/, befragte Untergruppen im Bauhauptgewerbe und Ausbaugewerbe

Bauhauptgewerbe	Anzahl befragter Betriebe	Ausbaugewerbe	Anzahl befragter Betriebe
Hoch-, Tiefbau	42	Sanitärinstallateure	13
Hoch-, Fertigbau	22	Heizungsinstallateure	9
Fertigteil-Hochbau	1	Elektroinstallateure	21
Erdbewegungen	4	Maler	11
Straßenbau	13	Glaser	3
Gerüstbau	3	Bautischler	2
Abdichtung	2	Fußbodenleger	3
Abdämmung	4		
Stuckateure	4		
Zimmerer	6		
Dachdecker	10		
insgesamt	111	insgesamt	62

Bei der Befragung wurde der Energieverbrauch u.a. von mobilen Maschinen, die im Betrieb oder auf der Baustelle genutzt werden, erhoben und dabei 16 Maschinenkategorien vorgegeben. Zusätzlich wurden Angaben zur Betriebsgröße (Anzahl der Voll- und Teilzeitbeschäftigten) und zum Energieverbrauch für Raumheizung oder Stromverbrauch erfasst.

Tab. 7.5: Stichprobenbefragung in Bau-Betrieben in Deutschland /IFE 2015/, in Betrieben und auf Baustellen eingesetzte mobile Maschinen nach Kategorien, deren Energieverbrauch abgefragt wurde

Betriebsgelände	Baustelle
Mischer	Mischer
Mühlen	Förderbänder
Rüttler	Kräne
Förderbänder	Kipplader
Kräne	Bagger
Trocknungsanlage	Dieselaggregate
Brennöfen	
Kipplader	
Gabelstapler	
Kompressor	

Die von /IFE 2015/ zur Verfügung gestellten Rückläufe der Stichprobenbefragung wurden aggregiert, ausgewertet und spezifische Jahresverbrauchswerte von Diesel, Benzin und Gemisch pro Beschäftigtem durch den Einsatz von mobilen Maschinen abgeleitet (vgl. Tab. 7.6). Maschinen(-kategorien), die mit Strom betrieben werden, wurden hier nicht weiter berücksichtigt, da diese vor Ort nicht emissionsrelevant sind. Ebenso wurde der Kraftstoffverbrauch in Fahrzeugen, die am Straßenverkehr teilnehmen (Pkw, Lieferwagen und Lkw) hier nicht berücksichtigt. Die höchsten spezifischen Verbrauchswerte ergaben sich für die Untergruppen Erdbewegungen, Abdämmung und Straßenbau.

Die ermittelten spezifischen Jahresverbrauchswerte streuen in einer Bandbreite von 0 (z.B. Gerüstbau) bis zu knapp 3.000 kg/Beschäftigtem (Erdbewegungen). Sie geben einen Hinweis auf die Größenordnung des Energieeinsatzes durch mobile Maschinen pro Untergruppe im Baugewerbe, sind aber vor dem Hintergrund der Stichprobengröße und der heterogenen Struktur der Betriebe im Baugewerbe mit einer entsprechenden Unsicherheit behaftet. Da keine geeigneteren Daten auf Baubetriebsebene zur Ermittlung des Energieverbrauchs für den hier favorisierten methodischen Ansatz vorliegen, wurden dieser Daten im Weiteren verwendet.

Tab. 7.6: Spezifische Jahresverbrauchswerte (ohne Strom) für mobile Maschinen pro Untergruppe im Baugewerbe abgeleitet aus den Ergebnissen der Stichprobenbefragung in Deutschland /IFE 2015/ in kg/Beschäftigtem

GHD-Nr.	Untergruppe Baugewerbe	Jahreskraftstoffverbrauch durch mobile Maschinen (ohne Strom)				
		im Betrieb	auf der Baustelle			Gesamt
			Diesel	Diesel	Benzin	
1+6	Hoch-, Tiefbau	55	112	-	-	167
2	Hoch-, Fertigbau	100	391	32	1,1	525
3	Fertigteile-Hochbau	5,4	-	-	-	5,4
4	Erdbewegungen	1.223	1.711	-	6,2	2.940
5	Straßenbau	23	955	0,2	-	978
7	Gerüstbau	-	-	-	-	-
8	Abdichtung	10	-	-	-	10
9	Abdämmung	-	738	296	-	1.034
10	Stuckateure	-	-	-	-	-
11	Zimmerer	5,5	-	0,2	1,7	7,4
12	Dachdecker	6,0	0,6	7,6	-	14
13	Sanitärinstallateure	-	-	-	-	-
14	Heizungsinstallateure	0,8	0,7	-	-	1,5
15	Elektroinstallateure	60	3,2	-	0,2	63
16	Maler	19	1,4	0,3	-	21
17	Glaser	-	-	-	-	-
18	Bautischler	13	-	-	-	13
19	Fußbodenleger	2,0	39	-	1,2	42

Es wurde eine Zuordnung der Untergruppen des Baugewerbes aus der Befragung zu den Sektoren aus der Statistik des Baugewerbes (vgl. Tab. 7.3) vorgenommen, so dass über die Anzahl der Beschäftigten der Kraftstoffverbrauch durch mobile Baumaschinen der Bauwirtschaft in Betrieben und auf Baustellen in Berlin berechnet werden konnte.

Abgasemissionsfaktoren

Es wurden die Abgas-Emissionsfaktoren der BAFU-Offroad-Datenbank /BAFU 2015a/ verwendet, die differenziert nach Maschinentypen und Motortypen für das Bezugsjahr 2010 abgefragt wurden. In der Datenbank liegen Emissionsfaktoren in 5-Jahresschritten vor, die jeweils eine typische Bestandszusammensetzung nach Alter bzw. Emissionsstufe berücksichtigen. Im Sinne einer konservativen Betrachtung wurden die Emissionsfaktoren 2010 für Berlin 2012 verwendet. Es liegen Emissionsfaktoren für die Schadstoffe NO_x , PM_{10} , CO , HC , CO_2 und Kraftstoffverbrauchsfaktoren vor. Bezüglich der PM -Emissionsfaktoren werden in der Datenbank Emissionsfaktoren sowohl ohne als auch mit Partikelfilter ausgewiesen. Für Berlin wurde angenommen, dass nur ein sehr geringer Anteil der dieselbetriebenen Baumaschinen 2012 bereits mit einem Partikelfilter ausgerüstet war (5 %).

Zur Berechnung von gewichteten Emissionsfaktoren pro Untergruppe des Baugewerbes wurden die aus den Befragungsergebnissen abgeleiteten Baumaschinen-Bestandsstrukturen berücksichtigt.

Übersicht Datengrundlagen und Methodik zur Berechnung der Abgasemissionen

Eine zusammenfassende Übersicht der Methode zur Ermittlung der Abgasemissionen durch Baumaschinen in Berlin zeigt Bild 7.1. Wesentlicher Ansatz war es, zunächst das Gesamtbauvolumen in Mrd. € für Berlin zu ermitteln, um daraus den Anteil der auswärtigen Unternehmen an der Bautätigkeit in Berlin abzuschätzen. Für die Berliner Unternehmen wurde die Anzahl der Beschäftigten im Bauhauptgewerbe und im Ausbaugewerbe in Berlin für 2012 den einschlägigen Statistiken entnommen. Für die auswärtigen Unternehmen wurden die in Berlin tätigen Beschäftigten über die entsprechenden Bauvolumenanteile und spezifischen Beschäftigtenumsätze für die relevanten Bausektoren des Bauhauptgewerbes ermittelt. Einen weiteren wesentlichen Aspekt bildete die Auswertung der Stichprobenbefragung von Betrieben im Baugewerbe in Deutschland /IFE 2015/, um daraus typische Kraftstoffverbrauchswerte für den Einsatz mobiler Maschinen pro Beschäftigtem für jede Untergruppe im Baugewerbe und typische Baumaschinen-Bestandsstrukturen abzuleiten. Charakteristische verbrauchsbezogene Emissionsfaktoren wurden dann unter Berücksichtigung dieser Bestandsstrukturen mit Hilfe der differenziert vorliegenden Verbrauchs- und Emissionsfaktoren der aktuellen BAFU-Offroad-Datenbank ermittelt. Somit liegen alle relevanten Eingangsdaten zur Ermittlung der Emissionen 2012 vor. Die Ergebnisse werden in Kap. 7.3 erläutert.

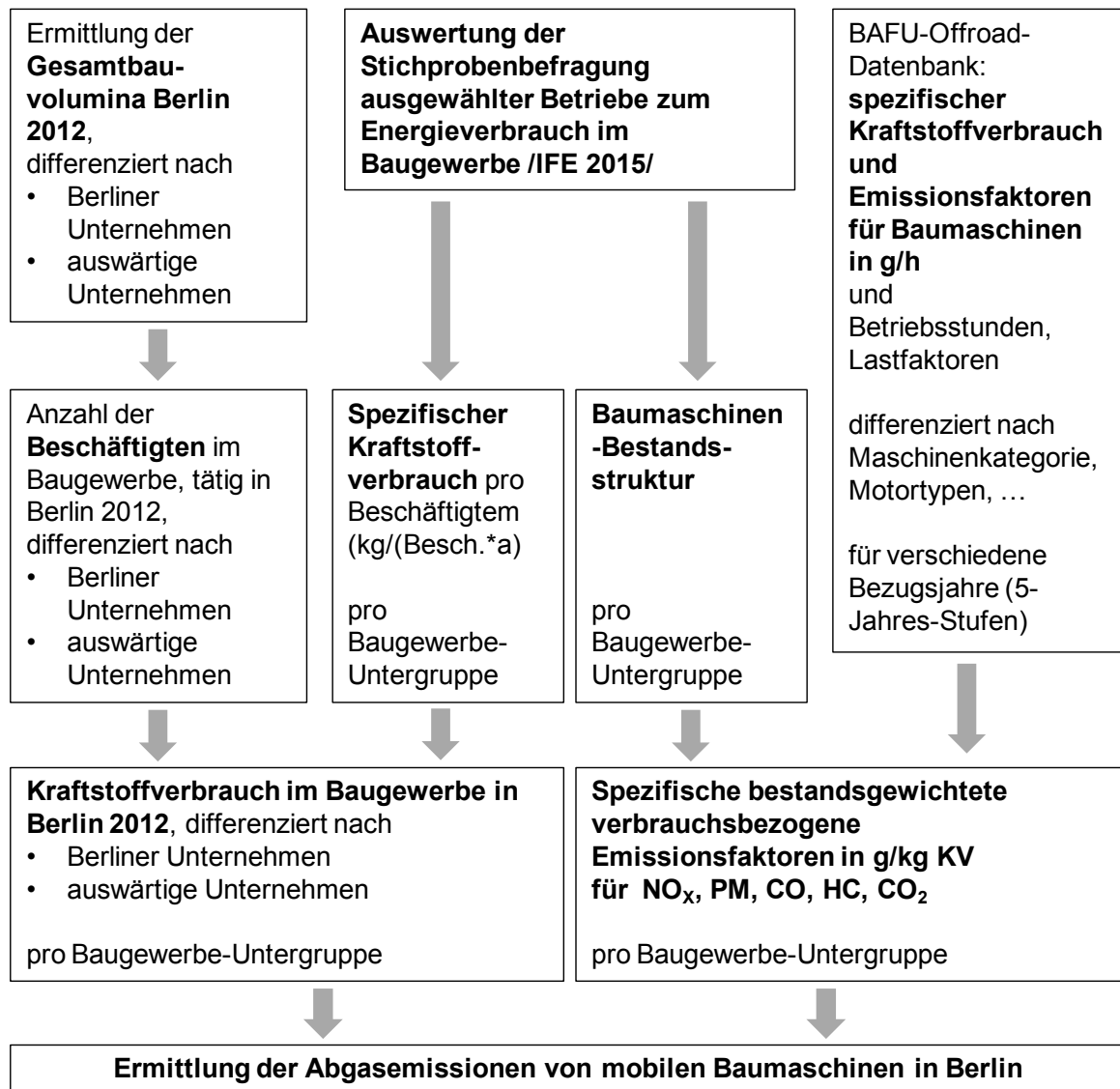


Bild 7.1: Übersicht Methodik zur Ermittlung der Abgasemissionen in der Bauwirtschaft in Berlin 2012

Datengrundlagen zur Ermittlung der Emissionen durch Aufwirbelung und Abrieb

Zur Ermittlung der Emissionen durch Aufwirbelung und Abrieb werden Emissionsfaktoren verwendet, die bezogen auf die betroffene Baufläche und Baudauer vorliegen (vgl. Tab. 7.1). Die benötigten Daten zur betroffenen Baufläche wurden für Berlin wie folgt ermittelt:

- Die im Jahr 2012 erteilten Baugenehmigungen zur Errichtung neuer Wohn- und Nichtwohngebäuden und die Anzahl der Baufertigstellungen neuer Gebäude in 2012 wurden dem Statistischen Jahrbuch Berlin 2013 /STJB 2013/ entnommen. Der Mittelwert dieser zwei Größen wurde als Anzahl der Baustellen von Neubauten in 2012 angesetzt. Die Daten wurden differenziert nach den Kategorien 1-Familienhaus, 2-Familienhaus, Wohnhäuser mit 3 und mehr Wohnungen und Nichtwohngebäuden verwendet.

- Zur Ableitung typischer Bauflächen pro Baustelle wurden zusätzlich die Daten aus /STJB 2013/ zu den Wohn- bzw. Nutzflächen der Gebäude herangezogen, um pro Kategorie in Anlehnung an /LOHMEYER 2010, IFEU 2010/ die betroffene Baufläche abzuschätzen, wie in Kap.7.1 beschrieben.
- Bezüglich der typischen Baudauer wurden die Daten aus /LOHMEYER 2010/ angesetzt; dies sind 15 Monate für 1-Familienhäuser, 18 Monate für 2-Familienhäuser, 21 Monate für Mehrfamilienhäuser und 15 Monate für Nichtwohngebäude. In Anlehnung an /IFEU 2010/ wurde die gesamte Bauzeit im Jahr der Fertigstellung berücksichtigt.
- Es wurde angenommen, dass in Berlin 2012 keine Straßenneubauten durchgeführt wurden.

Auf Basis dieser Daten und Annahmen konnten die Emissionen durch Aufwirbelung und Abrieb auf Baustellen in Berlin 2012 abgeschätzt werden. Die Ergebnisse werden in Kap.7.3 erläutert.

Tab. 7.7: Baugenehmigungen zur Errichtung neuer Wohn- und Nichtwohngebäude und Baufertigstellungen neuer Gebäude in Berlin 2012 /STJB 2013/

Gebäudeart	Baugenehmigungen für Neubauten 2012	Wohn-/Nutzfläche* der Baugenehmigungen	Baufertigstellungen neuer Gebäude 2012	Wohn-/Nutzfläche* der Baufertigstellungen
1-Familienhaus	1.727	242	1.830	252
2-Familienhaus	63	14	78	78
3+ Wohngebäude	349	513	157	215
Nichtwohngebäude	250	594	204	427
insgesamt	2.389	1.362	2.269	971

* für Wohngebäude Wohnfläche, für Nichtwohngebäude Nutzfläche

Datengrundlagen zur Ermittlung der Emissionen durch Abbrucharbeiten

Zur Abschätzung der zusätzlichen PM₁₀-Emissionen durch Abrissarbeiten wird der Emissionsfaktor aus /LOHMEYER 2015/ herangezogen (0,129 kg/t abzubrechendem Material). Als weitere Eingangsdaten werden Angaben zu den im Jahr 2012 abgerissenen Bauwerken benötigt.

In der Abfallbilanz von Berlin wird das Bauabfall-Gesamtaufkommen 2012 differenziert nach Abfallarten ausgewiesen (vgl. Tab. 7.8). Für die als stark staubend eingestufteten Abfallarten (Beton, Ziegel, Fliesen, Keramik etc., gemischte Bau- und Abbruchabfälle und Beton aus-Straßenbau) wurden PM₁₀-Emissionen durch die Abbruchtätigkeit ermittelt. Die Ergebnisse sind in Kap.7.3 aufgeführt.

Tab. 7.8: Bauabfall-Gesamtaufkommen Berlin 2012 /ABB 2012/

Bauabfallart	Aufkommen 2012 in t	berücksichtigt als stark staubend
Boden und Steine	2.398.000	
Beton, Ziegel, Fliesen, Keramik etc.	1.846.000	1.846.000
gemischte Bau- und Abbruchabfälle	400.000	400.000
Beton aus Straßenbau	450.000	450.000
Bitumengemischce aus Straßenbau	79.000	
Baggergut	10.594	
Holz	36.000	
sonstige Bauabfälle	1.750	
Summe	5.221.000	2.696.000

Emissionsfaktoren für weitere Luftschadstoffe

Die Emissionen der Luftschadstoffe der übrigen hier betrachteten Schadstoffe, für die in der Offroad-Datenbank des BAFU keine Emissionsfaktoren vorliegen, wurden unter Berücksichtigung geeigneter Anteilswerte aus den vorliegenden Verbrauchsfaktoren bzw. HC-Emissionsfaktoren abgeleitet. Entsprechende Daten wurden aus Angaben zu Emissionsfaktoren für den Offroad-Sektor in /UBA 2015b, EEA 2013, HBEFA 2014/ abgeleitet.

7.3 Emissionen 2012

Der Kraftstoffverbrauch und die Emissionen, verursacht durch die Bautätigkeiten in Berlin, wurden auf der Basis der beschriebenen Datengrundlagen ermittelt.

Die Emissionsberechnung erfolgte für Berlin gesamt, da die meisten der benötigten Eingangsdaten nicht kleinräumiger zur Verfügung stehen. Zur räumlichen Verteilung auf die Stadtbezirke wurden Daten zur den Baufertigstellungen 2012 /STJB 2013/ (veranschlagte Kosten der Bauwerke, Wohn- und Nichtwohnbauten, einschließlich Baumaßnahmen an bestehenden Gebäuden) verwendet. Diese wurden zur Verteilung aller Emissionen, auch der durch Abbruchtätigkeiten, auf die Stadtbezirke verwendet, da keine anderen geeigneteren Kenngrößen zur Verfügung stehen.

Die Verteilung des Kraftstoffverbrauchs auf das Bauhauptgewerbe und das Ausbaugewerbe zeigt Tab. 7.9, unterschieden nach dem Verbrauch von Diesel, Benzin und Gemisch. Insgesamt wurde ein Kraftstoffverbrauch von 44,3 kt/a ermittelt, davon entfällt der größte Anteil mit 94 % auf das Bauhauptgewerbe.

Tab. 7.9: Kraftstoffverbrauch durch Bautätigkeiten ion Berlin 2012

	Diesel	Benzin	Gemisch	Gesamt
	Verbrauch in kg/a			
Bauhauptgewerbe				
Bau von Gebäuden	2.961.828	196.805	6.442	3.165.075
Bau von Straßen und Bahnen	18.923.898	4.471	0	18.928.369
sonstiger Tiefbau, Erdbewegungen	19.547.303	0	62.712	19.610.015
Dachdeckerei, Zimmerei, sonstige	12.911	5.017	2.055	19.984
Bauhauptgewerbe gesamt	41.445.939	206.293	71.209	41.723.442
Ausbaugewerbe	1.878.887	658.370	847	2.538.104
Gesamt	43.324.827	864.663	72.057	44.261.547

	Diesel	Benzin	Gemisch	Gesamt
	Verbrauch in kg/a			
Bauhauptgewerbe				
Bau von Gebäuden	93,6%	6,2%	0,2%	100%
Bau von Straßen und Bahnen	100,0%	0,0%	0,0%	100%
sonstiger Tiefbau, Erdbewegungen	99,7%	0,0%	0,3%	100%
Dachdeckerei, Zimmerei, sonstige	64,6%	25,1%	10,3%	100%
Bauhauptgewerbe gesamt	99,3%	0,5%	0,2%	100%
Ausbaugewerbe	74,0%	25,9%	0,0%	100%
Gesamt	97,9%	2,0%	0,2%	100%

In Tab. 7.10 bis Tab. 7.12 sind die Emissionen differenziert nach Stadtbezirken und Herkunftsbereichen aufgeführt. Die größten Beiträge zu den Emissionen der meisten Schadstoffe wurden für das Bauhauptgewerbe ermittelt (z.B. 96 % für NO_x). Der größte Beitrag des Ausbaugewerbes zeigt sich mit 47 % bei den CO-Emissionen, die Ursache hierfür liegt bei dem höheren Verbrauch von Benzin.

Die räumliche Verteilung der NO_x und PM10(gesamt)-Emissionen zeigen die nachfolgenden Bilder. Die höchsten Emissionsdichten sind, bedingt durch den gewählten Verteilparameter „veranschlagte Kosten der Bauwerke“, in den Stadtbezirken Mitte, Friedrichshain-Kreuzberg und Charlottenburg-Wilmersdorf zu verzeichnen.

Tab. 7.10: Emissionen durch Bautätigkeiten in Berlin 2012, differenziert nach Stadtbezirken und Herkunftsbereichen (Treibhausgase)

Nr.	Stadtbezirk	Treibhausgase		
		Kohlenstoffdioxid in kg/a	Methan in kg/a	Distickstoffmonoxid in kg/a
01	Mitte	36.275.300	1.019	1.536
02	Friedrichshain-Kreuzberg	4.905.669	138	208
03	Pankow	19.710.929	554	835
04	Charlottenburg-Wilmersdorf	19.619.541	551	831
05	Spandau	8.256.859	232	350
06	Steglitz-Zehlendorf	7.774.408	218	329
07	Tempelhof-Schöneberg	5.477.566	154	232
08	Neukölln	3.987.618	112	169
09	Treptow-Köpenick	15.569.332	437	659
10	Marzahn-Hellersdorf	7.573.282	213	321
11	Lichtenberg	6.518.262	183	276
12	Reinickendorf	3.750.608	105	159
	Berlin	139.419.375	3.916	5.904

Nr.	Herkunftsbereich	Treibhausgase		
		Kohlenstoffdioxid in kg/a	Methan in kg/a	Distickstoffmonoxid in kg/a
01	Bauhauptgewerbe	131.430.242	2.163	5.612
02	Ausbaugewerbe	7.989.133	1.753	293
03	Aufwirbelung/Abrieb Baumaschinen	0	0	0
04	Abrissarbeiten	0	0	0
	Berlin	139.419.375	3.916	5.904

Tab. 7.11: Emissionen durch Bautätigkeiten in Berlin 2012, differenziert nach Stadtbezirken und Herkunftsbereichen (SO₂, NO_x, PCDD/F)

Nr.	Stadtbezirk	Versauernde und eutrophierende Stoffe		Persistente organische Verbindungen
		Schwefeldioxid in kg/a	Stickstoffoxide in kg/a	PCDD/F in kg/a
01	Mitte	184	285.454	0,000001311
02	Friedrichshain-Kreuzberg	25	38.603	0,000000177
03	Pankow	100	155.107	0,000000713
04	Charlottenburg-Wilmersdorf	100	154.388	0,000000709
05	Spandau	42	64.974	0,000000298
06	Steglitz-Zehlendorf	39	61.178	0,000000281
07	Tempelhof-Schöneberg	28	43.104	0,000000198
08	Neukölln	20	31.379	0,000000144
09	Treptow-Köpenick	79	122.517	0,000000563
10	Marzahn-Hellersdorf	38	59.595	0,000000274
11	Lichtenberg	33	51.293	0,000000236
12	Reinickendorf	19	29.514	0,000000136
	Berlin	708	1.097.105	0,000005040

Nr.	Herkunftsbereich	Versauernde und eutrophierende Stoffe		Persistente organische Verbindungen
		Schwefeldioxid in kg/a	Stickstoffoxide in kg/a	PCDD/F in kg/a
01	Bauhauptgewerbe	668	1.050.384	0,000002520
02	Ausbaugewerbe	41	46.720	0,000002520
03	Aufwirbelung/Abrieb Baumaschinen	0	0	0,000000000
04	Abrissarbeiten	0	0	0,000000000
	Berlin	708	1.097.105	0,000005040

Tab. 7.12: Emissionen durch Bautätigkeiten in Berlin 2012 (NMVOC, CO, PM10, PM2.5 (nur Abgas))

Nr.	Stadtbezirk	Ozonvorläufersubstanzen		Staub	
		NMVOC in kg/a	Kohlenmonoxid in kg/a	Feinstaub PM10 in kg/a	Feinstaub PM2,5 (Abgas) in kg/a
01	Mitte	38.768	362.502	199.426	25.292
02	Friedrichshain-Kreuzberg	5.243	49.023	26.969	3.420
03	Pankow	21.065	196.973	108.362	13.743
04	Charlottenburg-Wilmersdorf	20.968	196.060	107.860	13.679
05	Spandau	8.824	82.512	45.393	5.757
06	Steglitz-Zehlendorf	8.309	77.690	42.740	5.420
07	Tempelhof-Schöneberg	5.854	54.738	30.113	3.819
08	Neukölln	4.262	39.849	21.922	2.780
09	Treptow-Köpenick	16.639	155.586	85.594	10.855
10	Marzahn-Hellersdorf	8.094	75.680	41.635	5.280
11	Lichtenberg	6.966	65.138	35.835	4.545
12	Reinickendorf	4.008	37.480	20.619	2.615
	Berlin	148.999	1.393.231	766.468	97.206

Nr.	Herkunftsbereich	Ozonvorläufersubstanzen		Staub	
		NMVOC in kg/a	Kohlenmonoxid in kg/a	Feinstaub PM10 in kg/a	Feinstaub PM2,5 (Abgas) in kg/a
01	Bauhauptgewerbe	126.289	731.134	94.042	94.042
02	Ausbaugewerbe	22.710	662.096	3.164	3.164
03	Aufwirbelung/Abrieb Baumaschinen	0	0	321.478	0
04	Abrissarbeiten	0	0	347.784	0
	Berlin	148.999	1.393.231	766.468	97.206

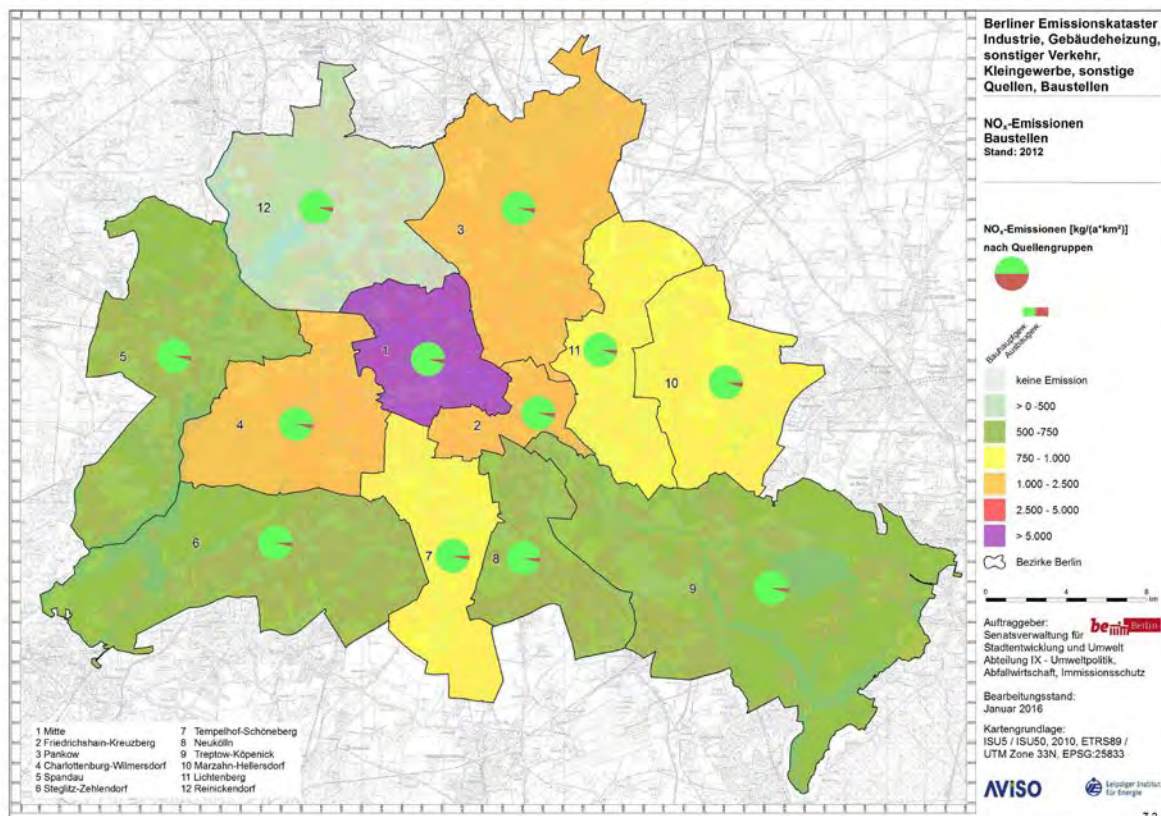


Bild 7.2: NO_x-Emissionen durch Bautätigkeiten Berlin 2012

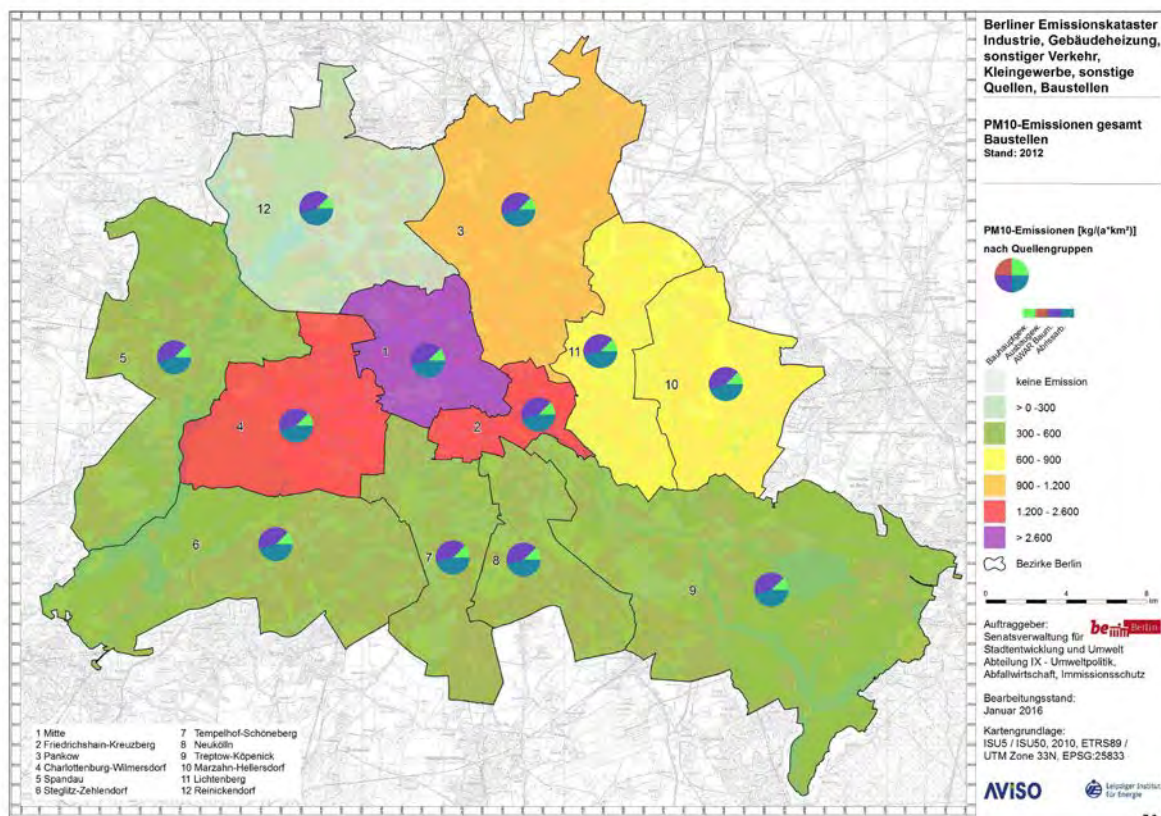


Bild 7.3: PM10-Emissionen durch Bautätigkeiten Berlin 2012

7.4 Bewertung der Unsicherheiten

Die Unsicherheiten für die berechneten Emissionen aus den Bautätigkeiten in Berlin ergeben sich aus den Unsicherheiten der Emissionsfaktoren und den Aktivitätsdaten.

Die Berechnung der Abgasemissionen beruht bezüglich der Emissionsfaktoren auf einer deutlich besseren Datenbasis als die der Emissionen durch Aufwirbelung/Abrieb und Abriss. Gemäß des Einstufungsschemas für Gütestufen (vgl. Tab. 2.2) entspricht dies für die Abgasemissionsfaktoren der Gütestufe C-D, für die anderen Emissionsfaktoren der Gütestufe E.

Die spezifischen Kraftstoffverbrauchsfaktoren, die bei der Berechnung der Abgasemissionen mit eingehen, beruhen auf Auswertungen einer Stichprobenbefragung von Betrieben im Baugewerbe in Deutschland und sind mit der Gütestufe C-D zu bewerten.

Die verwendeten Aktivitätsdaten Umsatz und Beschäftigte im Baugewerbe liegen für die Berliner Unternehmen vor, dagegen mussten die entsprechenden Werte für die auswärtigen Unternehmen abgeschätzt werden. Dies entspricht der Gütestufe B-C. Die zur Ermittlung der Emissionen durch Aufwirbelung und Abrieb und Abriss verwendeten Aktivitätsdaten Anzahl der Baugenehmigungen/-fertigstellungen und Bauabfallaufkommen liegen für Berlin gesamt vor und werden mit der Gütestufe B bewertet.

Die verwendeten Aktivitätsdaten sind als Hilfsgrößen zu verstehen. Die eigentlichen Aktivitätsdaten sind die Betriebsstunden der eingesetzten Baumaschinen auf den Baustellen, die nicht zur Verfügung stehen.

Daraus ergibt sich, dass die Unsicherheit der ermittelten Emissionen aus den Bautätigkeiten in Berlin insgesamt nur mit der Gütestufe D-E zu bewerten ist.

8 Biogene Quellen

Luftschadstoff-Emissionen aus biogenen Systemen entstehen sowohl aus anthropogen beeinflussten Quellen (Tierhaltung, Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Flächen) als auch aus natürlichen Quellen (Vegetation, Böden, Gewässer).

Für die Emissionen aus biogenen Quellen sind folgende Herkunftsbereiche relevant:

- **Tierhaltung** (NFR 4.A und 4.B)
Fermentation (verdauungsbedingte Emissionen), Emissionen aus der Vergärung von Gülle, aus Lagerung und Ausbringung von Wirtschaftsdünger sowie aus Stallhaltung
- **Landwirtschaftliche Flächen** (NFR 4.D)
Emissionen aus der Düngung, aus der Umsetzung von Ernterückständen, aus der Weidehaltung sowie aus der Mineralisierung von Moorböden
- **Wälder** (NFR 5.A)
Veränderung der Kohlenstoffspeicher, Freisetzung von Emissionen aus Streu, Totholz, Waldbrand sowie Kalkung, Emissionen natürlichen Ursprungs (Terpene, Isoprene)
- **LULUC (Landnutzungsänderung)** (NFR 5B-E)
Auf- und Abbau von Kohlenstoffspeichern durch Landnutzung

8.1 Tierhaltung

Im Bereich der Tierhaltung (NFR 4.A und 4.B) entstehen durch der Düngewirtschaft Emissionen von Methan (CH_4), Distickstoffmonoxid (N_2O), Stickoxid (NO_x), Ammoniak (NH_3) sowie Staub (PM_{10} und $\text{PM}_{2,5}$) und durch die tierische Verdauung von CH_4 . Es werden die Emissionen für die Tierkategorien Rinder, Schafe, Ziegen, Einhufer (Pferde, Esel), Schweine und Geflügel ausgewiesen.

Methodik und Datengrundlagen

Die Ermittlung der Emissionen für Berlin basiert auf Berechnungen des Thünen Instituts (TI) mit dem Inventarmodell GAS-EM /THÜNEN 2014/. Die Berechnungsmethoden im Bereich der Tierhaltung sind sehr detailliert. Im Modell werden u. a. Angaben zu Futteraufnahme, Futterkennwerten, Aktivitätsdaten (Tiergewicht, Zuwachsraten, Schlachalter etc.), Haltungssystemen sowie Weidedauer berücksichtigt.

Die Berechnungen des TI erfolgen gemeinsam für die Stadtstaaten Berlin, Bremen und Hamburg. Neben den absoluten Emissionen sind auch spezifische Emissionsfaktoren der einzelnen Luftschadstoffe je Tierkategorie für die Stadtstaaten angegeben /THÜNEN 2014/. Für das Emissionskataster Berlin wurden die Emissionen über die Daten zum Tierbestand und die spezifischen Emissionsfaktoren ermittelt.

Das Amt für Statistik Berlin-Brandenburg erfasst im Rahmen der Agrarstrukturerhebung die Tierzahlen Berlins /BBB 2014/. Es ist zu beachten, dass nur landwirtschaftliche Betriebe ab einer bestimmten Mindestgröße befragt werden, so dass die tatsächlichen Tierzahlen höher liegen können. Eine Ausnahme bildet der Rinderbestand, der vollständig in einer zentralen Datenbank erfasst wird. Die Erhebung der Tierzahlen erfolgt nach dem Ort des Betriebssitzes (wichtigstes Wirtschaftsgebäude). Der Standort der Tierhaltung kann davon abweichend sein, auch über die Bundeslandgrenze hinaus. Die Anzahl der Tiere ist in Berlin vergleichsweise gering, so dass die daraus resultierenden Emissionen nicht nach Stadtbezirken aufgeteilt, sondern für Berlin gesamt dargestellt werden.

Emissionen aus der Tierhaltung

Im Jahr 2012 wurden aus der Tierhaltung ca. 73 t Methan (CH₄) emittiert, davon fast 80 % durch die Rinderhaltung (Tab. 8.1). Etwa 87 % der CH₄-Emissionen aus der Tierhaltung waren auf die Verdauung zurückzuführen, 13 % entstanden beim Wirtschaftsdüngermanagement.

Darüber hinaus wurden durch die Düngewirtschaft im Jahr 2012 etwa 0,9 t Distickstoffmonoxid (N₂O) freigesetzt. Die bei der Ausbringung von Gülle entstehenden bodenbürtigen N₂O-Emissionen werden in Zusammenhang mit der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern im Bereich Boden berechnet. Mit etwa 61 % wurde der größte Teil der N₂O-Emissionen durch Einhufer (v. a. Pferde) emittiert, weitere 34 % durch die Rinderhaltung (Tab. 8.1).

Unter Berücksichtigung der GWP-Potenziale ergeben sich aus der Tierhaltung für das Jahr 2012 ca. 1.820 t CO_{2äq}-Emissionen (Tab. 8.1). Diese wurden hauptsächlich durch die Rinderhaltung (72 %) und Einhufer (22 %) verursacht. An den gesamten CO_{2äq}-Emissionen hatte CH₄ einen Anteil von etwa 85 % (Verdauung: 74 %, Wirtschaftsdünger: 11 %) und N₂O einen Anteil von 15 %.

Tab. 8.1: Treibhausgas-Emissionen aus der Tierhaltung in Berlin 2012 /Thünen 2014/, /BBB 2014/

Nr.	Tierarten	CO ₂ -Äquivalent in t/a	Kohlendioxid in t/a	Methan in t/a	Distickstoffoxid in t/a
1	Rinder	1.314	0	58,0	0,31
2	Schafe	84	0	3,6	0,02
3	Ziegen	9	0	0,3	0,01
4	Einhufer	409	0	11,3	0,56
5	Schw eine	7	0	0,3	0,00
6	Geflügel	1	0	0,0	0,00
	Berlin	1.824	0	73,5	0,91

Durch die Lagerung und Ausbringung von Wirtschaftsdünger werden Stickstoffoxide (NO_x) und Ammoniak (NH₃) freigesetzt. Diese Luftschadstoffe belasten die Ökosysteme, indem sie auf Böden und in Gewässern sowohl versauernd als auch eutrophierend wirken.

Im Jahr 2012 wurden durch die Tierhaltung 0,2 t Stickstoffoxide (NO_x) emittiert. Etwa 61 % der NO_x-Emissionen entstanden durch die Haltung von Einhufern, weitere 34 % bei der Rinderhaltung (Tab. 8.2).

Die Ammoniak-Emissionen (NH₃) stammen im Wesentlichen aus der Lagerung und Ausbringung von Gülle, Jauche oder Festmist. Im Jahr 2012 wurden ca. 27,2 t NH₃ emittiert, wobei die größten Mengen durch die Haltung von Rindern (54 %) und Einhufern (41 %) verursacht wurden (Tab. 8.2).

Tab. 8.2: Emissionen versauernder und eutrophierender Stoffe aus der Tierhaltung in Berlin 2012 /Thünen 2014/, /BBB 2014/

Nr.	Tierarten	Versauernde und eutrophierende Stoffe	
		Stickstoffoxide in kg/a	Ammoniak in kg/a
1	Rinder	65,4	14.825
2	Schafe	5,1	464
3	Ziegen	1,9	172
4	Einhufer	116,6	11.238
5	Schweine	0,9	300
6	Geflügel	0,1	179
	Berlin	189,9	27.178

Aus der Tierhaltung wurden im Jahr 2012 außerdem ca. 0,33 t PM10-Feinstaub emittiert (durch die Stallhaltung, Emissionen während des Weidegangs sind hier nicht berücksichtigt). Davon entfallen 65 % auf die Rinderhaltung. Außerdem wurden aus der Tierhaltung im Jahr 2012 etwa 0,20 t PM2,5 (69 % aus der Rinderhaltung) freigesetzt (Tab. 8.3).

Tab. 8.3: Feinstaub-Emissionen aus der Tierhaltung in Berlin 2012 /THÜNEN 2014/, /BBB 2014/

Nr.	Tierarten	Feinstaub	
		Feinstaub PM10 in kg/a	Feinstaub PM2,5 in kg/a
1	Rinder	211	137
2	Schafe	0	0
3	Ziegen	0	0
4	Einhufer	83	55
5	Schweine	20	3
6	Geflügel	13	2
	Berlin	327	198

8.2 Landwirtschaftliche Flächen

Zu den landwirtschaftlichen Nutzflächen zählen Ackerland, Grünland, Dauerkulturen und Gartenland. Durch die Anwendung von Düngemitteln (Mineral- und Wirtschaftsdünger) und Bewirtschaftung werden Distickstoffmonoxid (N_2O) bzw. Stickoxid (NO_x), Ammoniak (NH_3) sowie Staub (PM_{10} und $PM_{2,5}$) freigesetzt. Auch ohne absichtliche Stickstoff-Düngung entstehen Stickstoff-Emissionen, beispielsweise durch tierische Ausscheidungen auf der Weide, Ernterückstände sowie indirekt aus der Deposition von reaktivem und ausgewaschenem Stickstoff.

Methodik und Datengrundlagen

Die Emissionen aus der Nutzung landwirtschaftlicher Böden werden regelmäßig durch das Thünen-Institut (TI) ermittelt /THÜNEN 2014/. Die Berechnungen ergänzen den nationalen Inventarbericht zum deutschen Treibhausgasinventar /UBA 2014b/. Die Methoden sind im Vergleich zur Tierhaltung einfach. Als Aktivitätsgrößen werden die genutzten Flächen sowie die Anwendung von Düngemitteln (bspw. verkaufte Mineraldüngermenge) berücksichtigt.

Für Berlin wurden die Emissionen aus der landwirtschaftlichen Bodennutzung je Stadtbezirk aus den genutzten Flächen und den für Berlin angegebenen Emissionsfaktoren ermittelt /THÜNEN 2014/. Angaben zur Bodennutzung auf Ebene der Stadtbezirke stehen durch das Amt für Statistik Berlin-Brandenburg zur Verfügung /BBB 2013b/. Notwendige Aktivitätsdaten, wie bspw. Düngemittelmengen, sind in /THÜNEN 2014/ für die Stadtstaaten Berlin, Hamburg und Bremen in Summe enthalten und werden für Berlin anteilig der landwirtschaftlichen Bodennutzung (13,6 %) berechnet.

Emissionen aus landwirtschaftlichen Flächen

Distickstoffmonoxid (N_2O) entsteht durch mikrobielle Umsetzungen (Nitrifikation und Denitrifikation) von Stickstoff-Verbindungen, die in den Boden eingetragen werden. Direkte N_2O -Emissionen werden als Folge von Wirtschaftsdünger und durch Ernterückstände, indirekte N_2O -Emissionen als Folge von Deposition reaktiven Stickstoffs sowie Auswaschung und Oberflächenfluss freigesetzt.

In Berlin wurden im Jahr 2012 durch die Nutzung landwirtschaftlicher Flächen ca. 132 t N_2O emittiert, davon etwa 54 % durch die Anwendung synthetischer Mineraldünger und ein Drittel indirekt durch Auswaschung und Oberflächenabfluss als Folge der Düngung.

Die Emissionen wurden über den Anteil an landwirtschaftlich genutzter Fläche auf die Stadtbezirke verteilt. Entsprechend des größten Anteils landwirtschaftlich genutzter Flächen in Berlin wurden in den Stadtbezirken Pankow (42 %), Spandau (22 %) und Lichtenberg (16 %) die meisten absoluten N_2O -Emissionen freigesetzt.

Zusätzlich wurden pro Stadtbezirk die N_2O -Emissionen differenziert nach den folgenden Herkunftsbereichen ausgewiesen:

- Ausbringung von Klärschlämmen, 4D1_2

- Synthetischer N-Dünger (Mineraldünger), 4D1_3
- Bewirtschaftung org. Böden, 4D1_4
- Wirtschaftsdünger (org. Dünger), 4D1_5
- Indirekte N₂O-Emissionen aus ausgewaschenem und abgeflossenem Stickstoff, 4D1_6
- Indirekte N₂O-Emissionen aus Deposition von reaktivem Stickstoff, 4D1_7
- Ernterückstände, 4D1_8
- Biologische N-Fixierung aus dem Leguminosenanbau, 4D1_9
- Tierische Ausscheidungen auf der Weide, 4D1_10

Unter Berücksichtigung des GWP-Potenzials für Distickstoffmonoxid ergeben sich aus der Nutzung landwirtschaftlicher Böden ca. 0,04 Mio. t CO_{2äq}-Emissionen.

Durch die Nutzung landwirtschaftlicher Flächen werden auch Stickstoffoxide (NO_x) und Ammoniak (NH₃) freigesetzt. Diese Luftschadstoffe wirken in Böden und Gewässern sowohl versauernd als auch eutrophierend und belasten damit die Ökosysteme. Im Jahr 2012 wurden durch die Bodennutzung etwa 160 t Stickstoffoxide (NO_x), ausgewiesen als Stickstoffdioxid (NO₂), emittiert. Fast die gesamten NO_x-Emissionen wurden durch die Ausbringung von Dünger verursacht, 96 % aus Mineraldünger und etwa 3 % aus Wirtschaftsdünger. Weitere 1 % entstanden aus tierischen Ausscheidungen beim Weidegang.

Da eine gleichmäßige Verteilung der Düngemittel auf die landwirtschaftlich genutzten Flächen unterstellt wird, entfallen die meisten NO_x-Emissionen (absolute Mengen) auf die drei Stadtbezirke mit der größten Bodennutzungsfläche – Pankow, Spandau und Lichtenberg (Tab. 8.5 und Bild 8.5).

Etwa 92 % der Ammoniak-Emissionen (NH₃) aus der Landwirtschaft wurden durch die Nutzung landwirtschaftlicher Flächen freigesetzt; 8 % kommen aus der Tierhaltung (Bild 8.6). In Berlin wurden im Jahr 2012 aus Landwirtschaftsflächen ca. 300 t NH₃ emittiert. Die Emissionen entstanden fast ausschließlich (99 %) durch die Anwendung von Mineraldüngern. Vergleichsweise geringe Mengen NH₃ resultieren aus dem Weidegang bzw. durch die biologische Stickstoff-Fixierung bei Leguminosen.

Es wird angenommen, dass sich die Düngemittelanwendung gleichmäßig auf die landwirtschaftlich genutzten Flächen verteilt. Die höchsten absoluten NH₃-Emissionen finden sich daher in den Stadtbezirken Pankow, Spandau und Lichtenberg, keine in Berlin-Mitte und Friedrichshain-Kreuzberg (Tab. 8.5). Die Verteilung der auf die gesamte Stadtbezirksfläche bezogenen NH₃-Emissionen ist entsprechend (Bild 8.6).

Bei der Bewirtschaftung von Ackerland werden Stäube freigesetzt. Die Menge und die Korngrößenverteilung hängen vom Arbeitsvorgang, der Feldfrucht, dem Boden und dem Wetter ab /THÜNEN 2014/. Aus der Bewirtschaftung von Ackerland, Gartenland und Obstanbau wurden im Jahr 2012 ca. 4 t PM₁₀-Feinstaub und ca. 0,16 t PM_{2,5}-Feinstaub emittiert.

Die höchsten Feinstaub-Emissionen fielen in Pankow, Lichtenberg und Spandau an; in den Stadtbezirken mit den größten Flächen an Ackerland, Gartenland und Obstanbau. Keine

Feinstaub-Emissionen aus der Bewirtschaftung von Ackerland treten dagegen aufgrund fehlender Flächen in Berlin-Mitte und Friedrichshain-Kreuzberg auf. Diese Verteilung spiegelt sich auch in den auf die Stadtbezirksfläche bezogenen Feinstaub-Emissionen wider (Bild 8.7).

Tab. 8.4: Treibhausgas-Emissionen aus der Nutzung landwirtschaftlicher Flächen nach Stadtbezirken und Herkunftsbereichen 2012; /Thünen 2014/, /BBB 2013 b/

Nr.	Stadtbezirk	CO ₂ -Äquivalent in t/a	Distickstoffoxid in t/a
01	Mitte	0	0
02	Friedrichshain-Kreuzberg	0	0
03	Pankow	17.315	56
04	Charlottenburg-Wilmersdorf	96	0
05	Spandau	9.048	29
06	Steglitz-Zehlendorf	318	1
07	Tempelhof-Schöneberg	687	2
08	Neukölln	1.038	3
09	Treptow-Köpenick	1.474	5
10	Marzahn-Hellersdorf	845	3
11	Lichtenberg	6.543	21
12	Reinickendorf	3.531	11
	Berlin	40.883	132

Nr.	Herkunftsbereich	CO ₂ -Äquivalent in t/a	Distickstoffmonoxid in t/a
01	Staubemissionen aus der Bewirtschaftung von Ackerland	0	0
02	Ausbringung von Klärschlämmen	828	3
03	Synthetischer N-Dünger (Mineraldünger)	21.977	71
04	Bewirtschaftete organische Böden	1.863	6
05	Wirtschaftsdünger (organischer Dünger)	662	2
06	Indirekte N ₂ O-Emissionen aus ausgewaschenem und abgeflossenem Stickstoff	13.010	42
07	Indirekte N ₂ O-Emissionen aus Deposition von reaktivem Stickstoff	1.696	5
08	Ernterückstände	651	2
09	Biologische N-Fixierung aus dem Leguminosenanbau	17	0
10	Tierische Ausscheidungen auf der Weide	180	1
	Berlin	40.883	132

Tab. 8.5: Emissionen versauernder und eutrophierender Stoffe aus der Nutzung landwirtschaftlicher Flächen nach Stadtbezirken und Herkunftsbereichen 2012 /Thünen 2014/, /BBB 2013 b/

Nr.	Stadtbezirk	Stickstoffoxide in kg/a	Ammoniak in kg/a
01	Mitte	0	0
02	Friedrichshain-Kreuzberg	0	0
03	Pankow	67.637	126.780
04	Charlottenburg-Wilmersdorf	377	705
05	Spandau	35.239	66.293
06	Steglitz-Zehlendorf	1.235	2.330
07	Tempelhof-Schöneberg	2.686	5.031
08	Neukölln	4.054	7.596
09	Treptow-Köpenick	5.755	10.787
10	Marzahn-Hellersdorf	3.301	6.187
11	Lichtenberg	25.560	47.903
12	Reinickendorf	13.764	25.862
	Berlin	159.561	299.387

Nr.	Herkunftsbereich	Stickstoffoxide in kg/a	Ammoniak in kg/a
01	Staubemissionen aus der Bewirtschaftung von Ackerland	0	0
02	Ausbringung von Klärschlämmen	0	0
03	Synthetischer N-Dünger (Mineraldünger)	153.817	297.859
04	Bewirtschaftete organische Böden	0	0
05	Wirtschaftsdünger (organischer Dünger)	5.319	0
06	Indirekte N ₂ O-Emissionen aus ausgewaschenem und abgeflossenem Stickstoff	0	0
07	Indirekte N ₂ O-Emissionen aus Deposition von reaktivem Stickstoff	0	0
08	Ernterückstände	0	0
09	Biologische N-Fixierung aus dem Leguminosenanbau	0	33
10	Tierische Ausscheidungen auf der Weide	424	1.494
	Berlin	159.561	299.387

Tab. 8.6: Feinstaub-Emissionen aus der Nutzung landwirtschaftlicher Flächen nach Stadtbezirken und Herkunftsbereichen 2012 /Thünen 2014/, /BBB 2013 b/

Nr.	Stadtbezirk	Feinstaub PM10 in kg/a	Feinstaub PM2,5 in kg/a
01	Mitte	0	0
02	Friedrichshain-Kreuzberg	0	0
03	Pankow	1.956	75
04	Charlottenburg-Wilmersdorf	12	0
05	Spandau	607	23
06	Steglitz-Zehlendorf	9	0
07	Tempelhof-Schöneberg	84	3
08	Neukölln	125	5
09	Treptow-Köpenick	165	6
10	Marzahn-Hellersdorf	97	4
11	Lichtenberg	750	29
12	Reinickendorf	290	11
	Berlin	4.095	158

Nr.	Herkunftsbereich	Feinstaub PM10 in kg/a	Feinstaub PM2,5 in kg/a
01	Staubemissionen aus der Bewirtschaftung von Ackerland	4.095	158
02	Ausbringung von Klärschlämmen	0	0
03	Synthetischer N-Dünger (Mineraldünger)	0	0
04	Bewirtschaftete organische Böden	0	0
05	Wirtschaftsdünger (organischer Dünger)	0	0
06	Indirekte N ₂ O-Emissionen aus ausgewaschenem und abgeflossenem Stickstoff	0	0
07	Indirekte N ₂ O-Emissionen aus Deposition von reaktivem Stickstoff	0	0
08	Ernterückstände	0	0
09	Biologische N-Fixierung aus dem Leguminosenanbau	0	0
10	Tierische Ausscheidungen auf der Weide	0	0
	Berlin	4.095	158

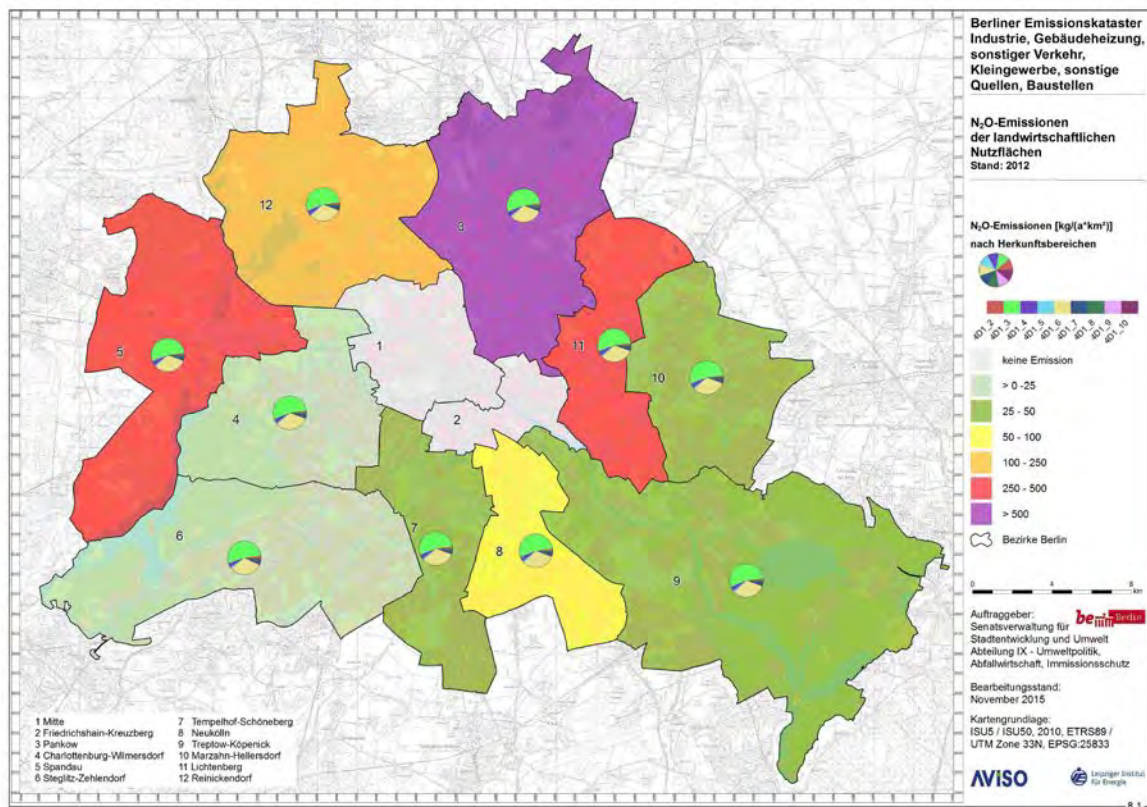


Bild 8.1 N₂O-Emissionen aus der Nutzung landwirtschaftlicher Flächen in Berlin 2012

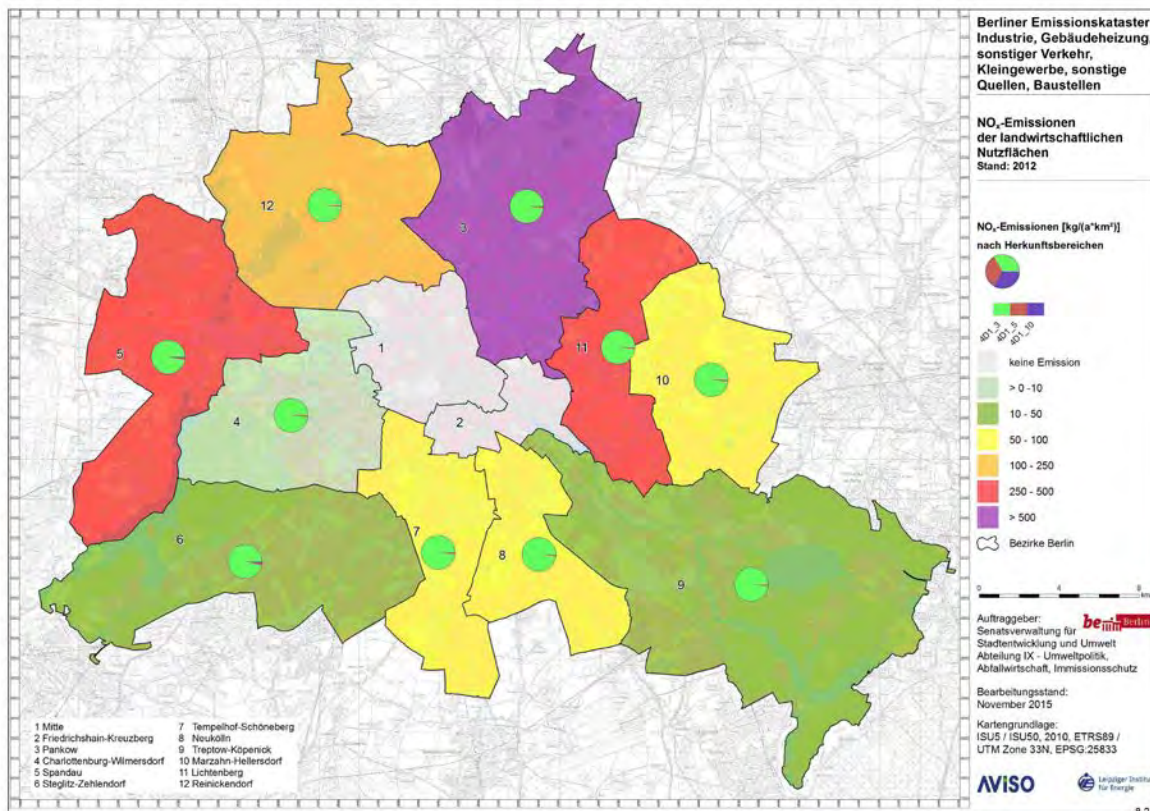


Bild 8.2: NO_x-Emissionen aus der Nutzung landwirtschaftlicher Flächen in Berlin 2012

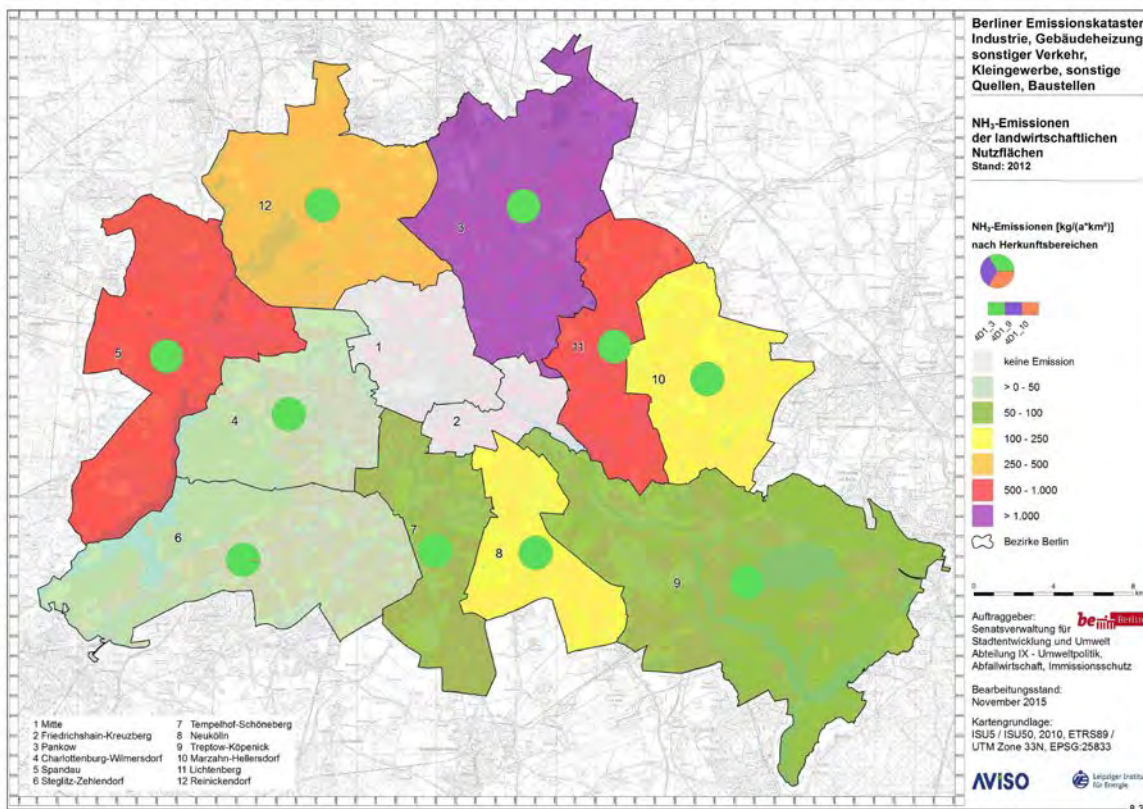


Bild 8.3: NH₃-Emissionen aus der Nutzung landwirtschaftlicher Flächen in Berlin 2012

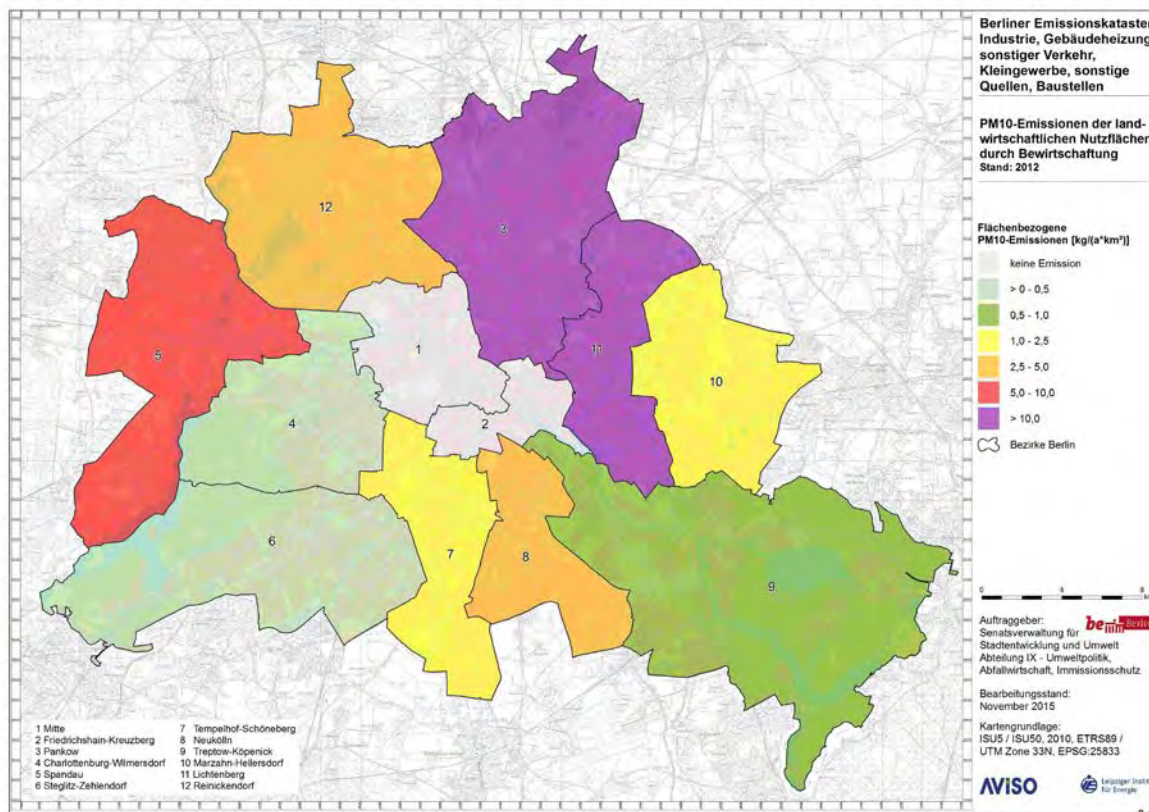


Bild 8.4: PM10-Emissionen aus der Nutzung landwirtschaftlicher Flächen in Berlin 2012

8.3 Wald

Die mit dem Forstsektor bzw. mit der Forstwirtschaft (NFR 5.A) verbundenen THG-Emissionen werden über eine Veränderung der Kohlenstoffspeicher und über Änderungen der Waldfläche erfasst. Ausschlaggebend für die Einbindungen von Kohlenstoffdioxid (CO₂) sind die Pools ober- und unterirdischer Phytomasse und mineralische Böden. Quellen entstehen durch die Freisetzung von CO₂ aus Streu¹², Totholz sowie Kalkung.

Außerdem emittieren Wälder natürliche flüchtige organische Verbindungen (VOC). Bei Waldbränden werden zusätzlich Lachgas (N₂O) und Methan (CH₄) freigesetzt.

Methodik und Datengrundlagen

Die Waldfläche Berlins beträgt ca. 28.500 ha, davon liegen 16.000 ha innerhalb der Stadtgrenze und 12.500 ha im Land Brandenburg /BERLINER FORSTEN 2015/. Im Emissionskataster wird nur die Waldfläche innerhalb der Stadtgrenzen und hier die reine Holzbodenfläche (ca. 14.200 ha) berücksichtigt. Das bedeutet, dass etwa 18,5 % der Berliner Landesfläche mit Holz bedeckt sind.

Die Daten zur Kohlenstoffbilanz aus Wäldern wurden durch das Landesforstamt Berlin zur Verfügung gestellt /BERLINER FORSTEN 2015/.¹³ Diese beruhen auf praktisch empirischen Annahmen und auf Angaben der Bundeswaldinventuren BWI 2 und BWI 3. Bei der derzeitigen Baumarten- und Altersverteilung in Berlin beträgt der jährliche Zuwachs etwa 6 Vfm ha⁻¹ (Vfm: ein Vorratsfestmeter entspricht einem Kubikmeter Holz). Davon werden 4 Vfm ha⁻¹ genutzt (Holzeinschlag) und 2 Vfm ha⁻¹ verbleiben im Wald, so dass jährlich etwa 2,0 t CO₂ im oberirdischen Teil des Baums gespeichert werden. Berücksichtigt man zudem die Einbindung von CO₂ in der unterirdischen Phytomasse und im Mineralboden sowie die Freisetzung von CO₂ durch Totholz und Humus, ergibt sich insgesamt eine mittlere jährliche Einbindung von ca. 2,71 t CO₂ ha⁻¹ a⁻¹. Die Senkenwirkung (CO₂-Senke) in den Stadtbezirken wird entsprechend der Waldflächen ermittelt. Die Darstellung erfolgt mit negativen Werten.

Eine Waldkalkung findet aus ökologischen Gründen¹⁴ in den Berliner Wäldern nicht statt, so dass die damit verbundenen Emissionen (CO₂) nicht auftreten. Die Emissionen aus Waldbränden (CH₄ und N₂O) sind aufgrund ihrer geringen Größe¹⁵ vernachlässigbar und bleiben daher in der Gesamtbilanz der Wälder unberücksichtigt.

Bei den VOC-Emissionen natürlichen Ursprungs handelt es sich überwiegend um reaktive Kohlenwasserstoffe wie Terpene und Isoprene. Die Emissionsabschätzungen für biogene

¹² Streu ist der Bestandsabfall der Vegetation, der weitgehend unzersetzt der Bodenoberfläche aufliegt und dort die Streuschicht bildet.

¹³ Bis zum Sommer 2016 wird die Kohlenstoffbilanzierung der Berliner Wälder neu erstellt, so dass die derzeitigen Angaben verifiziert werden können.

¹⁴ Durch Kalkung der Wälder kann es zur verstärkten Mineralisation der Humusaufgabe und damit verbunden zur erhöhten Stickstoff-, Schwermetall- und Nährstofffreisetzung kommen.

¹⁵ Durch die vielen Waldbesucher werden auftretende Waldbrände meist zeitig entdeckt und sehr schnell gemeldet. Eine Ausbreitung des Waldbrandes kann oft begrenzt werden.

VOC hängen hauptsächlich von der Temperatur und der Strahlung sowie den zu berücksichtigenden Baumarten ab /UBA 2013/. Die VOC-Emissionen treten überwiegend in der warmen Jahreszeit auf. Die Methodik orientiert sich an den Ergebnissen aus dem NatAir Projekt /FRIEDRICH 2007/. Die Verteilung auf die Stadtbezirke Berlins erfolgte anhand der Waldfläche, ohne Berücksichtigung der jeweiligen Baumartenzusammensetzung. Die Schätzung zu den VOC-Emissionen ist als unsicher einzustufen.

Emissionen aus den Wäldern

Die Kohlenstoffbilanz für die Wälder in Berlin ergab für das Jahr 2012 eine CO₂-Senke von etwa -38.500 t CO₂.¹⁶ Die Kohlenstoffeinbindung durch Baumartenwechsel und Vorratsaufbau (-48.000 t CO₂; unter Berücksichtigung der Holzverwendung) überwog die Kohlenstofffreisetzungen aus Totholz und Streu (9.500 t CO₂). Unter Berücksichtigung der GWP-Potenziale ergeben sich aus Wäldern innerhalb des Stadtgebietes Berlins für das Jahr 2012 etwa -38.500 t CO_{2aq}-Emissionen (Tab. 8.7). Der verhältnismäßig junge Berliner Wald wird auch in Zukunft als CO₂-Senke dienen /BERLINER FORSTEN 2015/.

Die Aufteilung auf die Stadtbezirke erfolgt entsprechend der Waldflächen, so dass absolut die höchsten Mengen Kohlenstoff im walddreichen Treptow-Köpenick gebunden werden. In Berlin-Mitte, Friedrichshain-Kreuzberg und Neukölln sind kaum Waldflächen und damit keine (relevanten) CO₂-Senken vorhanden (Bild 8.10).

Nicht bilanzwirksam im eigentlichen Sinne, aber einen hohen Einfluss auf den Klimaschutz haben darüber hinaus die langfristige Bindung von CO₂ in Holzprodukten und die (gleichzeitige) Substitution von energieintensiven Materialien durch Holz. In Berlin werden jährlich ca. 4 Vfm ha⁻¹, d. h. 57.000 Vfm Holz genutzt. Abzüglich von Verarbeitungsverlusten kann von einer längerfristigen CO₂-Bindung im Umfang von ca. 75 % in Möbeln, Holzwerkstoffplatten, Balken, Dielen etc. ausgegangen werden, das sind jährlich ca. -43.000 t CO₂.¹⁷ Noch stärker als die CO₂-Bindung in Holzprodukten spart die Verwendung von Holz als Substitution von energieintensiven Materialien wie Aluminium, Stahl, Kunststoffe und Beton ein Vielfaches an CO₂ ein /BERLINER FORSTEN 2015/.

Der gesamte Kohlenstoffvorrat der Wälder in Berlin entspricht etwa 7,3 Mio. t CO₂ (3,3 Mio. t CO₂ Holzvorrat und 4 Mio. t CO₂ als Kohlenstoff im Boden).¹⁸ Um diesen Kohlenstoffvorrat auch in den kommenden Jahrhunderten zu erhalten und zu mehren, werden in Berlin seit den 1980er Jahren instabile Kieferreinbestände zu stabilen und vitalen Mischwaldbeständen adaptiert. Seit 2012 wird der Waldumbau durch das Mischwaldprogramm deutlich forciert /BERLINER FORSTEN 2015/. Durch längere Umtriebszeiten wird in Laub- und Mischwäldern mehr CO₂ gespeichert als in Nadelmonokulturen.

¹⁶ Durch die landeseigenen Wälder Berlins in Brandenburg ergibt sich eine weitere, im Emissionskataster nicht berücksichtigte, CO₂-Senke von -29.000 t CO₂.

¹⁷ Weitere -32.000 t CO₂ können durch die Nutzung von Holz aus Berlins Wäldern in Brandenburg gebunden werden.

¹⁸ Der Kohlenstoffvorrat in Berlins Wäldern in Brandenburg entspricht etwa 5,5 Mio. t CO₂.

Tab. 8.7: Treibhausgas-Emissionen aus Wäldern nach Stadtbezirken und Herkunftsbereichen 2012; /BERLINER FORSTEN 2015, FRIEDRICH 2007/

Nr.	Stadtbezirk	CO ₂ -Äquivalent in t/a
01	Mitte	0
02	Friedrichshain-Kreuzberg	-9
03	Pankow	-3.180
04	Charlottenburg-Wilmersdorf	-3.821
05	Spandau	-4.007
06	Steglitz-Zehlendorf	-5.814
07	Tempelhof-Schöneberg	-113
08	Neukölln	-12
09	Treptow -Köpenick	-16.452
10	Marzahn-Hellersdorf	-408
11	Lichtenberg	-120
12	Reinickendorf	-4.563
	Berlin	-38.499

Nr.	Herkunftsbereiche	CO ₂ -Äquivalent in t/a
1	Einbindung C (Phytomasse, Boden)	-47.896
2	Freisetzung C (Totholz, Humus)	9.397
	Berlin	-38.499

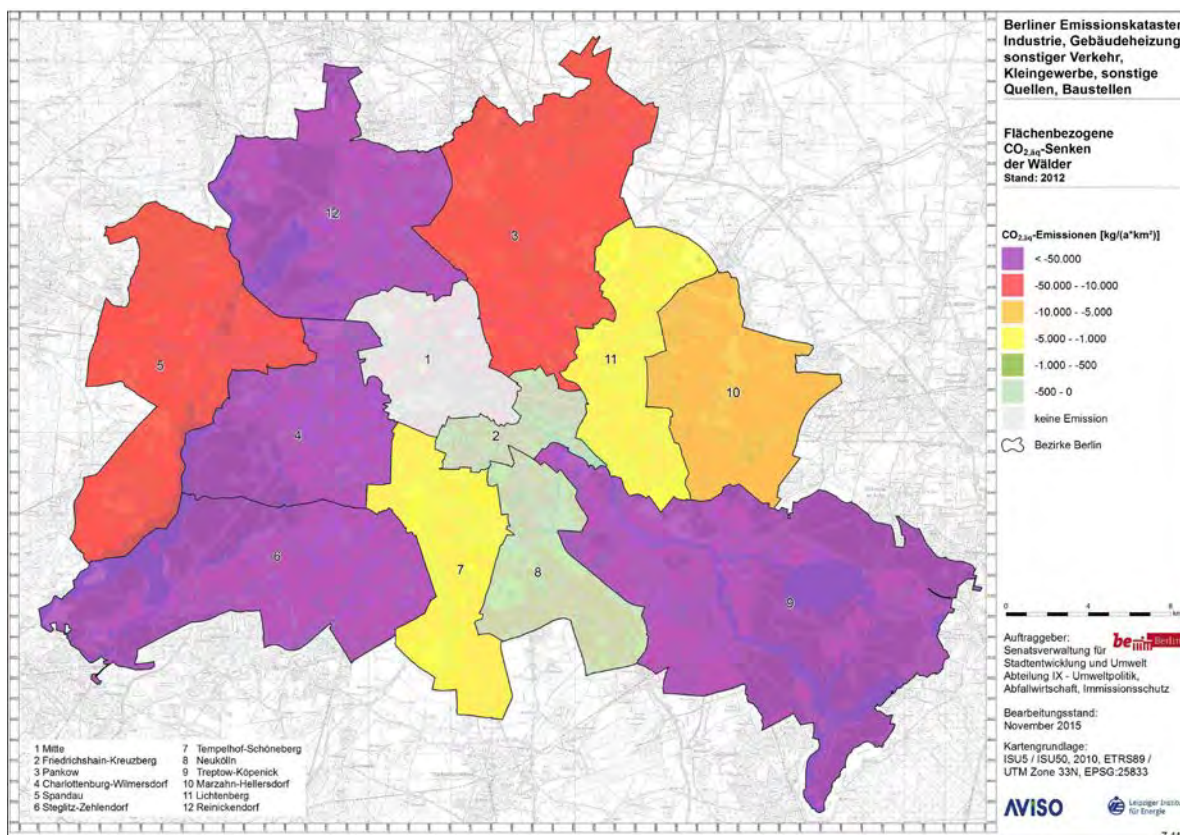


Bild 8.5: CO_{2äq}-Emissionen aus Wäldern in Berlin 2012

Die Emissionen biogener VOC aus Wäldern in Berlin werden für das Jahr 2012 auf etwa 670 t geschätzt. Innerhalb der Waldflächen wurde eine gleichmäßige Verteilung angenommen. Entsprechend den Anteilen an Waldfläche waren die absoluten VOC-Emissionen aus Wäldern in den Stadtbezirken Treptow-Köpenick, Steglitz-Zehlendorf und Reinickendorf am höchsten und in Berlin-Mitte, Friedrichshain-Kreuzberg sowie Neukölln am niedrigsten (Tab. 8.8).

Tab. 8.8: VOC-Emissionen aus Wäldern nach Stadtbezirken 2012 /BBB 2013 b, Friedrich 2007/

Nr.	Stadtbezirk	VOC in kg/a
01	Mitte	0
02	Friedrichshain-Kreuzberg	164
03	Pankow	55.207
04	Charlottenburg-Wilmersdorf	66.330
05	Spandau	69.561
06	Steglitz-Zehlendorf	100.927
07	Tempelhof-Schöneberg	1.963
08	Neukölln	204
09	Treptow -Köpenick	285.605
10	Marzahn-Hellersdorf	7.075
11	Lichtenberg	2.086
12	Reinickendorf	79.212
	Berlin	668.333

8.4 LULUC (Landnutzungsänderung)

In der Quellgruppe LULUC werden Emissionen erfasst, die aus dem Auf- und Abbau von Kohlenstoffspeichern im Bereich der Landnutzung (NFR 5.B bis 5.E)¹⁹ entstehen. Die Veränderungen erfolgen sowohl unter gleich bleibender Landnutzung als auch durch Landnutzungsänderung. Durch Einbindung von Kohlenstoffdioxid (CO₂) aus der Atmosphäre in Biomasse nehmen die Kohlenstoffspeicher zu. Dem gegenüber steht die Freisetzung von CO₂ aus dem Abbau von Biomasse.

Methodik und Datengrundlagen

Daten zu Emissionen aus dem LULUC-Sektor werden durch das Thünen-Institut berechnet. Um den langfristigen Auf- und Abbau von Kohlenstoffspeichern abzubilden, werden die durch Landnutzungsänderungen bedingten CO₂-Emissionen und -Senken in Änderungsraten über 20 Jahre berechnet. Insgesamt ist die Schätzung als unsicher einzustufen.

¹⁹ Die Emissionen aus Wäldern (NRF 5.A) sind im vorhergehenden Abschnitt aufgeführt.

Die Emissionen aus LULUC für Berlin sind in Brandenburg integriert und können nicht separat ausgewiesen werden /THÜNEN 2015/. Da Berlin außer Siedlungsflächen eine Vielzahl von geschützten Flächen²⁰ hat, gibt es kaum Flächenänderungen und damit verbundene Emissionen.

Neben den Wäldern sind in Berlin jedoch Moorflächen relevant. Die Moorfläche beträgt insgesamt rd. 831 ha (ohne bebaute Standorte und forstwirtschaftlich genutzte Standorte), das entspricht etwa 1 % der Stadtgebietsfläche Berlins. Intakte Moore sind CO₂-Senken, da während der Torfbildung der Atmosphäre langfristig CO₂ entzogen wird.²¹ Bei einer Entwässerung entwickeln sich die Moorstandorte von einer CO₂-Senke zu einer CO₂-Quelle. Die Absenkung des Grundwasserspiegels führt zu einer Mineralisierung der Torfböden, in deren Folge im Boden gebundene Kohlenstoffe freigesetzt werden.²² Um eine Nutzung zu ermöglichen, wurden in Berlin im Zuge der historischen Stadtentwicklung insbesondere Niedermoorstandorte entwässert /PIK et al. 2014/. Die aktuelle Gefährdungssituation und das Umweltentlastungspotenzial wurden im Forschungsprojekt „Berliner Moorböden im Klimawandel - Entwicklung einer Anpassungsstrategie zur Sicherung ihrer Ökosystemdienstleistungen“²³ untersucht. Als Ergebnis liegen Daten zur gesamten Kohlenstoffspeicherung der Moorböden vor, die aber mit sehr großen Unsicherheiten behaftet sind und nicht veröffentlicht werden /HU 2015/.

Emissionen aus LULUC

Die Emissionen aus Landnutzung und Landnutzungsänderung (ohne Moorflächen) werden aufgrund ihrer geringen Größenordnung und nicht vorhandener Daten in Berlin vernachlässigt. Die Moorflächen Berlins sind ein bedeutender Kohlenstoffspeicher. Der gesamte Kohlenstoffvorrat der Moore entspricht etwa 4 Mio. t CO₂ /HU 2015/. Ein dauerhafter Erhalt der Moore stellt aktiven Klimaschutz dar.

Bei der derzeitig vorherrschenden Vegetation, Nutzung und den aktuellen Wasserständen sind in Berlin aus entwässerten Mooren geringe bis mäßige CO₂-Emissionen zu erwarten. Durch gezielte Anhebung der Grundwasserstände und/oder eine standortgerechte Moornutzung ist von einer Klimaneutralität der Moore auszugehen (das Vermeidungspotenzial an CO₂-Emissionen ist ähnlich hoch einzuschätzen wie die derzeitigen Emissionen). Bei einem dauerhaften Erhalt der Moore können diese als CO₂-Senken wirken /PIK et al. 2014/. Die jährlichen CO₂-Emissionen aus Moorflächen bleiben in der Gesamtbilanz unberücksichtigt, da die vorliegenden Daten als unsicher einzuschätzen sind und insgesamt (unter Berücksichtigung von Einbindung und Freisetzung) von einer geringen Größenordnung ausgegangen wird.

²⁰ Zu den Schutzgebieten zählen aktuell 40 Naturschutzgebiete, 55 Landschaftsschutzgebiete und 20 geschützte Landschaftsbestandteile.

²¹ Gleichzeitig geben torfbildende Moore unter den anaeroben Bedingungen in der wassergesättigten Zone Methan ab.

²² An entwässerten Standorten wird darüber hinaus N₂O als Zwischenprodukt der Denitrifikation emittiert.

²³ Das vierjährige Forschungsprojekt wurde durch die Humboldt-Universität zu Berlin durchgeführt und endete im Juni 2015. Die Ergebnisse sollen in Kürze im Internet veröffentlicht werden (www.berlinermoore.hu-berlin.de).

8.5 Bewertung der Unsicherheiten

Die Unsicherheiten für die berechneten Emissionen aus den biogenen Quellen in Berlin ergeben sich aus den Unsicherheiten der verwendeten Basisdaten/Aktivitätsdaten und der Emissionsfaktoren.

Die je Teilsektor verwendeten Aktivitätsdaten (Anzahl Tiere, landwirtschaftliche Flächen, Waldflächen) liegen für Berlin vor und können überwiegend mit der Gütestufe A gemäß des Einstufungsschemas für Gütestufen (vgl. Tab. 2.2) bewertet werden, da es sich dabei um Daten aus amtlichen Statistiken handelt.

Die verwendeten Emissionsfaktoren wurden überwiegend der Literatur entnommen und werden bezogen auf die eingesetzten Aktivitätsgrößen angegeben. Sie werden je nach Teilsektor mit der Gütestufe B-D eingeschätzt.

Daraus ergibt sich, dass die Unsicherheit der ermittelten Emissionen aus den biogenen Quellen in Berlin insgesamt nur mit der Gütestufe C-D zu bewerten ist.

9 Zusammenfassung

9.1 Emissionen Berlin 2012

Eine tabellarische Zusammenstellung der Emissionen 2012 der im Rahmen des hier vorliegenden Berichtes betrachteten Quellengruppen Industrie, Gebäudeheizung, sonstiger Verkehr (Schiene, Schiff, Flug, Offroad), Baustellen, Sonstige und biogene Quellen findet sich in den folgenden Tabellen, differenziert nach Stadtbezirken und Quellengruppen.

Insgesamt wurden für die hier betrachteten Quellengruppen für Berlin im Jahr 2012 CO₂-Emissionen von 14.700 kt/a ermittelt, wobei der größte Anteil (56 %) auf die genehmigungsbedürftigen Anlagen entfällt. Die Methan-Emissionen liegen bei 3,3 kt/a, hier kommt der größte Anteil mit 69 % von der Quellengruppe „Verteilung von Erdgas“ (vgl. Tab. 9.1).

Zu den N₂O-Emissionen (590 t/a) tragen wiederum die genehmigungsbedürftigen Anlagen am meisten bei (44 %), ebenso zu den SO₂- und NO_x-Emissionen (vgl. Tab. 9.2, 80 % bzw. 57 %). Deren Jahresemissionen 2012 liegen bei 2,9 kt/a bzw. 11,8 kt/a. Die NH₃-Emissionen (422 t/a) werden von den biogenen Quellen dominiert, wobei der größte Anteil (71 %) durch die landwirtschaftliche Bodennutzung verursacht wird.

Die NMVOC-Emissionen (18,6 kt/a) werden überwiegend durch die Quellengruppe „Anwendung von Lösemitteln und anderen Produkten“ emittiert (86 %).

Die Quellengruppe Gebäudeheizung hat den größten Anteil (66 %) an den CO-Emissionen (17,1 kt/a). Dagegen tragen zu den PM₁₀-Emissionen (1,9 kt/a) die Baustellen am meisten bei (40 %), wobei es sich dabei überwiegend um Emissionen durch Aufwirbelung und Abrieb durch Baumaschinen auf den Baustellen und Feinstaub-Emissionen durch Abbrucharbeiten handelt.

Die BaP- und die PCDD/F-Emissionen werden wiederum von der Quellengruppe Gebäudeheizung geprägt (97 % bzw. 99 %), während an den Schwermetallen die Industrie den größten Anteil von den hier betrachteten Quellengruppen hat (86 %, vgl. Tab. 9.4).

Detaillierte Analysen zur Emissionsstruktur der einzelnen Quellengruppen finden sich in den jeweiligen Kapiteln.

Tab. 9.1: Emissionen Berlin 2012 für die Quellengruppen Industrie, Gebäudeheizung, sonstiger Verkehr, Offroad-Verkehr, Baustellen, sonstige Quellen und biogene Emissionen (Treibhausgase)

Nr.	Stadtbezirk	Treibhausgase		
		Kohlenstoffdioxid in kg/a	Methan in kg/a	Distickstoffmonoxid in kg/a
01	Mitte	1.991.390.259	321.490	197.371
02	Friedrichshain-Kreuzberg	394.140.556	218.076	3.978
03	Pankow	670.005.391	309.615	62.764
04	Charlottenburg-Wilmersdorf	704.930.020	362.246	10.302
05	Spandau	4.030.085.714	218.171	183.205
06	Steglitz-Zehlendorf	1.304.314.152	264.724	18.350
07	Tempelhof-Schöneberg	824.333.379	296.586	9.821
08	Neukölln	927.879.632	291.473	14.790
09	Treptow-Köpenick	722.438.207	336.960	23.058
10	Marzahn-Hellersdorf	178.872.516	188.267	4.999
11	Lichtenberg	1.822.739.318	211.662	42.705
12	Reinickendorf	1.125.863.491	269.147	24.562
	Berlin	14.696.992.635	3.288.416	595.906

Nr.	Quellengruppe	Treibhausgase		
		Kohlenstoffdioxid in kg/a	Methan in kg/a	Distickstoffmonoxid in kg/a
01	genehmigungsbed. Anlagen	8.463.456.332	313.100	262.448
02	Gebäudeheizung	5.798.172.672	452.713	44.265
03	Schieneverkehr	6.936.399	135	328
04	Schiffsverkehr	17.690.025	1.752	197
05	Flugverkehr	232.655.074	7.948	7.346
06	Offroad-Verkehr	38.662.757	8.218	1.413
07	Baustellen	139.419.375	3.916	5.904
08	sonstige Quellen	0	2.427.182	141.177,9
09	biog. Quellen (ohne Senken)	0	73.453	132.827
	Berlin	14.696.992.635	3.288.416	595.906

Tab. 9.2: Emissionen Berlin 2012 für die Quellengruppen Industrie, Gebäudeheizung, sonstiger Verkehr, Offroad-Verkehr, Baustellen, sonstige Quellen und biogene Emissionen (SO₂, NO_x, NH₃)

Nr.	Stadtbezirk	Versauernde und eutrophierende Stoffe		
		Schwefeldioxid in kg/a	Stickstoffoxide in kg/a	Ammoniak in kg/a
01	Mitte	414.497	1.698.343	11.935
02	Friedrichshain-Kreuzberg	55.945	200.534	6.806
03	Pankow	76.929	483.930	138.401
04	Charlottenburg-Wilmersdorf	100.113	672.228	10.005
05	Spandau	903.082	2.700.736	79.464
06	Steglitz-Zehlendorf	53.260	646.710	12.309
07	Tempelhof-Schöneberg	69.102	429.661	14.476
08	Neukölln	156.020	1.374.320	22.912
09	Treptow-Köpenick	130.952	1.006.092	22.041
10	Marzahn-Hellersdorf	8.885	146.062	13.863
11	Lichtenberg	953.906	1.139.749	55.449
12	Reinickendorf	61.335	1.354.730	34.284
	Berlin	2.984.026	11.853.094	421.945

Nr.	Quellengruppe	Versauernde und eutrophierende Stoffe		
		Schwefeldioxid in kg/a	Stickstoffoxide in kg/a	Ammoniak in kg/a
01	genehmigungsbed. Anlagen	2.376.000	6.794.068	15.595
02	Gebäudeheizung	590.112	1.995.232	0
03	Schienenverkehr	50	113.635	15
04	Schiffsverkehr	90	253.466	400
05	Flugverkehr	16.865	1.228.866	0
06	Offroad-Verkehr	200	210.924	79
07	Baustellen	708	1.097.105	0
08	sonstige Quellen	0	0	79.203
09	biog. Quellen (ohne Senken)	0	159.798	326.653
	Berlin	2.984.026	11.853.094	421.945

Tab. 9.3: Emissionen Berlin 2012 für die Quellengruppen Industrie, Gebäudeheizung, sonstiger Verkehr, Offroad-Verkehr, Baustellen, sonstige Quellen und biogene Emissionen (NMVOC, CO, PM10, PM2,5)

Nr.	Stadtbezirk	Ozonvorläufersubstanzen		Staub	
		NMVOC in kg/a	Kohlenmonoxid in kg/a	Feinstaub PM10 in kg/a	Feinstaub PM2,5 in kg/a
01	Mitte	1.596.531	2.225.528	336.254	109.898
02	Friedrichshain-Kreuzberg	2.605.045	898.885	92.471	52.117
03	Pankow	1.624.845	1.290.401	215.724	86.466
04	Charlottenburg-Wilmersdorf	1.491.690	1.915.814	203.036	87.264
05	Spandau	1.114.185	1.327.463	156.824	83.280
06	Steglitz-Zehlendorf	1.367.398	1.446.403	129.476	73.739
07	Tempelhof-Schöneberg	1.805.161	1.730.980	127.657	81.584
08	Neukölln	1.557.091	1.365.017	119.042	81.916
09	Treptow-Köpenick	1.613.149	1.482.894	180.999	69.007
10	Marzahn-Hellersdorf	1.064.468	489.280	106.791	46.360
11	Lichtenberg	1.010.262	1.362.058	133.376	64.821
12	Reinickendorf	1.722.234	1.541.834	98.209	66.703
	Berlin	18.572.059	17.076.558	1.899.861	903.154

Nr.	Quellengruppe	Ozonvorläufersubstanzen		Staub	
		NMVOC in kg/a	Kohlenmonoxid in kg/a	Feinstaub PM10 in kg/a	Feinstaub PM2,5 in kg/a
01	genehmigungsbed. Anlagen	262.910	1.726.011	141.562	77.833
02	Gebäudeheizung	404.167	11.275.804	241.557	228.368
03	Schienenverkehr	5.496	12.586	227.230	28.500
04	Schiffsverkehr	68.917	210.015	9.553	9.553
05	Flugverkehr	133.695	638.392	12.885	12.885
06	Offroad-Verkehr	131.073	1.820.521	57.275	9.546
07	Baustellen	148.999	1.393.231	766.468	97.206
08	sonstige Quellen	16.748.469	0	438.907	438.907
09	biog. Quellen (ohne Senken)	668.333	0	4.423	355
	Berlin	18.572.059	17.076.558	1.899.861	903.154

Tab. 9.4: Emissionen Berlin 2012 für die Quellengruppen Industrie, Gebäudeheizung, sonstiger Verkehr, Offroad-Verkehr, Baustellen, sonstige Quellen und biogene Emissionen (BaP, PCDD/F, Schwermetalle)

Nr.	Stadtbezirk	Persistente organische Verbindungen		Schwermetalle
		Benzo(a)pyren (BaP) in kg/a	PCDD/F in kg/a	Schwermetalle in kg/a
01	Mitte	35,14	0,02627	121,2
02	Friedrichshain-Kreuzberg	19,84	0,01949	21,2
03	Pankow	15,01	0,03136	21,1
04	Charlottenburg-Wilmersdorf	34,76	0,03466	53,1
05	Spandau	7,51	0,02776	928,2
06	Steglitz-Zehlendorf	14,67	0,04116	38,7
07	Tempelhof-Schöneberg	24,08	0,04617	504,7
08	Neukölln	23,50	0,02782	74,0
09	Treptow-Köpenick	12,18	0,02496	38,6
10	Marzahn-Hellersdorf	3,11	0,00999	11,9
11	Lichtenberg	9,82	0,01777	78,5
12	Reinickendorf	13,14	0,02945	21,8
	Berlin	212,77	0,33687	1.912,9

Nr.	Quellengruppe	Persistente organische Verbindungen		Schwermetalle
		Benzo(a)pyren (BaP) in kg/a	PCDD/F in kg/a	Schwermetalle in kg/a
01	genehmigungsbed. Anlagen	1,68	0,00009506	1.628,9
02	Gebäudeheizung	206,33	0,33676813	226,2
03	Schienenverkehr	0,07	0,00000013	6,2
04	Schiffsverkehr	1,86	0,00000072	16,2
05	Flugverkehr	2,43	0,00000000	0,0
06	Offroad-Verkehr	0,41	0,00000098	35,4
07	Baustellen	0,00	0,00000504	0,0
08	sonstige Quellen	0	0,00000000	0,0
09	biog. Quellen (ohne Senken)	0	0,00000000	0,0
	Berlin	212,77	0,336870	1.912,9

Rasteremissionen

Wie in den entsprechenden Kapiteln erläutert, wurden die Emissionen je nach Quellengruppe in unterschiedlicher räumlicher Auflösung ermittelt. Die Emissionen der Quellengruppe Industrie und Gewerbe liegen als Punktquellen vor, die des Schienen- und Schiffsverkehrs als Linienquellen. Auch die Emissionen des Luftverkehrs wurden räumlich sehr 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 Quellengruppen (sonstige Quellen, Offroad-Verkehr, Baustellen und biogene Quellen) wurden die Emissionen auf Stadtbezirksebene ermittelt. Für diese Quellengruppen wurden die Emissionen pro Stadtbezirk im Weiteren räumlich noch differenzierter innerhalb der Stadtbezirke zugeordnet. Hierzu wurden die Daten zur Basiskarte Berlin auf Blockebene verwendet, die die Stadt Berlin zur Verfügung gestellt hatte. Jeder (Teil-)Quellengruppe wurden die Nutzungsklassen zugeordnet, auf deren Flächen die Emissionen innerhalb der Stadtbezirke vor der Rasterung verteilt wurden.

Auf dieser Basis wurde die Rasterung der Emissionen aller Quellengruppen im 100 x 100 m²-Raster und im 1 x 1 km²-Raster durchgeführt. Beispielhaft zeigen Bild 9.1 und Bild 9.2 die Rasteremissionen 2012 für die Schadstoffe NO_x und PM₁₀ im 100 x 100 m² und in Bild 9.3 und Bild 9.4 im 1x1 km²-Raster.

An den NO_x-Emissionen haben die genehmigungsbedürftigen Anlagen einen Anteil von 59%. Diese werden als Punktquellen berücksichtigt. Teilweise liegen sehr hohe punktuelle Emissionen vor, die in der 100 x 100 m²-Auflösung (vgl. Bild 9.1) kaum zu erkennen sind, besser ist dies im 1 x 1 km²-Raster zu erkennen (vgl. Bild 9.3). Deutlich zeigen sich die flächig verteilten Emissionen (Gebäudeheizung (17 % der NO_x-Emissionen) und Flugverkehr (11 % der NO_x-Emissionen)) in Bild 9.1. Die entlang der Flugtrichter durch den Flugverkehr freigesetzten Emissionen der beiden großen Flughäfen treten klar hervor.

Bei der räumlichen Verteilung der gerasterten PM₁₀-Emissionen sind neben den bebauten Gebieten (Emissionen aus Gebäudeheizung und Sonstige Quellen und von Baustellen) auch die Emissionen des Schienenverkehrs (Linienquellen) im 100 x 100 m²-Raster gut zu erkennen. Da die PM₁₀-Emissionen von Baustellen die PM₁₀-Gesamt-Emissionen dominieren (40 %), zeigt sich dies in der Struktur der Verteilung dieser Emissionen auf die Stadtbezirke (mit den höchsten Emissionsdichten in Berlin Mitte).

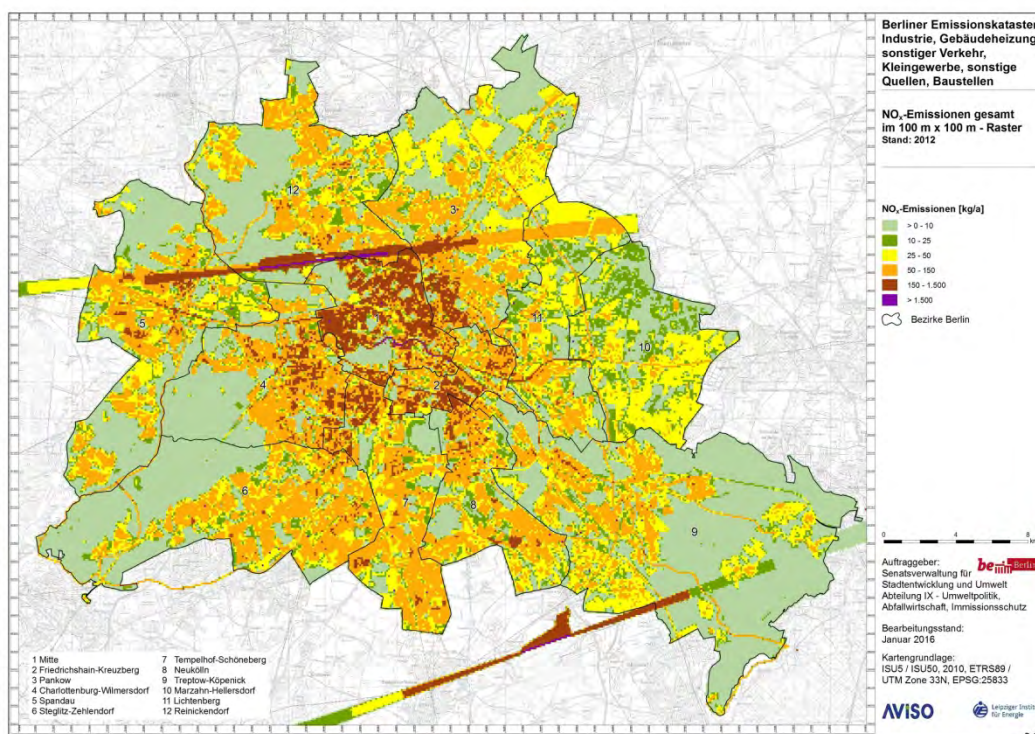


Bild 9.1: NO_x-Emissionen im 100 x 100 m²-Raster (Quellengruppen: Industrie, Gebäudeheizung, sonstiger Verkehr (Schiene, Schiff, Flug, Offroad), sonstige Quellen, Baustellen und biogene Quellen), Berlin 2012

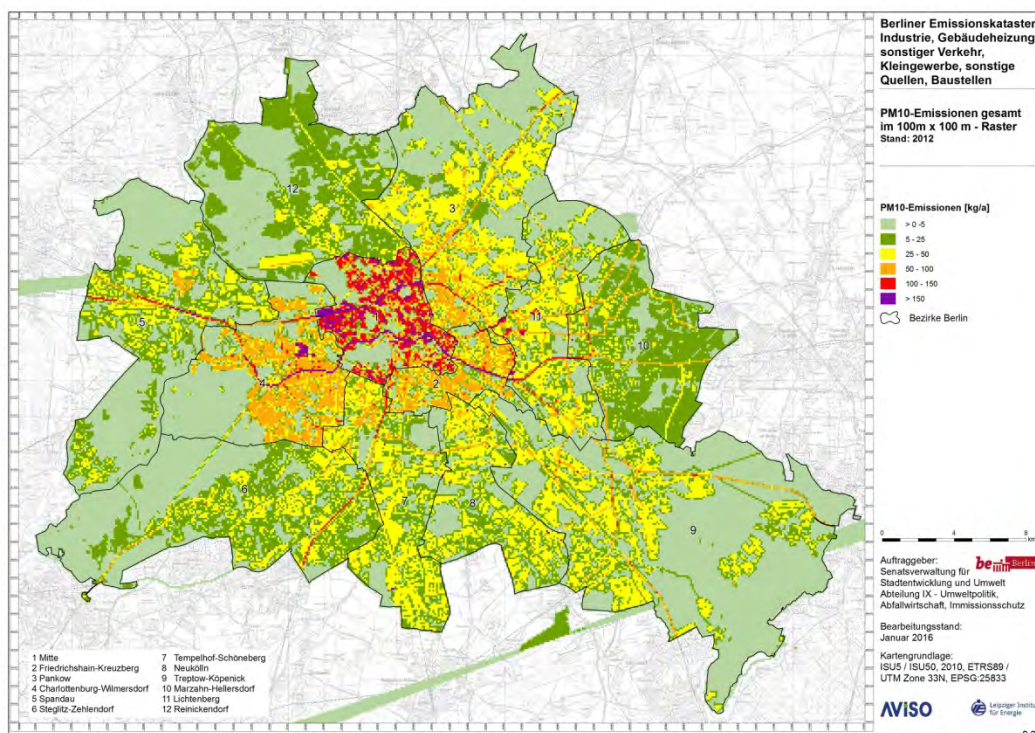


Bild 9.2: PM10-Emissionen im 100 x 100 m²-Raster (Quellengruppen: Industrie, Gebäudeheizung, sonstiger Verkehr (Schiene, Schiff, Flug, Offroad), sonstige Quellen, Baustellen und biogene Quellen), Berlin 2012

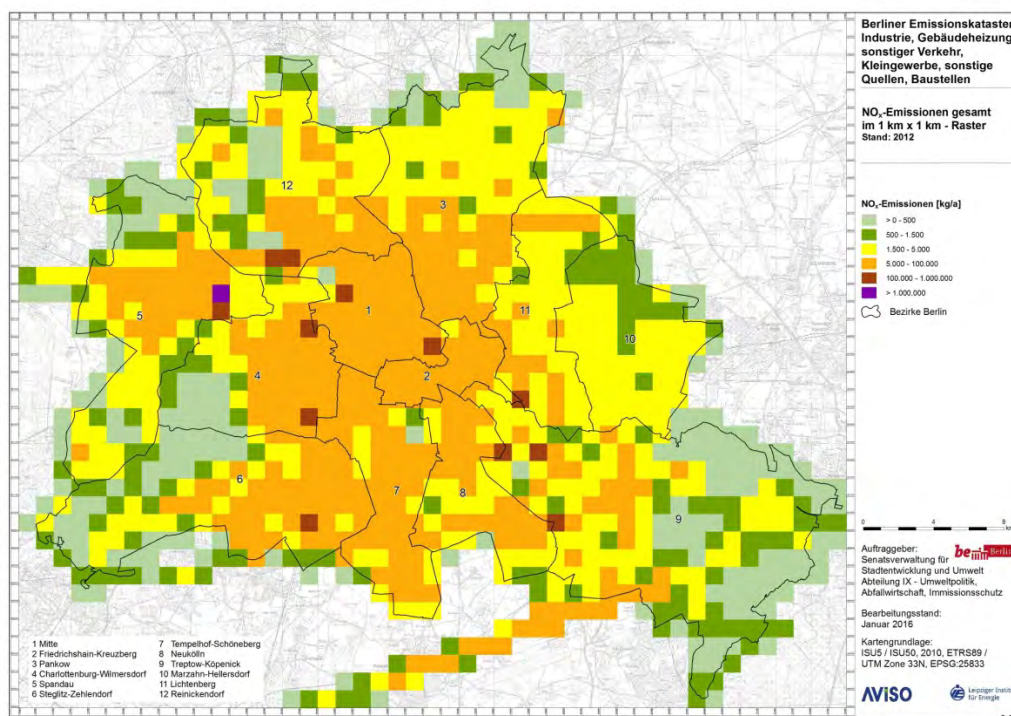


Bild 9.3: NO_x-Emissionen im 1 x 1 km²-Raster (Quellengruppen: Industrie, Gebäudeheizung, sonstiger Verkehr (Schiene, Schiff, Flug, Offroad), sonstige Quellen, Baustellen und biogene Quellen), Berlin 2012

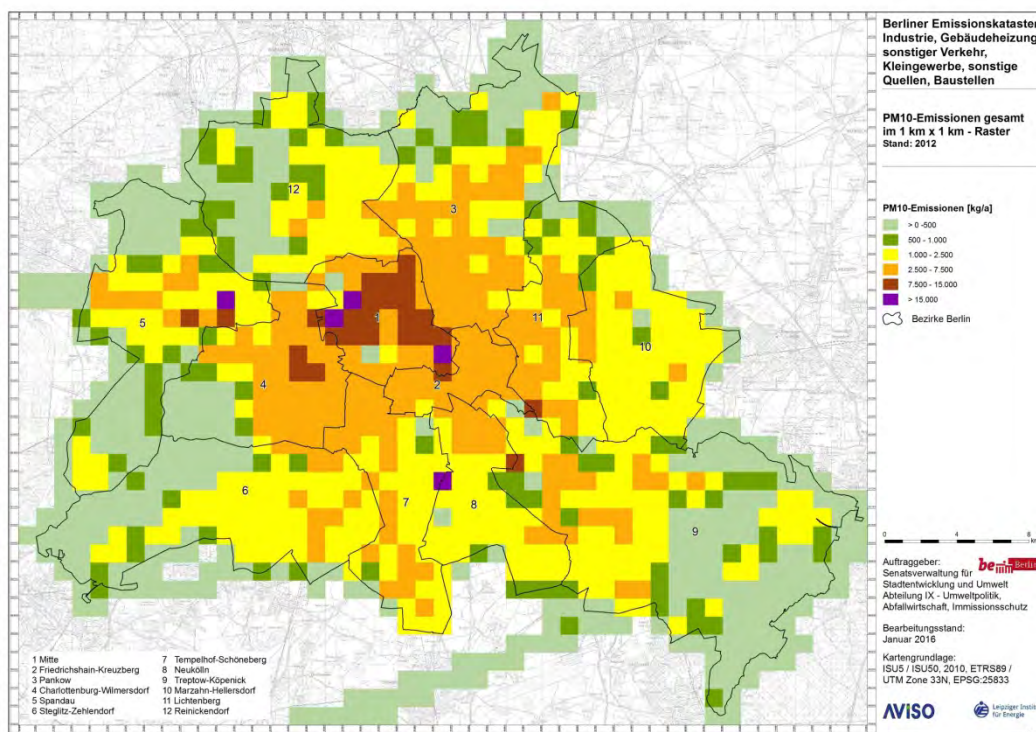


Bild 9.4: PM10-Emissionen im 1 x 1 km²-Raster (Quellengruppen: Industrie, Gebäudeheizung, sonstiger Verkehr (Schiene, Schiff, Flug, Offroad), sonstige Quellen, Baustellen und biogene Quellen), Berlin 2012

9.2 Vergleich mit Emissionsdaten aus dem LRP

Im aktuellen Luftreinhalteplan Berlin sind Emissionen für das Jahr 2009 ausgewiesen. Für die Schadstoffe NO_x , CO, PM10 und VOC konnte ein direkter Vergleich mit den aktuell ermittelten Emissionen für 2012 durchgeführt werden (Bild 9.5).

Da die Einteilung nach Quellengruppen im LRP 2009 nicht in der gleichen Art vorliegt wie für die Emissionen 2012 der hier betrachteten Quellengruppen, konnte dieser Vergleich nur für einige einzelne bzw. aggregierte Quellengruppen und für die Gesamtmenge der Emissionen erfolgen. Dabei war es nicht möglich die Abgrenzung für die verschiedenen Quellengruppen identisch vorzunehmen, so sind z.B. Emissionen aus Holzfeuerungen in LRP2009 bei den Sonstigen enthalten und bei den Emissionen 2012 in der Quellengruppe Gebäudeheizung.

In Bild 9.5 sind auch die Emissionen des Straßenverkehrs (Kfz) aus dem LRP 2009, der in der hier vorliegenden Untersuchung nicht betrachtet wurde, zu Vergleichszwecken mit dargestellt.

Der Vergleich in Bild 9.5 zeigt, dass bis auf VOC für 2012 geringere Emissionen ermittelt wurden als für 2009. An den NO_x -Emissionen haben die genehmigungsbedürftigen Anlagen den größten Anteil (56 %). Die NO_x -Emissionen liegen in den beiden Jahren fast gleich hoch, die Differenz der Gesamt-Emissionen liegt unter 1 %.

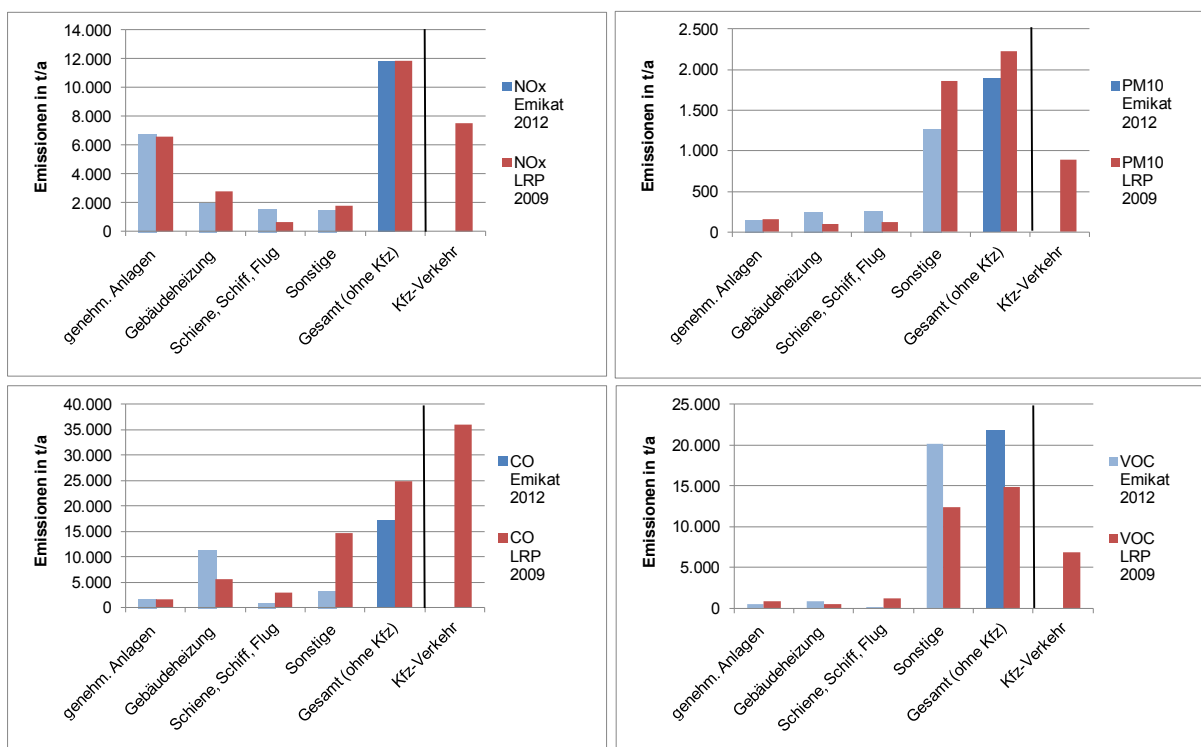


Bild 9.5: Gegenüberstellung der Emissionen Berlin 2012 zu den Emissionen 2009 aus dem LRP (in t/a) für die Schadstoffe NO_x , CO, PM10 und VOC, differenziert nach (teilweise aggregierten) Quellengruppen

Größere Differenzen ergeben sich für die Schadstoffe PM₁₀, CO und VOC. Die PM₁₀-Emissionen werden von den „Sonstigen“ (Summe aus sonstige Quellen, Offroad, Baustellen und biogene Quellen) dominiert. Im Vergleich zu den Emissionen aus dem LRP 2009 wurden für 2012 15 % weniger PM₁₀-Emissionen, für CO 31 % weniger und für VOC 47 % mehr Emissionen ermittelt.

Bei einer differenzierteren Betrachtung für einzelne Quellengruppen ergibt sich folgendes Bild. Für PM₁₀ zeigen sich für die Quellengruppe Gebäudeheizung Emissionsdifferenzen, die über +150 % liegen. Eine Ursache hierfür ist in dem Anteil von Festbrennstofffeuerungen (Kohle und Holz) zu sehen, der in den aktuell berechneten Emissionen für 2012 u.a. auf der Basis von aktuellen Schornsteinfegerdaten abgeleitet wurde. Auch für die Schadstoffe CO und NMVOC ergeben sich hohe Emissionsdifferenzen (bis zu +100 %). In den Daten zu Gebäudeheizung aus dem LRP 2009 sind zudem Holzfeuerungen nicht enthalten, diese sind dort unter den sonstigen Quellen ausgewiesen.

Die geringsten Differenzen treten bei der Quellengruppe Gebäudeheizung für die NO_x-Emissionen auf (-29 %), die weniger stark von der Energieträger-Verteilung beeinflusst werden. Es werden für 2012 geringere NO_x-Emissionen ausgewiesen als für 2009 (während für alle anderen Schadstoffe deutlich höhere Emissionen für 2012 ermittelt wurden). Dies ist u.a. darauf zurückzuführen, dass für 2012 die NO_x-Emissionsfaktoren aus einer aktuellen Untersuchung für Brandenburg verwendet wurden und diese insbesondere für Gasfeuerungen deutlich unter den üblicherweise verwendeten Werten des LAI liegen. Da über 70 % des Endenergieeinsatzes für Gebäudeheizungen in Berlin über Gasfeuerungen bereitgestellt werden, wirkt sich dies deutlich auf die gesamten NO_x-Emissionen der Kleinf Feuerungsanlagen aus (vgl. dazu Kap.4.6.2).

Auch bei den weiteren (Teil-)Quellengruppen treten je nach Schadstoff teilweise deutliche Differenzen zwischen den Emissionen 2012 zu 2009 auf. So sind die NMVOC-Emissionen der Quellengruppe „Sonstige“ 2012 von den Emissionen aus „Anwendung von Lösemitteln und anderen Produkten“ geprägt. Hierfür werden 65 % mehr Emissionen ausgewiesen als für 2009.

Für die Gesamtsumme der Emissionen aller hier betrachteten Quellengruppen ergeben sich für die Schadstoffe NO_x, CO und PM₁₀ für 2012 geringere Emissionen als für 2009. Die Differenzen liegen zwischen -1 % für NO_x und -31 % für CO. Dagegen wurden für 2012 höhere VOC-Emissionen ermittelt, die Differenz zu 2009 liegt bei +47 %.

9.3 Bewertung der Unsicherheiten

Wie in Kap. 2 erläutert wurde für jede Quellengruppe 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. 2.1 angegeben.

Die für die einzelnen Quellengruppen vorgenommene Bewertung zu den Unsicherheiten der verwendeten Aktivitätsdaten und Emissionsfaktoren wurde bereits am Ende der entsprechenden Kapitel erläutert und ist in Tab. 9.5 nochmals zusammenfassend aufgeführt. Die geringsten Unsicherheiten wurden für die Quellengruppen Industrie und Gewerbe (genehmigungspflichtige Anlagen) und Flugverkehr abgeschätzt, die höchsten Unsicherheiten für die Quellengruppen Offroad-Verkehr und Baustellen.

Tab. 9.5: Übersicht der Bewertung der Unsicherheiten der zur Emissionsermittlung verwendeten Aktivitätsdaten und Emissionsfaktoren differenziert nach Quellengruppen

Quellengruppe	Gütestufe		
	Aktivitätsdaten	Emissionsfaktoren	Emissionen
Industrie und Gewerbe (genehmigungspflichtige Anlagen) mit Emissionserklärungspflicht	-	-	A-B
ohne Emissionserklärungspflicht	A	C	C
Gebäudeheizung	B-C	B-C	C
sonstiger Verkehr			
Schienenverkehr	A	B-C	B-C
Schiffsverkehr	B	C-D	C-D
Flugverkehr	A	B	B
Offroad-Verkehr	A	C-E	D-E
Baustellen	B-C	C-E	D-E
Sonstige Quellen			
Anwendung von Lösemitteln und Produkten	A	B-D	C-D
Verteilung von Mineralölprodukten und Erdgas etc.	A-C	B-D	C-D
Abfall und Abwasser	A	B-D	C-D
Biogene Quellen	A	B-D	C-D

Die Unsicherheiten sind für die Emissionsfaktoren i.d.R. deutlich höher als für die jeweils pro Quellengruppe/Teilsektor verwendeten Aktivitätsdaten. Als Aktivitätsdaten werden solche Daten verwendet, die in geeigneter Weise (z.B. öffentliche 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
11. BImSchV Bundesministerium für Justiz und für Verbraucherschutz (BMJV): Elfte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Emissionserklärungen) (11. BImSchV), 02.05.2013
- ABB 2012 Abfallbilanz des Landes Berlin 2012, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt, Berlin
- APART 2009 PM10-Emissionsfaktoren von Abriebspartikeln des Straßenverkehrs (APART), Bukowiecki et al., EMPA und PSI, Forschungsauftrag ASTRA 2005/007, August 2009
- AVISO 2001 Weiterentwicklung des landesweiten Emissionskatasters für den Flugverkehr in Nordrhein-Westfalen und Aktualisierung auf das Jahr 2000; im Auftrag des Landesumweltamtes NRW, AVISO GmbH, Aachen, 2001
- AVISO 2003 Ermittlung der APU- und Flughafenvorfeldemissionen am Beispiel des Flughafens Düsseldorf International; im Auftrag des Landesumweltamtes NRW, AVISO GmbH, avireal, Aachen, Oktober 2003
- AVISO 2010 Fortschreibung der Brennstoffverbräuche und der Luftschadstoffemissionen für die Offroad-Kategorien Baumaschinen, Forstwirtschaft, Landwirtschaft, Gartenpflege/Hobby, Industrie und Militär sowie die Darstellung ihrer räumlichen Verteilung in Nordrhein-Westfalen für das Bezugsjahr 2005 mit Prognose 2010 und 2015, im Auftrag des LANUV NRW, AVISO GmbH, Aachen, November 2010
- AVISO 2014 a Überprüfung der Wirksamkeit der umgesetzten Maßnahmen zum Luftreinhalteplan Ruhrgebiet 2012, im Auftrag des Landesumwelt NRW, AVISO GmbH, Aachen, 2014
- AVISO 2014 b 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
- AZD 2008 Anleitung zur Datenerfassung über den Flugbetrieb (AzD) Drucksache 566/8, Ausgabe Juli 2008

BAF 2012	Festlegung der Flugverfahren für den Flughafen Berlin Brandenburg, Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung, www.baf.bund.de , Stand 26.01.2012
BAFU 2008	Bundesamt für Umwelt, Bern: Treibstoffverbrauch und Schadstoffemissionen des Offroad-Sektors, Bern 2008
BAFU 2010	Treibstoffverbrauch und Schadstoffemissionen des Offroad-Sektors – Studie für die Jahre 1980-2020; Schrift 28/08, Hrsg. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern 2010, sowie die entsprechende Schweizer Offroad-Datenbank: www.bafu.admin.ch/luft/00596/06906/offroad-daten/index.html?lang=de
BAFU 2015a	Schweizer Offroad-Datenbank, http://www.bafu.admin.ch/luft/00596/06906/offroad-daten/index.html?lang=de , Stand 16.12.2015
BAFU 2015b	Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des Non-road-Sektors, Studie für die Jahre 1980 – 2050. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern, 2015
BÄCKER 2015	Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt – IX C 413: Mitteilung von Frau Bäcker zu PM 10 Emissionen von genehmigungsbedürftigen Kaffeeröstereien, Berlin, 24.09.2015
BERLINER FORSTEN 2015	Landesforstamt Berlin: Kohlenstoffbilanzierung der Berliner Wälder, persönliche Mitteilung, Malte Münte, Berlin, 16.07.2015
BBB 2013 a	Amt für Statistik Berlin-Brandenburg (Hrsg.): Einwohnerinnen und Einwohner im Land Berlin am 31. Dezember 2012, Statistischer Bericht A I 5 – hj 2 / 12, Potsdam, 2013
BBB 2013 b	Amt für Statistik Berlin-Brandenburg (Hrsg.): Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung in Berlin 2012, Statistischer Bericht A V 3 – j / 12, Potsdam, 2013
BBB 2014	Amt für Statistik Berlin-Brandenburg (Hrsg.): Ausgewählte Ergebnisse der Agrarstrukturerhebung im Land Berlin 2013, Statistischer Bericht C IV 14 – u / 13, Potsdam, 2014
BBB 2015 a	Amt für Statistik Berlin-Brandenburg: Statistiken zu Berlin und Bezirken für die Anzahl der Einwohner, Beschäftigten und Anzahl der Studenten, Potsdam, 2015
BBB 2015 b	Amt für Statistik Berlin-Brandenburg: Energiebilanz 2012, Potsdam, 2015
BBB 2015 c	Amt für Statistik Berlin-Brandenburg: Statistik zur Anzahl der Haushalte

BERLIN 2014 a	Machbarkeitsstudie Klimaneutrales Berlin 2050, Potsdam und Berlin, März 2014
BERLIN 2015	Energiebilanz Berlin, Statistischer Bericht E IV 4 – j / 12, Amt für Statistik Berlin-Brandenburg, www.statistik-berlin-brandenburg.de , Mai 2015
BES 2015	Berlin Erdgasspeicher GmbH & Co. KG: Technischer Speicherbetrieb, abrufbar im Internet unter: http://www.berliner-erdgasspeicher.de/Unternehmen/Seiten/default.aspx#/Seiten/Ueber-Uns-Technischer-Speicherbetrieb.aspx letzter Zugriff am 27.05.2015
BMEL 2013	Basisdaten Bioenergie Deutschland, August 2013, http://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Landwirtschaft/Bioenergie-e-NachwachsendeRohstoffe/FNR-Basisdaten-Bioenergie-2013.pdf?__blob=publicationFile
BRANDENBURG 2015	Emissionsgutachten Brandenburg 2014 – 2015, Teilprojekt: Berechnung Endenergieverbrauch, Emissionsfaktoren und Emissionsaufkommen für Haushalte und GHD, Vortrag Michael Struschka (ifk), am 22.6.2015 in Potsdam
BUBEONLINE 2015	Bund-/Länder Kooperation VKoopUIS: Fachhilfe für BUBE-Online Betriebliche Umweltdatenberichterstattung Emissionsspektren und Emissionsfaktoren für die Berechnung von Emissionen 11. BImSchV, o.O., 26.01.2015
DBAG 2007	Löchter, A., Modellsystem zur Berechnung des Abriebs und anderer luftgetragener Schadstoffe des Schienenverkehrs, Immissionsschutz 2007 - Zeitschrift für Luftreinhaltung, Lärmschutz, Anlagensicherheit, Abfallverwertung und Energienutzung, Erich Schmidt Verlag
DBAG 2015	Daten zu den Emissionen des Schienenverkehrs auf dem Netz der DB AG in Berlin, per Email erhalten von Herrn Löchter, 26.02.2015 und 17.04.2015
DESTAITS 2012 a	Statistisches Bundesamt: Verkehr – Güterverkehrsstatistik der Binnenfahrt, Fachserie 8, Reihe 4, 2013
DESTATIS 2012 b	Statistisches Bundesamt: Luftverkehr auf allen Flugplätzen, Fachserie 8, Reihe 6.2, Juli 2013
DESTATIS 2012 c	Statistisches Bundesamt: Öffentliche Wasserversorgung und Abwasserentsorgung nach Ländern, Anschlussgrad und Wasserabgabe, Wiesbaden, 2012
DESTATIS 2015 a	Statistisches Bundesamt: Statistik zur Flächennutzung für Berlin, Wiesbaden, 2015

DESTATIS 2015 b	Statistisches Bundesamt: Statistik zur Anzahl der Haushalte in Berlin, Wiesbaden, 2015
DIW 2013	Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung e.V. (DIW Berlin): DIW Wochenbericht NR. 50/2013, Berlin, 12.12.2013.
DFS	DFS Deutsche Flugsicherung: Luftverkehr in Deutschland – Mobilitätsbericht, o.O, o.J.
EEA 2013	EMEP/EEA Air pollutant emission inventory guidebook 2013
EMEP 2013	EMEP/EEA Air pollutant emission inventory guidebook 2013, 1.A.3.c Railways, www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2013
FBB GMBH 2012	Flughafen Berlin Brandenburg GmbH, Stabstelle Umwelt: Dokumentation zum Datenerfassungssystem DES2023BAF, 12.12.2012
FLUGLSG 2007	Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm (FluLärmG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 31. Oktober 2007 (BGBl. I S. 2550)
FRIEDRICH 2007	Friedrich, R. (Projektkoordinator): NatAir - Improving and applying methods for the calculation of natural and biogenic emissions and assessment of impacts to the air quality, Sixth Framework Programme, Proposal No.: 513699, Universität Stuttgart, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), 2007
FVB 2015	Gefährdung durch Feinstaubemissionen von Baumaschinen, Technische Universität Dresden Fakultät Maschinenwesen Institut für Verarbeitungsmaschinen und Mobile Arbeitsmaschinen, Studie im Auftrag der Forschungsvereinigung Bau- und Baustoffmaschinen e. V., Schriftenreihe der Forschungsvereinigung Bau- und Baustoffmaschinen e. V., Juli 2015
FVSF 2008	Forschungsvereinigung für die Sport- und Freizeitschiffahrt e.V. (FVSF): Strukturen im Bootsmarkt, Dezember 2008
HARRISON 2012	Estimation of the Contributions of Brake Dust, Tire Wear, and Resuspension to Nonexhaust Traffic Particles Derived from Atmospheric Measurements, Roy M. Harrison, Alan M. Jones, Johanna Gietl, Jianxin Yin, David C. Green, Environmental Science and Technology 2012, 46 (12)
HLUG 2014	Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie: Persönliche Mitteilung von Herrn Freitag, 3.11.2014

HU 2015	Humboldt-Universität zu Berlin (HU Berlin): Berliner Moorböden im Klimawandel, persönliche Mitteilung, Christian Klingenuß und Christian Heller, 22.07.2015
IBB 2013	IBB Wohnungsmarktbericht 2013, Tabellenband, Investitionsbank Berlin, www.ibb.de
IFE 2013	Rückläufe der Stichprobenerhebung Baugewerbe 2011, persönliche Mitteilung, Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik, Technische Universität München, 2015
IFEU 2010	Nichtauspuffbedingte Partikelemissionen von Maschinen und Geräten in Land- und Bauwirtschaft, Aktualisierung der Emissionsfaktoren; Grundlagendaten für das Projekt: Versucher, flächenhafte Belastung und Tendenzen für PM _{1,5} in Sachsen, siehe /LOHMEYER 2010/
IFEU 2009	Aktualisierung des Modells TREMOD – Mobile Machinery (TREMOMM); im Auftrag des UBA, ifeu, Feb. 2009
IFEU 2012	Aktualisierung „Daten- und Rechenmodell: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960 – 2030“ (TREMOMM, Version 5.3) für die Emissionsberichtserstattung 2013 (Berichtsperiode 1990 - 2011)
IFEU 2013 a	Aktualisierung der Emissionsberechnung für die Binnenschifffahrt und Übertragung der Daten in TREMOD, Im Auftrag des Umweltbundesamtes, November 2013
IFEU 2013 b	Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH: Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz 2012 für die Nutzung von Berliner Abfällen als Ressource, Endbericht, Heidelberg, 2013
IFEU 2014	Erarbeitung eines Konzepts zur Minderung der Umweltbelastung aus NRMM (non road mobile machinery) unter Berücksichtigung aktueller Emissionsfaktoren und Emissionsminderungsoptionen für den Bestand; im Auftrag des UBA, ifeu, Dessau-Roßlau, März 2014
IIASA 2007	Primary emissions of fine carbonaceous particles in Europe, Kupiainen et Klimont, Atmospheric Environment 41, 2007
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
INFRAS 2007	PM ₁₀ -Emissionen Verkehr, Teil Schienenverkehr, Schlussbericht, INFRAS, Januar 2007, http://www.bafu.admin.ch/luft/11017/11046/11268/index.html?lang=dd

INFRAS 2012	INFRAS: Luftschadstoffemissionen der Schifffahrt in den Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft – Aktualisierung 2010/2015/2020, Bern 2012
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
IWH 2009	Aktuelle Trends: Deutlicher Sanierungsvorsprung ostdeutscher Bestandsimmobilien, Michelsen, Wirtschaft im Wandel 9/2009
IWH 2010	Energieeffizienz im Altbau: Werden die Sanierungspotenziale überschätzt? Ergebnisse auf Grundlage des ista-IWH-Energieeffizienzindex, Michelsen, Müller-Michelsen, Wirtschaft im Wandel 9/2010
IWU 2013	Gradtagszahlen Deutschland, Institut Wohnen und Umwelt, 2013, http://www.iwu.de/downloads/fachinfos/energiebilanzen/
KBA 2015	Krafftahrt-Bundesamt: Bestand an Kraftfahrzeugen 2012 für Berlin und Berliner Bezirke, Flensburg, 2015
LAI 2013	Mittlere Emissionsfaktoren für kleine und mittlere Feuerungsanlagen KuMFA, Stand 24. April 2013 für Bericht 2012 (nach 1. BImSchV vom 26.01.2010) ohne Abgasreinigung
LANUV NRW 2015	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW: Persönliche Auskunft vom 07.07.2015
LOHMEYER 2010	Verursacher, Flächenhafte Belastung und Tendenzen für PM2.5 in Sachsen – Aktualisierung 2009, 2. Zwischenbericht vom 30.11.2010, Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Karlsruhe, 2010
MUGV 2013	Land Brandenburg, Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz: Flughafen Berlin Brandenburg (EDDB) – Ausweitung des Lärmschutzbereichs nach dem Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm (FlugLSG) – Erläuterungen zu den gesetzlichen Grundlagen und Eingangsdaten, Stand 12.06.2012
NBB 2015	Netzgesellschaft Berlin-Brandenburg mbH & Co. KG: Teilnetz Berlin, abrufbar im Internet unter: https://www.nbb-netzgesellschaft.de/kunden-und-partner/transportkunden/netzgebiet/Seiten/teilnetz-berlin.aspx letzter Zugriff am 27.05.2015
PIK et al. 2014	Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK) et al: Machbarkeitsstudie Klimaneutrales Berlin 2050, Potsdam und Berlin, 2014

PREGGER 2007	Ermittlung und Analyse der Emissionen und Potenziale zur Minderung primärer anthropogener Feinstäube in Deutschland, Dissertation an der Universität Stuttgart, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, 2006
PRTR 2014	Umweltbundesamt: PRTR-Gesamtdatenbestand (Stand 30.09.2014), www.thru.de , Dessau-Roßlau, letzter Zugriff am 18.10.2014
REEDER 2015	http://www.reederverband-berlin.de/
SENSTADT 2015	Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt: Klärschlammensorgung des Landes Berlin, http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/abfall/klaerschlamm , (abgerufen am 24.06.2015)
SENSTADT 2015b	Daten zu Straßenbahn und U-Bahn, erhalten per Email am 02.04.2015 von Herrn Kerschbaumer, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin
STJB 2013	Statistisches Jahrbuch Berlin 2013, ISBN 978-3-88961-525-1
STABU 2014	Statistisches Bundesamt: Verkehr, Fachserie 8, Reihe 6.2 Luftverkehr auf allen Flugplätzen, Wiesbaden, 2014
SVSU 2014	Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt – IXC: XML-Datenbankexport zur betrieblichen Umweltdatenberichterstattung Berlin im Jahr 2012, Berlin, 01.10.2014
TH 2014	Fortschreibung des Thüringen Emissionskatasters und der Treibhausgasstudie, im Auftrag der TLUG, IE Leipzig und AVISO GmbH, 2014
THELOKE 2008	Dr. Theloke, J.: Auflistung von statistischen Indikatorgrößen der einzelnen Quellbereiche, in denen NMVOC Emissionen anfallen, o.O, 2008
THELOKE 2014	Dr. Theloke, J.: Persönliche Mitteilung am 07.11.2014
THÜNEN 2014	Johann Heinrich von Thünen-Institut (Hrsg.): Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft 1990 – 2012, Report zu Methoden und Daten (RMD) Berichterstattung 2014, Thünen Report 17, Braunschweig, 2014
THÜNEN 2015	Johann Heinrich von Thünen-Institut: Emissionen aus LULUC, persönliche Mitteilung, Annette Freibauer, Braunschweig, 10.03.2015
UBA 2008	Effiziente Bereitstellung aktueller Emissionsdaten für die Luftreinhaltung, UBA-Texte 44-08, Struschka et al., 2008

UBA 2002	Umweltbundesamt: Modellierung von Feinstaubemissionen in Europa, Dessau-Roßlau, 2002
UBA 2004	Umweltbundesamt: UFOPLAN-Vorhaben „Emissionsdaten für flüchtige organische Verbindungen aus der Lösemittelverwendung – Methodenevaluierung, Datenerhebung und Prognosen“ VOC–Emissionsinventar
UBA 2010	Umweltbundesamt (Hrsg.): Aufwand und Nutzen einer optimierten Bioabfallverwertung hinsichtlich Energieeffizienz, Klima- und Ressourcenschutz, Texte 43/2010, Dessau-Roßlau, 2010
UBA 2013	Umweltbundesamt (Hrsg.): Einfluss der biogenen und natürlichen Emissionen, abgeleitet aus verschiedenen Datensätzen und Berechnungsmethoden, auf modellierte Schadstoffkonzentrationen, Teilbericht zum F&E-Vorhaben „Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung - PAREST“, Texte 57/2013, Dessau-Roßlau, 2014
UBA 2014 a	http://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/emissionen-von-luftschadstoffen
UBA 2014 b	Umweltbundesamt (Hrsg.): Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2014, Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2012. Climate Change 24/2014, Dessau-Roßlau, Juli 2014
UBA 2014 c	Umweltbundesamt: E-Mail von Herrn Böttcher – Emissionen aus der Verteilung von Erdgas, Dessau-Roßlau, 8.12.2014
UBA 2015	Umweltbundesamt: Persönliche Auskunft am 13.02.2015
UBA 2015 a	Umweltbundesamt: Persönliche Auskunft und Datenlieferung am 30.01.2015
UBA 2015b	http://iir-de.wikidot.com/welcome:welcome
UBA 2015c	Abgasgrenzwerte für Baumaschinen http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/420/bilder/dateien/6_tab_grenzwerte-maschinen.pdf
VW 1988	Volkswagen AG, Nicht limitierte Automobil-Abgaskomponenten, 1988
WSD Ost 2012	Verkehrsbericht der WSD Ost 2012 – Binnenschifffahrt in Zahlen, 2012
WSP 2012	Wasserschutzpolizei Berlin: Sonderbestimmungen für Sport-/ und Kleinfahrzeuge, November 2012

ZUB 2009 Erfassung regionaltypischer Materialien im Gebäudebestand mit
Bezug auf die Baualterklasse und Ableitung typischer Bauteil-
aufbauten, Zentrum für Umweltbewusstes Bauen e.V., 2009

Anhang

Anteil EC/BC an PM10-Abgas

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung sollten auch, soweit möglich, Emissionen von EC (elementarem Kohlenstoff) ausgewiesen werden. Für diese Schadstoffkomponente liegen aktuell nur wenige Informationen vor.

Für die Quellengruppe Gebäudeheizung wurde auf der Basis von Literaturwerten ein Emissionsfaktor für EC abgeleitet und die EC-Emissionen berechnet.

Für einige der übrigen (Teil-)Quellengruppen liegen aus /EEA 2013/ Informationen dazu vor, welcher Anteil der PM10-Emissionen als BC (black carbon) ausgewiesen werden kann. Es handelt sich dabei um grobe Schätzwerte, die im Folgenden aufgeführt sind:

- Schienenverkehr: BC-Fraktion an PM10-Abgas: 0,65
- Schiffsverkehr: BC-Fraktion an PM10-Abgas:
 - 0,31 (marine Diesel oil)
 - 0,55 (Sportboote Diesel)
 - 0,05 (Sportboote Benzin)
- Flugverkehr: BC-Fraktion an PM10-Abgas:
 - 0,48 (Kerosin)
 - 0,15 (Benzin)
- Offroad-Verkehr: BC-Fraktion an PM10-Abgas:
 - 0,57 (Landwirtschaft)
 - 0,65 (Forstwirtschaft)
 - 0,62 (Industrie)
 - 0,05 (benzinbetriebene Maschinen und Geräte)

Emissionsdatenbank

Die ermittelten Emissionen der verschiedenen Quellengruppen wurden in einer Emissionsdatenbank zusammengeführt. Der prinzipielle Aufbau, die Struktur sowie die Inhalte dieser Datenbank werden im Folgenden erläutert.

Aufbau Emissionsdatenbank

Der zentrale Datenspeicher der Emissionsdatenbank ist eine Access-Datenbank. Diese enthält neben allen Datentabellen auch die Benutzerschnittstelle in Form von vorgefertigten Abfragen, Berichten und Auswertungen. Für bestimmte (Teil-) Quellengruppen besteht die Möglichkeit, eigenständig Emissionsberechnungen durchzuführen.

Die geometrischen Daten werden in Form von ArcGIS-Layern im shape-Format vorgehalten. Diese GIS-Layer werden in einem Dateisystem-Ordner abgelegt und deren Attributtabellen in die zentrale Datenbank als verknüpfte Tabellen eingebunden. Die Layer werden ausschließlich zur Ergebnisdarstellung und -aufbereitung verwendet. Zentraler Datenspeicher für alle nicht geometrischen Daten ist immer die Access-Datenbank. Sollten in der Datenbank Änderungen vorgenommen worden sein, z.B. in Folge einer aktualisierten Emissionsberechnung, so können die geänderten Daten in die entsprechenden GIS-Layer übertragen werden. Die Verknüpfung erfolgt über eindeutige Schlüssel je Quelle innerhalb einer Quellengruppe.

Benutzerschnittstelle

Der Anwender kann mittels vorgefertigter Abfragen, Formulare und Berichte mit Auswahlmöglichkeiten zur Datenabfrage, Auswertung und Export eigenständig Datenanalysen, Übersichtstabellen und Emissionsberechnungen (für ausgewählte Quellengruppen) erstellen bzw. durchführen.

Diese Auswertungen können, differenziert nach Quellengruppen, Schadstoffen, Stadtbezirken erfolgen.

Erweiterbarkeit

Die Erweiterbarkeit der Emissionsdatenbank ist gegeben durch die Möglichkeit der Ergänzung vorhandener Definitionstabellen (Schadstoffe, Quellgruppen, etc.) und entsprechender Versorgung der Datentabellen und Geometriedaten.

Inhalte Emissionsdatenbank

Neben Definitions- und Datentabellen enthält die Datenbank auch alle per Verknüpfung eingebetteten Attributtabellen der GIS-Layer und die Formulare und Berichte zur Auswertung und Aufbereitung der Daten und Ergebnisse nach unterschiedlichsten Kriterien.

Eine Übersicht zu Struktur und Inhalte der Definitions- und Datentabellen sind in einer separat vorliegenden Datenbank-Beschreibung enthalten.

Erstellung der Berliner Emissionskataster Industrie, Gebäudeheizung, sonstiger Verkehr, Kleingewerbe, sonstige Quellen, Baustellen

Schlussbericht, Juni 2016

(ssu0114ekat)

Bearbeitung:

AVISO GmbH (Federführung):

Dr.-Ing. Christiane Schneider
Dr. rer. nat. Nicola Toenges-Schuller
Arnold Niederau

IE Leipzig:

Marcel Ebert
Anne Scheuermann
Alexander Schiffler

Aachen, Juni 2016

Im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin

AVISO GmbH

Am Hasselholz 15
52074 Aachen
Fon: +49 (0) 241 / 470358-0
info@avisogmbh.de
Fax: +49 (0) 241 / 470358-9

E-Mail:

<http://www.avisogmbh.de>

 Leipziger Institut
für Energie

AVISO