

**Entwurf des Nationalen Luftreinhalteprogramms
gemäß Art. 6 und Art. 10 der Richtlinie (EU) 2016/2284 über die
Reduktion der nationalen Emissionen bestimmter Luftschadstoffe
sowie**

**gemäß §§ 4 und 16 der 43. Verordnung zur Durchführung des
Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über nationale
Verpflichtungen zur Reduktion bestimmter Luftschadstoffe)**

12.12.2018



Titel des Programms	Nationales Luftreinhalteprogramm
Datum	
Mitgliedstaat	Deutschland
Name der für die Erstellung des Programms zuständigen Behörde	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU), Arbeitsgruppe IG I 2
Telefonnummer der zuständigen Dienststelle	+49 30 18 305-2430/2434
E-Mail-Adresse der zuständigen Dienststelle	AGIGI2@bmu.bund.de
Link zur Webseite, auf der das Programm veröffentlicht wird	
Links zu der Website der Konsultation im Zusammenhang mit dem Programm	

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	7
Tabellenverzeichnis	10
Abkürzungsverzeichnis	12
Vorwort	14
1 Zusammenfassung	15
1.1 Luftreinhaltung und Luftqualität im nationalen politischen Kontext	15
1.2 Bericht zur Entwicklung der Emissionen und der Luftqualität 2005 bis 2016	15
1.3 Emissionsprojektionen bis 2030 im Mit-Maßnahmen- (WM) und im NEC-Compliance-Szenario (WAM)	18
1.4 Analytierte Maßnahmenoptionen zur Einhaltung der Reduktionsverpflichtungen	24
2 Einführung	26
2.1 Nationale Emissionsreduktionsverpflichtungen – ein Instrument zur Verbesserung der Luftqualität und zur Verminderung der Belastung von Ökosystemen	26
2.1.1 Luftschadstoffe	26
2.1.2 Emissionsreduktionsverpflichtungen	27
2.1.3 Szenarien, Strategien und Maßnahmen	29
2.1.3.1 Definitionen	29
2.1.3.2 Methodik	30
2.1.4 Bedeutung für die Luftqualität	33
3 Politischer Rahmen für Luftqualität und Luftreinhaltung	34
3.1 Politikziele zur Luftreinhaltung und zur Verbesserung der Luftqualität und Einordnung gegenüber Zielen in anderen Politikbereichen	34
3.2 Verantwortlichkeiten für Einhaltung der Ziele der Luftreinhaltung und Luftqualität	35
4 Bereits erzielte Emissionsreduktionen und Verbesserungen der Luftqualität in 2016 gegenüber dem Basisjahr 2005 sowie Einhaltung von nationalen und EU-Regelungen im Berichtsjahr 2016	36
4.1 Entwicklung der Emissionen von 2005 bis 2016 nach Emissionsberichterstattung 2018, Einhaltung von nationalen und EU-Regelungen	36
4.1.1 Entwicklung der Emissionen von 2005 bis 2016 gemäß Emissionsberichterstattung 2018	36
4.1.1.1 Entwicklung der Emissionen – Überblick	36
4.1.1.2 Entwicklung der SO ₂ -Emissionen 2005 – 2016	40
4.1.1.3 Entwicklung der NO _x -Emissionen 2005 – 2016	41
4.1.1.4 Entwicklung der NMVOC-Emissionen 2005 – 2016	44
4.1.1.5 Entwicklung der NH ₃ -Emissionen 2005 – 2016	47
4.1.1.6 Entwicklung der PM _{2,5} -Emissionen 2005 – 2016	49
4.1.2 Einhaltung gültiger Emissionsreduktionsverpflichtungen	52
4.2 Entwicklung der Luftqualität 2005-2016	54
4.2.1 Entwicklung der Luftqualität 2005-2016 - Einhaltung von nationalen und EU-Regelungen	54
4.2.1.1 Methodik zur Beurteilung der Entwicklung der Luftqualität	54
4.2.1.2 Entwicklung der NO ₂ -Konzentrationen	55
4.2.1.3 NO ₂ -Überschreitungssituation	57
4.2.1.3.1 NO ₂ -Jahresgrenzwert (40 µg/m ³)	57
4.2.1.3.2 NO ₂ -Stundengrenzwert (200 µg/m ³ nicht öfter als 18-mal im Kalenderjahr)	59
4.2.1.3.3 NO ₂ -Stundengrenzwert nach WHO-Empfehlung (200 µg/m ³)	60
4.2.1.4 Entwicklung der PM ₁₀ -Konzentrationen	62
4.2.1.5 PM ₁₀ -Überschreitungssituation	63
4.2.1.5.1 PM ₁₀ -Tagesgrenzwert (50 µg/m ³ nicht öfter als 35-mal im Kalenderjahr)	63
4.2.1.5.2 PM ₁₀ -Jahresgrenzwert (40 µg/m ³)	65
4.2.1.5.3 PM ₁₀ -Tagesgrenzwert gemäß WHO-Empfehlung (50 µg/m ³ nicht öfter als 3-mal im Kalenderjahr)	66
4.2.1.5.1 PM ₁₀ -Jahresgrenzwert gemäß WHO-Empfehlung (20 µg/m ³)	68
4.2.1.6 Entwicklung der PM _{2,5} -Konzentrationen	69

4.2.1.6.1	Average Exposure Indicator (AEI)	69
4.2.1.6.2	PM _{2,5} -Jahresgrenzwert (25 µg/m ³)	70
4.2.1.6.3	PM _{2,5} -Jahresgrenzwert gemäß WHO-Empfehlung (10 µg/m ³)	72
4.2.1.7	Entwicklung der O ₃ -Konzentrationen	73
4.2.1.8	O ₃ -Überschreitungssituation	76
4.2.1.8.1	O ₃ -langfristiges Ziel (120 µg/m ³ für maximalen 8-Stunden-Mittelwert eines Tages)	76
4.2.1.8.2	O ₃ -Zielwert (120 µg/m ³ für 3-Jahresmittel der maximalen 8-Stunden-Mittelwerte eines Tages nicht öfter als 25-mal bezogen auf ein Jahr)	78
4.2.1.9	CO-Überschreitungssituation	79
4.2.1.10	SO ₂ -Überschreitungssituation	80
4.2.1.10.1	SO ₂ -Grenzwerte	80
4.2.1.10.2	SO ₂ -Tagesgrenzwert nach WHO-Empfehlung (20 µg/m ³)	80
4.2.2	Entwicklung der Luftqualität 2005-2015 – Ergebnisse der Ausbreitungsmodellierung	80
4.2.2.1	Methodik	80
4.2.2.2	Modellierte Hintergrund-NO ₂ -Konzentrationen	81
4.2.2.3	Modellierte Hintergrund-SO ₂ -Konzentrationen	82
4.2.2.4	Modellierte Hintergrund-NH ₃ -Konzentrationen	83
4.2.2.5	Modellierte Hintergrund-PM _{2,5} -Konzentrationen	84
4.2.2.6	Modellierte Hintergrund-O ₃ -Konzentrationen	85
4.2.2.7	Zusammenfassung der Ergebnisse der Ausbreitungsmodellierung	87
4.3	Beurteilung der Entwicklung des grenzüberschreitenden Transports von Luftschadstoffen aus und nach Deutschland	88
4.3.1	Methodik	88
4.3.2	Ergebnisse	88
5	Bericht zur Emissionsprojektion und Entwicklung der Luftqualität im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM – With Measures)	92
5.1	Emissionsprojektion bis 2030 und Bewertung der Emissionsreduktion gegenüber 2005 im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM)	92
5.1.1	Mit-Maßnahmen-Szenario (WM)	92
5.1.1.1	Aktivitätsratenentwicklung - allgemein	92
5.1.1.2	weitere Trendprognosen – Luftreinhaltung	94
5.1.2	Emissionsprojektion bis 2030 im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM)	97
5.1.3	Beschreibung der mit der Emissionsprojektion im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM) verbundenen Unsicherheiten	105
5.2	modellierte Entwicklung der Luftqualität 2005 bis 2030 im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM – With Measures)	107
5.2.1	Modellierte Hintergrund-NO ₂ -Konzentrationen	107
5.2.2	Modellierte Hintergrund-SO ₂ -Konzentrationen	108
5.2.3	Modellierte Hintergrund-NH ₃ -Konzentrationen	109
5.2.4	Modellierte Hintergrund-PM _{2,5} -Konzentrationen	110
5.2.5	Modellierte Hintergrund-O ₃ -Konzentrationen	111
5.2.6	Zusammenfassung der Ergebnisse der Ausbreitungsmodellierung	113
6	Strategie- und Maßnahmenoptionen zur Einhaltung der Emissionsreduktionsverpflichtungen ab 2020 und ab 2030 sowie der indikativen Zwischenziele ab 2025	115
6.1	Weiterführende Maßnahmenoptionen Klimaschutz	115
6.2	Weiterführende Maßnahmenoptionen - NO _x	117
6.3	weiterführende Maßnahmenoptionen - NMVOC	119
6.4	weiterführende Maßnahmenoptionen – SO ₂	119
6.5	weiterführende Maßnahmenoptionen – PM _{2,5}	120
6.6	weiterführende Maßnahmenoptionen – NH ₃	121
6.7	Minderungspotenziale der weiterführenden Maßnahmenoptionen	126
6.8	Weitere Informationen zu Maßnahmen im Bereich Landwirtschaft	127

7	Strategien und Maßnahmen (inkl. Zeitplan für Annahme der Maßnahme, Implementierung und Erfolgskontrolle sowie zuständige Stelle)	128
7.1	Bericht der zur Umsetzung ausgewählten Strategien und Maßnahmen (inkl. zuständige Stellen)	128
7.2	Bewertung der Kohärenz mit Plänen und Programmen in anderen Politikfeldern	128
8	Bericht zur Emissionsprojektion, Entwicklung der Luftqualität und zu den Auswirkungen auf die Umwelt im NEC-Compliance-Szenario zur Einhaltung der Reduktionsverpflichtungen (WAM – With Additional Measures)	129
8.1	Emissionsprojektion bis 2030 und Bewertung der Emissionsreduktion gegenüber 2005 im NEC-Compliance-Szenario (WAM)	129
8.2	Beschreibung der mit der WAM-Projektion verbundenen Unsicherheiten	136
8.3	Luftqualitätsprognose im NEC-Compliance-Szenario (WAM)	139
8.4	Prognose der Auswirkungen auf die Umwelt im NEC-Compliance-Szenario (WAM)	146
9	Referenzen	147
Anhänge		148
A	Anhang – Emissionsquellen nach Berichtsnomenklatur (NFR – Nomenclature for Reporting)	148
B	Anhang – Emissionsdaten zu Kapitel 4.1.1	152

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Entwicklung der Emissionen von SO ₂ , NO _x , NMVOC, NH ₃ und PM _{2,5} von 2005 bis 2016 und linearer Reduktionspfad nach NEC-Richtlinie (EU) 2016/2284, Quelle: Emissionsberichterstattung 2018, Umweltbundesamt, FG I 2.6.....	16
Abbildung 2:	NO _x -Emissionen und Emissionsprognosen in WM- und WAM-Szenario	19
Abbildung 3:	SO ₂ -Emissionen und Emissionsprognosen in WM- und WAM-Szenario	20
Abbildung 4:	NMVOC-Emissionen und Emissionsprognosen in WM- und WAM-Szenario	21
Abbildung 5:	PM _{2,5} -Emissionen und Emissionsprognosen in WM- und WAM-Szenario	22
Abbildung 6:	NH ₃ -Emissionen und Emissionsprognosen in WM- und WAM-Szenario.....	23
Abbildung 7:	Entwicklung der Emissionen von SO ₂ , NO _x , NMVOC, NH ₃ und PM _{2,5} von 1990 bis 2016 und linearer Reduktionspfad nach neuer NEC-Richtlinie (EU) 2016/2284, Quelle: Emissionsberichterstattung 2018, Umweltbundesamt, FG I 2.6	37
Abbildung 8:	Entwicklung der Emissionen von SO ₂ , NO _x , NMVOC, NH ₃ und PM _{2,5} von 2005 bis 2016 und linearer Reduktionspfad nach neuer NEC-Richtlinie (EU) 2016/2284, Quelle: Emissionsberichterstattung 2018, Umweltbundesamt, FG I 2.6	39
Abbildung 9:	Entwicklung der SO ₂ -Emissionen von 2005-2016 in Deutschland	40
Abbildung 10:	Entwicklung der NO _x -Emissionen von 2005-2016 in Deutschland.....	41
Abbildung 11:	NO _x -Emissionen des Verkehrs 2005-2016 in Deutschland.....	43
Abbildung 12:	Entwicklung der NMVOC-Emissionen von 2005-2016 in Deutschland	44
Abbildung 13:	NMVOC-Emissionen des Verkehrs von 2005-2016 in Deutschland	45
Abbildung 14:	Entwicklung der NH ₃ -Emissionen von 2005-2016 in Deutschland.....	49
Abbildung 15:	Entwicklung der PM _{2,5} -Emissionen von 2005-2016 in Deutschland	50
Abbildung 16:	PM _{2,5} -Emissionen des Verkehrs von 2005-2016 in Deutschland.....	51
Abbildung 17:	Entwicklung der Jahresmittelwerte der gemessenen NO ₂ -Konzentrationen.....	56
Abbildung 18:	modellierte Konzentrationskarten zur Entwicklung der Jahresmittelwerte der gemessenen NO ₂ -Konzentrationen mit Punktinformationen der Messwerte der verkehrsnahen Stationen	57
Abbildung 19:	Anteil der Stationen mit Überschreitung des NO ₂ -Jahresgrenzwertes separat nach Stationstyp.....	58
Abbildung 20:	Darstellung der Entwicklung der Überschreitungssituation für NO ₂ nach Beurteilungsgebieten (Jahresmittelwert).....	58
Abbildung 21:	Anteil der Stationen mit Überschreitung des NO ₂ -Stundengrenzwertes separat nach Stationstyp.....	59
Abbildung 22:	Darstellung der Entwicklung der Überschreitungssituation für NO ₂ nach Beurteilungsgebieten (Stundenmittelwert)	60
Abbildung 23:	Anteil der Stationen mit Überschreitung des WHO-NO ₂ -Stundengrenzwertes separat nach Stationstyp.....	61
Abbildung 24:	Darstellung der Entwicklung der Überschreitungssituation für NO ₂ nach Beurteilungsgebieten (WHO-Stundenmittelwert)	61
Abbildung 25:	Entwicklung der Jahresmittelwerte der gemessenen PM ₁₀ -Konzentrationen	62
Abbildung 26:	modellierte Konzentrationskarten zur Entwicklung der Jahresmittelwerte der gemessenen PM ₁₀ -Konzentrationen mit Punktinformationen der Messwerte der verkehrs- und industrienahen Stationen.....	63
Abbildung 27:	Anteil der Stationen mit Überschreitung des PM ₁₀ -Tagesgrenzwertes separat nach Stationstyp.....	64
Abbildung 28:	Darstellung der Entwicklung der Überschreitungssituation für PM ₁₀ nach Beurteilungsgebieten (Tagesmittelwert).....	64

Abbildung 29: Anteil der Stationen mit Überschreitung des PM ₁₀ -Jahresgrenzwertes separat nach Stationstyp	65
Abbildung 30: Darstellung der Entwicklung der Überschreitungssituation für PM ₁₀ nach Beurteilungsgebieten (Jahresmittelwert).....	66
Abbildung 31: Anteil der Stationen mit Überschreitung des WHO-PM ₁₀ -Tagesgrenzwertes separat nach Stationstyp.....	67
Abbildung 32: Darstellung der Entwicklung der Überschreitungssituation für PM ₁₀ nach Beurteilungsgebieten (WHO-Tagesmittelwert)	67
Abbildung 33: Anteil der Stationen mit Überschreitung des WHO-PM ₁₀ -Jahresgrenzwertes separat nach Stationstyp	68
Abbildung 34: Darstellung der Entwicklung der Überschreitungssituation für PM ₁₀ nach Beurteilungsgebieten (WHO-Jahresmittelwert).....	69
Abbildung 35: Darstellung des Average Exposure Indicator (AEI) für PM _{2,5} seit 2010	70
Abbildung 36: Anteil der Stationen mit Überschreitung des PM _{2,5} -Jahresgrenzwertes separat nach Stationstyp.....	71
Abbildung 37: Darstellung der Entwicklung der Überschreitungssituation für PM _{2,5} nach Beurteilungsgebieten (Jahresmittelwert).....	71
Abbildung 38: Anteil der Stationen mit Überschreitung des WHO-PM _{2,5} -Jahresgrenzwertes separat nach Stationstyp	72
Abbildung 39: Darstellung der Entwicklung der Überschreitungssituation für PM _{2,5} nach Beurteilungsgebieten (WHO-Jahresmittelwert).....	73
Abbildung 40: Entwicklung der höchsten täglichen 8-Stunden-Mittelwerte für O ₃	74
Abbildung 41: Entwicklung der 3-Jahresmittelwerte der höchsten täglichen 8-Stunden-Mittelwerte für O ₃	75
Abbildung 42: modellierte Konzentrationskarten zur Entwicklung der 3-Jahresmittelwerte der gemessenen O ₃ -Konzentrationen.....	76
Abbildung 43: Anteil der Stationen mit Überschreitung des O ₃ -Langfristzieles separat nach Stationstyp	77
Abbildung 44: Darstellung der Entwicklung der Überschreitungssituation für O ₃ nach Beurteilungsgebieten (langfristiges Ziel).....	77
Abbildung 45: Anteil der Stationen mit Überschreitung des O ₃ -Zielwertes separat nach Stationstyp	78
Abbildung 46: Darstellung der Entwicklung der Überschreitungssituation für O ₃ nach Beurteilungsgebieten (Zielwert).....	79
Abbildung 47: Anteil der Stationen mit Überschreitung des WHO-SO ₂ -Tagesgrenzwertes separat nach Stationstyp.....	80
Abbildung 48: Differenz der EURAD-Modellläufe 2015 – 2005 für NO ₂ in µg/m ³ unter gleichen meteorologischen Bedingungen	82
Abbildung 49: Differenz der EURAD-Modellläufe 2015 – 2005 für SO ₂ in µg/m ³ unter gleichen meteorologischen Bedingungen	83
Abbildung 50: Differenz der EURAD-Modellläufe 2015 – 2005 für NH ₃ in µg/m ³ unter gleichen meteorologischen Bedingungen	84
Abbildung 51: Differenz der EURAD-Modellläufe 2015 – 2005 für PM _{2,5} in µg/m ³ unter gleichen meteorologischen Bedingungen	85
Abbildung 52: Differenz der EURAD-Modellläufe 2015 – 2005 für O ₃ in µg/m ³ unter gleichen meteorologischen Bedingungen	86



Abbildung 53: Ergebnis der EURAD-Modellläufe 2005 und 2015 für die Anzahl der Überschreitungstage des O ₃ -Zielwertes unter gleichen meteorologischen Bedingungen	87
Abbildung 544: Entwicklung der modellierten grenzüberschreitenden Stoffflüsse 2005 bis 2015 für PM ₁₀ in kt	90
Abbildung 55: Komponentenanalyse für die Entwicklung der energiebedingten Treibhausgasemissionen im Projektionsbericht der Bundesregierung 2017 (PB, 2017, S.272).....	106
Abbildung 56: Differenz der EURAD-Modellläufe WM-2030 – 2005 für NO ₂ in µg/m ³ unter gleichen meteorologischen Bedingungen	108
Abbildung 57: Differenz der EURAD-Modellläufe WM-2030 – 2005 für SO ₂ in µg/m ³ unter gleichen meteorologischen Bedingungen	109
Abbildung 58: Differenz der EURAD-Modellläufe WM-2030 – 2005 für NH ₃ in µg/m ³ unter gleichen meteorologischen Bedingungen	110
Abbildung 59: Differenz der EURAD-Modellläufe WM-2030 – 2005 für PM _{2,5} in µg/m ³ unter gleichen meteorologischen Bedingungen	111
Abbildung 60: Differenz der EURAD-Modellläufe WM-2030 – 2005 für O ₃ in µg/m ³ unter gleichen meteorologischen Bedingungen	112
Abbildung 61: Ergebnis der EURAD-Modellläufe 2005 und WM-2030 für die Anzahl der Überschreitungstage des O ₃ -Zielwertes unter gleichen meteorologischen Bedingungen	113
Abbildung 62: Bandbreite der Emissionsprognosen für NO _x mit verschiedenen Aktivitätsratenszenarien.....	137
Abbildung 63: Bandbreite der Emissionsprognosen für SO ₂ mit verschiedenen Aktivitätsratenszenarien.....	138
Abbildung 64: Bandbreite der Emissionsprognosen für PM _{2,5} mit verschiedenen Aktivitätsratenszenarien.....	139
Abbildung 65: Differenz der EURAD-Modellläufe WAM-2030 – 2005 für NO ₂ in µg/m ³ unter gleichen meteorologischen Bedingungen	141
Abbildung 66: Differenz der EURAD-Modellläufe WAM-2030 – 2005 für SO ₂ in µg/m ³ unter gleichen meteorologischen Bedingungen	142
Abbildung 67: Differenz der EURAD-Modellläufe WAM-2030 – 2005 für NH ₃ in µg/m ³ unter gleichen meteorologischen Bedingungen	143
Abbildung 68: Differenz der EURAD-Modellläufe WAM-2030 – 2005 für PM _{2,5} in µg/m ³ unter gleichen meteorologischen Bedingungen	144
Abbildung 69: Differenz der EURAD-Modellläufe WAM-2030 – 2005 für O ₃ in µg/m ³ unter gleichen meteorologischen Bedingungen	145
Abbildung 70: Ergebnis der EURAD-Modellläufe 2005 und WAM-2030 für die Anzahl der Überschreitungstage des O ₃ -Zielwertes unter gleichen meteorologischen Bedingungen	146



Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Differenz der unter gleichen meteorologischen Bedingungen modellierten Jahresmittelwerte der Hintergrundkonzentrationen für 2005 und 2030 im WM- und WAM-Szenario	24
Tabelle 2:	weiterführende Maßnahmenoptionen zur Erreichung der Reduktionsverpflichtungen und deren Minderungspotenziale	25
Tabelle 3:	Prozentuale Emissionsreduktionsverpflichtungen Deutschlands gemäß der Richtlinie (EU) 2016/2284 gegenüber den Emissionen im Bezugsjahr 2005	29
Tabelle 4:	Politikziele in den Bereichen Luftreinhaltung und Luftqualität und Einordnung gegenüber Zielen in anderen Politikbereichen	34
Tabelle 5:	Zuständigkeiten der nationalen, regionalen und lokalen Behörden	35
Tabelle 6:	Absolute Emissionen in kt/a zu Abbildung 7 und Abbildung 8	38
Tabelle 7:	Einhaltung der ab 2010 zulässigen Emissionshöchstmengen nach Richtlinie 2001/81/EG nach Emissionsberichterstattung 2018 (vgl. IIR, 2018).....	53
Tabelle 8:	Entwicklung des Anteils der Beurteilungsgebiete (Anzahl) mit Überschreitung des zulässigen NO ₂ -Jahresmittelwertes.....	59
Tabelle 9:	Entwicklung des Anteils der Beurteilungsgebiete mit Überschreitung des zulässigen NO ₂ -Stundenmittelwertes.....	60
Tabelle 10:	Entwicklung des Anteils der Beurteilungsgebiete mit Überschreitung des zulässigen PM ₁₀ -Tagesmittelwertes.....	65
Tabelle 11:	Entwicklung des Anteils der Beurteilungsgebiete mit Überschreitung des zulässigen PM ₁₀ -Jahresmittelwertes	66
Tabelle 12:	Entwicklung des Anteils der Beurteilungsgebiete mit Überschreitung des zulässigen PM _{2,5} -Jahresmittelwertes.....	72
Tabelle 13:	Entwicklung des Anteils der Beurteilungsgebiete mit Überschreitung des langfristigen Zieles für O ₃	78
Tabelle 14:	Entwicklung des Anteils der Beurteilungsgebiete mit Überschreitung des Zielwertes für O ₃	79
Tabelle 15:	Differenz der unter gleichen meteorologischen Bedingungen modellierten Jahresmittelwerte der Hintergrundkonzentrationen für 2005 und 2015	88
Tabelle 16:	Modellergebnisse der Entwicklung der grenzüberschreitenden Stoffflüsse von Feinstaub (PM ₁₀) bis 3000 m Höhe unter den meteorologischen Bedingungen des Jahres 2005 mit Emissionsdaten der Jahre 2005 und 2015 (angestiegene Stoffflüsse sind grau hinterlegt)	91
Tabelle 17:	ausgewählte Trendprognosen des Primärenergie-, Endenergie- und Bruttostromverbrauches sowie der Bruttostromerzeugung im Mit-Maßnahmen-Szenario des PB 2017 im Vergleich zu 2014	93
Tabelle 18:	Quellgruppen mit wesentlichen Emissionsminderungen im Mit-Maßnahmen-Szenario	98
Tabelle 19:	fehlende absolute Minderung zur Einhaltung der Reduktionsverpflichtungen ab 2030 im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM) basierend auf MMS (PB 2017), Berechnungsgrundlage: Emissionen des Jahres 2005 nach Emissionsberichterstattung 2018 (vgl. IIR, 2018).....	98
Tabelle 20:	Emissionsprojektion für NO _x (als NO ₂) im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM – With Measures).....	99
Tabelle 21:	Emissionsprojektion für NMVOC im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM – With Measures).....	100

Tabelle 22:	Emissionsprojektion für SO ₂ im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM – With Measures).....	101
Tabelle 23:	Emissionsprojektion für NH ₃ im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM – With Measures).....	102
Tabelle 24:	Emissionsprojektion für PM _{2,5} im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM – With Measures).....	104
Tabelle 25:	Emissionsprojektionen im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM – With Measures)	105
Tabelle 26:	Emissionsprojektionen des Mit-Maßnahmen-Szenario (WM – With Measures) mit verschiedenen Aktivitätsratenszenarien des Projektionsberichtes 2017	107
Tabelle 27:	Differenz der unter gleichen meteorologischen Bedingungen modellierten Jahresmittelwerte der Hintergrundkonzentrationen für 2005 und 2030 im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM).....	113
Tabelle 28:	Bis 2020 in Sicherheitsbereitschaft übergehende Braunkohle-Kraftwerksblöcke (ergänzt nach BNetzA, 2017).....	115
Tabelle 29:	Unterschiede in prognostizierten Entwicklungen des Primärenergieverbrauchs zwischen MMS und MWMS des Projektionsberichts 2017 (PB 2017)	116
Tabelle 30:	Minderungspotenzial der weiteren Maßnahmen im Bereich Klimaschutz (MWMS, PB 2017) gegenüber dem Mit-Maßnahmen-Szenario (vgl. Kapitel 5.1.2) ..	116
Tabelle 31:	Weiterführende Maßnahmenoptionen in der Quellgruppe Landwirtschaft und deren zusätzliche Minderungspotenziale gegenüber dem Mit-Maßnahmen-Szenario (WM) (Hinweis: Minderungspotenziale für 2025 werden nach Einigung zum Maßnahmenpaket inkl. Umsetzungszeitplan ergänzt)	122
Tabelle 32:	Weiterführende Maßnahmenoptionen zur Erreichung der Reduktionsverpflichtungen und deren zusätzliche Minderungspotenziale gegenüber dem Mit-Maßnahmen-Szenario (WM).....	126
Tabelle 33:	Zusätzliche Angaben zu den Maßnahmen aus Anhang III Teil 2 der Richtlinie (EU) 2016/2284 im Bereich Landwirtschaft Tabelle 2.6.4 von Durchführungsbeschluss (EU) 2018/1522	127
Tabelle 34:	Projizierte Emissionsentwicklung im NEC-Compliance-Szenario (WAM).....	130
Tabelle 35:	Emissionsprojektion für NO _x (als NO ₂) im NEC-Compliance-Szenario (WAM)	131
Tabelle 36:	Emissionsprojektion für NMVOC im NEC-Compliance-Szenario (WAM).....	132
Tabelle 37:	Emissionsprojektion für SO ₂ (als SO ₂) im NEC-Compliance-Szenario (WAM)	133
Tabelle 38:	Emissionsprojektion für NH ₃ im NEC-Compliance-Szenario (WAM)	134
Tabelle 39:	Emissionsprojektion für PM _{2,5} im NEC-Compliance-Szenario (WAM).....	135
Tabelle 40:	Kombinationen aus Maßnahmenpaketen und Aktivitätsratenszenarien.....	136
Tabelle 41:	Differenz der unter gleichen meteorologischen Bedingungen modellierten Jahresmittelwerte der Hintergrundkonzentrationen für 2005 und 2030 im NEC-Compliance-Szenario (WAM)	140
Tabelle 42:	Modellergebnisse der trockenen und nassen Deposition im NEC-Compliance-Szenario (WAM) und Differenz gegenüber 2005.....	146



Abkürzungsverzeichnis

AR	Aktivitätsrate bzw. Aktivitätsraten
BAT	Best Available Technique
BImSchV	Rechtsverordnung nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
BREF	BAT (Best Available Technique) Reference Documents
BVT	Beste verfügbare Technik
CLRTAP	Genfer Luftreinhaltekonvention (engl.: Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution)
CO	Kohlenstoffmonoxid, Kohlenmonoxid
CNG	Compressed Natural Gas (verdichtetes Erdgas)
DüV	Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen vom 26.05.2017 (Düngeverordnung)
EEA	Europäische Umweltagentur (engl.: European Environment Agency)
EF	Emissionsfaktor bzw. Emissionsfaktoren
EM	Emission bzw. Emissionen
EMMa	Emissionsminderungsmaßnahmen (Mesap-Datenbank am UBA)
EU	Europäische Union
FG	Fachgebiet
FKZ	Forschungskennzahl
FWL	Feuerungswärmeleistung
GFA	Großfeuerungsanlagen
GT	Gasturbinen
GuD	Gas- und Dampfturbinenkraftwerke
HBEFA	Handbuch Emissionsfaktoren für Straßenverkehr
ICP	International Cooperative Programme
IEF	implizierter Emissionsfaktor (engl.: implied emission factor)
ifeu	Institut für Energie- und Umweltforschung, Heidelberg
IIR	Informative Inventory Report
LCP	Large Combustion Plant
LNF	Leichte Nutzfahrzeuge
LPG	Liquefied Petroleum Gas (Autogas)
MCP	Medium Combustion Plant
MCP-D	Medium Combustion Plant-Directive
Mesap	Modulare Energiesystemanalyse und Planung
MFA	mittelgroße Feuerungsanlagen
MMS	Mit-Maßnahmen-Szenario (Abkürzung wird hier nur für Klimaschutzszenario verwendet)
MW	Megawatt
MWMS	Mit-Weiteren-Maßnahmen-Szenario (Abkürzung wird hier nur für Klimaschutzszenario verwendet)
N	Stickstoff
n.b.	bisher nicht bewertet
NEC	national emission ceilings (nationale Emissionshöchstmengen)

NEC-RL	alt: Directive 2001/81/EC on national emission ceilings for certain atmospheric pollutants neu: Directive (EU) 2016/2284 on the reduction of national emissions of certain atmospheric pollutants, amending Directive 2003/35/EC and repealing Directive 2001/81/EC
NFR	Berichtsformat für die Berichterstattung an die UN ECE (engl.: Nomenclature for Reporting, vgl. Anhang A)
NH ₃	Ammoniak
Nm ³	Normkubikmeter
NMVOC	Flüchtige organische Verbindungen ohne Methan (engl.: Non Methane Volatile Organic Compounds)
NO _x	Sammelbezeichnung für Stickstoffoxide
Ökopol	Institut für Ökologie und Politik GmbH
PaMs	Strategien und Maßnahmen (engl.: policies and measures)
PB 2017	Projektionsbericht der Bundesregierung 2017
PM	Feinstaub (engl.: particulate matter), je nach Größenfraktion PM ₁₀ , PM _{2,5} oder PM ₁
SNF	Schwere Nutzfahrzeuge
SO ₂	Schwefeldioxid; sofern damit Emissionen beschrieben werden, umfasst SO ₂ im nationalen Luftreinhalteprogramm im Sinne der 43. BImSchV neben Schwefeldioxid alle Schwefelverbindungen, einschließlich Schwefeltrioxid (SO ₃), Schwefelsäure (H ₂ SO ₄) und reduzierter Schwefelverbindungen wie Schwefelwasserstoff (H ₂ S), Merkaptane und Dimethylsulfide, ausgedrückt als Schwefeldioxid
TA Luft	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft; Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz
THG	Treibhausgase
TI	Johann Heinrich von Thünen-Institut
TREMOD	Emissionsberechnungsmodell für den Bereich Verkehr (engl.: Transport Emission Model)
UBA	Umweltbundesamt
UN	Vereinte Nationen (engl.: United Nations)
UN ECE	Europäische Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen (engl.: United Nations Economic Commission for Europe)
VOC	Volatile Organic Compounds
WM	With Measures (Mit-Maßnahmen-Szenario)
WAM	With Additional Measures (NEC-Compliance-Szenario)
ZSE	Zentrales-System-Emissionen (Mesap-Datenbank am UBA)

Vorwort

Die Richtlinie (EU) 2016/2284¹ schreibt prozentuale Reduktionsverpflichtungen für die nationalen Emissionen von Stickstoffoxiden (NO_x), Schwefelverbindungen (dargestellt als SO₂), flüchtigen organischen Verbindungen ohne Methan (NMVOC), Ammoniak (NH₃) und Feinstaub kleiner 2,5 Mikrometer (PM_{2,5}) ab 2020 und ab 2030 jeweils bezogen auf die Emissionen des Basisjahres 2005 vor.

Die Mitgliedstaaten sind nach Artikel 6 und 10 der Richtlinie verpflichtet, der Europäischen Kommission mindestens alle 4 Jahre, erstmalig bis zum 01.04.2019, nationale Luftreinhaltprogramme zu übermitteln. Diese Programme müssen unter anderem die aktuellen Emissionsprognosen sowie die Strategien und Maßnahmen enthalten, die für die Erfüllung der Emissionsreduktionsverpflichtungen für den Zeitraum zwischen 2020 und 2029 und ab 2030 sowie der für 2025 vorgegebenen Emissionszwischenziele und zur weiteren Verbesserung der Luftqualität in Betracht gezogen werden.

Die nationale Umsetzung der NEC-Richtlinie (EU) 2016/2284 erfolgte durch die 43. BImSchV (Verordnung über nationale Verpflichtungen zur Reduktion der Emissionen bestimmter Luftschadstoffe). Die Verordnung trat am 31.07.2018 in Kraft.

Struktur und Inhalte des vorliegenden nationalen Luftreinhaltprogramms richten sich nach dem Anhang des Durchführungsbeschlusses (EU) 2018/1522² der Kommission, der ein allgemeines Berichtsformat angelehnt an die Formatvorgaben der Berichterstattung von Treibhausgasemissionsprojektionen³ vorgibt. Die Kapitelnummerierung des Berichts entspricht weitgehend den Untergliederungspunkten unter Kapitel 2 der Formatvorlage (z. B. Abschnitt 2.4 der Formatvorlage entspricht Kapitel 4 im vorliegenden Bericht). Zusätzlich erarbeitet die europäische Umweltagentur ein E-Reporting-Tool zum Bericht der in den Formatvorgaben der Europäischen Kommission unter 2.6 geforderten Informationen⁴ zu den zur Emissionsminderung zur Auswahl stehender Strategien und Maßnahmen.

Der vorliegende Entwurf des Nationalen Luftreinhaltprogramms des Bundesumweltministeriums ist innerhalb der Bundesregierung noch nicht abgestimmt. Er dient somit gleichzeitig der Meinungsbildung zwischen den Bundesressorts, so dass sich der Bericht aufgrund dieser Diskussionen noch weiterentwickeln wird.

¹ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016L2284&from=DE>; abgerufen am 07.08.2018

² <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=OJ:L:2018:256:TOC>

³ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R0749>; abgerufen am 07.08.2018

⁴ <https://tfeip-secretariat.org/assets/Meetings/Presentations/Sofia-2018/Projections-EP/TFEIP-PaMs-Reporting-Tool.pdf>; abgerufen am 08.08.2018

1 Zusammenfassung

1.1 Luftreinhaltung und Luftqualität im nationalen politischen Kontext

Die Luftreinhaltungspolitik ist eng mit anderen Politikbereichen, u. a. der Klima- und Energiepolitik, der Verkehrspolitik und der Agrarpolitik verknüpft.

Eine erfolgreiche Luftreinhaltungspolitik muss zudem auf verschiedenen Ebenen ansetzen: Da Luftverunreinigungen vor Staatsgrenzen nicht haltmachen, sind länderübergreifende Konzepte wie sie bereits seit vielen Jahren mit der UN-Konvention über weiträumige grenzüberschreitende Luftverschmutzung (Genfer Luftreinhaltungskonvention) und auf EU-Ebene verfolgt werden, nötig. In der nationalen Luftreinhaltungspolitik sind Akteure auf Bundes-, Landes- und kommunaler Ebene einzubinden.

1.2 Bericht zur Entwicklung der Emissionen und der Luftqualität 2005 bis 2016

Emissionsentwicklung

Die anthropogenen Emissionen der für die NEC-Richtlinie (EU) 2016/2284 relevanten Luftschadstoffe sind in den vergangenen Jahren mit Ausnahme der NH₃-Emissionen stark zurückgegangen (vgl. Abbildung 1). Negative Auswirkungen auf und Risiken für die menschliche Gesundheit und die Umwelt sind jedoch noch immer bedeutend (NEC-RL (EU) 2016/2284, Absatz 1 Begründung). Die Emissionsentwicklung der letzten 10 bis 15 Jahre zeigt, dass in vielen Quellgruppen große technische Minderungspotenziale bereits umgesetzt worden sind; und es wird in Deutschland bei konstanten oder wachsenden Aktivitätsraten anspruchsvoller und kostenaufwendiger, Emissionsminderungen mit Hilfe von prozess-, verfahrens- oder systemintegrierten Minderungsmaßnahmen zu verwirklichen. Notwendig ist daher zunächst eine Darstellung des bisherigen Emissionsverlaufs (in diesem Kapitel), eine Projektion des zukünftigen Emissionsverlaufs bei Durchführung bereits beschlossener Maßnahmen, sowie darauf aufbauend eine Analyse des Emissionsminderungspotenzials zusätzlicher Maßnahmen, die geeignet sind, die Reduktionsverpflichtungen der NEC-Richtlinie (EU) 2016/2284 zu erreichen (in Kapitel 1.3).

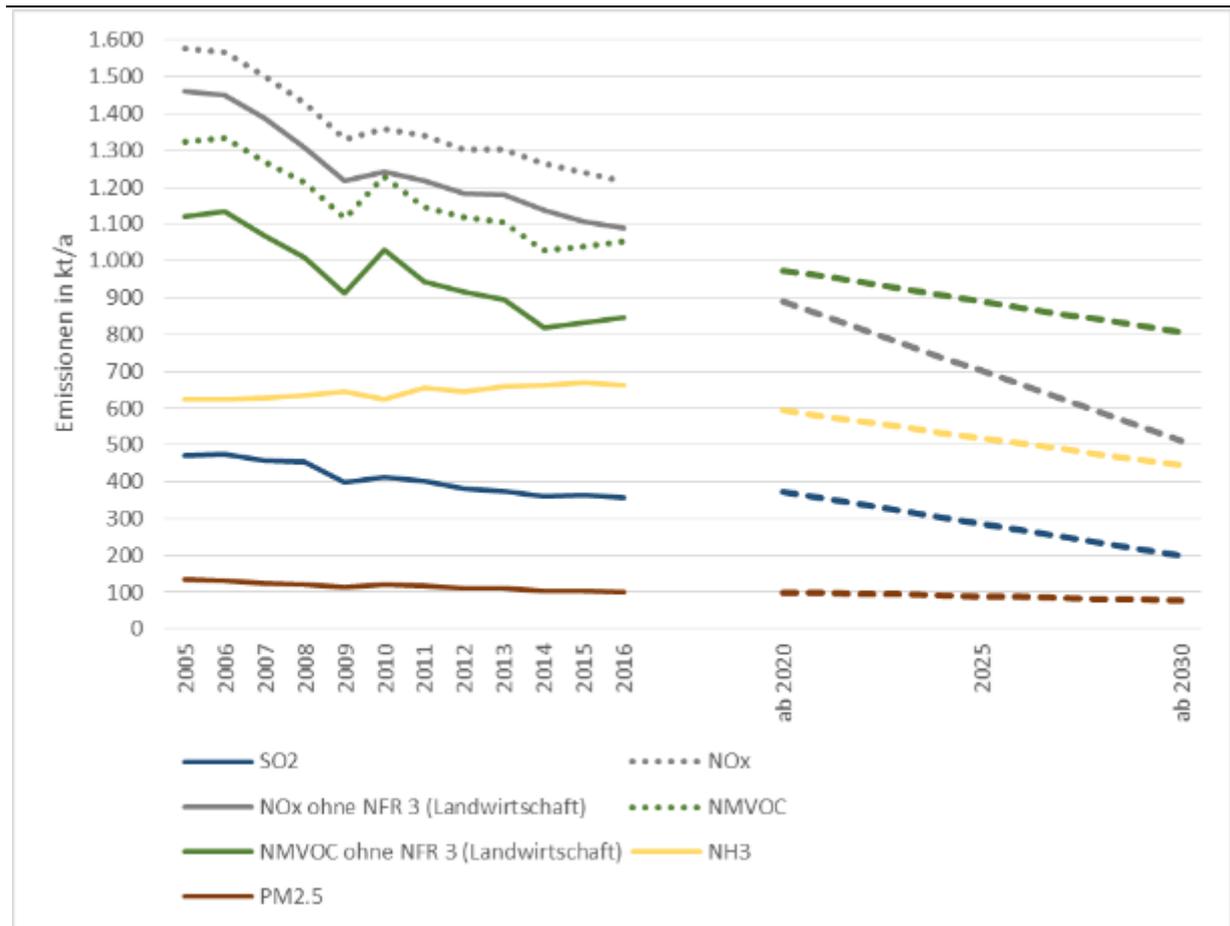
Im Zeitraum 2005 bis 2016 nahmen die SO₂-Gesamtemissionen in Deutschland um knapp 25 % ab. Vor allem im Bereich Haushalte und Kleinverbraucher konnten die SO₂-Emissionen durch einen vermehrten Einsatz von Heizöl mit geringem Schwefelgehalt seit dem Jahr 2008 deutlich reduziert werden. Auch in der Energiewirtschaft, dem Verarbeitenden Gewerbe und bei Industrieprozessen gingen die Emissionen zurück.

Die gesamten deutschen NO_x-Emissionen nahmen von 2005 bis 2016 um fast 23 % ab. Die deutlichsten Emissionsabnahmen sind im Straßenverkehr zu verzeichnen. Trotz steigender Fahrleistungen bei schweren und leichten Nutzfahrzeugen und bei Pkw ließen sich die Stickstoffoxid-Emissionen mit Ausnahme von Diesel-Pkw durch die Verschärfung von Emissionsgrenzwerten und die damit verbundene stetige Flottenerneuerung stark mindern. Leichte Emissionsreduktionen sind auch bei den Industrieprozessen, im Verarbeitenden Gewerbe und bei den Haushalten und Kleinverbrauchern zu verzeichnen, in der Energiewirtschaft und in der Landwirtschaft stiegen sie dagegen leicht an.

Die gesamten deutschen Ammoniak-Emissionen nahmen von 2005 bis 2016 um etwa 6 % zu. Diese Zunahme ist vor allem auf den starken Anstieg der Aktivitätsraten bei Lagerung und

Ausbringung von Gärresten aus der Vergärung von Energiepflanzen in Biogasanlagen zurückzuführen. Bei der Mineraldüngerausbringung ist der steigende Anteil des Harnstoffs, mit vergleichsweise hohen Emissionsfaktoren, für steigende Emissionen verantwortlich. Im Verkehrsbereich konnten Minderungen der NH₃-Emissionen durch die technische Optimierung von Katalysatoren in Benzinfahrzeugen erreicht werden. Auch die Zunahme des Dieselanteils bei Pkw führte zu einem Rückgang der NH₃-Emissionen des Verkehrs.

Abbildung 1: Entwicklung der Emissionen von SO₂, NO_x, NMVOC, NH₃ und PM_{2,5} von 2005 bis 2016 und linearer Reduktionspfad nach NEC-Richtlinie (EU) 2016/2284, Quelle: Emissionsberichterstattung 2018, Umweltbundesamt, FG I 2.6



Im Zeitraum 2005 bis 2016 konnten die gesamten deutschen NMVOC-Emissionen um gut 20 % gemindert werden. Die NMVOC-Emissionen aus Industrieprozessen, überwiegend aus Lösemittel- und Produktanwendungen, nahmen im Zeitraum 2005 bis 2016 deutlich ab. Dieser Rückgang ist auf die Umsetzung verschiedener europäischer (EU-Lösemittelrichtlinie 1999/13/EG bzw. IED-Richtlinie 2010/75/EU und DECOPAINT-Richtlinie 2004/42/EG) und nationaler Regelungen (31. BImSchV, 2. BImSchV sowie die Lösemittelhaltige Farben- und Lack-Verordnung (ChemVOC-FarbV)) zurückzuführen. Deutliche Minderungen sind auch im Straßenverkehr u. a. durch die Weiterentwicklung von Katalysatoren bei Otto-Pkw zu verzeichnen. Die NMVOC-Emissionen aus der Verdunstung von Kraftstoffen und aus Kleinf Feuerungsanlagen konnten ebenfalls in den

vergangenen Jahren reduziert werden, die NMVOC-Emissionen aus der Landwirtschaft stiegen dagegen leicht an.

Die gesamten deutschen PM_{2,5}-Emissionen gingen im Zeitraum 2005 bis 2016 um ca. 25 % zurück. Deutliche Minderungen sind vor allem im Verkehr zu verzeichnen. Während die PM_{2,5}-Emissionen aus dem Antrieb der Fahrzeuge durch die stetige Verschärfung von Emissionsgrenzwerten (Euro-Normen) für Pkw, leichte und schwere Nutzfahrzeuge und durch die damit einhergehende Flottenmodernisierung deutlich gemindert werden konnten, nahmen die Emissionen aus dem Abrieb von Reifen und Bremsbelägen und dem Straßenabrieb aufgrund steigender Fahrleistungen zu. Auch in den Quellgruppen Industrieprozesse, Verarbeitendes Gewerbe, Energiewirtschaft und bei den Haushalten von Kleinverbrauchern gingen die PM_{2,5}-Emissionen in den vergangenen Jahren zurück. Zwar nahm der Einsatz von Brennholz zu Heizzwecken in den vergangenen Jahren sehr deutlich zu, durch die Umsetzung der anspruchsvollen Emissionsgrenzwerte der 1. BImSchV für Kleinfeuerungen sowohl im privaten als auch im gewerblichen Bereich konnten die Partikelemissionen aber insgesamt reduziert werden. Geringfügige Emissionszunahmen sind dagegen in der Landwirtschaft zu verzeichnen.

Luftqualität

Die verkehrsnahen Stickstoffdioxidbelastung zeigt seit 2005 einen deutlichen Rückgang. Überschreitungen des NO₂-Jahresmittelwertes von 40 µg/m³ treten fast ausschließlich an verkehrsnahen Messstationen auf. Überschreitungen des NO₂-Stundengrenzwertes (200 µg/m³ nicht öfter als 18-mal im Kalenderjahr) traten in den vergangenen Jahren nur sehr vereinzelt auf.

Die Immissionsbelastung mit Feinstaub wird nicht nur durch direkte Emissionen von Feinstaub verursacht, sondern auch durch Emissionen von Vorläuferstoffen, die erst in der Luft Feinstaubpartikel bilden. Einhergehend mit großräumigen und lokalen Minderungen der direkten PM₁₀-Emissionen sowie von Vorläufergasen der sekundären Feinstaubbildung weisen auch die gemessenen PM₁₀-Konzentrationen seit 2005 eine deutliche Abnahme auf. Der Verlauf ist dabei durch starke zwischenjährliche Schwankungen geprägt. Neben der Stärke der Emissionsquellen hängt die Belastung wesentlich von meteorologischen Bedingungen ab. Die Zahl der von Überschreitungen des Tagesgrenzwertes von (50 µg/m³ nicht öfter als 35-mal im Kalenderjahr) betroffenen Stationen ging seit Inkrafttreten des Grenzwertes 2005 deutlich zurück. Zu Überschreitungen des Jahresgrenzwertes von 40 µg/m³ kam es seit Inkrafttreten des Grenzwertes im Jahr 2005 nur selten, hauptsächlich an verkehrsnahen Stationen. Seit 2012 wurde keine Grenzwertüberschreitung mehr registriert.

Analog zu den rückläufigen PM₁₀-Konzentrationen gehen auch die Jahresmittel der Konzentrationen der kleineren PM_{2,5}-Fraktion zurück. Die Einhaltung des Ziel- bzw. Grenzwertes (25 µg/m³ im Jahresmittel) ist in Deutschland nicht gefährdet. Seit Inkrafttreten im Jahr 2010 kam es nur einmalig an einer verkehrsnahen Station zu einer Überschreitung.

Seit vielen Jahren ist in Deutschland ein Rückgang der gemessenen Ozon-Spitzenkonzentrationen zu verzeichnen. Dagegen hat sich die mittlere Ozonbelastung seit 2005 kaum verändert. Der ab dem Jahr 2010 einzuhaltende Ozon-Zielwert für den Schutz der Gesundheit gilt als überschritten, wenn an mehr als 25 Tagen im 3-Jahresmittel tägliche maximale 8-Stunden-Mittelwerte über 120 µg/m³ auftreten. Dies tritt vor allem an Stationen im ländlichen Hintergrund auf, in geringerem Ausmaß auch an Stationen im städtischen Hintergrund. Durch den ozonreichen Sommer 2015 verzeichneten vor allem die Beurteilungsjahre 2015 und 2016 wieder mehr

Überschreitungen als die Jahre zuvor. Das bis 2020 zu erreichende langfristige Ziel von $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als 8-Stunden-Mittelwert wird aktuell in Deutschland flächendeckend verfehlt.

Aufgrund der zentralen Lage Deutschlands hat der grenzüberschreitende Transport von Luftschadstoffen eine große Bedeutung. Schadstoffe werden sowohl von Deutschland in die Nachbarstaaten als auch von den Nachbarstaaten nach Deutschland transportiert.

1.3 Emissionsprojektionen bis 2030 im Mit-Maßnahmen- (WM) und im NEC-Compliance-Szenario (WAM)

Für die Emissionsprojektion im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM) wurden bereits beschlossene Maßnahmen unter anderem in den Bereichen Klimaschutz, Energie, Luftreinhaltung, Landwirtschaft und Verkehr berücksichtigt. Durch die Verwendung verschiedener Datenquellen ergeben sich verschiedene Stichtage für die Berücksichtigung von Maßnahmen im WM-Szenario:

- Projektionsbericht 2017 der Bundesregierung – 31.07.2016
- Straßenverkehr – 01.01.2017
- Luftreinhaltung – 01.09.2017
- Landwirtschaft – 31.05.2017

Für die Emissionsprojektion im NEC-Compliance-Szenario (WAM) wurden zur Erreichung der Minderungsverpflichtungen der NEC-Richtlinie weiterführende Maßnahmenoptionen und deren Minderungspotenziale bewertet.

Die Abbildungen 2 bis 6 zeigen die prognostizierte Entwicklung der SO_2 -, NO_x -, NMVOC-, NH_3 - und $\text{PM}_{2,5}$ -Emissionen im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM) von 2005 bis zum Jahr 2030 sowie im NEC-Compliance-Szenario (WAM) und die Emissionsreduktionsverpflichtungen der NEC-Richtlinie (EU) 2016/2284 für jeden Schadstoff.

Im Jahr 2020 ergeben die Projektionen im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM) bei allen Schadstoffen eine Einhaltung der jeweiligen Reduktionsverpflichtung. Im Jahr 2030 ergibt sich im Mit-Maßnahmen-Szenario hingegen nur für NMVOC eine Einhaltung der Reduktionsverpflichtung. Das NEC-Compliance-Szenario (WAM) hält die Reduktionsverpflichtungen für alle Schadstoffe auch nach 2020 ein.

Abbildung 2: NO_x-Emissionen und Emissionsprognosen in WM- und WAM-Szenario

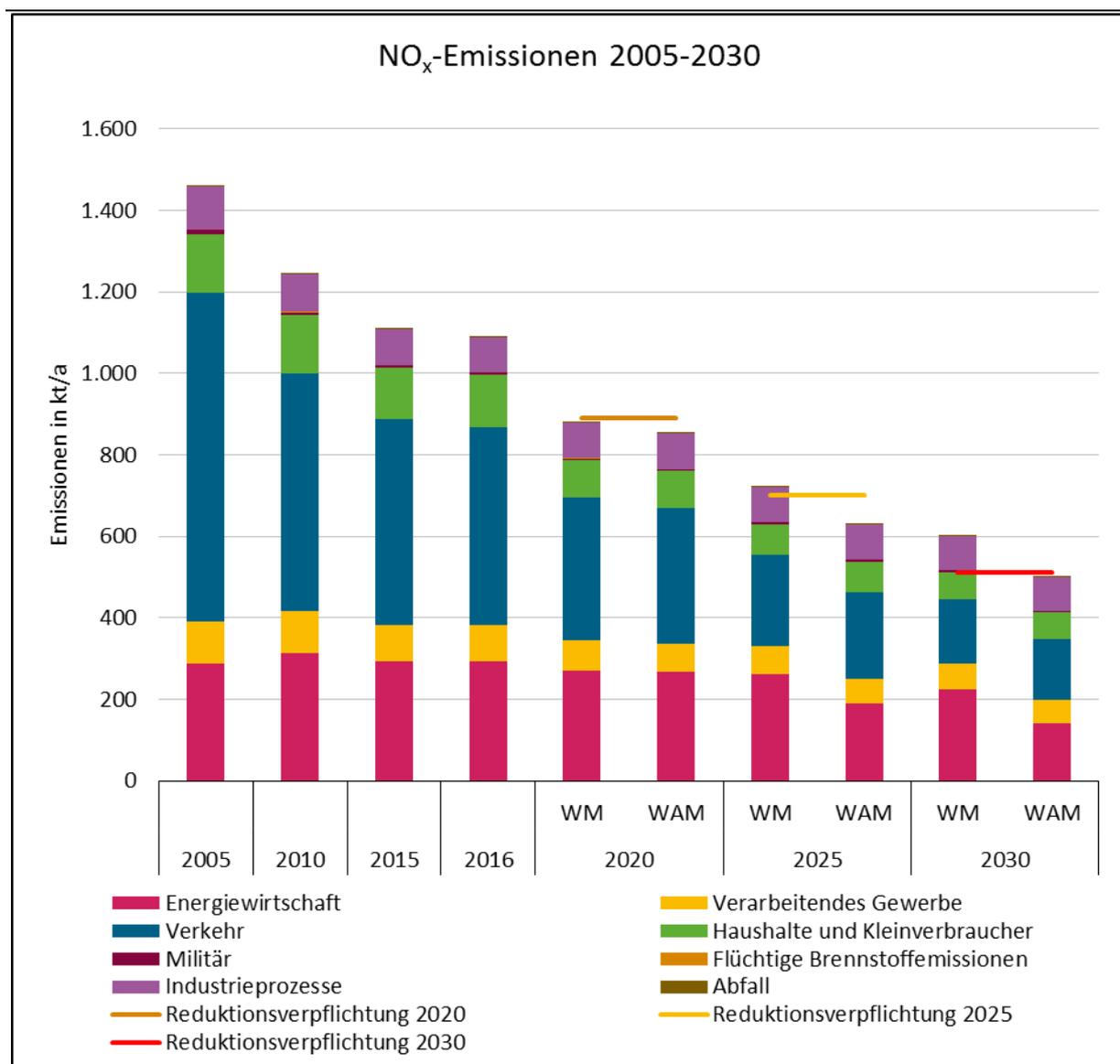


Abbildung 3: SO₂-Emissionen und Emissionsprognosen in WM- und WAM-Szenario

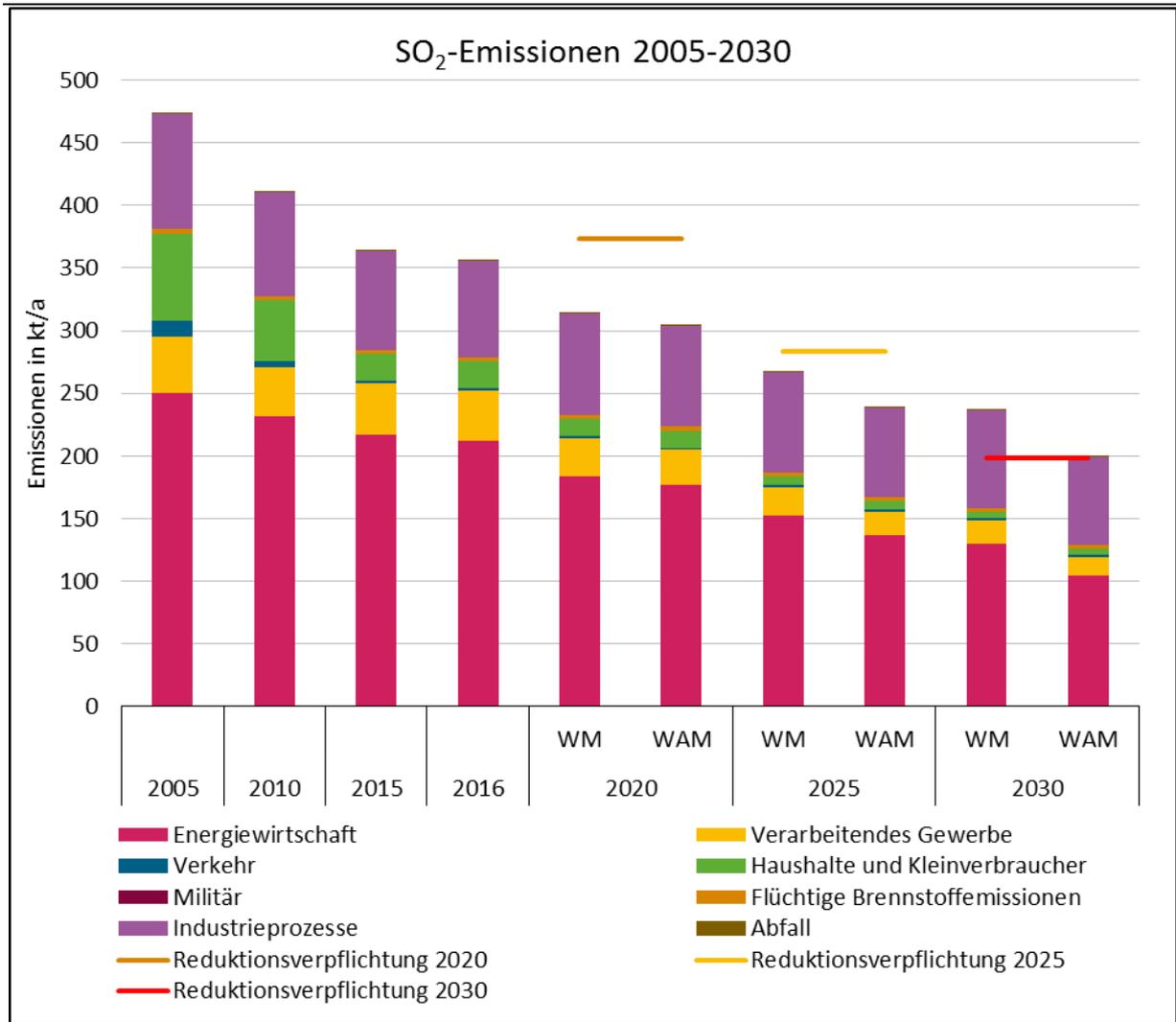


Abbildung 4: NMVOC-Emissionen und Emissionsprognosen in WM- und WAM-Szenario

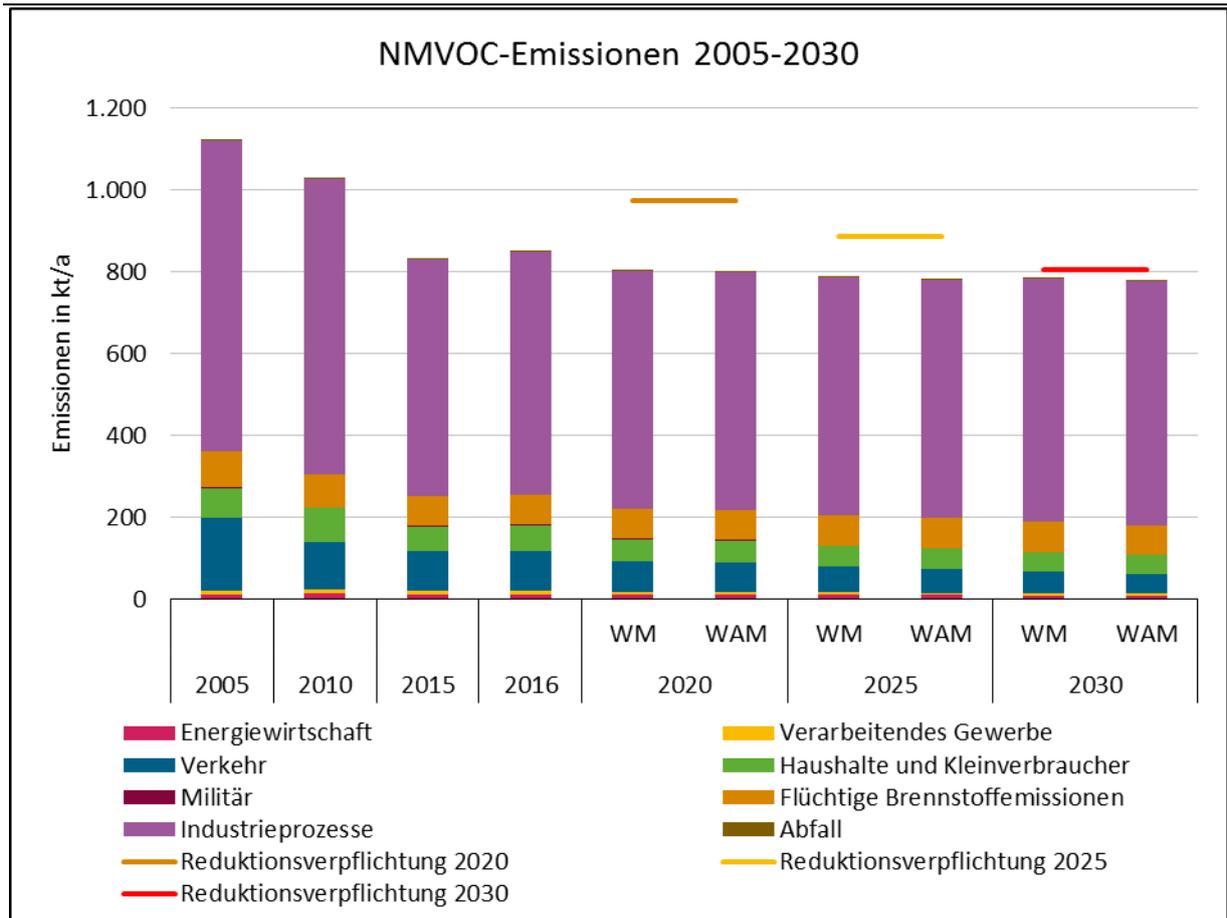


Abbildung 5: PM_{2,5}-Emissionen und Emissionsprognosen in WM- und WAM-Szenario

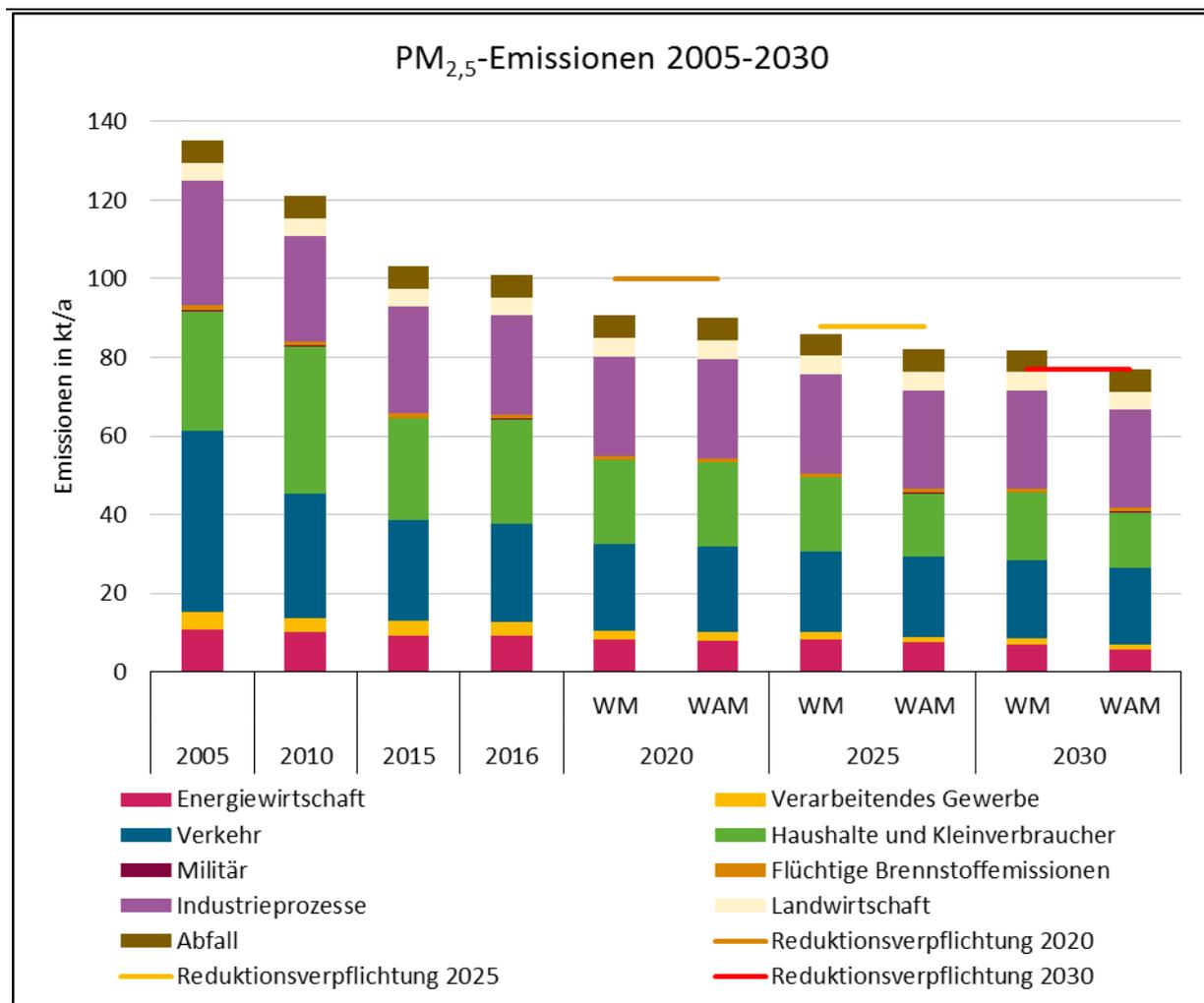
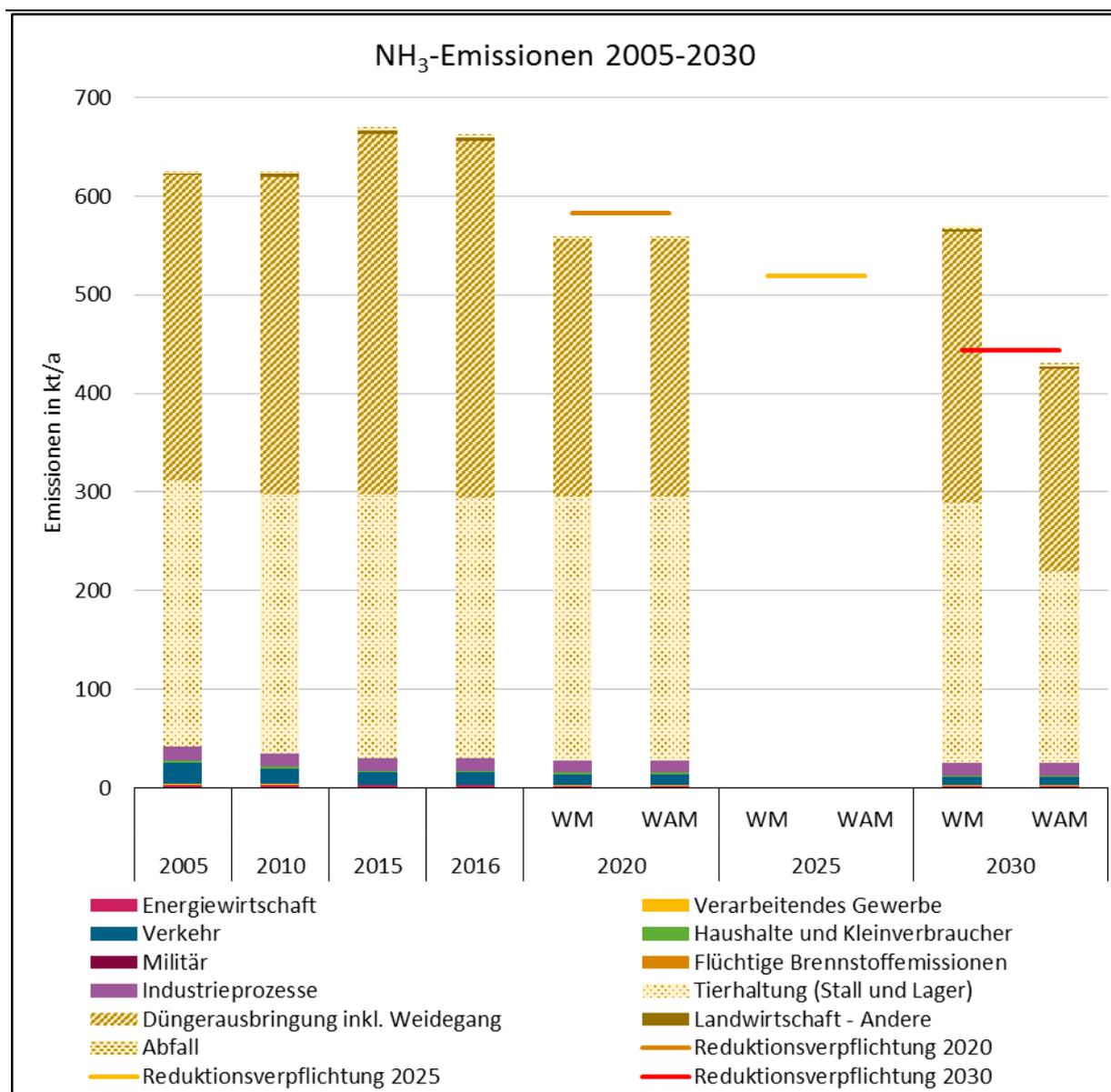


Abbildung 6: NH₃-Emissionen und Emissionsprognosen in WM- und WAM-Szenario⁵



Luftqualitätsprognose

Wie Tabelle 1 zeigt, werden im Jahresmittel der modellierten Stundenwerte der Hintergrundkonzentrationen in 2 x 2 km² Auflösung in beiden Szenarien für NO₂, SO₂, PM₁₀ und PM_{2,5} deutliche Rückgänge gegenüber 2005 projiziert. Die vorhergesagten Ozon-Jahresmittelwerte steigen hingegen in beiden Szenarien deutlich an. Die projizierten Ammoniak-Hintergrundkonzentrationen sinken nur im NEC-Compliance-Szenario (WAM) leicht.

Die vorliegenden Berechnungen lassen keine Aussagen über die Entwicklung lokaler NO₂-Gesamtbelastungen zu, da ausschließlich Hintergrundkonzentrationen modelliert wurden. Um beispielsweise eine Aussage über die Entwicklung der Zusatzbelastung an verkehrsnahen

⁵ Die Prognose für 2025 wird derzeit vom Thünen-Institut berechnet.

Stationen zu treffen, müssen zusätzlich hochaufgelöste Hotspot-Modellierungen unter Berücksichtigung weiterer lokaler Entwicklungen und Maßnahmenwirkungen durchgeführt werden.

Tabelle 1: Differenz der unter gleichen meteorologischen Bedingungen modellierten Jahresmittelwerte der Hintergrundkonzentrationen für 2005 und 2030 im WM- und WAM-Szenario

Schadstoff	absolute Differenz der Jahresmittelwerte 2005 und 2030 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
	WM	WAM
NO ₂	-6,4	-6,7
Ozon	+4,7	+4,7
NH ₃	+0,1	-0,8
SO ₂	-1,2	-1,3
PM ₁₀	-4,9	-5,4
PM _{2,5}	-5,1	-5,6

1.4 Analyalisierte Maßnahmenoptionen zur Einhaltung der Reduktionsverpflichtungen

- Klimaschutzmaßnahmen des MWMS des Projektionsberichts 2017
- Änderung der 13. BImSchV (vgl. Kapitel 6.2)
- Nationale Umsetzung der MCP-Richtlinie (EU) 2015/2193 gemäß Verordnungsentwurf der Bundesregierung vom 30.08.2018
- Beibehaltung der Regelung für Festbrennstoffkessel der 1. BImSchV
- Maßnahmenpaket Straßenverkehr – Umweltprämie und Software-Update für Pkw, Hardware-Nachrüstung für Busse, Förderung Umweltverbund, Fortschreibung der CO₂-Grenzwerte für Pkw (vgl. Kapitel 6.2)
- Maßnahmenpaket Landwirtschaft (vgl. Kapitel 6.6)
- Förderung eines Wechsels der in der industriellen Produktion eingesetzten Brennstoffe hin zu schwefelärmeren Brennstoffen oder effizienteren Technologien zur Abgasreinigung

Tabelle 2: weiterführende Maßnahmenoptionen zur Erreichung der Reduktionsverpflichtungen und deren Minderungspotenziale

		2030				
		NO _x	SO ₂	NM _{VOC}	NH ₃	PM _{2,5}
Minderungspotenziale weiterer Strategien und Maßnahmen im Bereich Klimaschutz gemäß PB 2017-MWMS						
Mit-Maßnahmen-Szenario (WM) basierend auf Referenzprognosen Klimaschutz (PB 2017, MWMS)	kt	-25	-29	-2		-2
Minderungspotenziale weiterer Maßnahmenoptionen und in Umsetzung befindlicher Maßnahmen der Luftreinhaltepolitik (aufbauend auf PB 2017-MWMS)						
Änderung 13.BImSchV (für feste, flüssige und biogene Brennstoffe)	kt	-38,5				
Änderung 13.BImSchV (für Erdgas und Heizöl, leicht in Gas- und Dampfturbinen)	kt	-1,9				
Verordnungsentwurf 44.BImSchV vom 30.08.2019	kt	-27,3	-0,3			-0,1
Beibehaltung 1.BImSchV	kt					-2,9
Maßnahmenpaket Straßenverkehr	kt	-7,2		-5,5	-0,2	-0,3
Maßnahmenpaket Landwirtschaft					-135	
vorläufige Bewertung weiterer Maßnahmenoptionen alternativ zu im PB 2017-MWMS noch nicht berücksichtigten weiteren Maßnahmenoptionen Klimaschutz						
Brennstoffwechsel oder Abgasreinigung im Bereich industrielle Feuerungen	kt		-8			

2 Einführung

2.1 Nationale Emissionsreduktionsverpflichtungen – ein Instrument zur Verbesserung der Luftqualität und zur Verminderung der Belastung von Ökosystemen

2.1.1 Luftschadstoffe

Luftschadstoffe sind Beimengungen der Luft die sowohl die menschliche Gesundheit als auch die Biosphäre gefährden können. Ebenso wirken Luftschadstoffe auf die Oberfläche von Materialien und beeinflussen das Klima. Die Emission von Luftschadstoffen, also deren Freisetzung in die Luft kann sowohl natürlich (z. B. durch Vulkanausbrüche, Waldbrände, Sandstürme, Pollenflug, etc.) als auch anthropogen verursacht sein. Einmal in die Atmosphäre entlassen, können Luftschadstoffe je nach meteorologischen Bedingungen und Reaktivität über weite Strecken bis zum Ort der Einwirkung transportiert werden. Dort wirken sie als nicht oder nur physikalisch veränderte primäre Schadstoffe oder aufgrund verschiedenster Prozesse der chemischen und physikalischen Umwandlung während der Ausbreitung in der Atmosphäre gebildete sekundäre Schadstoffe. Luftschadstoffe können zudem sowohl aus der untersten Schicht der Atmosphäre in höher gelegene Schichten ausgetragen als auch von höher gelegenen Schichten in die unterste Schicht eingetragen werden. Neben den Emissionen von

- Staub (Gesamtstaub, Feinstaubfraktion kleiner 10µm - PM₁₀, Feinstaubfraktion kleiner 2,5µm - PM_{2,5}, Ultrafeinstaub kleiner 1µm - PM₁, Black Carbon - BC),
- Stickstoffoxiden (NO_x),
- Schwefeldioxid und anderen Schwefelverbindungen (zusammengefasst als SO₂),
- flüchtigen organischen Verbindungen ohne Methan (NMVOC),
- Ammoniak (NH₃) und
- Kohlenstoffmonoxid (CO),

gibt es viele weitere, gut und weniger gut bekannte bzw. erfasste Emissionen von Luftschadstoffen, wie beispielsweise

- Schwermetalle (Pb, Cd, Hg, As, Cr, Cu, Ni, Se, Zn) oder
- POP - persistente organische Schadstoffe (chlorierte organische Verbindungen wie PCDD oder PCDF, PAH - polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe wie Benzo(a)pyren, HCB - Hexachlorbenzol, PCB - polychlorierte Biphenyle, Benzol, etc.).

Wesentliche Quellen für Luftschadstoffemissionen sind Industrieanlagen, Feuerungsanlagen zur Verbrennung fossiler Energieträger zur Strom- und Wärmeerzeugung, der Verkehr auf dem Land, zu Wasser und in der Luft sowie verschiedene Anlagen und Prozesse der Landwirtschaft.

An den Stationen des Messnetzes des Umweltbundesamtes und der Messnetze der Bundesländer werden unter einer Vielzahl von Stoffkonzentrationen auch jene von Stickstoffdioxid (NO₂), Feinstaub (PM₁₀, PM_{2,5}, PM₁, u.a.) und Ozon (O₃) gemessen. Für deren Konzentrationen sind in der EU-Luftqualitätsrichtlinie 2008/50/EG⁶ Grenz- und Zielwerte festgelegt, die sich an Annahmen zu Schwellwerten der Beeinträchtigung der menschlichen Gesundheit orientieren. Zum Teil sind die in der EU und damit auch in Deutschland geltenden Regelungen weniger ambitioniert als die

⁶ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0050&from=DE>; abgerufen am 26.06.2018

Empfehlungen der Weltgesundheitsorganisation (WHO, 2006). Um den Schutz der menschlichen Gesundheit sicherzustellen, besteht weiterhin dringender Handlungsbedarf.

Wenn Luftschadstoffe in der Atmosphäre auftreten, kommt es früher oder später zu nasser (im Niederschlagswasser), trockener (aufgrund der Schwerkraft) und feuchter (in Wassertröpfchen, die sich an Oberflächen niederschlagen) Deposition und damit zu einer Belastung von Ökosystemen. Für diese stoffliche Belastung durch zum großen Teil anthropogen verursachte Luftschadstoffkonzentrationen sind ebenfalls kritische Werte festgelegt, bei deren Überschreitung es zur nachhaltigen Beeinträchtigung von Ökosystemen kommen kann.

Nicht zuletzt belasten die Emissionen von Luftschadstoffen über ihre Ausbreitung in der Atmosphäre, ihre Deposition auf terrestrische Ökosysteme und schließlich ihren Austrag aus diesen Ökosystemen auch indirekt die Wasserkörper.

2.1.2 Emissionsreduktionsverpflichtungen

Das Forum für die internationale Kooperation im Bereich der grenzüberschreitenden Luftverschmutzung sind die Gremien der Genfer Luftreinhaltekonvention von 1979 (CLRTAP - Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution). Angetrieben durch Schadwirkungen an Gewässern und Wäldern aufgrund von Luftverunreinigungen in den 1970er und 1980er Jahren, die zum Teil sehr weit entfernt von den Emissionsquellen zu beobachten waren, haben die beteiligten Staaten darin folgende Vereinbarungen getroffen:

- die Anerkennung, dass weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigungen schädigende Auswirkungen auf die Umwelt haben und die Menschen und ihre Umwelt davor zu schützen sind,
- die Verpflichtung, dass die Vertragsparteien sich bemühen, die Emissionen dieser Luftverunreinigungen zu bekämpfen,
- die Einrichtung von Überwachungsnetzen,
- die Einrichtung von Gremien für die weitere Entwicklung und den Vollzug des Übereinkommens.

Im Rahmen dieser Kooperation ist es bereits in vielen beteiligten Staaten zu erheblichen Emissionsminderungen und Verbesserungen der Luftqualität gekommen. Allerdings kommen auch immer neue Emissionsquellen und besorgniserregende Stoffe hinzu und selbst stark verringerte Emissionsquellen können durch neue Erkenntnisse über luftbelastende Stoffe und Prozesse wieder in den Fokus von Minderungsbestrebungen rücken. Diesem Umstand tragen zahlreiche Protokolle, internationale Kooperationsprogramme (ICP) und Arbeitsgruppen unter der Genfer Luftreinhaltekonvention Rechnung.

Die Europäische Union hat viele Vorgaben und Empfehlungen der Organe der Genfer Luftreinhaltekonvention in europäischen Regelungen umgesetzt. Umfangreiche Erfahrungen zeigen, welche Regelungen wirkungsvoll waren, aber auch, welche ihre potenzielle Wirkung nicht entfaltet haben.

Zu den ursprünglichen Zielen der Genfer Luftreinhaltekonvention kam ein zunehmendes Interesse, die Gesundheitsbelastung durch Feinstaub zu reduzieren. Im Dezember 2013 nahm die Europäische Kommission ein umfassendes Paket zur Verbesserung der Luftqualität⁷ an. Darin

⁷ http://ec.europa.eu/environment/air/clean_air/index.htm; abgerufen am 26.09.2018

waren Richtlinienvorschläge zur Reduktion der nationalen Emissionen bestimmter Luftschadstoffe sowie zur Reduktion der Emissionen ausgewählter Schadstoffe aus mittelgroßen Feuerungsanlagen und ein Programm „Saubere Luft für Europa“⁸ enthalten. Das Programm sieht vor die gesundheitlichen Auswirkungen der Luftverschmutzung innerhalb der Europäischen Union gemessen an feinstaub- und ozonbedingten vorzeitigen Todesfällen bis 2030 gegenüber 2005 um gut die Hälfte und die Fläche der Eutrophierungsgrenzwerte überschreitenden Ökosysteme um gut ein Drittel zu reduzieren.

Anstrengungen zur Verringerung der Belastungen für Gesundheit und Umwelt sollen an den Emissionsquellen ansetzen, um den Ausstoß von Luftschadstoffen weiter zu vermindern. Dazu wurden in der neuen NEC-Richtlinie (EU) 2016/2284 prozentuale Reduktionsverpflichtungen der nationalen Emissionen für alle EU-Mitgliedstaaten festgelegt. Die Mitgliedstaaten haben sich verpflichtet, die Emissionen von NO_x, SO₂, NMVOC, NH₃ und PM_{2,5} um einen für jeden Mitgliedstaat spezifisch festgelegten Prozentsatz ab 2020 und in stärkerem Umfang ab 2030 gegenüber den Emissionen im Bezugsjahr 2005 zu reduzieren.

Im Rahmen der mit dem Richtlinienvorschlag der Europäischen Kommission durchgeführten Kostenberechnungen wird für zusätzliche Maßnahmen zum Erreichen der vorgeschlagenen Verpflichtungen zur Emissionsreduktion für Deutschland jährliche Kosten in Höhe von 316 Mio. Euro geschätzt. Diese Abschätzung dürfte eine deutliche Überschätzung der tatsächlichen Kosten zusätzlicher Maßnahmen sein, weil

1. die letztlich verhandelten Emissionsminderungsverpflichtungen der Richtlinie teils erheblich unter den vorgeschlagenen Werten lagen (z. B. für Ammoniak -29 Prozent statt -38 Prozent im Zeitraum 2005-2030),
2. Synergien mit klima-/energiepolitischen Maßnahmen nicht berücksichtigt sind, und
3. einige seither beschlossene Maßnahmen auf EU-Ebene (z. B. neue Emissionsgrenzwerte für mobile Maschinen und Geräte und die Begrenzung der Emissionen bestimmter Luftschadstoffe aus mittelgroßen Feuerungsanlagen) und nationale Maßnahmen (z. B. Novellierung der Düngegesetzgebung) nicht berücksichtigt sind.

Die Folgenabschätzung der Europäischen Kommission geht davon aus, dass der volkswirtschaftliche Nutzen der vorgeschlagenen Emissionsminderungen die Folgekosten um den Faktor 10-35 übersteigt.

Soweit das nationale Luftreinhalteprogramm einen nicht-linearen Emissionsreduktionspfad zwischen den Jahren 2020 und 2030 vorsieht, ist dies seitens der Bundesregierung mit unverhältnismäßigen Kosten zu begründen. Hierfür wären Kostenabschätzungen vorzulegen.

Sofern einzelne emissionsmindernde Maßnahmen und Instrumente durch Gesetzes- bzw. Verordnungsvorhaben umgesetzt werden, werden die konkreten Folgekosten für die Länder und die Wirtschaft darüber hinaus im Rahmen dieser Vorhaben abgeschätzt.

Deutschland hat sich zu den in Tabelle 3 dargestellten prozentualen Reduktionen verpflichtet (siehe auch Abbildung 8 in Kapitel 4.1.1.1).

⁸ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52013DC0918&from=EN>; abgerufen am 26.09.2018

Tabelle 3: Prozentuale Emissionsreduktionsverpflichtungen Deutschlands gemäß der Richtlinie (EU) 2016/2284 gegenüber den Emissionen im Bezugsjahr 2005

	Schwefeldioxid	Stickstoffoxide	Ammoniak	NMVOG	PM2,5
Neue NEC-Richtlinie, zu erreichen ab 2020	-21 %	-39 %	-5 %	-13 %	-26 %
Neue NEC-Richtlinie, zu erreichen ab 2030	-58 %	-65 %	-29 %	-28 %	-43 %

2.1.3 Szenarien, Strategien und Maßnahmen

2.1.3.1 Definitionen

Anhang IV der NEC-Richtlinie (EU) 2016/2284 legt fest, dass die Mitgliedstaaten für bestimmte Schadstoffe Prognosen für ein Szenario „mit Maßnahmen“ (d. h. bereits beschlossene Maßnahmen) und erforderlichenfalls für ein Szenario „mit zusätzlichen Maßnahmen“ (d. h. weitere geplante Maßnahmen) übermitteln. Im Englischen werden diese Szenarien als WM, für With Measures, und WAM, für With Additional Measures, bezeichnet. Die Übersetzung der englischen Szenariobezeichnungen in Mit-Maßnahmen-Szenario und Mit-Weiteren-Maßnahmen-Szenario birgt die Verwechslungsgefahr mit den typischen Szenariobezeichnungen der regelmäßigen Treibhausgasemissionsprojektionen. Je nach Zeitpunkt der Erstellung verschiedener Szenarien und den einbezogenen Annahmen unterscheiden sich gleichnamige Szenarien aber stark und sind keinesfalls gleichzusetzen. Für das nationale Luftreinhalteprogramm gelten daher die Szenariobezeichnungen und Abkürzungen

- **Mit-Maßnahmen-Szenario (WM)**
- **NEC-Compliance-Szenario (WAM)**

die wie folgt definiert sind:

- Das **Mit-Maßnahmen-Szenario (WM)** umfasst bereits beschlossene Maßnahmen, die im Bereich Klimaschutz bis zum 31.07.2016 und im Bereich Luftreinhaltung bis zum 01.09.2017 formal rechtsgültig geworden sind. Nur in beschriebenen Ausnahmefällen kommt es zum Abweichen von diesen Stichtagfestlegungen.

Beschrieben wird das Mit-Maßnahmen-Szenario (WM) in Kapitel 5.1.1.

- Ergänzend müssen die Mitgliedstaaten für die einzelnen Luftschadstoffe auch ein **NEC-Compliance-Szenario (WAM)** für den Fall einer prognostizierten Nichteinhaltung der Reduktionsverpflichtungen im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM) vorlegen. In diesem Fall beinhaltet das NEC-Compliance-Szenario weitere Maßnahmen, die zum Stichtag noch nicht formal rechtsgültig beschlossen wurden, sowie Strategien auf deren Umsetzung sich innerhalb der Bundesregierung zur Einhaltung der Reduktionsverpflichtungen der NEC-Richtlinie geeinigt wurde. Gegenwärtig entspricht das NEC-Compliance-Szenario dem UBA-Vorschlag zur Einhaltung der Reduktionsverpflichtungen. Hinsichtlich Ammoniakminderungsmaßnahmen ist der Vorschlag als vorläufig unter Verweis auf die ausstehende aktualisierte Berechnung der Minderungspotenziale durch das Johann Heinrich von Thünen-Institut zu betrachten.

Das NEC-Compliance-Szenario (WAM) wird in Kapitel 8.1 beschrieben.

In diesem Zusammenhang gelten für die Begriffe Maßnahme, Strategie und Szenario folgende Definitionen:

- Eine **Maßnahme** zielt darauf ab, Emissionen aus einzelnen Quellgruppen zu mindern. Dies geschieht häufig über technische Verbesserungen, deren Umsetzung über gesetzliche Regelungen oder Förderung erfolgt, beispielsweise durch Verschärfung eines quellenspezifischen Emissionsgrenzwertes.
- Eine **Strategie** definiert und beschreibt i. d. R. quellgruppenübergreifende Ziele für einen Politik- (z. B. Energiepolitik) oder Umweltbereich (z. B. Biodiversität). Sie kann die Erreichung dieser Ziele zu einem bestimmten zukünftigen Zeitpunkt oder innerhalb eines definierten Zeitraumes festlegen. Dazu können Zielerreichungspfade oder Zwischenziele beschrieben werden. Außerdem kann eine Strategie bereits konkrete Maßnahmen enthalten.
- Ein **Szenario** umfasst eine Zusammenstellung ausgewählter Strategien und Maßnahmen und beschreibt deren kombinierte Wirkungen auf einen Umweltbereich (z. B. Luftschadstoffemissionen). Die jeweilige Auswahl kann sich dabei beispielsweise an verschiedenen Zielsetzungen, Prognosen zur Entwicklung der Rahmenbedingungen, Szenarien aus anderen Bereichen oder spezifischen Fragestellungen, Vorschlägen oder Forderungen orientieren.

Die komplexen Annahmen und Berechnungen, die zur Erstellung von Szenarien für Treibhausgas- oder Luftschadstoffemissionsprojektionen getroffen und abgestimmt werden müssen, machen ein gleichzeitiges Ergebnis mit derselben Stichtagfestlegung schwierig. In der Vergangenheit haben daher zumeist separate Berechnungen und Veröffentlichungen der Ergebnisse stattgefunden. Aufgrund der Priorisierung von Politikzielen im Bereich Klimaschutz waren in jüngerer Vergangenheit Treibhausgasemissionsprojektionen zeitlich vorangestellt und Luftschadstoffemissionsprognosen haben die darin getroffenen Annahmen zur Entwicklung politischer und gesetzlicher Rahmenbedingungen grundlegend übernommen und lediglich hinsichtlich Zielsetzungen im Bereich Luftreinhaltung erweitert. Nach diesem Prinzip sind auch die im nationalen Luftreinhaltungsprogramm beinhalteten Annahmen getroffen worden.

Der Umfang der bei einigen Luftschadstoffen erforderlichen Maßnahmen hängt davon ab, in welchem Maße Synergien mit der Klima- und Energiepolitik ausreichen, um die Minderungsverpflichtungen der NEC-RL zu erreichen. In diesem Zusammenhang ist insbesondere der geplante Ausstieg aus der Verstromung von Braunkohle von Bedeutung. Im nationalen Luftreinhaltungsprogramm wird – neben anderen Maßnahmen zur Minderung von Luftschadstoffen – das Minderungspotenzial des möglichen Beitrags des Ausstiegs aus der Verstromung der Braunkohle auf Basis der bestehenden Energieprojektion des MWMS des Projektionsberichts 2017, das einen moderaten Ausstieg aus der Verstromung von Braunkohle beinhaltet, abgeschätzt.

Den möglichen Auswirkungen verschiedener Aktivitätsratenentwicklungen auf Emissionsprognosen bestimmter Luftschadstoffe wird durch eine Unsicherheitsbetrachtung (vgl. Kapitel 5.1.3 und 8.2) Rechnung getragen.

2.1.3.2 Methodik

Zur Ermittlung der Gesamtemissionen werden die Emissionen der einzelnen Emissionsquellen betrachtet, indem deren Emission eines spezifischen Luftschadstoffes pro Zeiteinheit per Multiplikation aus der sogenannten Aktivitätsrate in dieser Zeiteinheit und einem

Emissionsfaktor pro Aktivität berechnet werden. Vereinfacht lässt sich dies durch die Formel beschreiben:

$$\text{Emission [EM]} = \text{Aktivitätsrate [AR]} \cdot \text{Emissionsfaktor [EF]}$$

Eine Aktivitätsrate kann beispielsweise ein Brennstoff- oder Kraftstoffeinsatz angegeben in Terrajoule [TJ], oder eine Tierzahl angegeben in Stück [Stk], oder auch eine Masse eines verwendeten Produktes in Kilogramm [kg] sein. Die zugehörigen Emissionsfaktoren ergeben sich entweder direkt aus Messergebnissen, oder sie müssen aus Messergebnissen zum Beispiel pro Abgasvolumen und Zeit per exakten oder mittleren Umrechnungsfaktoren berechnet werden. Liegen keine kontinuierlichen Messungen vor, können Emissionsfaktoren auch aus Einzelmessungen, Modellierung, Berechnung oder Schätzung durch Expertinnen und Experten auf Basis qualifizierter Annahmen gewonnen werden.

In der **Emissionsinventardatenbank „Zentrales System Emissionen“ (ZSE)** werden am Umweltbundesamt neben Treibhausgasen die nationalen Emissionssummen pro Jahr für ausgewählte Luftschadstoffe in Zeitreihen ab 1990 erfasst und dargestellt. Im jährlichen Turnus werden diese Zeitreihen regelmäßig auf das zwei Jahre vor dem aktuellen Berichtsjahr liegende Jahr fortgeschrieben und auch für alle zurückliegenden Jahre entsprechend der hinzugekommenen Erkenntnisse aktualisiert. Dadurch kann der Fall auftreten, dass sich beispielsweise die Emissionen für das Jahr 2005 zwischen der Emissionsberichterstattung in 2012 und der Emissionsberichterstattung in 2018 substantiell unterscheiden. Diese Rekalkulationen und deren Gründe sind in den informativen Inventarberichten (z. B. IIR, 2018⁹) immer bezogen auf die vorangegangene Berichterstattung dargestellt.

Entscheidend für den Detailgrad einer Zeitreihe und die Qualität und Unsicherheit der in ihr enthaltenen Werte sind Detailtiefe und Qualität der verwendeten Eingangsdaten. In einigen Quellgruppen, wie beispielsweise Landwirtschaft oder Straßenverkehr, wird die Zeitreihenauflösung des ZSE extern aus sehr detaillierten Modellen zur Emissionsberechnung oder zur Berechnung von Stoffflüssen aggregiert. Die Struktur des ZSE lässt daher keine Rückschlüsse auf die Detailtiefe der in Deutschland an verschiedenen Stellen erfassten und vorhandenen Daten zu.

Zusätzlich zur Inventardatenbank des Umweltbundesamtes (ZSE) wurde eine „Emissionsminderungsmaßnahmen“-Datenbank (EMMa) mit identischem Detaillierungsgrad aufgebaut, um die Zeitreihen der Emissionsberichterstattung unter Berücksichtigung der potenziellen Wirkungen von Strategien und Maßnahmen in die Zukunft zu projizieren. Detailinformationen können beim Umweltbundesamt nachgefragt werden.

Grundlegend prognostiziert EMMa die Entwicklung der inventarisierten Emissionen. Ziel der Inventarberichterstattung mittels ZSE ist die Angabe der tatsächlichen Emissionen der in einer Zeitreihe zusammengefassten Emissionsquellen. So kann es innerhalb von Feuerungsanlagen, die denselben Brennstoff einsetzen, Anlagen geben, die geltende Grenzwerte deutlich unterschreiten und andere Anlagen, die aufgrund von Ausnahmeregelungen oder Übergangsfristen oberhalb eines Grenzwertes emittieren dürfen. In Summe ergibt sich häufig ein von einem bestehenden Grenzwert abweichender impliziter Emissionsfaktor gemittelt über alle Emissionsquellen einer Zeitreihe. Analog dazu wird bei der Fortschreibung der Emissionen in EMMa grundlegend von einer Einhaltung der in 2020, 2025 und 2030 gültigen oder der als zukünftig gültig angenommenen Grenzwerte, soweit möglich unter Berücksichtigung von Ausnahmeregelungen und Übergangsfristen, ausgegangen und der implizite Emissionsfaktor einer Zeitreihe aus diesen

⁹ <https://iir-de.wikidot.com/>; abgerufen am 25.06.2018

Annahmen abgeleitet. Zum Teil kommen dafür komplexe externe Modelle zur Quantifizierung von Maßnahmenwirkungen zum Einsatz. Die nach der beschriebenen ZSE-Methodik in 2032 für 2030 rückblickend zu berichtenden Emissionen können von den projizierten Emissionen abweichen. Grund hierfür könnte beispielsweise die Übererfüllung von gültigen Grenzwerte durch die realen Emissionsquellen sein oder von den Annahmen abweichende Ausnahmeregelungen und Übergangsfristen.

Zur Fortschreibung der Zeitreihen für die Jahre 2020, 2025 und 2030 wurden verschiedene Datenquellen genutzt. Projektionen der Wirkung aktueller Politik wurden in 2018

- für den Bereich Landwirtschaft vom Johann Heinrich von Thünen-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei (TI),
- für den Bereich Verkehr vom Institut für Energie- und Umweltforschung, Heidelberg (ifeu) und
- für den Bereich Lösemittelanwendung vom Institut für Ökologie und Politik GmbH (Ökopol)

zur Verfügung gestellt.

Weitere Referenzprognosen und prognostizierte Maßnahmenwirkungen wurden aus abgeschlossenen Forschungsvorhaben im Auftrag des Umweltbundesamtes, z. B. „Ermittlung und Aktualisierung von Emissionsfaktoren für das nationale Emissionsinventar bezüglich kleiner und mittlerer Feuerungsanlagen der Haushalte und Kleinverbraucher“ (FKZ 3712423132) und „Verbesserung der methodischen Grundlagen und Erstellung eines Treibhausgasemissionsszenarios als Grundlage für den Projektionsbericht 2017 im Rahmen des EU Treibhausgasmonitorings (Politikszenerien VIII)“ (FKZ 3716411050) entnommen oder in laufenden Forschungsvorhaben im Auftrag des Umweltbundesamtes, z. B. „NEC-Richtlinie: Weiterentwicklung von Prognosen für Luftschadstoffe für nationale Luftreinhalteprogramme“ (FKZ 3716512020) und „Ergänzende Untersuchungen zur Erstellung von Emissionsszenarien zur Umsetzung der NEC-RL“ (FKZ 3718512420) erstellt.

Die EMMA-Datenbank wurde dazu genutzt, aufbauend auf Referenzprognosen die weiteren Wirkungen von Strategien und Maßnahmen so differenziert wie möglich zu erfassen und abzubilden. Hierdurch ist es möglich, aus der Kombination von Referenzprognosen und der Wirkung von Maßnahmen oder Kombinationen von Maßnahmen Maßnahmenpakete zu bilden, die den Bedingungen des jeweiligen Szenarios entsprechen, und deren Wirkung auf die Entwicklung der Emissionen zu berechnen.

Die Datenbank bietet eine hohe Transparenz der Annahmen und Ergebnisse. Mitunter ergeben sich aus der Anlehnung an die Struktur des ZSE aber große Schwierigkeiten für die Abbildbarkeit von Minderungswirkungen einzelner Maßnahmen, beispielsweise wenn diese nur einen Teil der in einer Zeitreihe enthaltenen Emissionsquellen betreffen oder wenn keine ausreichenden Informationen zur Verteilung von Eingangsdaten wie beispielsweise Brennstoffeinsatz, Betriebsstunden oder Feuerungswärmeleistung vorliegen. Diese Schwierigkeiten führen in Einzelfällen aktuell noch zu Unsicherheiten in der Bewertung von Minderungspotenzialen von Einzelmaßnahmen auf Basis von EMMA, die aber mittel- und langfristig durch die Verbesserung der Datenlage sowie die Anpassung der Zeitreihen-Systematik stetig vermindert werden können.

2.1.4 Bedeutung für die Luftqualität

Die Bedeutung von Emissionsminderung für die Entwicklung der Luftqualität vorherzusagen, ist Gegenstand komplexer Forschungsfragen. Da die Luftqualität an einem Ort maßgeblich von makro-, meso- und mikroskaligen meteorologischen sowie standörtlichen Bedingungen beeinflusst wird, lassen sich Effekte der Emissionsminderung nicht sofort und überall an den gemessenen Luftschadstoffkonzentrationen ablesen. Zudem setzt sich die Luftbelastung an einem Ort aus einer Vielzahl von Emissionsquellen zusammen. Unterschieden wird grob in überregionale oder Hintergrundbelastung, die zum Teil über sehr weite Strecken zum Punkt der Belastung transportierte Luftschadstoffe beinhaltet, und in lokale Zusatzbelastung, bei der die Luftbelastung zusätzlich zur Hintergrundbelastung stark von lokalen Emissionsquellen bestimmt ist. Die lokale Zusatzbelastung weist gegenüber der Hintergrundbelastung eine viel stärkere räumliche und zeitliche Variabilität auf.

Um den langfristigen Einfluss von nationalen Emissionsminderungsmaßnahmen auf die Luftqualität abzuschätzen, haben sich sogenannte Chemie-Transport-Modelle etabliert, die entsprechend der Auflösung der Eingangsdatensätze bis maximal $1 \times 1 \text{ km}^2$ Modellauflösung belastbare Ergebnisse liefern. Bis zu dieser Auflösung kann von einer Modellierung der Hintergrundkonzentration gesprochen werden. Sollen die Luftschadstoffkonzentrationen räumlich höher aufgelöst modelliert werden, um auch die lokale Zusatzbelastung abzubilden, werden auch viel höher aufgelöste Eingangsdatensätze benötigt. Derartige Modellierungen werden in der Regel nur kleinräumig für die lokale Luftreinhalteplanung eingesetzt. Zum einen würde eine solche hochauflösende deutschlandweite Modellierung enorme Rechen- und Speicherkapazität in Anspruch nehmen, zum anderen liegen entsprechende Eingangsdatensätze zum Teil nicht vor.

Durch den mitunter sehr weiten Transport von Luftschadstoffen haben lokale Emissionen und Emissionsminderungsmaßnahmen auch einen Anteil an der Hintergrundbelastung andernorts und nationale oder EU-weite Emissionsminderungsmaßnahmen, die auf eine Gruppe von Emissionsquellen wirken, haben quellenah natürlich auch einen Einfluss auf die lokale Zusatzbelastung. Dieser quellenah Effekt nationaler Minderungsmaßnahmen auf die Zusatzbelastung wird durch eine deutschlandweite Modellierung mit entsprechender Auflösung in der Regel nicht abgebildet, die Wirkung solcher Maßnahmen auf die lokale Luftqualität damit im Allgemeinen unterschätzt. Unabhängig von der Wirkung von nationalen Emissionsminderungen auf die lokale Zusatzbelastung der Luft kann deren Wirkung auf die Hintergrundbelastung unter sonst gleichen Bedingungen mit den vorhandenen Chemie-Transport-Modellen aussagekräftig eingeschätzt werden.

Die Ergebnisse der Ausbreitungsmodellierung zur Einschätzung der Auswirkung der zurückliegenden Entwicklung der Emissionen von 2005 bis 2015 auf die Luftqualität werden im Kapitel 4.2.2 dargestellt. Die Auswirkung der projizierten Emissionsentwicklung auf die Hintergrundbelastung in den Szenarien Mit-Maßnahmen (WM) und NEC-Compliance (WAM) werden in den Kapiteln 5.2 und 8.3 dargestellt. Alle für diese Vergleiche durchgeführten Modellläufe wurden mit der Meteorologie des Jahres 2005 berechnet (Datenquelle: WRF - Weather Research & Forecasting Model), um die Auswirkung der zurück liegenden und projizierten Emissionsentwicklung ohne Einfluss zwischenjähriger meteorologischer Schwankungen beurteilen zu können.

3 Politischer Rahmen für Luftqualität und Luftreinhaltung

3.1 Politikziele zur Luftreinhaltung und zur Verbesserung der Luftqualität und Einordnung gegenüber Zielen in anderen Politikbereichen

Tabelle 4: Politikziele in den Bereichen Luftreinhaltung und Luftqualität und Einordnung gegenüber Zielen in anderen Politikbereichen

Nationale Emissionsreduktionsverpflichtungen, bezogen auf das Basisjahr 2005 (in %)	SO ₂	NO _x	NMVOC	NH ₃	PM _{2,5}
2020–2029	–21 %	–39 %	–13 %	–5 %	–26 %
ab 2030	–58 %	–65 %	–28 %	–29 %	–43 %
Luftqualitätsprioritäten: nationale politische Prioritäten im Zusammenhang mit nationalen bzw. EU-Luftqualitätszielen (einschließlich Grenzwerte, Zielwerte und Verpflichtungen in Bezug auf die Expositionskonzentration)	Ziel ist, die Luftschadstoffemissionen und die Luftbelastung in Deutschland weiter deutlich zu senken. Bei der Feinstaubbelastung wurde bereits eine nahezu vollständige Grenzwerteinhaltung erreicht. Der Fokus richtet sich daher derzeit auf die Luftbelastung durch Stickstoffdioxid, die in vielen Städten noch zu hoch ist. Ziel der Maßnahmen von Bund und der zuständigen Behörden der Länder ist es, den Jahresmittelgrenzwert für Stickstoffdioxid schnellstmöglich einzuhalten.				
Relevante Prioritäten in den Bereichen Klimawandel und Energiepolitik	Ziel der Klimapolitik der Bundesregierung ist es, bis zum Jahr 2030 die Emissionen von Treibhausgasen um mindestens 55 Prozent gegenüber dem Stand von 1990 zu senken. Beim internationalen Klimaschutz setzt sich Deutschland für eine ambitionierte und effektive Umsetzung des Abkommens von Paris ein.				
Integrierte Stickstoffminderung	Auf der Basis des ersten Stickstoff-Berichts der Bundesregierung ¹⁰ bereitet BMU ein nationales Aktionsprogramm zur integrierten Stickstoffminderung vor.				
Emissionsrelevante Prioritäten in anderen Politikbereichen	[zu ergänzen im Zuge der Ressortabstimmung]				

¹⁰ <https://www.bmu.de/themen/nachhaltigkeit-internationales/nachhaltige-entwicklung/stickstoffminderung/>; abgerufen am 28.09.2018

3.2 Verantwortlichkeiten für Einhaltung der Ziele der Luftreinhaltung und Luftqualität

Tabelle 5: Zuständigkeiten der nationalen, regionalen und lokalen Behörden

Liste der zuständigen Behörden	Art der Behörde (z.B. Umweltaufsichtsbehörde, regionale Umweltagentur, Gemeinde)	Zuständigkeiten in den Bereichen Luftqualität und Luftreinhaltung	Quellgruppen im Verantwortungsbereich (optionale Angabe)
Bund	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit	– Aufgaben der Politikgestaltung – Implementierung (politischer Rahmen, Gesetzgebung)	
	Umweltbundesamt	– Berichterstattung an die Europäische Kommission – Ressortforschung als Grundlage für die Erstellung von Gesetzes- und Verordnungsentwürfen	
Land	Oberste Immissionsschutzbehörden der Länder	– Landesbezogene Aufgaben der Politikgestaltung – Mitwirkung bei der Bundesgesetzgebung im Bereich Immissionsschutzrecht – Landesbezogene Immissionsschutzgesetzgebung – Vollzug des Immissionsschutzrechts (u.a. Überwachung der Luftqualität)	
Städte und Kommunen	Landesoberbehörden, Landesmittelbehörden und untere Landesbehörden	Vollzug des Immissionsschutzrechts	



4 Bereits erzielte Emissionsreduktionen und Verbesserungen der Luftqualität in 2016 gegenüber dem Basisjahr 2005 sowie Einhaltung von nationalen und EU-Regelungen im Berichtsjahr 2016

4.1 Entwicklung der Emissionen von 2005 bis 2016 nach Emissionsberichterstattung 2018, Einhaltung von nationalen und EU-Regelungen

4.1.1 Entwicklung der Emissionen von 2005 bis 2016 gemäß Emissionsberichterstattung 2018

4.1.1.1 Entwicklung der Emissionen – Überblick

Die anthropogenen Emissionen der durch die NEC-Richtlinie (EU) 2016/2284 mit Reduktionsverpflichtungen ab 2020 belegten Luftschadstoffe sind seit 1990 mit Ausnahme der NH₃-Emissionen bereits stark zurückgegangen (vgl. Abbildung 7). Negative Auswirkungen auf und Risiken für die menschliche Gesundheit und die Umwelt sind jedoch noch immer bedeutend (NEC-RL (EU) 2016/2284, Erwägungsgrund 1). Die Emissionsentwicklung der vergangenen zehn bis 15 Jahre zeigt, dass in vielen Quellgruppen große technische Minderungspotenziale bereits umgesetzt worden und es in Deutschland bei konstanten oder wachsenden Aktivitätsraten zunehmend anspruchsvoller und kostenaufwendiger wird, Emissionsminderungen mit Hilfe von prozess-, verfahrens- oder systemintegrierten Minderungsmaßnahmen zu verwirklichen.

Unter Berücksichtigung dieser Rahmenbedingungen ist Deutschland unter der NEC-Richtlinie (EU) 2016/2284 zu Reduktionen der Emissionen von SO₂, NO_x, NMVOC, NH₃ und PM_{2,5} ab 2020 verpflichtet. Die Reduktionen sind als prozentuale Minderung gegenüber den Emissionen im Basisjahr 2005 festgelegt. Zunächst werden daher im Folgenden die zurückliegenden Entwicklungen der Emissionen seit 2005 dargestellt (vgl. Abbildung 8) und die Wirksamkeit eingesetzter Strategien und Maßnahmen quantifiziert. Die der Darstellung zugrunde liegenden Emissionsdaten der Emissionsberichterstattung 2018 wurden der Europäischen Kommission im Februar 2018 berichtet und sind auf den Internetseiten der Europäischen Umweltagentur unter folgendem Link öffentlich verfügbar:

http://cdreionet.europa.eu/de/eu/nec_revised/inventories/envwofk_g/index.html?&page=2

Abbildung 7: Entwicklung der Emissionen von SO₂, NO_x, NMVOC, NH₃ und PM_{2,5} von 1990 bis 2016 und linearer Reduktionspfad nach neuer NEC-Richtlinie (EU) 2016/2284, Quelle: Emissionsberichterstattung 2018, Umweltbundesamt, FG I 2.6

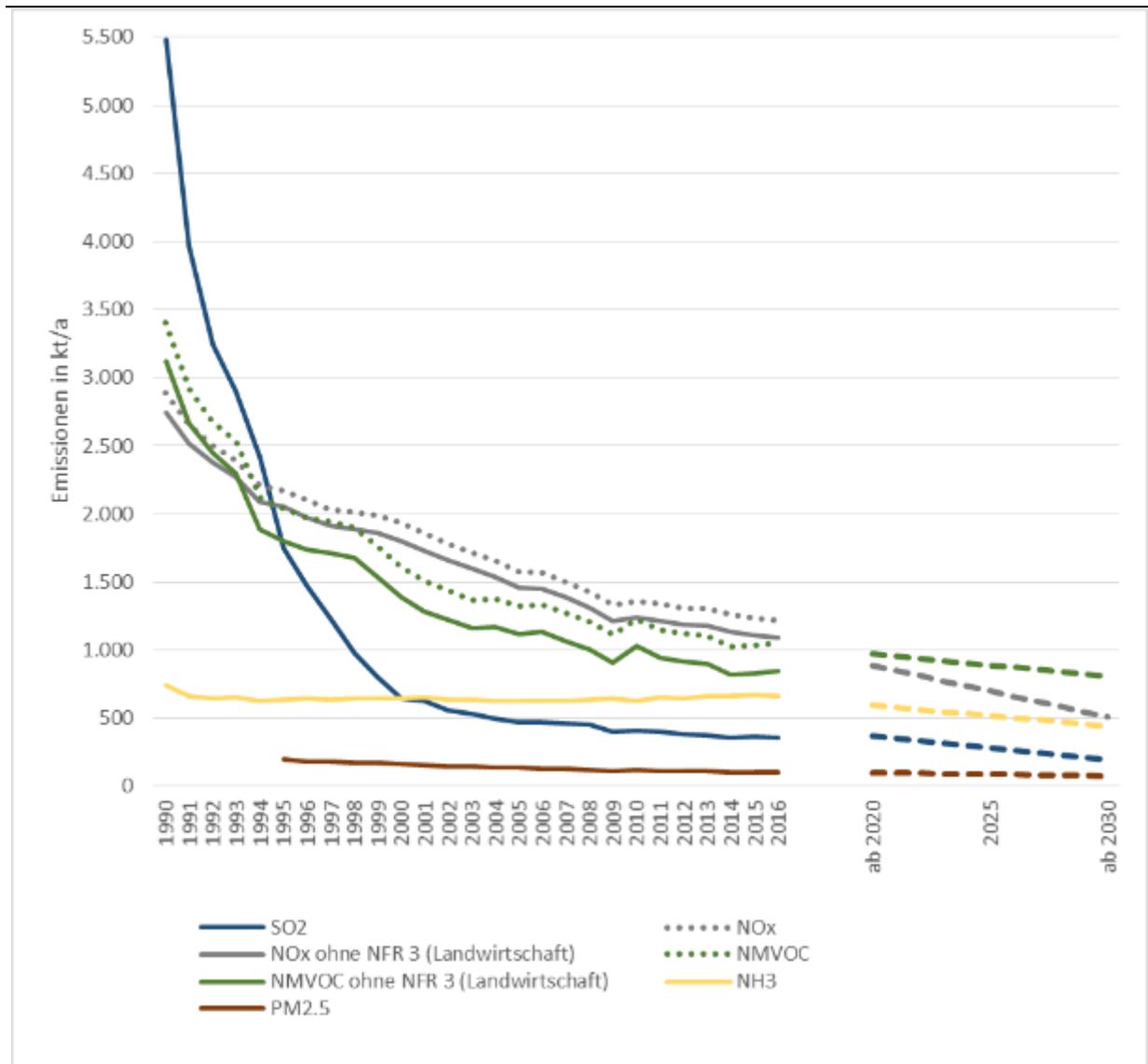
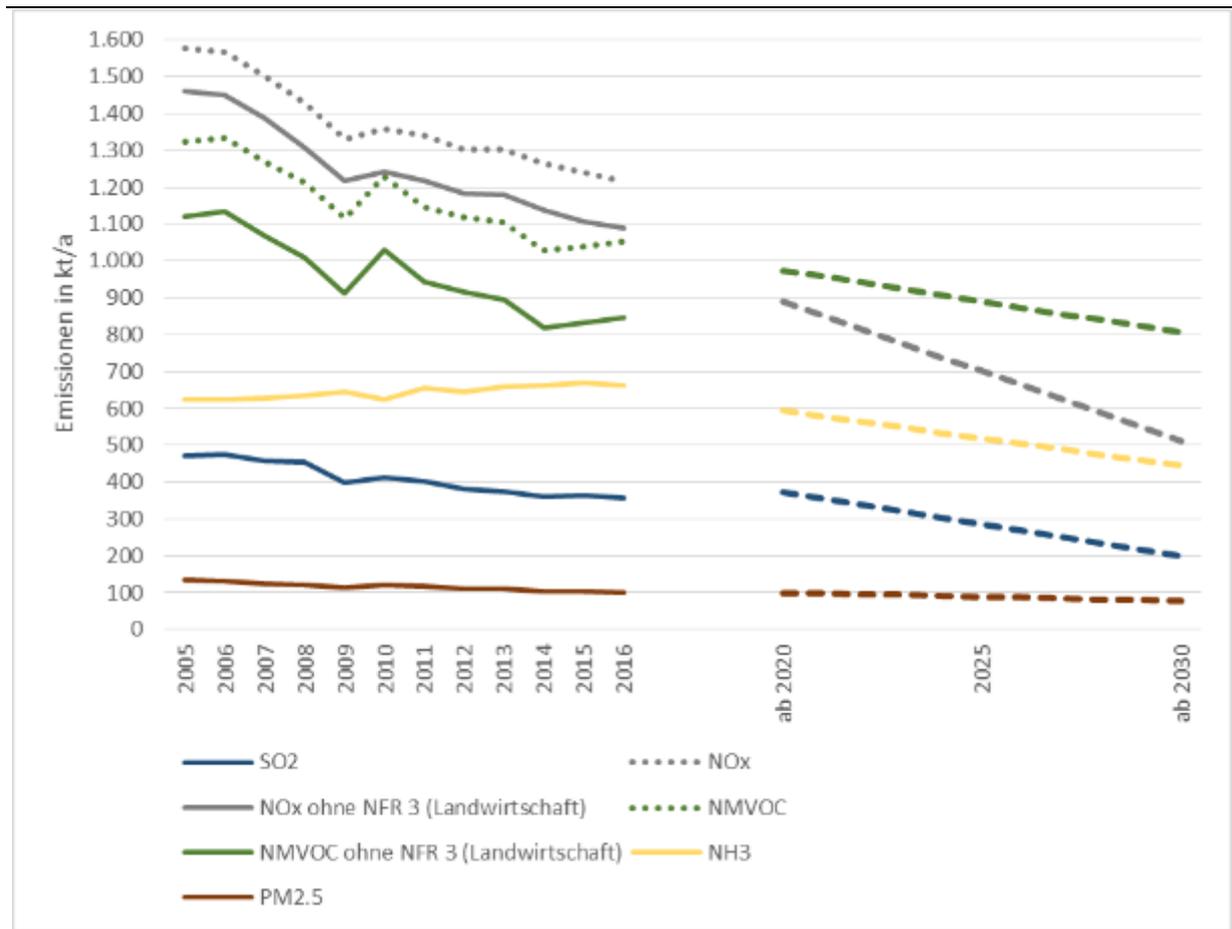


Tabelle 6: Absolute Emissionen in kt/a zu Abbildung 7 und Abbildung 8

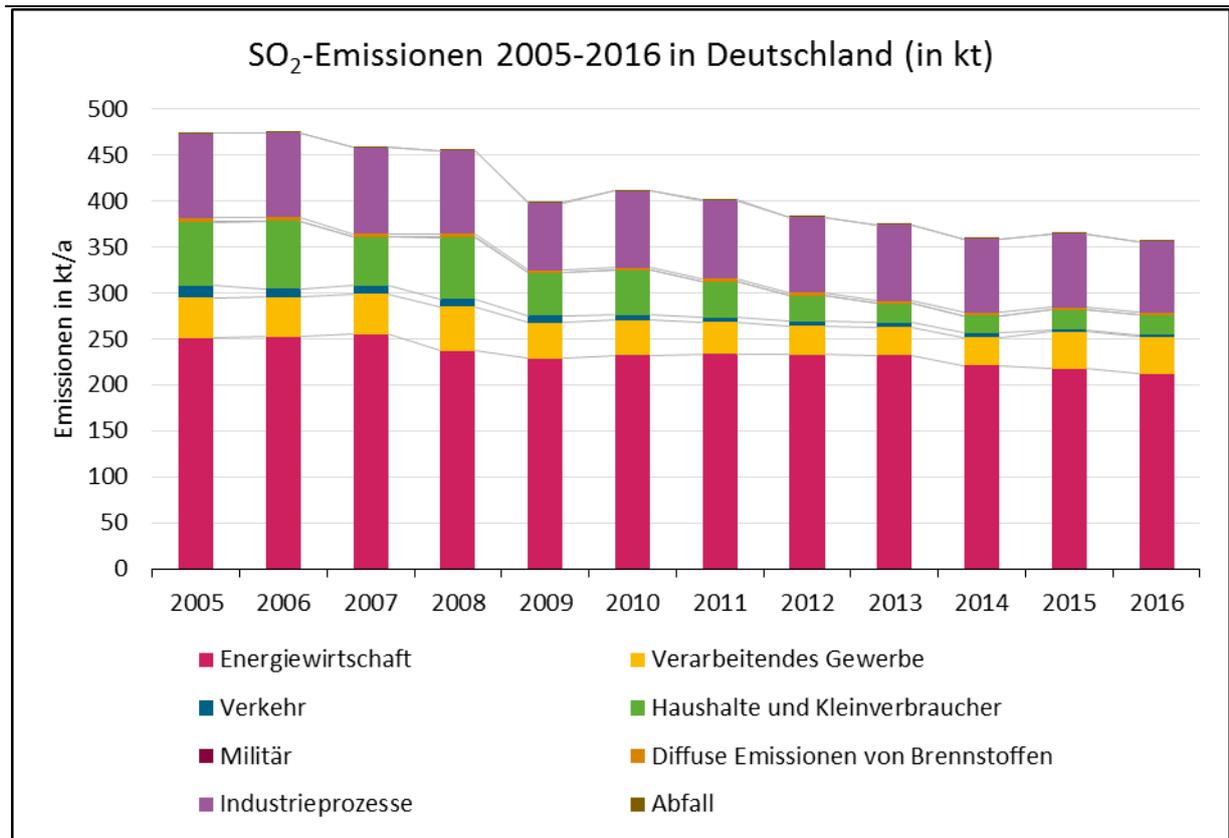
Schadstoff oder Schadstoffgruppe	Einheit	Emissionsberichterstattung 2018														
		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
SO ₂	kt	5486	3970	3242	2906	2419	1746	1477	1227	981	801	646	625	561	533	493
NO _x	kt	2892	2649	2502	2394	2206	2171	2099	2033	2010	1985	1931	1854	1776	1720	1653
NO _x ohne Landwirtschaft	kt	2749	2518	2375	2272	2093	2051	1979	1915	1890	1861	1804	1732	1657	1602	1534
NM _{VOC}	kt	3401	2916	2683	2532	2121	2038	1969	1943	1901	1757	1609	1506	1438	1368	1376
NM _{VOC} ohne Landwirtschaft	kt	3122	2668	2447	2298	1887	1804	1737	1715	1677	1534	1391	1286	1225	1159	1171
NH ₃	kt	743	663	649	654	629	639	646	641	646	650	647	653	640	637	626
PM _{2,5}	kt						197	186	186	176	173	163	157	151	147	142
		Emissionsberichterstattung 2018												Anwendung der prozentualen Reduktionsverpflichtung auf das Basisjahr 2005 nach Emissionsberichterstattung 2018		
		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	ab 2020	ab 2025	ab 2030
SO ₂	kt	473	474	458	454	398	411	401	382	374	359	364	356	374	286	199
NO _x	kt	1578	1568	1499	1428	1331	1357	1341	1304	1302	1263	1239	1217			
NO _x ohne Landwirtschaft	kt	1460	1450	1387	1307	1218	1243	1217	1184	1179	1138	1108	1091	890	701	511
NM _{VOC}	kt	1323	1335	1270	1212	1115	1230	1145	1119	1105	1029	1039	1052			
NM _{VOC} ohne Landwirtschaft	kt	1120	1136	1070	1008	911	1029	944	915	896	818	832	848	974	890	806
NH ₃	kt	625	626	628	633	646	626	656	643	660	662	670	663	594	519	444
PM _{2,5}	kt	135	131	126	120	114	121	116	110	109	104	103	101	100	88	77

Abbildung 8: Entwicklung der Emissionen von SO₂, NO_x, NMVOC, NH₃ und PM_{2,5} von 2005 bis 2016 und linearer Reduktionspfad nach neuer NEC-Richtlinie (EU) 2016/2284, Quelle: Emissionsberichterstattung 2018, Umweltbundesamt, FG I 2.6



4.1.1.2 Entwicklung der SO₂-Emissionen 2005 – 2016

Abbildung 9: Entwicklung der SO₂-Emissionen von 2005-2016 in Deutschland



Hauptverursacher der SO₂-Emissionen in Deutschland ist die Energiewirtschaft (2005: ca. 53 %, 2016: ca. 59 %) – insbesondere Anlagen zur Stromerzeugung, vor allem Kohlefeuerungen, Industrieprozesse (2005: 19 %, 2016: 22 %), Haushalte und Kleinverbraucher (2005: 15 %, 2016: 6 %) sowie das verarbeitende Gewerbe (2005: 9 %, 2016: 11%). Der Verkehr spielt bei den SO₂-Emissionen nur noch eine untergeordnete Rolle (2005: 3 %, 2016: 1 %). Diffuse Brennstoffemissionen, Emissionen aus anderen Feuerungsanlagen (Militär) und der Abfallbereich haben nur einen sehr geringen Anteil (unter 1 %) an den SO₂-Gesamtemissionen.

Im Zeitraum 2005 bis 2016 nahmen die SO₂-Gesamtemissionen in Deutschland um knapp 25 % ab, das entspricht gut 117 kt. Im Bereich Haushalte und Kleinverbraucher, 2016 verantwortlich für rund 6 % der Gesamtemissionen, konnten die SO₂-Emissionen deutlich um knapp 48 kt reduziert werden. Diese Minderungen sind vor allem auf einen vermehrten Einsatz von Heizöl mit geringem Schwefelgehalt (50 mg/kg statt bis zu 1000 mg/kg) seit dem Jahr 2008 zurückzuführen. Durch Steuervorteile für schwefelarmes Heizöl Extraleicht (EL) gegenüber Heizöl mit höherem Schwefelgehalt, hat sich schwefelarmes Heizöl EL als neuer Standard in Deutschland etabliert.

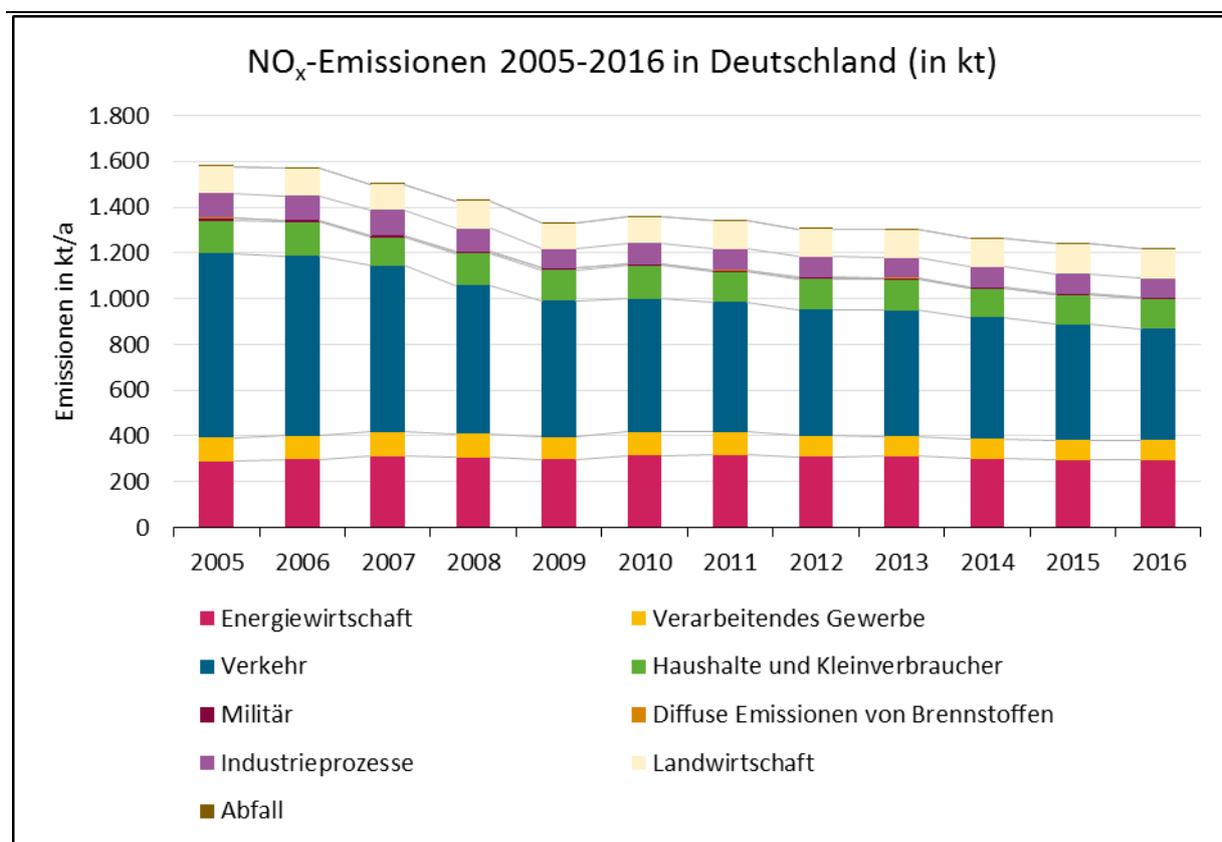
Die SO₂-Emissionen aus der Energiewirtschaft gingen im Zeitraum 2005 bis 2016 um knapp 39 kt zurück, die SO₂-Emissionen des Verarbeitenden Gewerbes um gut 3 kt. Diese Minderungen sind auf die Umsetzung der Emissionsgrenzwerte der Fassungen der 13. Bundes-

Immissionsschutzverordnung (Verordnung über Großfeuerungsanlagen) von 2004 und 2013¹¹ zurückzuführen. Die Neufassung der 13. BImSchV vom 02.05.2013 setzt bereits einen Großteil der Anforderungen der europäischen Industrieemissionsrichtlinie (IED) 2010/75/EU¹² in deutsches Recht um.

Die SO₂-Emissionen aus Industrieprozessen konnten im Zeitraum 2005 bis 2016 um knapp 15 kt reduziert werden. Gut die Hälfte dieser Minderung wurde in der Metallindustrie erreicht, der Rest in der Chemischen Industrie. Der Rückgang in der Chemischen Industrie ist vor allem produktionsbedingt (Rückgang der Aktivitätsraten).

4.1.1.3 Entwicklung der NO_x-Emissionen 2005 – 2016

Abbildung 10: Entwicklung der NO_x-Emissionen von 2005-2016 in Deutschland



Hauptverursacher der NO_x-Emissionen in Deutschland ist nach wie vor der Verkehr, mit einem Anteil von 51 % an den Gesamtemissionen in 2005 und 40 % in 2016. Die Hauptquellgruppe im Bereich Verkehr ist der Straßenverkehr und hier vor allem die schweren Nutzfahrzeuge (SNF) und Diesel-Pkw. Auf den Verkehr folgen die Energiewirtschaft (2005: 18 %, 2016: 24 %), die Haushalte und Kleinverbraucher (2005: 9 %, 2016: 11 %), die Landwirtschaft (2005: 8 %, 2016: 10 %),

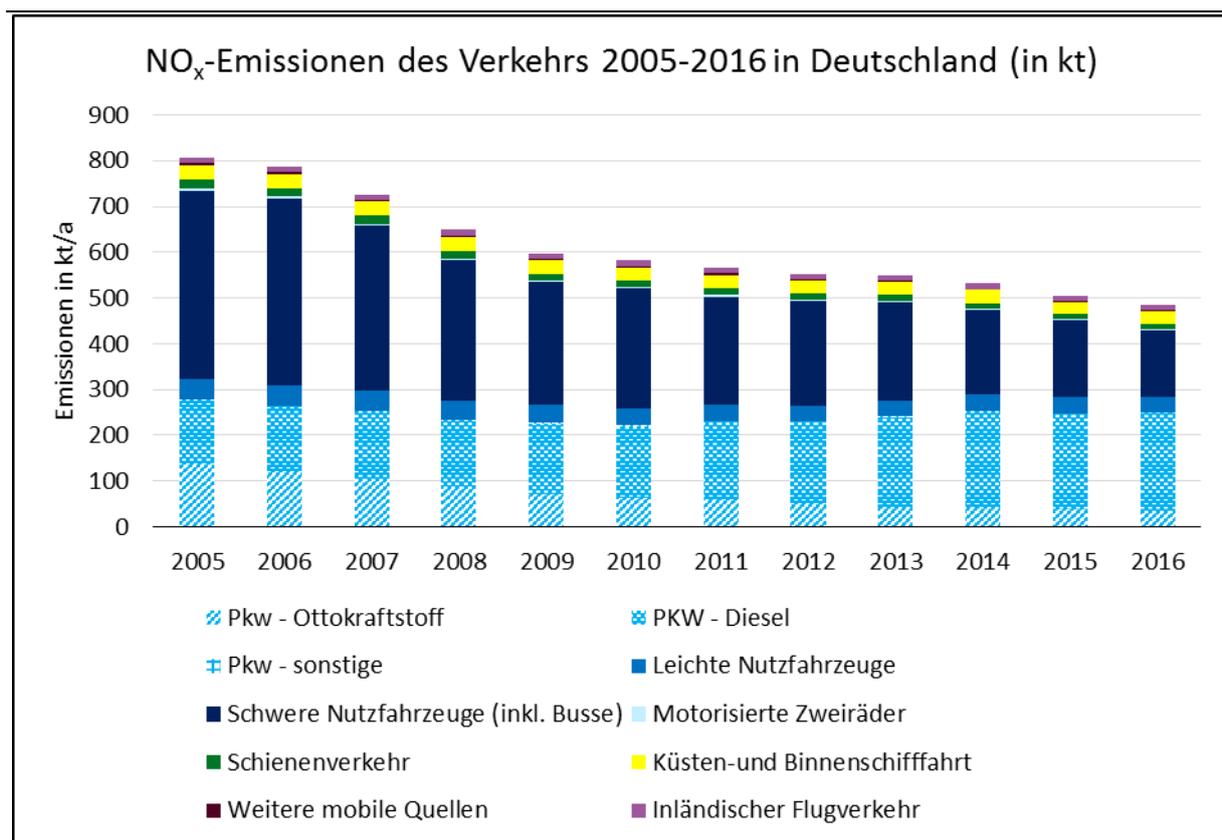
¹¹ Dreizehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Großfeuerungs-, Gasturbinen- und Verbrennungsmotoranlagen)

¹² <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:334:0017:0119:de:PDF>; abgerufen am 26.06.2018

Industrieprozesse (2005: 7 %, 2016: 7 %) sowie das Verarbeitende Gewerbe (2005: 7 %, 2016: 7 %).

Die gesamten deutschen NO_x-Emissionen nahmen von 2005 bis 2016 um fast 23 % ab, das entspricht gut 360 kt. Die deutlichsten Emissionsabnahmen sind im Verkehrsbereich zu verzeichnen: die Emissionen des gesamten Verkehrs gingen im Zeitraum 2005 bis 2016 um gut 320 kt zurück, die NO_x-Emissionen des Straßenverkehrs konnten um knapp 307 kt reduziert werden. Die größten Minderungen traten bei den schweren Nutzfahrzeugen (inkl. Bussen) auf: Trotz steigender Fahrleistungen (bei den SNF; bei den Bussen gingen die Fahrleistungen leicht zurück) ließen sich die Stickstoffoxid-Emissionen um knapp 270 kt mindern. Dies ist auf die Verschärfung von Emissionsgrenzwerten für schwere Nutzfahrzeuge und die damit verbundene stetige Flottenerneuerung zurückzuführen. Maßnahmen wie die seit dem 1.1.2005 in Deutschland geltende nach Schadstoffklassen differenzierte Lkw-Maut und die seit 2008 in mittlerweile 58 deutschen Städten eingeführten Umweltzonen führten zu einer Nachfrage nach schadstoffärmeren Fahrzeugtechnologien und begünstigten somit die Modernisierung der Fahrzeugflotte. Die NO_x-Emissionen der Pkw nahmen im Zeitraum 2005 bis 2016 um knapp 28 kt, die NO_x-Emissionen der leichten Nutzfahrzeuge um knapp 10 kt ab. Auch bei den Pkw und LNF stiegen die Fahrleistungen (um 11 % bei Pkw bzw. 13 % bei LNF) an, wobei die Fahrleistungen der Diesel-Pkw zunahm, da der Anteil der Diesel-Pkw am gesamten Fahrzeugbestand stieg. Die Fahrleistungen der Benzin-Pkw nahmen dagegen ab. Die Statistiken über Neuzulassungen seit Bekanntwerden der Differenzen zwischen Prüfzyklus- und realen Emissionen bei zahlreichen Diesel-Pkw belegen eine Umkehr dieses Trends zu Gunsten von Benzin-Pkw. Letztlich nahmen die Stickstoffoxid-Emissionen der Pkw und leichten Nutzfahrzeuge durch die stetige Verschärfung von Emissionsgrenzwerten und der damit einhergehenden Modernisierung der Fahrzeugflotte ab. Maßnahmen, die die Flottenerneuerung beförderten sind die in vielen deutschen Städten eingeführten Umweltzonen sowie die im Jahr 2009 gewährte Abwrackprämie für Altfahrzeuge. Die NO_x-Emissionen des Schienenverkehrs gingen im Zeitraum 2005 bis 2016 um knapp 10 kt zurück, die Stickstoffoxid-Emissionen der Küsten- und Binnenschifffahrt um knapp 2 kt. Auch hier konnten Emissionsminderungen durch die Verschärfung von Emissionsgrenzwerten erreicht werden. Weitere mobile Quellen spielen eine untergeordnete Rolle. Eine Übersicht über die NO_x-Emissionen des Verkehrs ist in Abbildung 11 dargestellt.

Abbildung 11: NO_x-Emissionen des Verkehrs 2005-2016 in Deutschland



Bei Industrieprozessen – vor allem in der Mineralischen Industrie und in der Metallindustrie – gingen die Emissionen von 2005 bis 2016 zurück (Emissionsminderung der gesamten Industrieprozesse: gut 20 kt).

Leichte Emissionsreduktionen sind auch im Verarbeitenden Gewerbe (Minderung 2005-2016: rund 15 kt) und bei den Haushalten und Kleinverbrauchern (Minderung: knapp 13 kt) zu verzeichnen. Die Minderung der NO_x-Emissionen bei den Haushalten und Kleinverbrauchern ist vor allem auf einen Rückgang des Heizöleinsatzes zurückzuführen.

In der Energiewirtschaft stiegen die NO_x-Emissionen im Zeitraum 2005-2016 dagegen leicht an. Gründe dafür sind ein zunehmender Einsatz von Biomasse und Biogas zur Strom- und Wärmeerzeugung sowie vermehrte Lastwechsel der Kraftwerke.

Eine leichte Zunahme der NO_x-Emissionen ist auch in der Landwirtschaft – überwiegend aus landwirtschaftlichen Böden – zu verzeichnen (Zunahme der landwirtschaftlichen NO_x-Emissionen um ca. 8 kt im Zeitraum 2005-2016). Aufgrund der gegenläufigen Entwicklungen der Emissionen aus der Ausbringung von Gärrestsubstraten (Emissionszunahme) sowie Mineraldünger (Emissionsabnahme) ergibt sich kein eindeutiger Trend. Hier ist noch zu beachten, dass NO_x-Emissionen aus der Landwirtschaft bei der Überprüfung der Einhaltung der zulässigen Emissionshöchstmenge der alten NEC-Richtlinie 2001/81/EG¹³ (gültig bis 31.12.2019) nicht

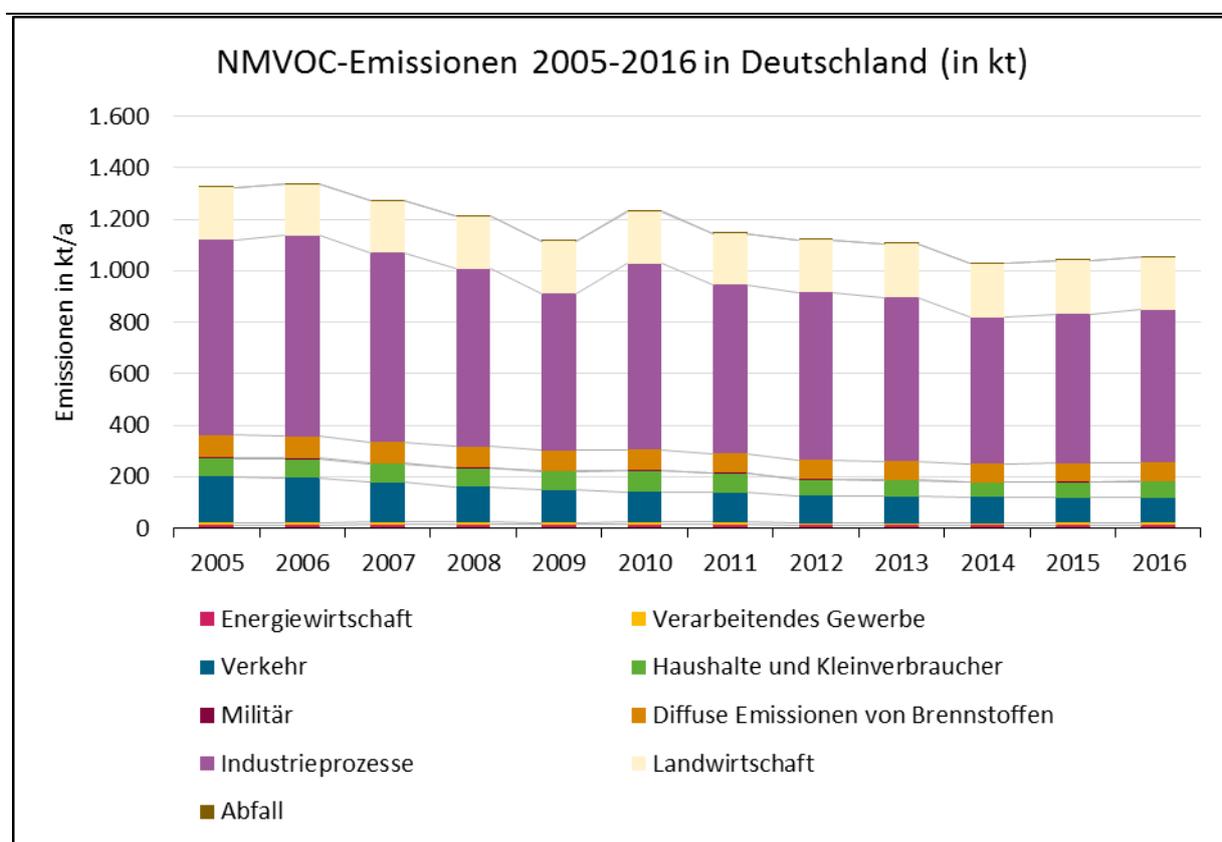
¹³ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32001L0081&from=DE>; abgerufen am 26.06.2018

berücksichtigt werden. Auch nach neuer NEC-Richtlinie (EU) 2016/2284 sind NO_x-Emissionen aus der Landwirtschaft nicht reduktionspflichtig. Zudem unterliegt ein Teil der Emissionen aus dem Straßenverkehr dem sogenannten „Inventory Adjustment“ und darf für die Feststellung der Compliance von der berichteten nationalen Emissionssumme abgezogen werden¹⁴ (vgl. IIR, 2018).

4.1.1.4 Entwicklung der NMVOC-Emissionen 2005 – 2016

Hauptverursacher der NMVOC-Emissionen in Deutschland sind Industrieprozesse (Anteil der NMVOC-Emissionen aus Industrieprozessen an den deutschen Gesamtemissionen: 2005: 57 %, 2016: 56 %), vor allem Lösemittelanwendungen, die unter der Quellgruppe „Nicht-energetische Produkte aus Brennstoffen“ zusammengefasst werden (Emissionsanteil 2005: 55 %, 2016: 53 %). Weitere NMVOC-Quellen sind die Landwirtschaft (2005: 15 %, 2016: 19 %), der Verkehr (2005: 13 %, 2016: 9 %), diffuse Brennstoffemissionen (2005: 7 %, 2016: 7 %) und Haushalte und Kleinverbraucher (2005: 5 %, 2016: 6 %).

Abbildung 12: Entwicklung der NMVOC-Emissionen von 2005-2016 in Deutschland



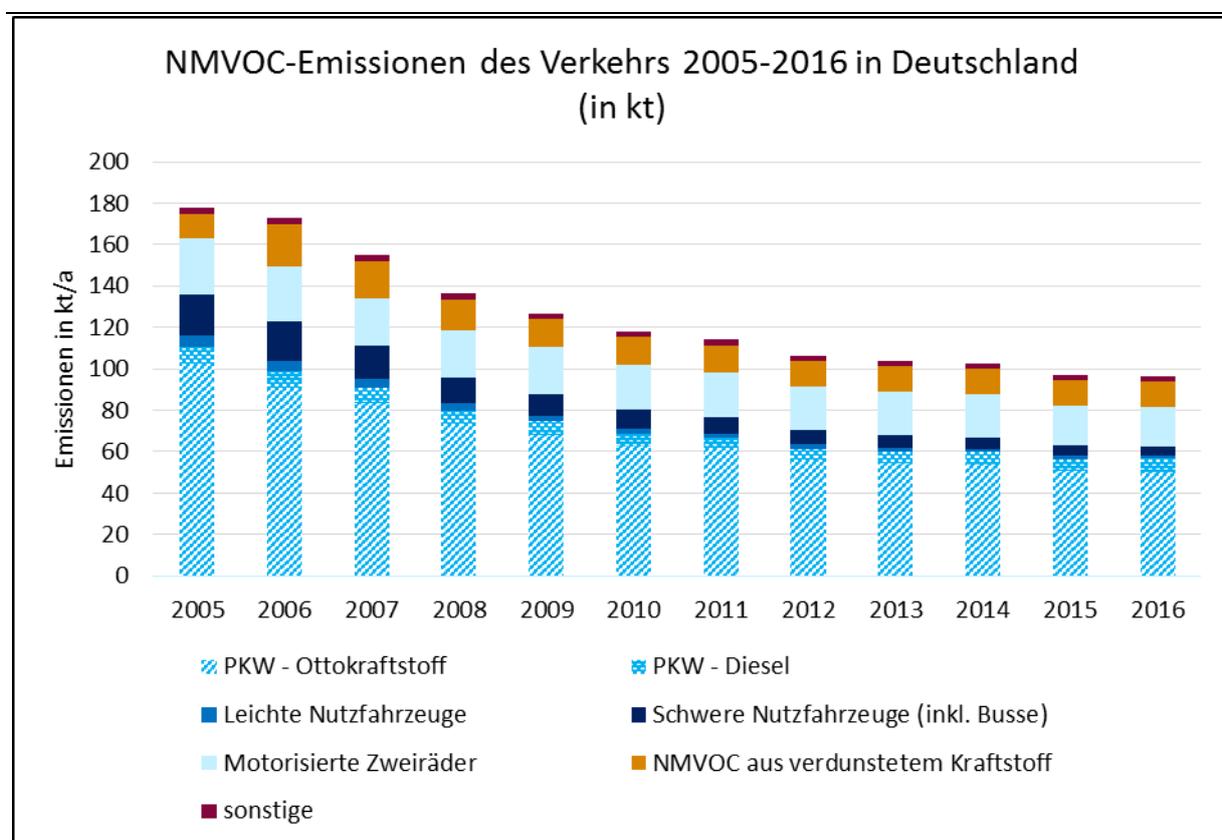
Im Zeitraum 2005-2016 konnten die gesamten deutschen NMVOC-Emissionen um gut 20 % gemindert werden, das entspricht gut 271 kt. Dabei sind die deutlichsten Minderungen im

¹⁴ <https://iir-de.wikidot.com/adjustments>; abgerufen am 26.06.2018

Verkehr (Minderung um rund 81 kt) – hauptsächlich im Straßenverkehr – zu verzeichnen. NMVOC-Emissionen werden vor allem von Benzin-Pkw und motorisierten Zweirädern verursacht (siehe Abbildung 13). Durch die Weiterentwicklung von Katalysatoren vor allem bei Otto-Pkw konnten deutliche NMVOC-Minderungen erzielt werden. In den vergangenen Jahren gingen die Benzin-Pkw im Fahrzeugbestand und die Fahrleistungen von Benzin-Pkw stetig zurück, während der Anteil der Diesel-Pkw und deren Fahrleistungen zunahm. Diese Entwicklung führte ebenfalls zu einem Rückgang der NMVOC-Emissionen.

Eine weitere relevante NMVOC-Emissionsquelle ist die Verdunstung aus Fahrzeugtanks. Die Menge der durch Verdunstung aus den Fahrzeugtanks freigesetzten NMVOC nahm – parallel zur Menge der verbrauchsbedingten Emissionen – in den vergangenen Jahren ab. Durch sorgfältiges Abdichten des Kraftstoffsystems und den Einbau von Aktivkohlefiltern im Tank konnten diese Emissionen in den vergangenen Jahren leicht gemindert werden.

Abbildung 13: NMVOC-Emissionen des Verkehrs von 2005-2016 in Deutschland



Die NMVOC-Emissionen aus Industrieprozessen nahmen im Zeitraum 2005 bis 2016 um rund 166 kt ab. Dieser Rückgang ist zu fast 100 % auf den Rückgang der Emissionen aus Lösemittel- und Produktanwendungen zurückzuführen. Regelungen zur Begrenzung von NMVOC-Emissionen aus Produktanwendungen auf europäischer Ebene sind die Lösemittelrichtlinie 1999/13/EG¹⁵

¹⁵ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:31999L0013&from=EN>; abgerufen am 26.06.2018

(auch VOC-Richtlinie), die im Jahr 2010 in der IED-Richtlinie 2010/75/EU¹⁶ aufging, und die sogenannte DECOPAINT-Richtlinie 2004/42/EG¹⁷. Die IED-Richtlinie umfasst im Bereich Produktanwendungen bestimmte Anlagenarten (u. a. Beschichtungsanlagen, Druckereien, Oberflächenreinigungsanlagen, Textilreinigung, Anlagen zur Umwandlung von Kautschuk und Anlagen zur Herstellung von Beschichtungsstoffen, Klebstoffen, Druckfarben und Arzneimitteln), in denen organische Lösemittel eingesetzt werden und der jährliche Lösemittelverbrauch bestimmte Schwellenwerte überschreitet. Die Umsetzung der Regelungen zu Produktanwendungen der IED-Richtlinie in deutsches Recht erfolgte durch die 31. BImSchV¹⁸ und die 2. BImSchV¹⁹. Auch die TA Luft²⁰ von 2002 legt für einzelne genehmigungsbedürftige Anlagen Emissionsbegrenzungen für NMVOC fest. Die DECOPAINT-Richtlinie begrenzt den Lösemittelgehalt in bestimmten Farben, Lacken und Beschichtungsstoffen; sie stellt Anforderungen an die Reduktion des Lösemittelgehalts in den o.g. Produkten in zwei Stufen (Stufe I seit dem 1.1.2007, Stufe II seit dem 1.1.2010). Die DECOPAINT-Richtlinie umfasst nur die Beschichtung fest eingebauter Bauprodukte (z.B. Türen, Fenster, Treppen, Heizkörper), von der Geltung der Richtlinie ausgenommen sind Gegenstände wie Möbel, die nicht fest mit einem Gebäude verbunden sind. Die Richtlinie wurde mit der Lösemittelhaltige Farben- und Lack-Verordnung²¹ (ChemVOC-FarbV) in deutsches Recht umgesetzt.

Die genannten europäischen und nationalen Regelungen haben in den vergangenen Jahren zu Minderungen der NMVOC-Emissionen bei den Produktanwendungen geführt. Ein Bereich, in dem die NMVOC-Emissionen deutlich gemindert werden konnten, ist die Anwendung von Farben und Lacken. Hier konnten die Emissionen vor allem durch die in der DECOPAINT-Richtlinie festgelegten Grenzwerte für den Lösemittelgehalt in Farben, Lacken und anderen Beschichtungsstoffen reduziert werden. Das deutsche Umweltzeichen „Blauer Engel“ unterstützte diese Entwicklung durch die Kennzeichnung von Produkten mit niedrigem Lösemittelgehalt. Auch in der Druckindustrie sind Minderungen der NMVOC-Emissionen zu verzeichnen. Diese Minderungen konnten vor allem durch einen geringeren Einsatz von Isopropanol als Zusatzstoff für Feuchtmittel bei Druckanwendungen erreicht werden. Zudem beeinflussen Technologiewechsel (z. B. weniger Buchdruck, mehr Digitaldruck) die Emissionen dieser Quellgruppe. Bei der privaten Nutzung lösemittelhaltiger Produkte nahmen die Emissionen aus einigen Produktgruppen (z. B. Anwendung von Deodorants) ab, in anderen Bereichen nahmen die NMVOC-Emissionen jedoch zu (z. B. bei der Anwendung von Haarspray und bei pharmazeutischen Produkten), so dass die Emissionen aus dieser Unterquellgruppe im Zeitraum 2005 bis 2016 insgesamt zunahmen.

Diffuse Emissionen aus Brennstoffen konnten im Zeitraum 2005 bis 2016 durch die Umsetzung von Grenzwerten der Verordnung zur Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer

¹⁶ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:334:0017:0119:de:PDF>; abgerufen am 26.06.2018

¹⁷ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32004L0042&from=DE>; abgerufen am 26.06.2018

¹⁸ 31. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung zur Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen bei der Verwendung organischer Lösemittel in bestimmten Anlagen)

¹⁹ Zweite Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung zur Emissionsbegrenzung von leichtflüchtigen halogenierten organischen Verbindungen)

²⁰ Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz, Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft

²¹ Chemikalienrechtliche Verordnung zur Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen (VOC) durch Beschränkung des Inverkehrbringens lösemittelhaltiger Farben und Lacke (Lösemittelhaltige Farben- und Lack-Verordnung)

Verbindungen beim Umfüllen oder Lagern von Ottokraftstoffen, Kraftstoffgemischen oder Rohbenzin²² (20. BImSchV) und der Verordnung zur Begrenzung der Kohlenwasserstoffemissionen bei der Betankung von Kraftfahrzeugen²³ (21. BImSchV) um fast 14 kt reduziert werden. Insbesondere durch die Ausstattung von Tankstellen mit Gaspindel- und Gasrückführungssystemen konnten deutliche Minderungen der NMVOC-Emissionen erreicht werden.

Die NMVOC-Emissionen aus Kleinf Feuerungsanlagen (Haushalte und Kleinverbraucher) gingen im Zeitraum 2005 bis 2016 um gut 8 kt zurück. Diese Emissionsminderung ist ein Nebeneffekt der 1. BImSchV²⁴. Durch eine Optimierung von Verbrennungsprozessen zur Staubminderung werden auch die NMVOC-Emissionen gemindert.

Bei den NMVOC-Emissionen aus der Landwirtschaft blieben die Emissionen dagegen weitgehend konstant (bei ca. 204 kt). Landwirtschaftliche NMVOC-Emissionen stammen vor allem aus dem Wirtschaftsdüngermanagement (vornehmlich aus der Rinderhaltung), und zu einem kleineren Teil aus der Getreideproduktion. Zu berücksichtigen ist hier ebenfalls, dass die NMVOC-Emissionen aus der Landwirtschaft bei der Überprüfung der Einhaltung der zulässigen Emissionshöchstmenge nach alter NEC-Richtlinie 2001/81/EG²⁵ (gültig bis 31.12.2019) nicht berücksichtigt werden und beim sogenannten ‚National Total for Compliance‘ von der berichteten nationalen Emissionssumme abgezogen werden²⁶ (vgl. IIR, 2018). Auch nach neuer NEC-Richtlinie (EU) 2016/2284 sind NMVOC-Emissionen aus der Landwirtschaft nicht reduktionspflichtig.

4.1.1.5 Entwicklung der NH₃-Emissionen 2005 – 2016

Die NH₃-Emissionen stammten zu etwa 93 % in 2005 und etwa 95 % in 2016 aus der Landwirtschaft. Über die Hälfte (2005: 310 kt, 2016: 361 kt) der landwirtschaftlichen Ammoniak-Emissionen stammen aus der Ausbringung organischer Dünger inkl. Weidegang, mineralischer Dünger und von Gärresten. Die übrigen Emissionen sind vor allem Emissionen aus Stall und Lager in der Tierhaltung. Eine weitere relevante NH₃-Quelle ist der Verkehr (Anteil der Verkehrsemissionen an den gesamten NH₃-Emissionen: 2005: 4 %, 2016: 2 %), vor allem Benzin-Pkws, bei denen Ammoniak als Nebenprodukt in Drei-Wege-Katalysatoren gebildet wird. Dieselmotoren emittieren dagegen wegen des höheren Luftüberschusses weniger NH₃ als Ottomotoren. Ammoniak wird auch bei Industrieprozessen freigesetzt (Anteil der NH₃-Emissionen aus Industrieprozessen an den gesamten NH₃-Emissionen: 2005: 2 %, 2016: 2 %), vor allem bei der Düngemittel-, Ammoniak- und Salpetersäureproduktion und bei Verwendung von Kühlmitteln.

Im Zeitraum 2005 bis 2016 nahmen die gesamten deutschen Ammoniak-Emissionen um etwa 6 % zu, das entspricht gut 37 kt. Diese Zunahme ist vor allem auf den starken Anstieg der

²² Zwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung zur Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen beim Umfüllen oder Lagern von Ottokraftstoffen, Kraftstoffgemischen oder Rohbenzin)

²³ Einundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung zur Begrenzung der Kohlenwasserstoffemissionen bei der Betankung von Kraftfahrzeugen)

²⁴ Erste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen)

²⁵ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32001L0081&from=DE>; abgerufen am 26.06.2018

²⁶ <https://iir-de.wikidot.com/adjustments>; abgerufen am 26.06.2018

Aktivitätsraten bei Lagerung und Ausbringung von Gärresten aus der Vergärung von Energiepflanzen in Biogasanlagen zurückzuführen. Bei der Mineraldüngerausbringung ist der steigende Anteil des Harnstoffs, mit vergleichsweise hohen Emissionsfaktoren, für steigende Emissionen verantwortlich.

Ein deutlicher Anstieg ist bei den Geflügelzahlen zu verzeichnen, auch die Anzahl der Schweine nahm im Zeitraum 2005 bis 2016 leicht zu. Die Zahl der Milchkühe, der übrigen Rinder sowie der Schafe, Ziegen und Pferde ist allerdings rückläufig. Insgesamt gingen die Ammoniak-Emissionen aus Stall und Lager leicht zurück (Minderung von knapp 5 kt).

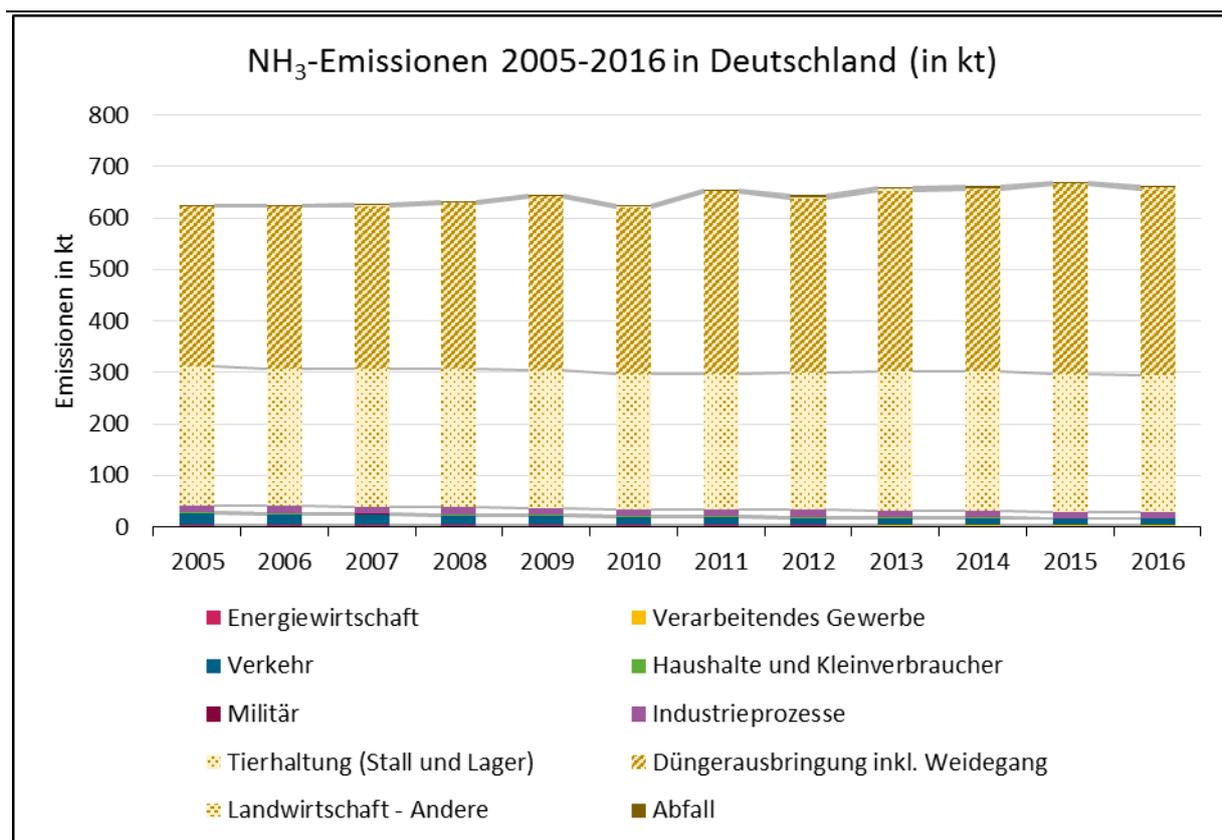
Im Verkehrsbereich ist eine Abnahme der Ammoniak-Emissionen von knapp 10 kt zu verzeichnen. Dieser Rückgang konnte durch die technische Optimierung der Katalysatoren in Benzinfahrzeugen erreicht werden. Auch die Zunahme des Dieselanteils bei Pkw führte zu einem Rückgang der NH₃-Emissionen des Verkehrs.

Die Emissionen aus der Vergärung von Energiepflanzen und der Ausbringung von Energiepflanzengärresten werden zwar im Emissionsinventar erfasst und berichtet. Da diese Emissionsquellen bei der Festlegung der Emissionshöchstmengen der alten NEC-Richtlinie 2001/81/EG²⁷ aber noch nicht im Inventar erfasst waren, dürfen deren NH₃-Emissionen beim sogenannten ‚National Total for Compliance‘ von der berichteten nationalen Emissionssumme abgezogen werden²⁸. Dies gilt auch die nationale Reduktionsverpflichtung der neuen NEC-Richtlinie für 2020, nicht aber für die nationalen Reduktionsverpflichtung für 2030 (vgl. IIR, 2018).

²⁷ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32001L0081&from=DE>; abgerufen am 26.06.2018

²⁸ <https://iir-de.wikidot.com/adjustments>; abgerufen am 26.06.2018

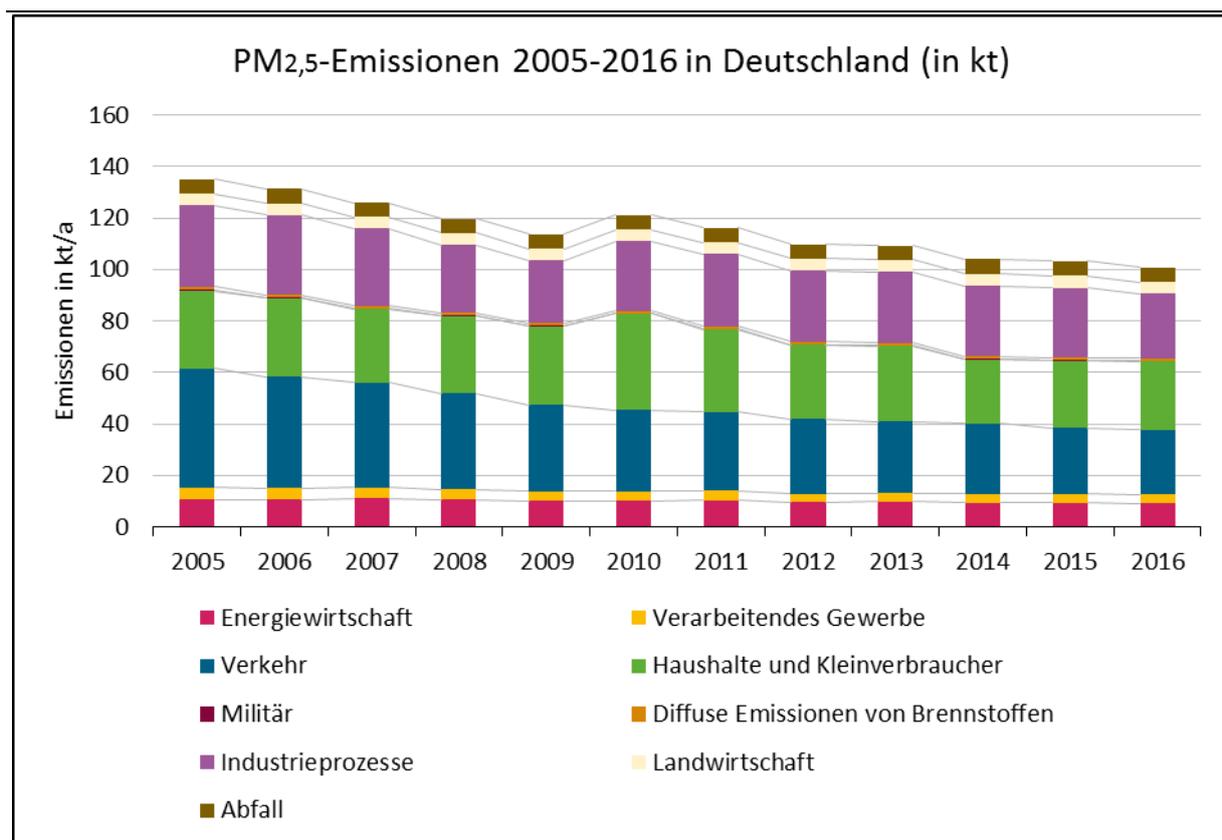
Abbildung 14: Entwicklung der NH₃-Emissionen von 2005-2016 in Deutschland



4.1.1.6 Entwicklung der PM_{2,5}-Emissionen 2005 – 2016

Die Hauptquellen für primäre PM_{2,5}-Emissionen in Deutschland sind der Verkehr (Anteil an den Gesamtemissionen: 2005: 34 %, 2016: 25 %), Industrieprozesse (2005: 23 %, 2016: 25 %) sowie Haushalte und Kleinverbraucher (2005: 22 %, 2016: 26 %). Weitere relevante Quellen sind die Energiewirtschaft (Emissionsanteil 2005: 8 %, 2016: 9 %), die Abfallwirtschaft (2005: 4 %, 2016: 6 %), die Landwirtschaft (2005: 3 %, 2016: 5 %) und das Verarbeitende Gewerbe (2005: 3 %, 2016: 4 %).

Abbildung 15: Entwicklung der PM_{2,5}-Emissionen von 2005-2016 in Deutschland



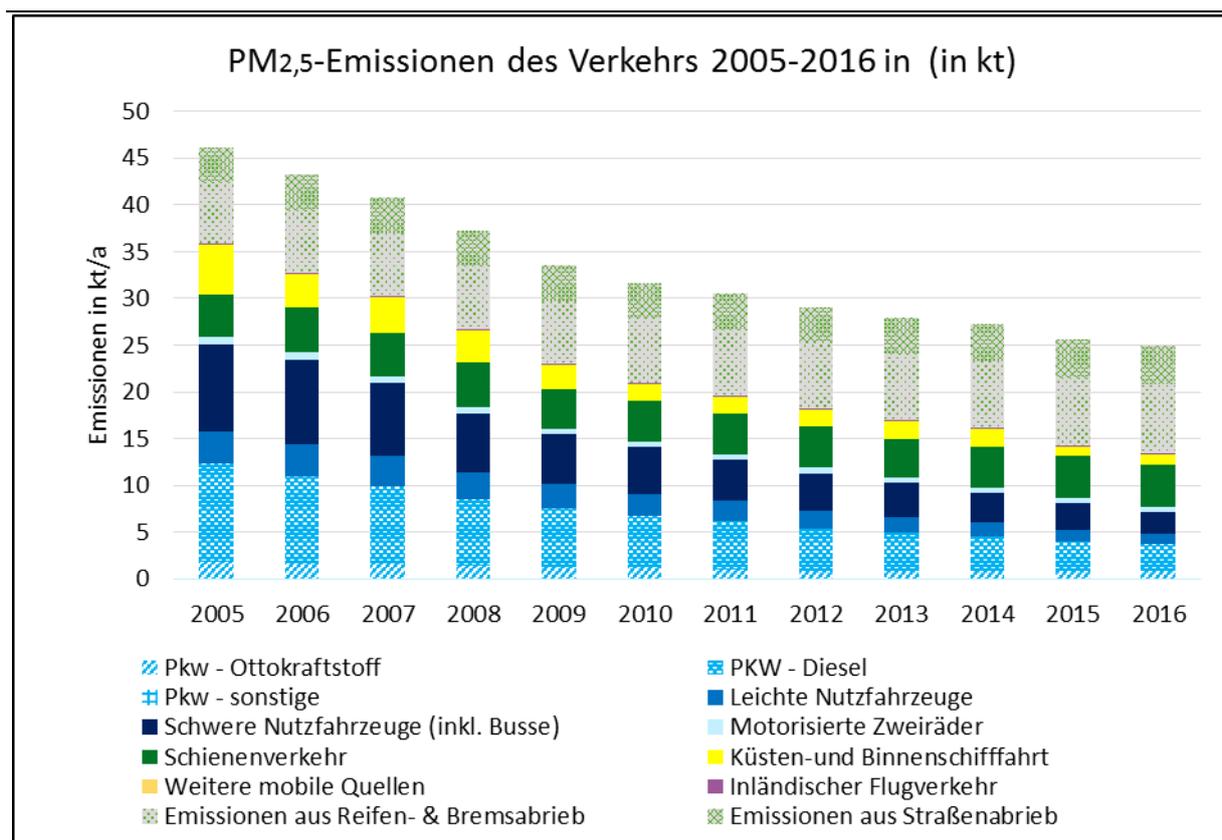
Die gesamten deutschen PM_{2,5}-Direktemissionen gingen im Zeitraum 2005 bis 2016 um ca. 25 % zurück, das entspricht etwa 34 kt. Deutliche Minderungen sind vor allem im Verkehr zu verzeichnen (Minderung der primären PM_{2,5}-Emissionen des gesamten Verkehrs im Zeitraum 2005 bis 2016: rund 21 kt, im Straßenverkehr rund 17 kt). PM_{2,5}-Auspuff-Emissionen stammen vor allem aus Diesel-Fahrzeugen (Pkw, leichte und schwere Nutzfahrzeuge). Die Emissionen aus dem Abrieb von Reifen und Bremsbelägen sowie aus dem Straßenabrieb spielen ebenfalls eine wichtige Rolle. Während die primären PM_{2,5}-Emissionen aus dem Antrieb der Fahrzeuge durch die stetige Verschärfung von Emissionsgrenzwerten (Euro-Normen) für Pkw, leichte und schwere Nutzfahrzeuge und durch die damit einhergehende Flottenmodernisierung deutlich gemindert werden konnten, nahmen die Emissionen aus Abrieb aufgrund der steigenden Fahrleistung zu.

Im Schienenverkehr werden neben den PM_{2,5}-Emissionen aus dem Antrieb seit der Berichterstattung 2018 auch die Emissionen aus dem Abrieb von Bremsen, Schienen und Oberleitungen berichtet. Die Emissionen dieser Unterquellgruppe haben sich in den vergangenen Jahren kaum verändert.

Die PM_{2,5}-Emissionen aus der Küsten- und Binnenschifffahrt konnten in den vergangenen Jahren durch die Umsetzung von Emissionsgrenzwerten für Schiffe gesenkt werden.

Eine Übersicht über die PM_{2,5}-Emissionen des Verkehrs ist in Abbildung 16 dargestellt.

Abbildung 16: PM_{2,5}-Emissionen des Verkehrs von 2005-2016 in Deutschland



Auch die PM_{2,5}-Emissionen der Industrieprozesse gingen deutlich (um gut 6 kt) zurück, vor allem in der Metall- und in der Mineralischen Industrie.

Minderungen der PM_{2,5}-Emissionen gab es auch in der Quellgruppe Verarbeitendes Gewerbe (Minderung: 1 kt) und in der Energiewirtschaft (Minderung: knapp 2 kt). Diese Minderungen sind vor allem auf die Umsetzung der Emissionsgrenzwerte der 13. BImSchV²⁹ zurückzuführen.

Bei den Haushalten und Kleinverbrauchern konnten die PM_{2,5}-Emissionen um knapp 4 kt im Zeitraum 2005 bis 2016 gemindert werden. Zwar nahm der Einsatz von Brennholz zu Heizzwecken in den vergangenen Jahren sehr deutlich zu, durch die Umsetzung der anspruchsvollen Emissionsgrenzwerte der 1. BImSchV³⁰ für Kleinf Feuerungen sowohl im privaten als auch im gewerblichen Bereich konnten die PM_{2,5}-Emissionen aber insgesamt reduziert werden.

Geringfügige Emissionszunahmen sind dagegen in der Landwirtschaft zu verzeichnen. Die Zunahme der landwirtschaftlichen PM_{2,5}-Emissionen ist vor allem auf einen Anstieg der Geflügelzahlen zurückzuführen.

²⁹ Dreizehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Großfeuerungs-, Gasturbinen- und Verbrennungsmotoranlagen)

³⁰ Erste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen)

4.1.2 Einhaltung gültiger Emissionsreduktionsverpflichtungen

Tabelle 7 zeigt die 2018 berichteten SO₂-, NO_x-, NMVOC- und NH₃-Emissionen in Deutschland für 2005 und den Zeitraum 2010 bis 2016. Seit der Revision des Göteborg-Protokolls³¹ unter der Genfer Luftreinhaltekonvention (CLRTAP) steht der Emissionsberichterstattung mit dem „Inventory Adjustment“ ein Instrument zur Verfügung, das es erlaubt, bestimmte Emissionen bei der Berechnung des Erfüllungsstatus der Zielvorgaben der Richtlinie 2001/81/EG³² zu subtrahieren.

Davon betroffen sind zum Beispiel Emissionen aus Quellgruppen, die bei der Festlegung der ab 2010 einzuhaltenden Emissionshöchstmengen (National Emission Ceilings, NEC) noch nicht im Inventar erfasst waren. Für das deutsche Inventar wurden im Zuge der Emissionsberichterstattung 2018 drei Adjustments beantragt. Diese sind durch ein Review unter der CLRTAP in ihrer Gültigkeit bestätigt worden. Es handelt sich dabei um einen Teil der NO_x-Emissionen aus dem Straßenverkehr, um die NO_x- und NMVOC-Emissionen aus der Landwirtschaft sowie die NH₃-Emissionen aus der Vergärung von Energiepflanzen und der Ausbringung von Energiepflanzengärresten. Der mittlere Abschnitt von Tabelle 7 zeigt die für das deutsche Emissionsinventar in 2018 bestätigten Adjustments. Diese sind auf den Internetseiten der Europäischen Umweltagentur unter folgendem Link öffentlich verfügbar:

http://cdr.eionet.europa.eu/de/eu/nec_revised/inventories/envwofk_g/DE_2018_Table_VII_Ap_Approv_Adjustments.xlsx/manage_document

³¹ http://www.unece.org/env/lrtap/multi_h1.html; abgerufen am 05.07.2018

³² <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32001L0081&from=DE>; abgerufen am 26.06.2018

Tabelle 7: Einhaltung der ab 2010 zulässigen Emissionshöchstmengen nach Richtlinie 2001/81/EG nach Emissionsberichterstattung 2018 (vgl. IIR, 2018)

	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	NEC
nationale Emissionsmengen gemäß Emissionsberichterstattung 2018									
SO ₂	473	411	401	382	374	359	364	356	
NO _x	1577	1357	1342	1304	1304	1265	1241	1218	
NMVOG	1324	1230	1146	1120	1105	1029	1039	1052	
NH ₃	625	626	656	644	660	662	670	663	
bestätigte Adjustments zur Überprüfung der Einhaltung der nationalen Emissionshöchstmengen nach Richtlinie 2001/81/EG									
NO _x	-318	-287	-299	-298	-303	-296	-280	-250	
NMVOG	-203	-201	-201	-204	-209	-210	-207	-204	
NH ₃	-11	-40	-50	-51	-60	-60	-61	-61	
Emissionsmengen nach Adjustment und farblich gekennzeichnete Einhaltung der zulässigen Emissionshöchstmengen nach Richtlinie 2001/81/EG gemäß Emissionsberichterstattung 2018									
SO ₂	473	411	401	382	374	359	364	356	520
NO _x	1259	1071	1043	1007	1000	968	961	969	1051
NMVOG	1121	1029	945	916	896	819	832	848	995
NH ₃	614	586	606	592	600	601	610	602	550

Unter Berücksichtigung der bestätigten Adjustments ergibt sich in 2016 nur für Ammoniak eine Nichteinhaltung der zulässigen nationalen Emissionshöchstmenge nach Richtlinie 2001/81/EG (vgl. Tabelle 7). Die nationale Emissionshöchstmenge für Schwefeldioxid wird von Deutschland seit Jahren deutlich unterschritten. Die NO_x- und NMVOG-Emissionen liegen seit dem Jahr 2011 unterhalb der zulässigen Emissionshöchstmengen. Dagegen überschreiten die Ammoniak-Emissionen die erlaubte Emissionsmenge in allen Jahren deutlich. Allerdings kam es innerhalb der landwirtschaftlichen Quellgruppen, vor allem im Bereich der Mineraldüngerausbringung, in den letzten Jahren wiederholt zu substanziellen Änderungen der auf internationaler Ebene empfohlenen Emissionsfaktoren. So wurde die zulässige Ammoniakemissionsmenge beispielsweise nach Emissionsberichterstattung 2012 und 2014 eingehalten, während die Emissionsberichterstattungen 2013 sowie ab 2015 die seit 2010 für Ammoniak gültige Höchstmenge kontinuierlich überschreiten. Da eine Einhaltung der Vorgaben für Ammoniak bis zur Emissionsberichterstattung 2015 wahrscheinlich schien, verzögerte sich die Implementierung zusätzlicher Maßnahmen zur Minderung der Ammoniakemissionen. Mit der Anpassung der Düngeverordnung in 2017³³, mit der insbesondere verstärkt Vorgaben der Nitrat-Richtlinie 91/676/EWG³⁴ in Deutschland umgesetzt wurden, ist eine erste Maßnahme zur Minderung der NH₃-Emissionen in Kraft getreten. Zur Herleitung fundierter Emissionsfaktoren

³³ Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung - DüV) vom 26.05.2017

³⁴ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:31991L0676&from=DE>; abgerufen am 26.06.2018

für die Mineraldüngerausbringung je Mitgliedstaat unter verschiedenen Witterungs- und standörtlichen Bedingungen besteht erheblicher Forschungsbedarf.

Ergänzend ist zu erwähnen, dass die im Göteborg-Protokoll für das Jahr 2010 völkerrechtlich vereinbarten Emissionshöchstmengen bei den Schadstoffen SO₂ und NO_x 30 kt über den Emissionshöchstmengen der NEC-Richtlinie liegen. Das Göteborg-Protokoll legt für Deutschland eine Emissionshöchstmenge für SO₂ von 550 kt und für NO_x von 1.081 kt fest. Für SO₂ ergibt sich folglich ebenfalls seit Jahren eine Unterschreitung. Die im Göteborg-Protokoll für NO_x festgeschriebene Höchstmenge wird bereits seit 2010 eingehalten.

Ab dem Jahr 2020 werden die bis dahin geltenden absoluten Emissionshöchstmengen gemäß den Vorgaben der neuen NEC-Richtlinie (EU) 2016/2284 durch prozentuale Reduktionsverpflichtungen gegenüber dem Basisjahr 2005 abgelöst.

4.2 Entwicklung der Luftqualität 2005-2016

4.2.1 Entwicklung der Luftqualität 2005-2016 - Einhaltung von nationalen und EU-Regelungen

4.2.1.1 Methodik zur Beurteilung der Entwicklung der Luftqualität

Die Beurteilung der Entwicklung der Luftqualität erfolgt in Anlehnung an die Inhalte der jährlichen Berichte zur Luftqualität an die EU-Kommission gemäß Luftqualitätsrichtlinie 2008/50/EG sowie die Inhalte der jährlichen Auswertung der Entwicklung der Luftqualität des Umweltbundesamtes zur Information der Öffentlichkeit.

Die Luftqualitätsrichtlinie regelt die Beurteilung der Luftqualität für das gesamte Staatsgebiet jedes Mitgliedstaates. Dabei erfolgt die Unterteilung in Ballungsräume und einzelne Gebiete. Messungen finden hauptsächlich dort statt, wo die höchste Belastung für Menschen zu erwarten ist. In Ballungsräumen mit mehr als 250.000 Einwohnern und Einwohnerinnen und in Gebieten, in denen sich die Konzentrationen den festgelegten Grenzwerten nähern, besteht die Pflicht, die Qualität der Luft durch Messungen zu beobachten. Liegen die Konzentrationen unterhalb definierter Schwellen, können auch orientierende (also beispielsweise weniger häufig stattfindende) Messungen, Modellrechnungen, objektive Schätzungen oder Emissionskataster zur Beurteilung herangezogen werden. Seit dem Jahr 2014 (Beurteilungsjahr 2013) werden sowohl die Ergebnisse als auch Informationen zu den Luftmessstationen und die validierten Einzelwerte gemäß den Anforderungen des Kommissionsbeschlusses 2011/850/EU³⁵ im neuen E-reporting-Format übermittelt. Alle Berichte Deutschlands sind auf den Seiten der Europäischen Umweltagentur öffentlich verfügbar:

<http://cdr.eionet.europa.eu/de/eu/aqd>

In den folgenden Kapiteln werden angelehnt an das Format und die Inhalte der Berichterstattung Auswertungen zur Entwicklung der Luftqualität luftschadstoffspezifisch vorgenommen. Dabei werden jeweils die Immissionstrends gemittelt über alle Stationen eines Stationstyps, für die eine ausreichend lange Zeitreihe vorliegt, dargestellt und ergänzt durch Konzentrationskarten. Im Unterschied zu den Karten mit gebietsbezogenen Grenz- oder Zielwertüberschreitungen werden

³⁵ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32011D0850&from=EN>; abgerufen am 26.06.2018

in diesen Karten für die Schadstoffe Feinstaub, Stickstoffdioxid und Ozon gebietsunabhängig die Messwerte kombiniert mit Modellergebnissen dargestellt. Diese Darstellung stellt eine Einschätzung der räumlichen Verteilung der Luftschadstoffkonzentrationen bereit und ist über einen interaktiven Kartendienst öffentlich verfügbar:

<http://gis.uba.de/Website/luft/index.html>

Zusätzlich erfolgt eine Einschätzung zur Überschreitungssituation ebenfalls gegliedert nach Schadstoffen anhand des Anteils der Messstationen mit Überschreitung von Grenz- oder Zielwerten sowie anhand einer gebietsbezogenen Beurteilung. Zum besseren Überblick dient jeweils eine Karte, in der alle Gebiete mit Grenz- oder Zielwertüberschreitung rot eingefärbt sind. Dies bedeutet aber nicht, dass das ganze Gebiet von zu hohen Schadstoffkonzentrationen betroffen ist, denn bereits wenn eine einzige Station den Grenzwert überschreitet, wird das gesamte Beurteilungsgebiet rot eingefärbt.

Im Folgenden wird ein Überblick gegeben, in welchen Gebieten oder Ballungsräumen die Schadstoffkonzentrationen in der Luft einen Grenz- oder Zielwert überschritten haben. Dabei wird zusätzlich zu den nach europäischem Recht festgelegten Grenz- und Zielwerten auch eine Darstellung gegenüber den Empfehlungen der Weltgesundheitsorganisation³⁶ (WHO, 2006) vorgenommen. Den Auswertungen liegen Daten und Informationen aus 16 Bundesländern und dem Messnetz des Umweltbundesamtes zugrunde. Eine detaillierte Auswertung der Daten lag bei Erstellung des nationalen Luftreinhalteprogrammes nur bis 2016 vor, daher beziehen sich die Abbildungen auf Zeiträume bis 2016.

4.2.1.2 Entwicklung der NO₂-Konzentrationen

Die verkehrsnahen, innerstädtischen Stickstoffdioxidbelastungen zeigen seit 2005 einen deutlichen Rückgang, lag aber bis 2016 an über der Hälfte aller Messstationen über dem Grenzwert von 40 µg/m³. Die Höhe der Belastung ist vor allem durch lokale Emissionsquellen – insbesondere durch den Verkehr in Ballungsräumen – bestimmt und weist nur geringe zwischenjährige Schwankungen auf. Im Bereich des städtischen Hintergrundes und an industrienahen Messstationen, wo der Verkehr nicht die dominante, sondern eine Quelle neben anderen wesentlichen Verursachern wie der Energiewirtschaft und der Industrie ist, sind die mittleren Konzentrationen seit 2005 von ca. 25 µg/m³ auf ca. 21 µg/m³ zurückgegangen. Die zugehörigen Stationswerte lagen und liegen bis auf wenige Ausnahmen sicher unterhalb des Grenzwertes. Im ländlichen Bereich, fernab typischer NO_x-Emissionsquellen, ist nur ein geringer Rückgang zu verzeichnen, typischerweise liegen die Konzentrationen hier im Bereich um 10 µg/m³.

³⁶ WHO, 2006, *Air Quality Guidelines: Global update 2005 — Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulphur dioxide*, World Health Organization, Regional Office for Europe, Copenhagen.

Abbildung 17: Entwicklung der Jahresmittelwerte der gemessenen NO₂-Konzentrationen

Entwicklung der NO₂-Jahresmittelwerte

im Mittel über ausgewählte Messstationen im jeweiligen Belastungsregime, Zeitraum 2005-2016

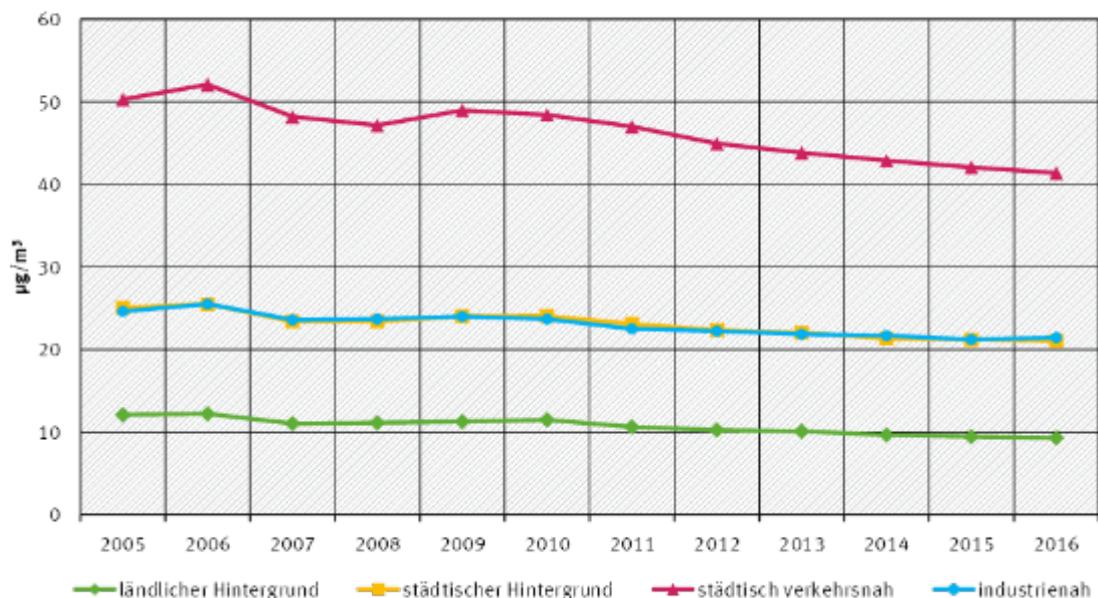
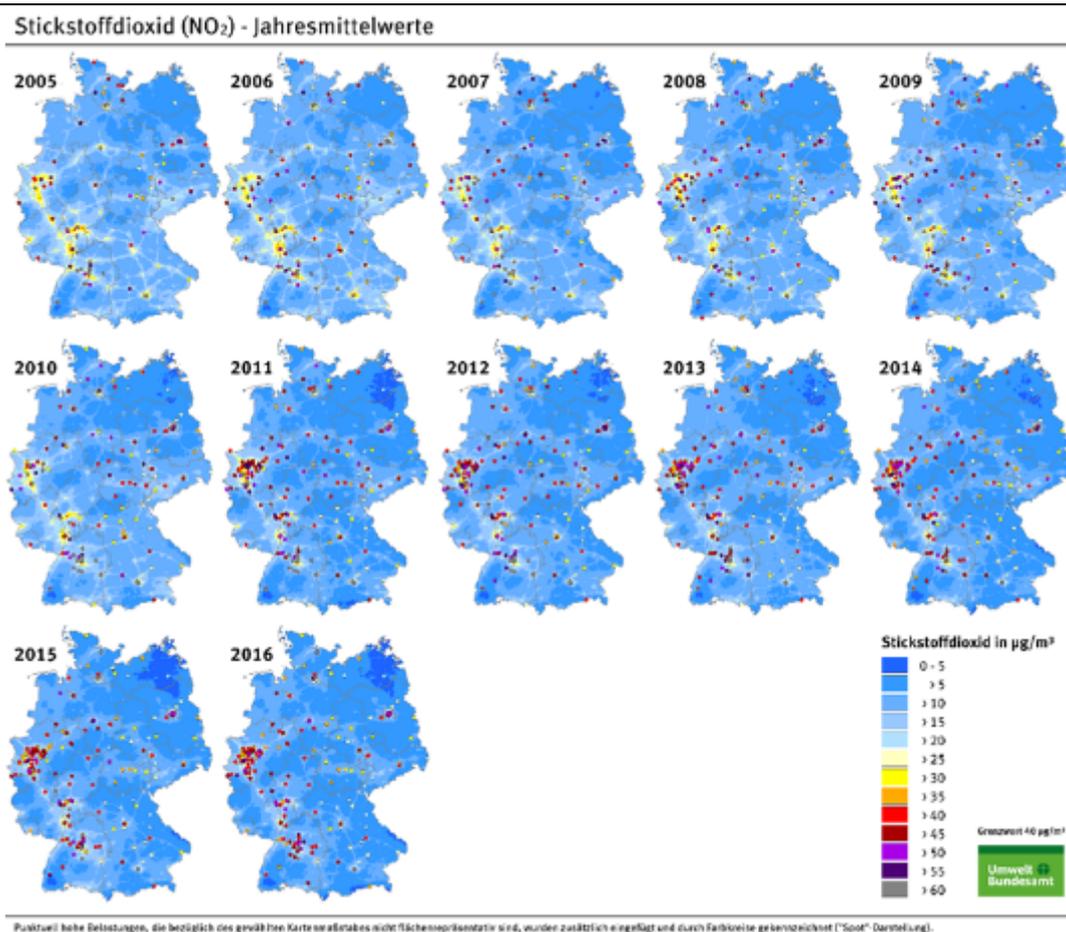


Abbildung 18 stellt die räumlich aufgelöste Belastung durch NO₂ im Jahresmittel von 2005 bis 2016 dar. Die Konzentrationen in der Fläche wurden auf Basis der Daten des Emissionsinventares mittels eines Chemie-Transport-Modelles modelliert. Dabei wurden die Messwerte der Hintergrundstationen per Optimaler Interpolation (Flemming und Stern, 2004) einbezogen. Zusätzlich sind die an verkehrsnahen Stationen gemessenen Jahresmittelwerte als Punktinformationen dargestellt. Die Abbildung zeigt, dass erhöhte NO₂-Werte in der Fläche vor allem in dichtbesiedelten Ballungsräumen und an Verkehrswegen auftraten. Die Werte in der Fläche Deutschlands sind im Ergebnis dieser Auswertung deutlich zurückgegangen, die Werte der verkehrsnahen Punktmessungen lagen und liegen zum großen Teil über dem Grenzwert, teilweise sind die Überschreitungen erheblich.

Abbildung 18: modellierte Konzentrationskarten zur Entwicklung der Jahresmittelwerte der gemessenen NO₂-Konzentrationen mit Punktinformationen der Messwerte der verkehrsnahen Stationen



4.2.1.3 NO₂-Überschreitungssituation

Die Überschreitungssituation bezüglich des Jahres- und Stundengrenzwertes wurde seit Inkrafttreten des Grenzwertes im Jahr 2010 betrachtet, da ab diesem Zeitpunkt die Qualität der Messnetze und der Daten gewährleistet werden kann.

4.2.1.3.1 NO₂-Jahresgrenzwert (40µg/m³)

Deutlich wird, dass Überschreitungen des NO₂-Jahresgrenzwertes nahezu ausschließlich an verkehrsnahen Stationen registriert wurden. Der Anteil der betroffenen verkehrsnahen Stationen ist dabei von über 70 % im Jahr 2010 auf knapp 60 % im Jahr 2016 gesunken³⁷. Sehr vereinzelt gab es in den Jahren 2010 bis 2014 Überschreitungen des Jahresgrenzwertes an Stationen im städtischen Hintergrund. Einhergehend mit dem Rückgang der von Grenzwertüberschreitung betroffenen Stationen, hat der Anteil betroffener Gebiete und Ballungsräume seit 2010 von 66 % auf 57 % im Jahr 2016 abgenommen.

³⁷ Im Jahr 2017 wurde an rund 45 % der verkehrsnahen Stationen der NO₂-Jahresgrenzwert überschritten.

Abbildung 19: Anteil der Stationen mit Überschreitung des NO₂-Jahresgrenzwertes separat nach Stationstyp

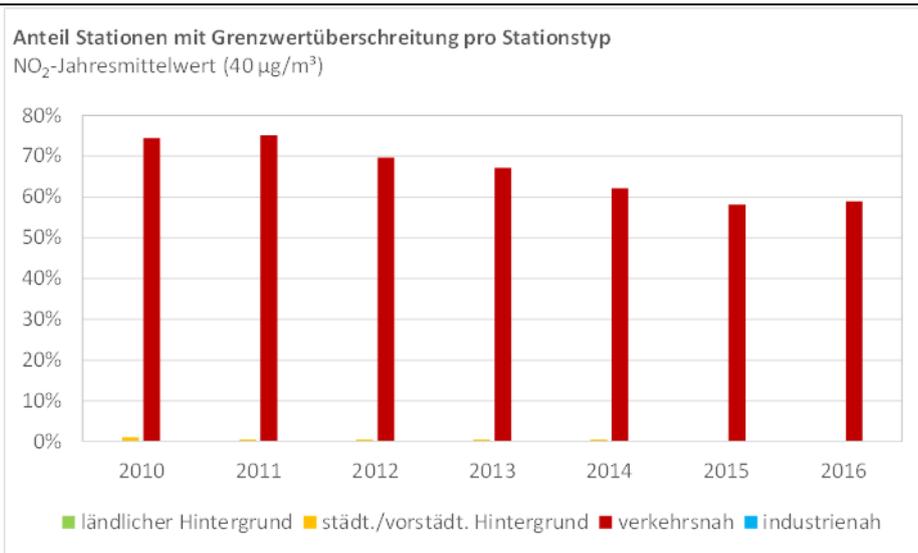


Abbildung 20: Darstellung der Entwicklung der Überschreitungssituation für NO₂ nach Beurteilungsgebieten (Jahresmittelwert)

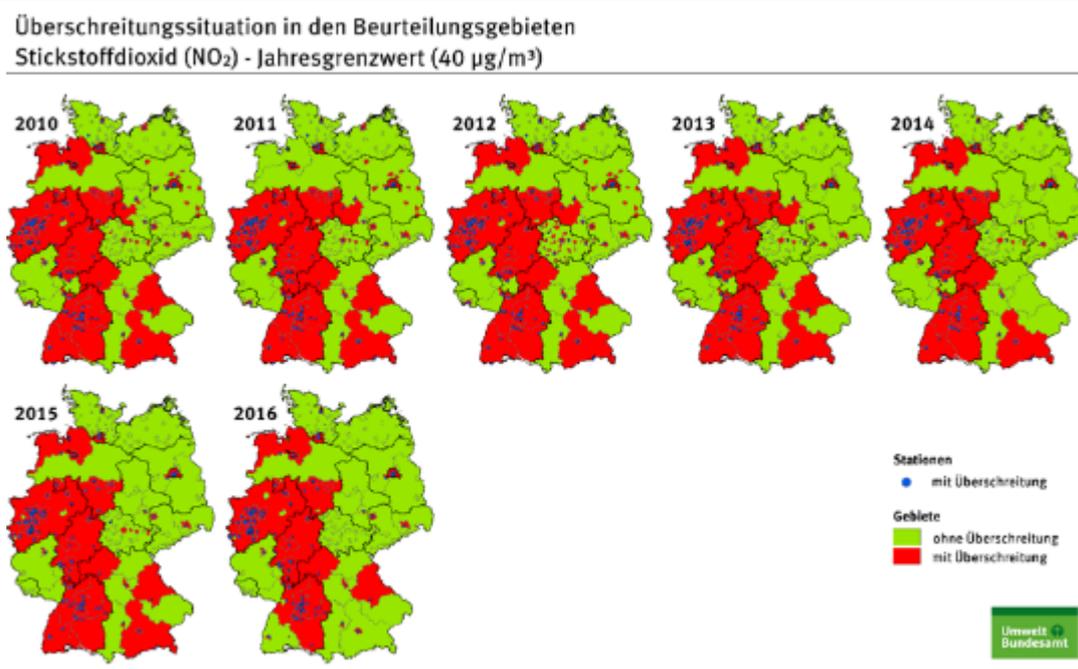


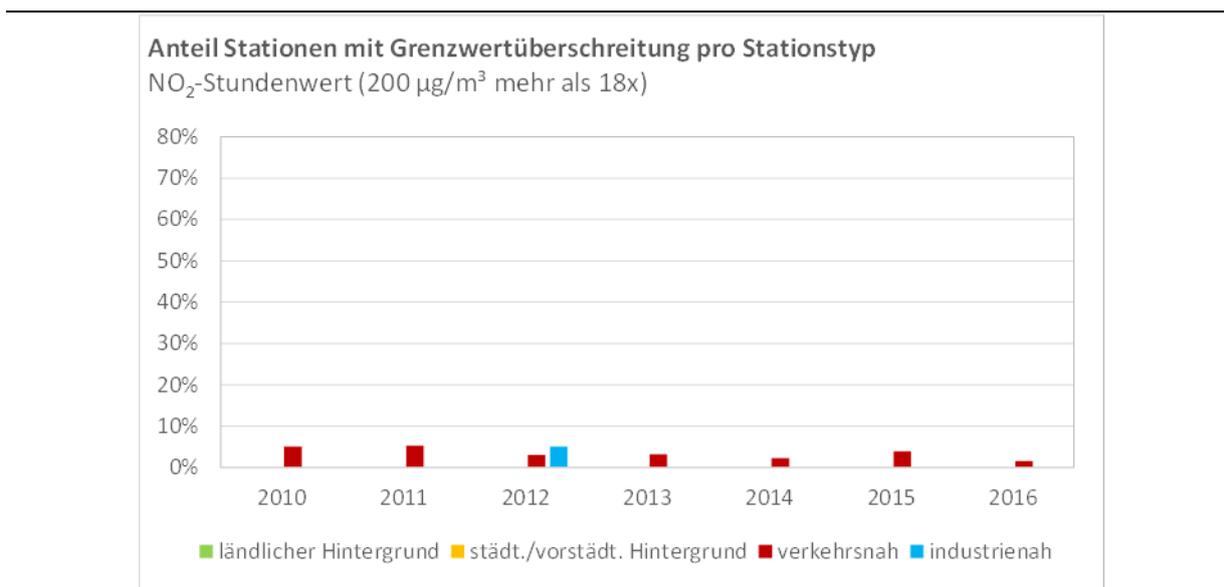
Tabelle 8: Entwicklung des Anteils der Beurteilungsgebiete (Anzahl) mit Überschreitung des zulässigen NO₂-Jahresmittelwertes

Anteil Beurteilungsgebiete mit Grenzwertüberschreitung - Jahresmittel	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
		66 %	67 %	69 %	62 %	56 %	56 %

4.2.1.3.2 NO₂-Stundengrenzwert (200 µg/m³ nicht öfter als 18-mal im Kalenderjahr)

Überschreitungen des Stundengrenzwertes traten seit Inkrafttreten nur vereinzelt auf, durchgängig an weniger als 6 % der verkehrsnahen Stationen und an einer industrienahen Station im Jahr 2012³⁸. Die gebietsbezogene Auswertung zeigt, dass die Überschreitungen (wenn auch rückläufig) ein lokales Problem nahezu derselben Gebiete und Ballungsräume sind.

Abbildung 21: Anteil der Stationen mit Überschreitung des NO₂-Stundengrenzwertes separat nach Stationstyp



³⁸ Im Jahr 2017 wurde erstmals keine Überschreitung des NO₂-Stundengrenzwertes festgestellt.

Abbildung 22: Darstellung der Entwicklung der Überschreitungssituation für NO₂ nach Beurteilungsgebieten (Stundenmittelwert)

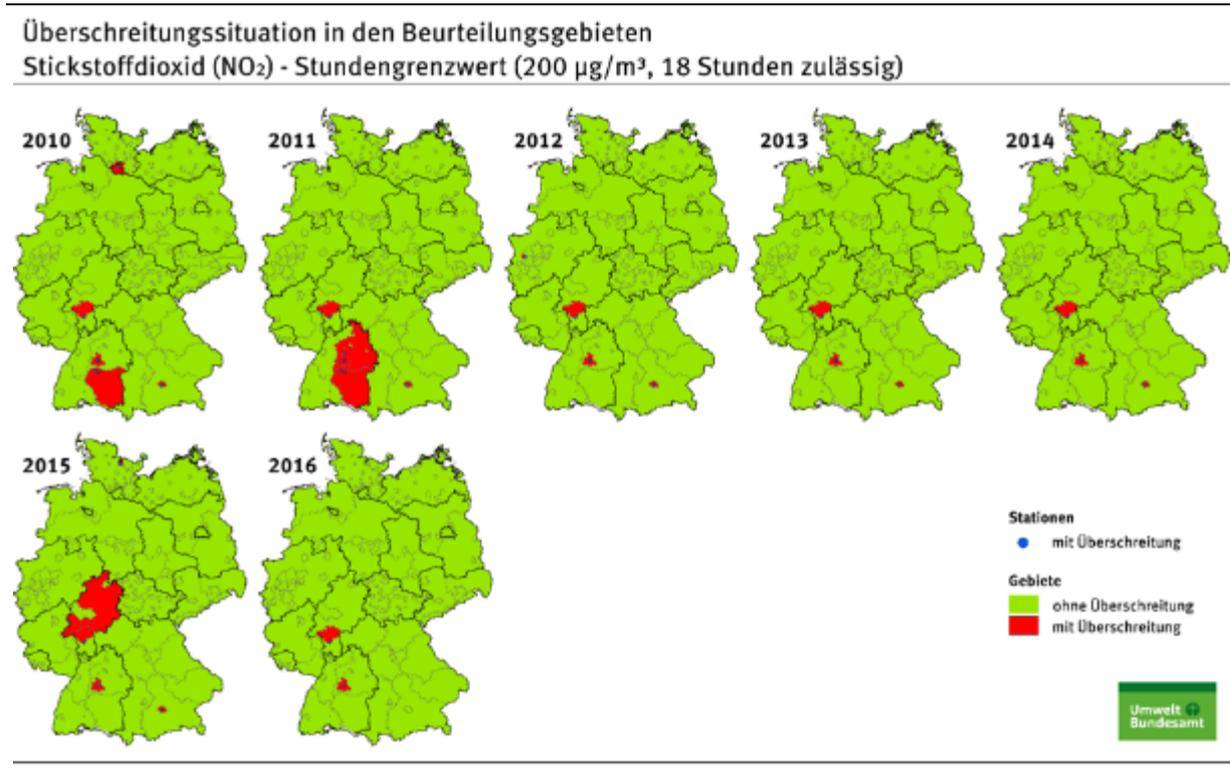


Tabelle 9: Entwicklung des Anteils der Beurteilungsgebiete mit Überschreitung des zulässigen NO₂-Stundenmittelwertes

Anteil Beurteilungsgebiete mit Grenzwertüberschreitung - Stundenmittel	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
		6 %	6 %	5 %	3 %	3 %	4 %

4.2.1.3.3 NO₂-Stundengrenzwert nach WHO-Empfehlung (200 µg/m³)

Im Unterschied zum NO₂-Stundengrenzwert, der besagt, dass 18 Überschreitungen pro Kalenderjahr der 200 µg/m³ im Stundenmittel zulässig sind, empfiehlt die WHO, die 200 µg/m³ im Stundenmittel immer einzuhalten. Durch diese strengere Vorgabe ist ein größerer Anteil, hauptsächlich verkehrsnaher Stationen betroffen, vereinzelt aber auch industrienaher Stationen und Stationen im städtischen oder ländlichen Hintergrund. Betroffene Beurteilungsgebiete liegen in Regionen mit Großstädten und Ballungsräumen.

Abbildung 23: Anteil der Stationen mit Überschreitung des WHO-NO₂-Stundengrenzwertes separat nach Stationstyp

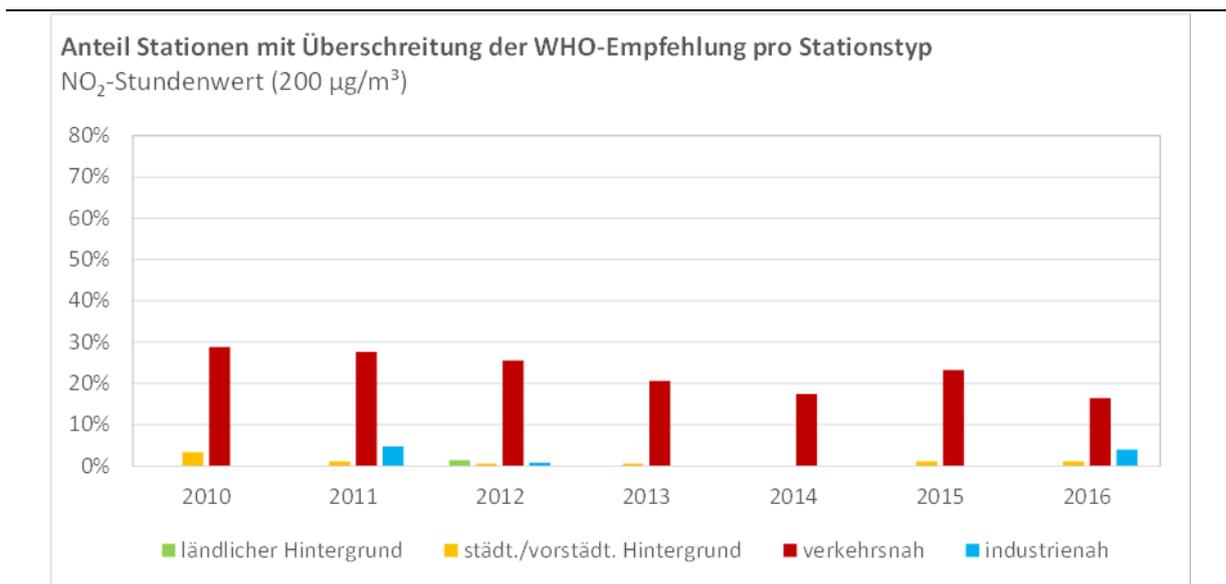
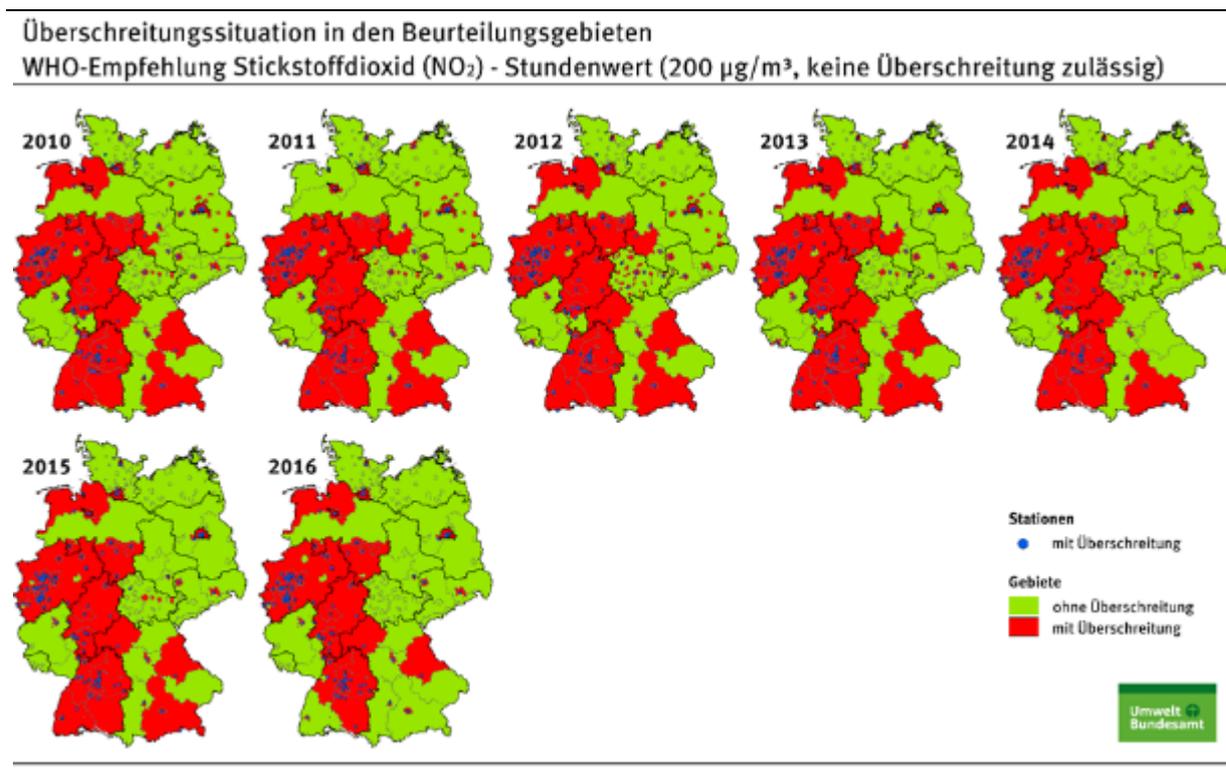


Abbildung 24: Darstellung der Entwicklung der Überschreitungssituation für NO₂ nach Beurteilungsgebieten (WHO-Stundenmittelwert)



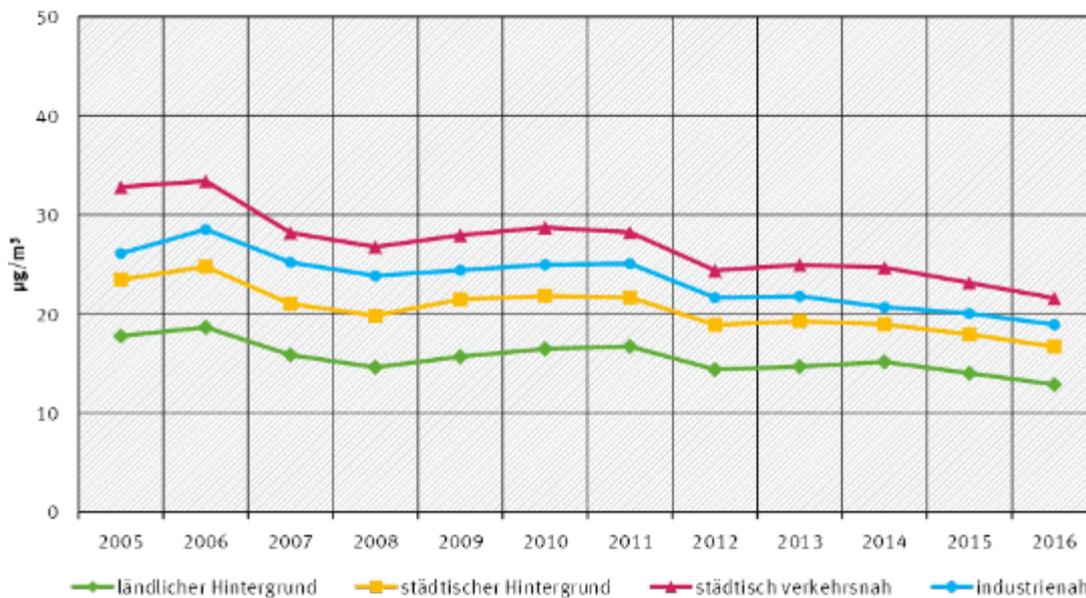
4.2.1.4 Entwicklung der PM₁₀-Konzentrationen

Einhergehend mit großräumigen und lokalen Minderungen der direkten PM₁₀-Emissionen sowie von Vorläufergasen der sekundären Feinstaubbildung in der Atmosphäre weisen auch die gemessenen PM₁₀-Konzentrationen aller Stationstypen im Zeitraum 2005 bis 2016 eine deutliche Abnahme auf. Der Verlauf ist aber durch starke zwischenjährliche Schwankungen geprägt, die vor allem auf unterschiedliche Witterungsverhältnisse zurückzuführen sind. Neben der Stärke der Emissionsquellen hängt die Belastung wesentlich von meteorologischen Bedingungen ab. So bestimmen Strömungsrichtung und Windgeschwindigkeit, ob Feinstaub ab- oder herantransportiert wird, die Schichtung der Atmosphäre sorgt für eine Verdünnung oder Anreicherung. Auch die Richtung, aus der die Luftmassen herantransportiert werden, spielt für die Feinstaubbelastung eine wichtige Rolle. So führen beispielsweise häufig Ostwetterlagen in Verbindung mit austauscharmen atmosphärischen Bedingungen zu erhöhten Feinstaubkonzentrationen, insbesondere in den östlichen Bundesländern.

Abbildung 25: Entwicklung der Jahresmittelwerte der gemessenen PM₁₀-Konzentrationen

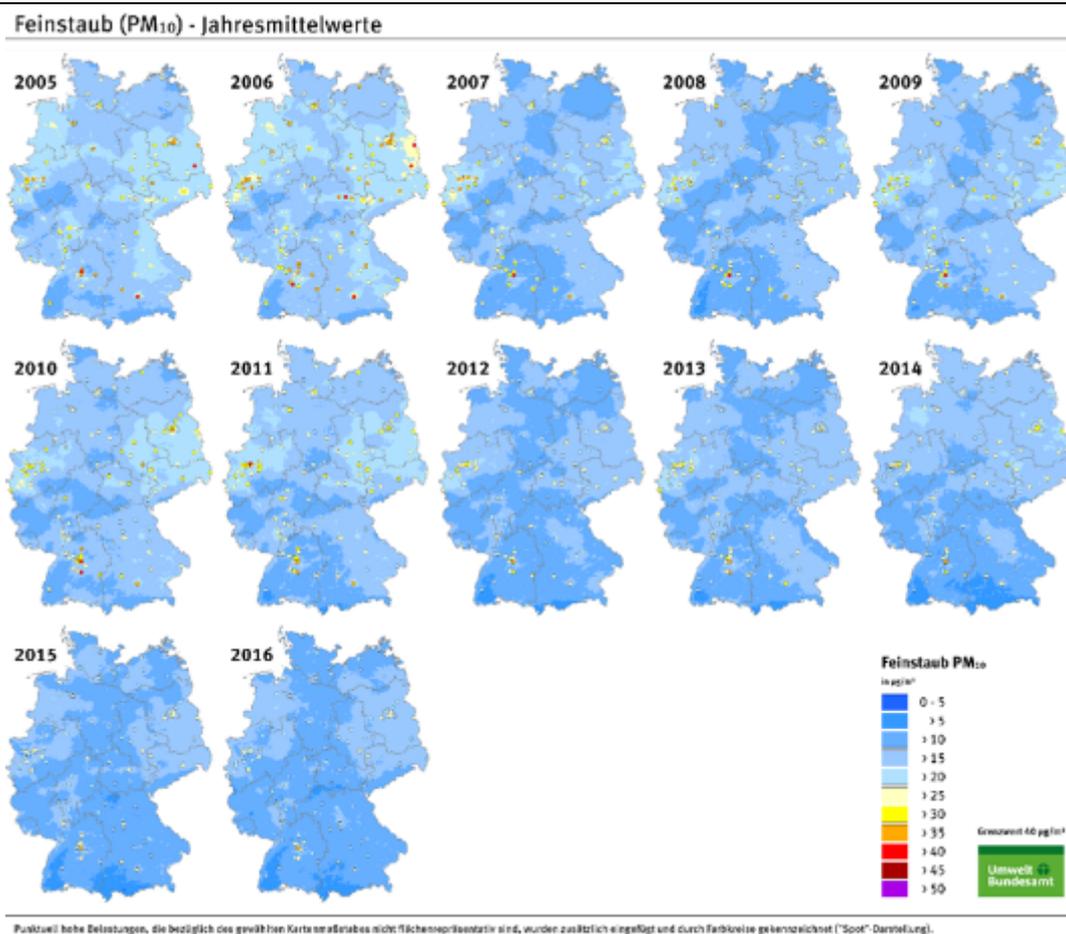
Entwicklung der PM₁₀-Jahresmittelwerte

im Mittel über ausgewählte Messstationen im jeweiligen Belastungsregime, Zeitraum 2005-2016



Die Darstellung der räumlichen Belastung durch PM₁₀ in Abbildung 26 (erstellt aus einer Kombination aus Messungen und Modellrechnungen) der vergangenen Jahre zeigt auf, dass die Konzentrationen über die gesamte Fläche Deutschlands zurückgegangen sind. Lokal höhere Werte, gemessen an verkehrsnahen Stationen sind dargestellt als Punkte. Seit 2012 liegen alle Konzentrationswerte (in der Fläche und an den Punkten) unterhalb des Jahresgrenzwertes.

Abbildung 26: modellierte Konzentrationskarten zur Entwicklung der Jahresmittelwerte der gemessenen PM₁₀-Konzentrationen mit Punktinformationen der Messwerte der verkehrs- und industrienahen Stationen



4.2.1.5 PM₁₀-Überschreitungssituation

4.2.1.5.1 PM₁₀-Tagesgrenzwert (50 µg/m³ nicht öfter als 35-mal im Kalenderjahr)

Gemessene Tagesmittelwerte über 50 µg/m³ traten während Feinstaubepisoden oder an von speziellen Ereignissen wie Osterfeuer oder Silvester geprägten Tagen flächenhaft und damit an allen Stationstypen auf. An mehr als 35 Tagen im Jahr passierte dies zumeist an verkehrsnahen und industrienahen Stationen, wo zu der grundsätzlichen Belastung im Hintergrund noch die unmittelbare Belastung durch den Straßenverkehr bzw. Industrieanlagen hinzukommt.

Die Zahl der von Überschreitungen des Tagesgrenzwertes betroffenen Stationen ging seit Inkrafttreten des Grenzwertes 2005 deutlich zurück, aktuell (2016) gab es in ganz Deutschland an nur einer verkehrsnahen Station eine Überschreitung.

Einhergehend mit dem Rückgang der von Grenzwertüberschreitungen betroffenen Stationen, hat der Anteil betroffener Gebiete und Ballungsräume an der Gesamtzahl der Beurteilungsgebiete seit 2005 von über 30 % auf 1 % im Jahr 2016 abgenommen.

Abbildung 27: Anteil der Stationen mit Überschreitung des PM₁₀-Tagesgrenzwertes separat nach Stationstyp

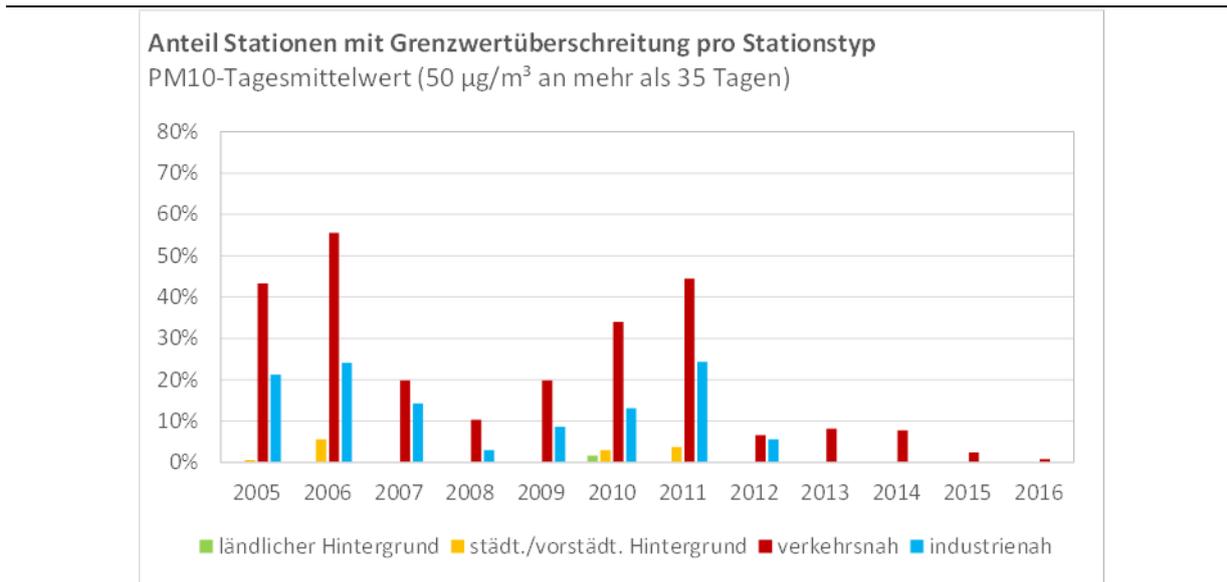


Abbildung 28: Darstellung der Entwicklung der Überschreitungssituation für PM₁₀ nach Beurteilungsgebieten (Tagesmittelwert)

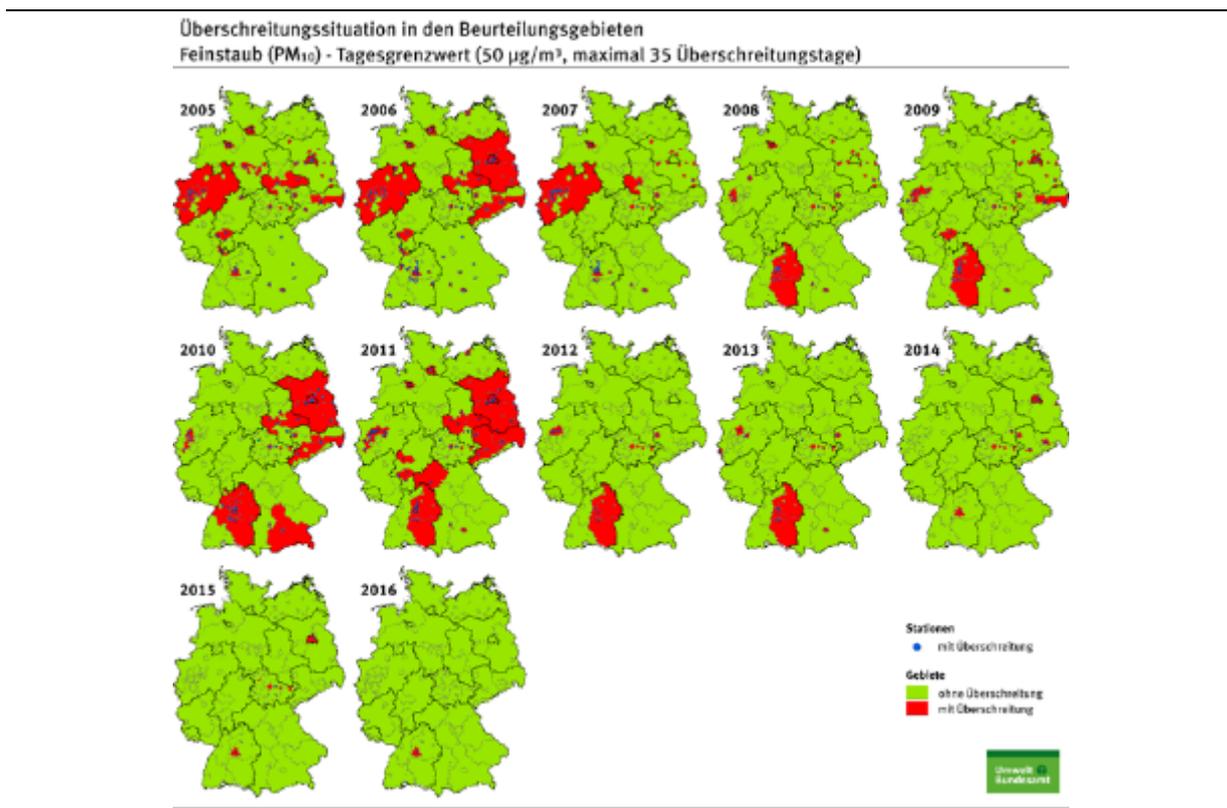


Tabelle 10: Entwicklung des Anteils der Beurteilungsgebiete mit Überschreitung des zulässigen PM₁₀-Tagesmittelwertes

Anteil Gebiete mit Grenzwert-überschreitung	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Tagesmittel	36 %	45 %	18 %	15 %	20 %	27 %	41 %	9 %	10 %	9 %	3 %	1 %

4.2.1.5.2 PM₁₀-Jahresgrenzwert (40 µg/m³)

Zu Überschreitungen des Jahresgrenzwertes kam es seit Inkrafttreten 2005 an vereinzelt, hauptsächlich verkehrsnahen Stationen in Deutschland. Seit 2012 wurde keine Grenzwertüberschreitung mehr registriert. Von den wenigen Grenzwertüberschreitungen betroffen waren vor allem Gebiete und Ballungsräume im Osten und Süden Deutschlands.

Abbildung 29: Anteil der Stationen mit Überschreitung des PM₁₀-Jahresgrenzwertes separat nach Stationstyp

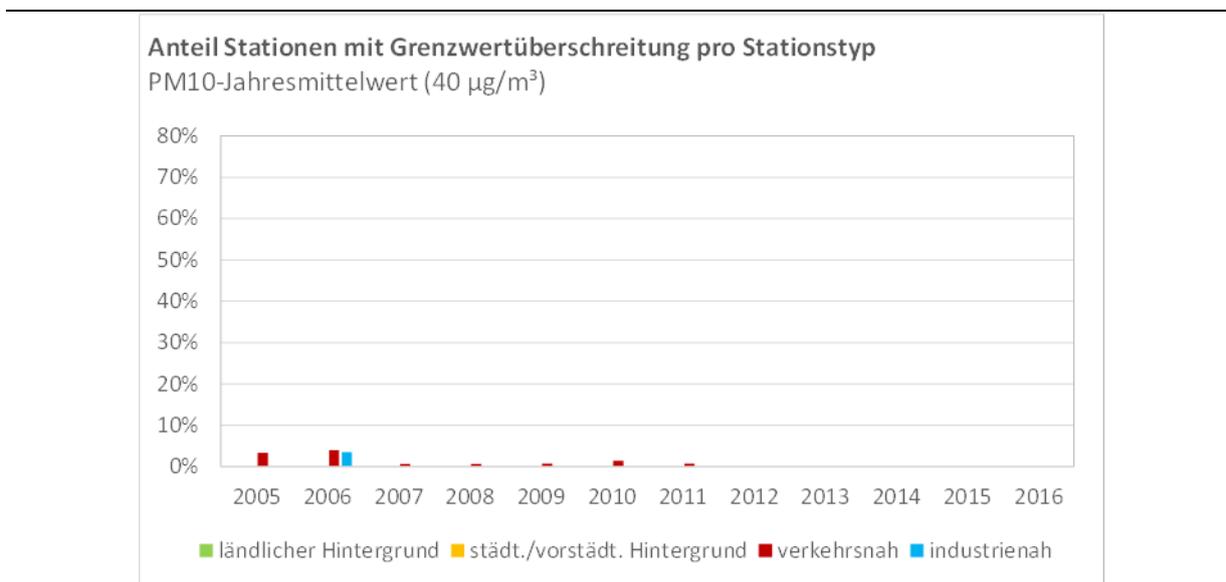


Abbildung 30: Darstellung der Entwicklung der Überschreitungssituation für PM₁₀ nach Beurteilungsgebieten (Jahresmittelwert)

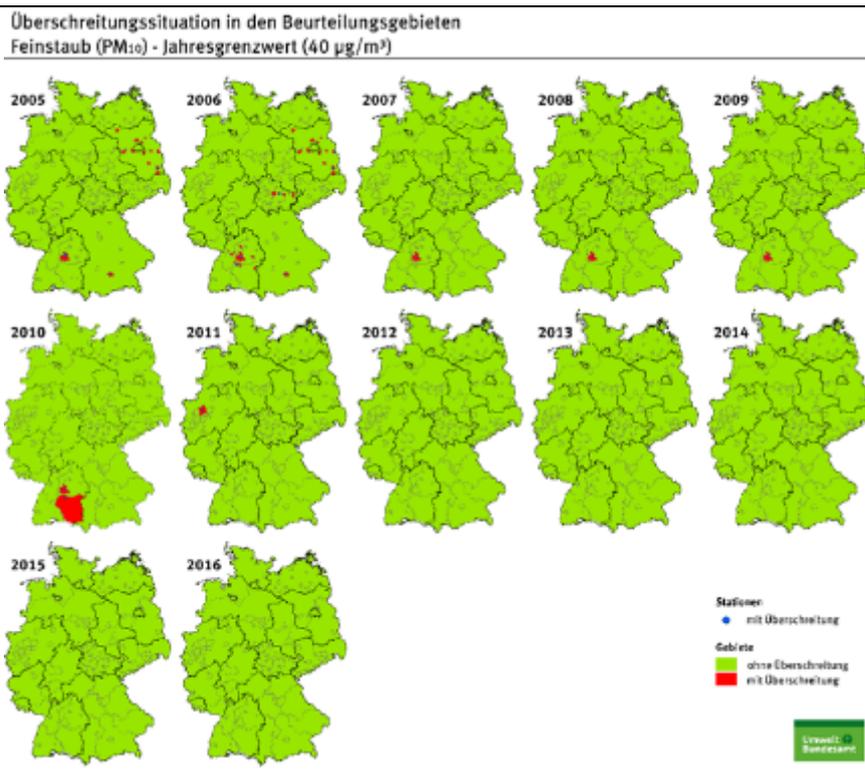


Tabelle 11: Entwicklung des Anteils der Beurteilungsgebiete mit Überschreitung des zulässigen PM₁₀-Jahresmittelwertes

Anteil Gebiete mit Grenzwertüberschreitung	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013-2016
Jahresmittel	4 %	6 %	1 %	1 %	1 %	2 %	1 %	0 %	0 %

4.2.1.5.3 PM₁₀-Tagesgrenzwert gemäß WHO-Empfehlung (50 µg/m³ nicht öfter als 3-mal im Kalenderjahr)

Die WHO empfiehlt, die 50 µg/m³ im Tagesmittel an nicht mehr als 3 Tagen im Jahr zu überschreiten. Diese strengere Empfehlung überschritt die Mehrzahl aller verkehrsnahen und industrienahen Stationen sowie Stationen im städtischen Hintergrund von 2005-2015 durchgängig. Abhängig von den Witterungsbedingungen eines Jahres waren auch zahlreiche Stationen im ländlichen Hintergrund betroffen. Bis auf das niedrigbelastete Jahr 2016 waren Gebiete und Ballungsräume in allen Bundesländern Deutschlands von Überschreitungen betroffen.

Abbildung 31: Anteil der Stationen mit Überschreitung des WHO-PM₁₀-Tagesgrenzwertes separat nach Stationstyp

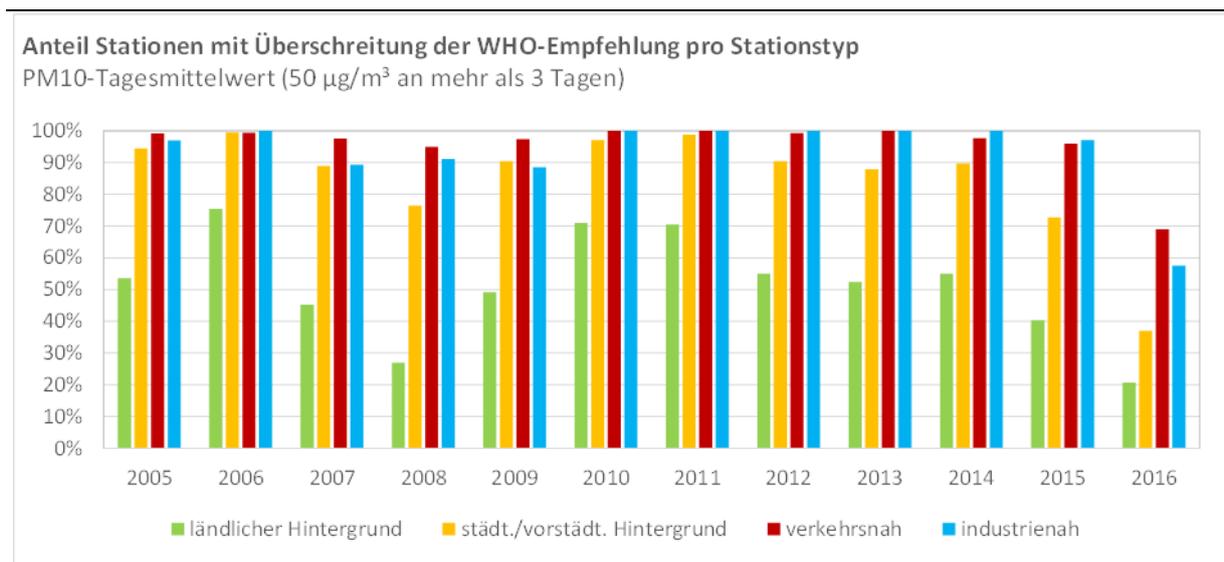
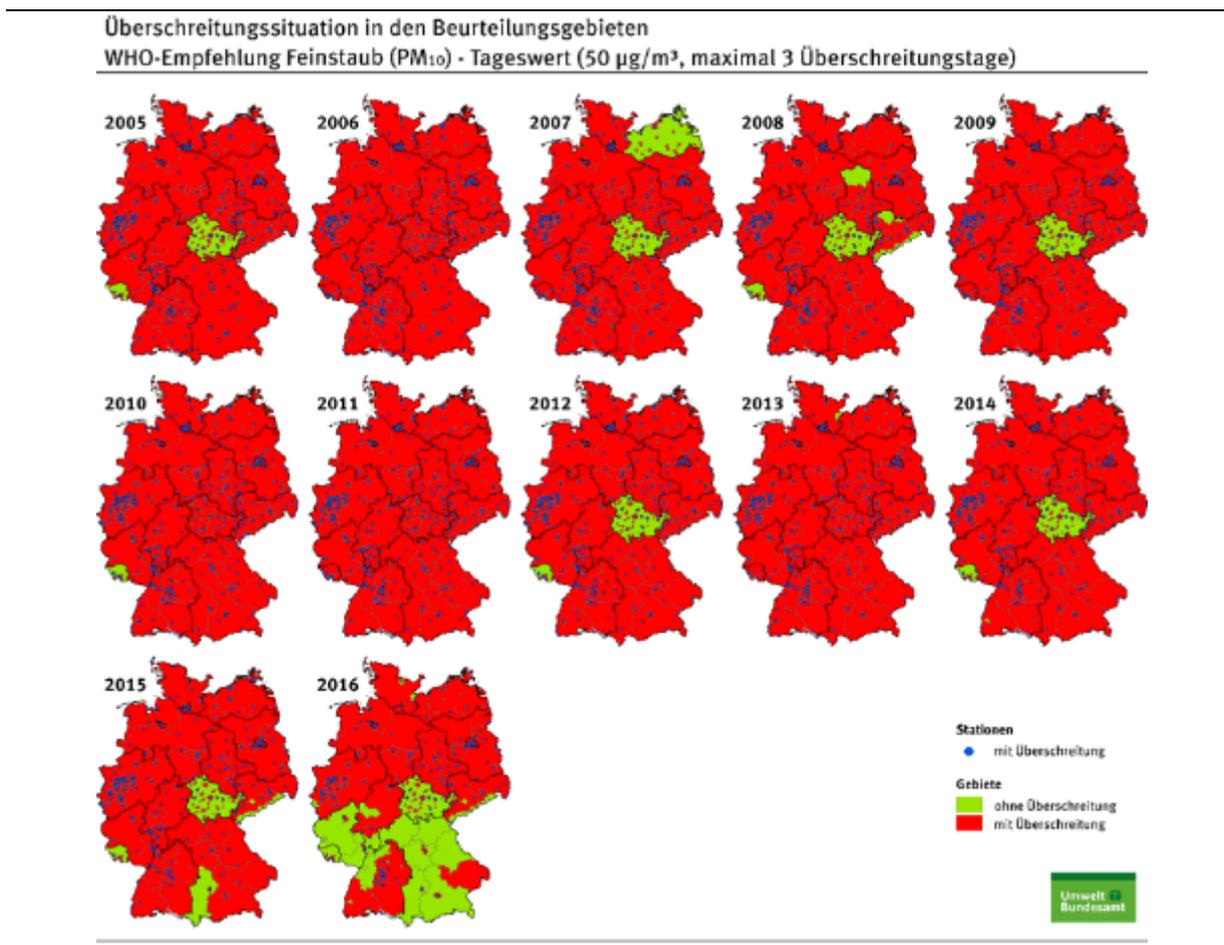


Abbildung 32: Darstellung der Entwicklung der Überschreitungssituation für PM₁₀ nach Beurteilungsgebieten (WHO-Tagesmittelwert)



4.2.1.5.1 PM₁₀-Jahresgrenzwert gemäß WHO-Empfehlung (20 µg/m³)

Mit der strengeren WHO-Empfehlung für das Jahresmittel von 20 µg/m³ sind deutlich mehr Stationen und alle Stationstypen von Überschreitungen betroffen. Bis auf das Jahr 2016 lagen die Konzentrationen an der Mehrzahl aller verkehrsnahen und industrienahen Stationen oberhalb der Empfehlung. Eingehalten wurde sie in den letzten Jahren an Stationen im ländlichen Hintergrund.

Abbildung 33: Anteil der Stationen mit Überschreitung des WHO-PM₁₀-Jahresgrenzwertes separat nach Stationstyp

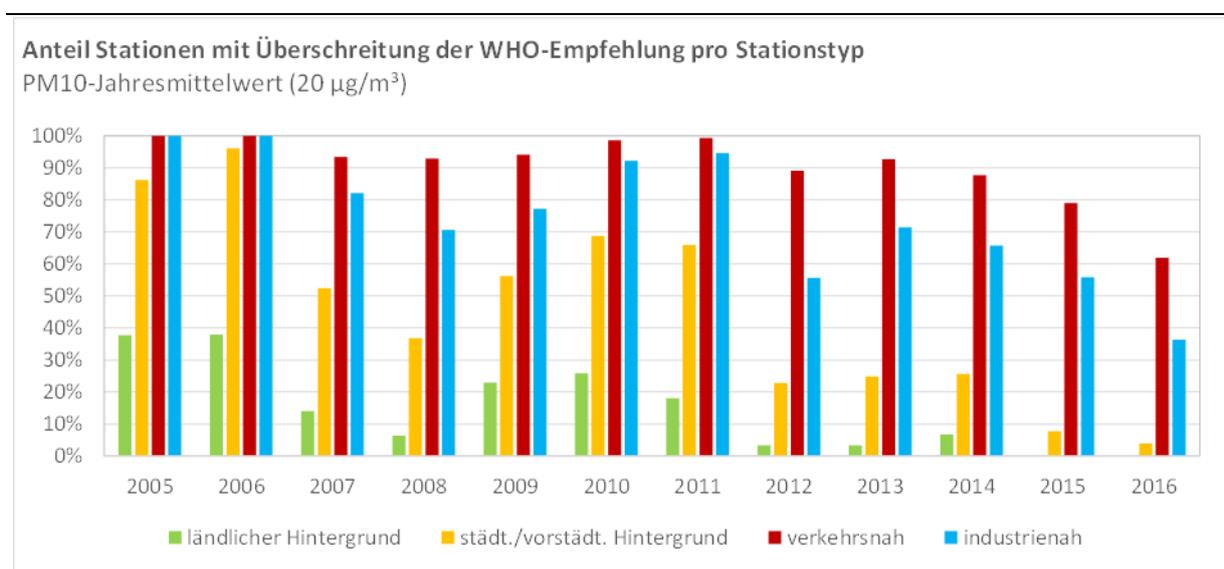
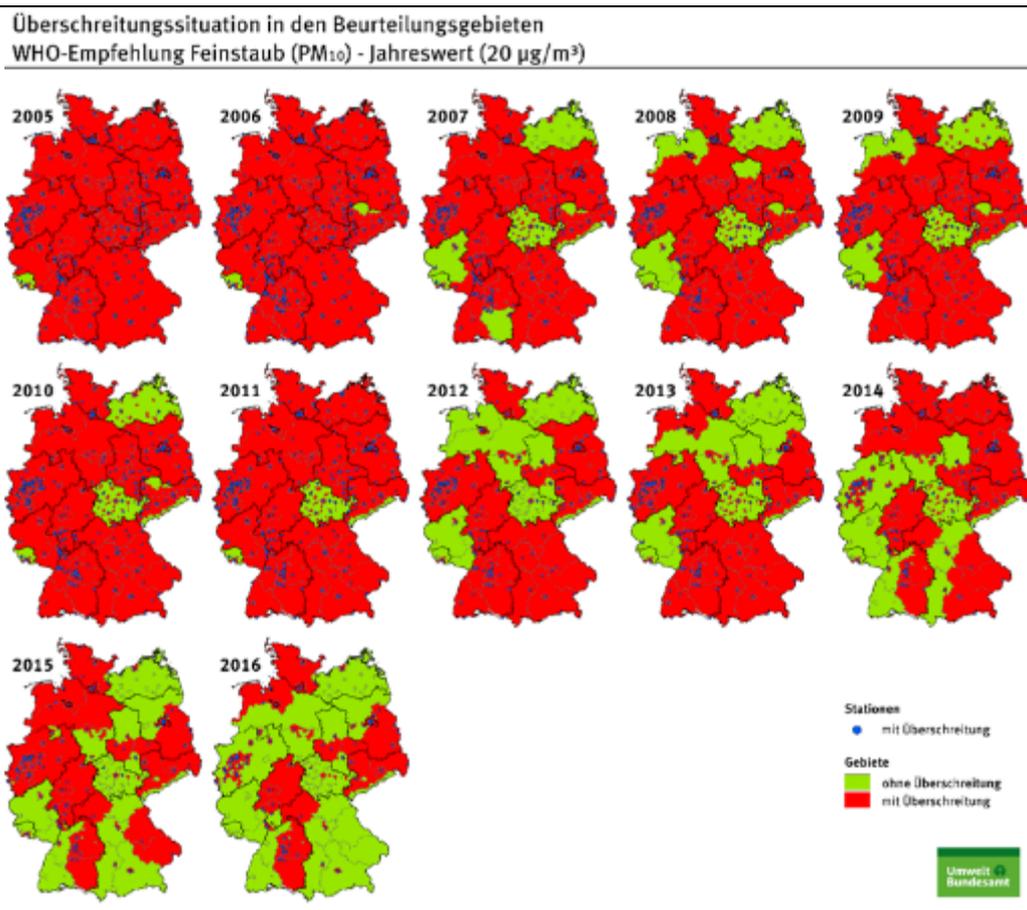


Abbildung 34: Darstellung der Entwicklung der Überschreitungssituation für PM₁₀ nach Beurteilungsgebieten (WHO-Jahresmittelwert)



4.2.1.6 Entwicklung der PM_{2,5}-Konzentrationen

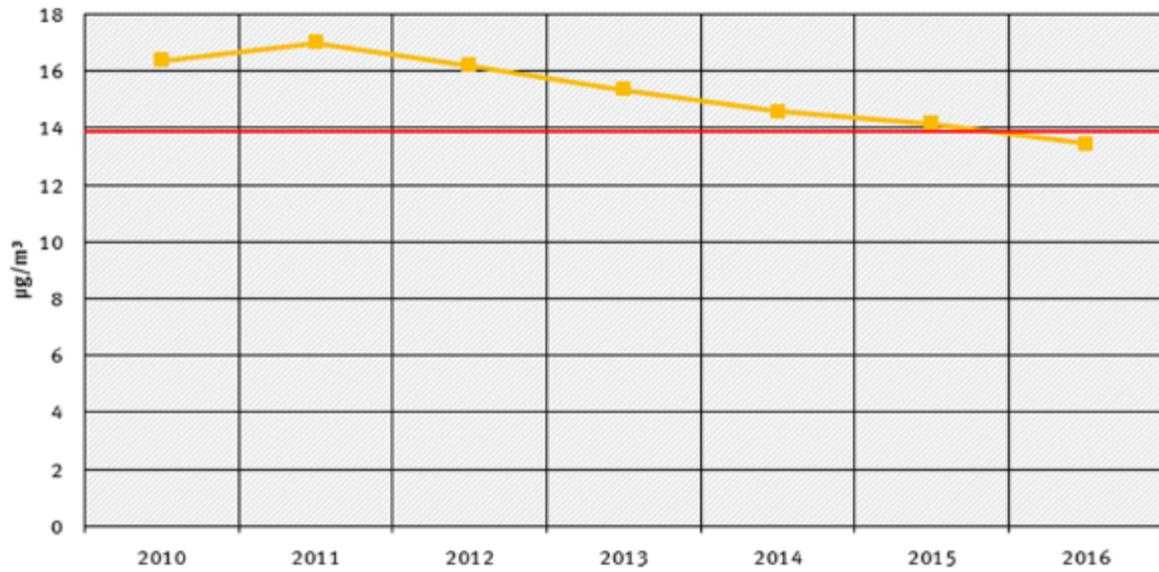
4.2.1.6.1 Average Exposure Indicator (AEI)

Analog zu den rückläufigen PM₁₀-Konzentrationen gehen auch die Jahresmittel der Konzentrationen der kleineren PM_{2,5}-Fraktion zurück. In die Berechnung des Average Exposure Indicator (AEI) fließen Jahresmittelwerte von Stationen im städtischen Hintergrund ein. Als Ausgangswert für das Jahr 2010 wurde für Deutschland ein AEI von 16,4 µg/m³ als Mittelwert über die berücksichtigten Stationen der Jahre 2008 bis 2010 berechnet. Daraus leitet sich nach den Vorgaben in Anhang XIV der Luftqualitätsrichtlinie 2008/50/EG ein nationales Minderungsziel von 15 Prozent bis zum Jahr 2020 ab. Demnach darf der für das Jahr 2020 (Mittelwert der Jahre 2018, 2019, 2020) berechnete AEI den Wert von 13,9 µg/m³ nicht überschreiten. 2016 lag der Mittelwert der Jahre 2014, 2015, 2016 unter dem für 2020 zu erreichenden Ziel.

Abbildung 35: Darstellung des Average Exposure Indicator (AEI) für PM_{2,5} seit 2010

PM_{2,5} - AEI (Average Exposure Indicator)

Indikator für die durchschnittliche Exposition (13,9 µg/m³ dürfen ab 2020 nicht mehr überschritten werden)



4.2.1.6.2 PM_{2,5}-Jahresgrenzwert (25 µg/m³)

Die Einhaltung des Ziel- bzw. Grenzwertes (25 µg/m³ im Jahresmittel) ist in Deutschland nicht gefährdet. Seit Inkrafttreten im Jahr 2010 kam es nur einmalig an einer verkehrsnahen Station zu einer Überschreitung.

Abbildung 36: Anteil der Stationen mit Überschreitung des PM_{2,5}-Jahresgrenzwertes separat nach Stationstyp

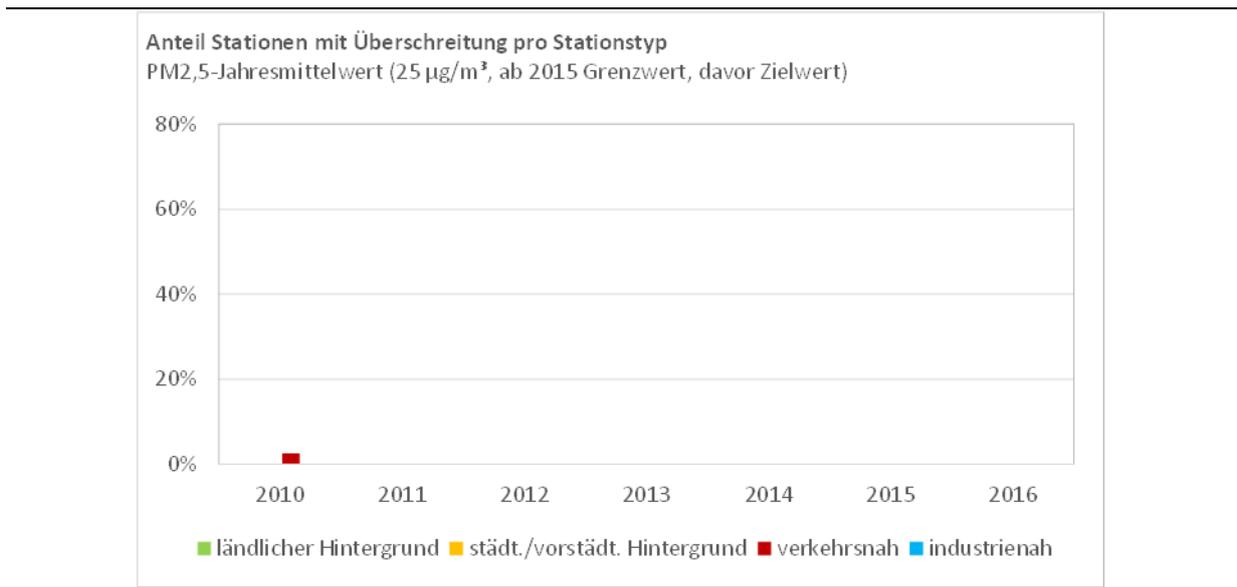


Abbildung 37: Darstellung der Entwicklung der Überschreitungssituation für PM_{2,5} nach Beurteilungsgebieten (Jahresmittelwert)

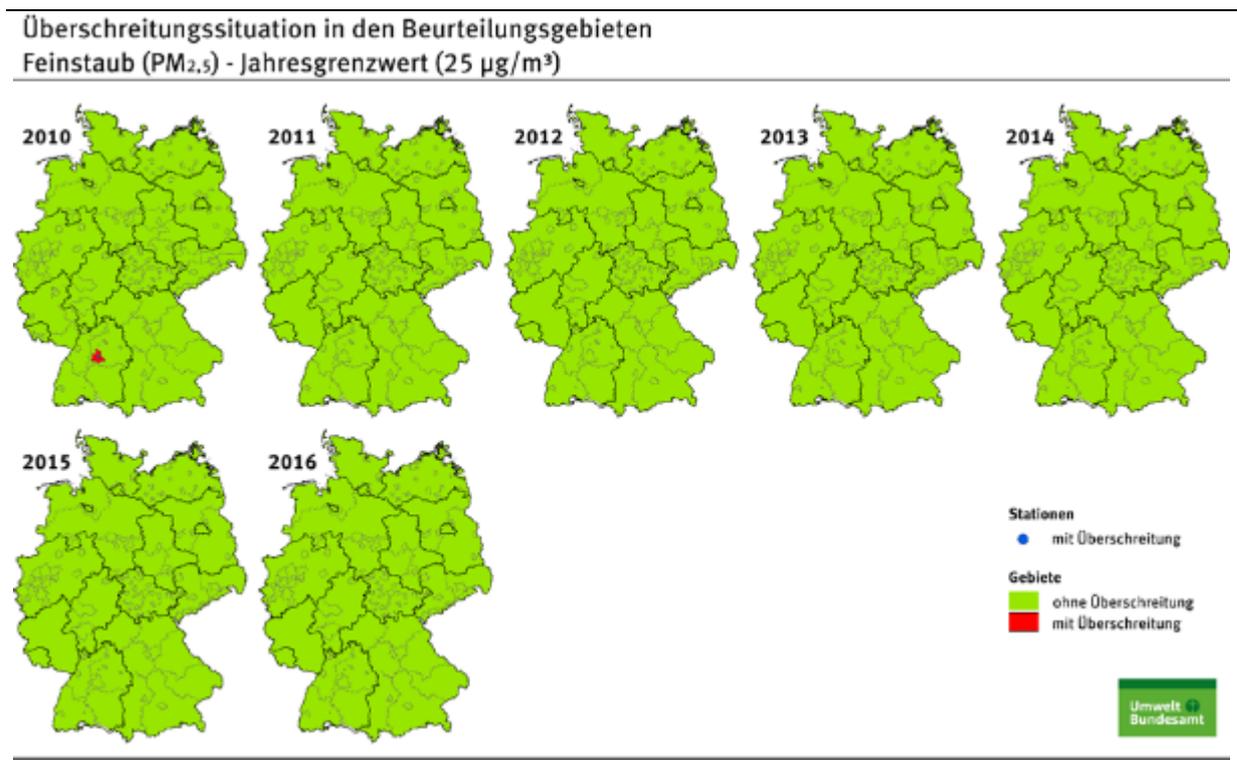


Tabelle 12: Entwicklung des Anteils der Beurteilungsgebiete mit Überschreitung des zulässigen PM_{2,5}-Jahresmittelwertes

Anteil Gebiete mit Grenzwertüberschreitung	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Jahresmittel	1 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %

4.2.1.6.3 PM_{2,5}-Jahresgrenzwert gemäß WHO-Empfehlung (10 µg/m³)

Fast alle Stationsjahresmittelwerte (ausgenommen im ländlichen Hintergrund) lagen in den Jahren 2010 bis 2016 oberhalb der WHO-Empfehlung von 10 µg/m³. Gebiete und Ballungsräume in der gesamten Fläche Deutschlands waren von Überschreitungen betroffen.

Hinweis: in den grau hinterlegten Gebieten lag die Belastung unterhalb der oberen Beurteilungsschwelle (17 µg/m³), so dass dort nicht ausschließlich gemessen werden muss und die Beurteilung des EU-Ziel-/Grenzwertes auch anhand von Schätzung oder Modellierung erfolgte. Detaillierte Konzentrationswerte der Schätzungen oder Modellierungen liegen nicht vor.

Abbildung 38: Anteil der Stationen mit Überschreitung des WHO-PM_{2,5}-Jahresgrenzwertes separat nach Stationstyp

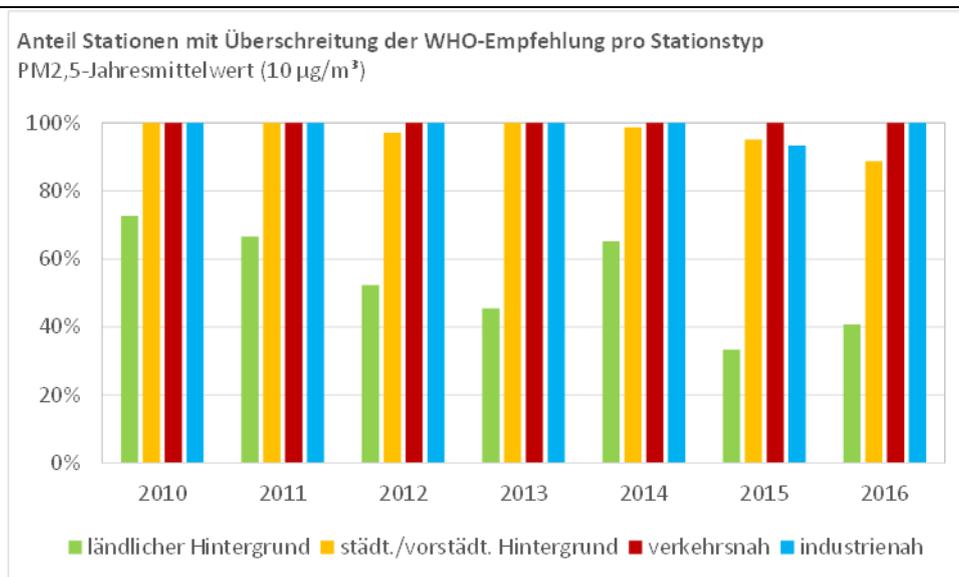
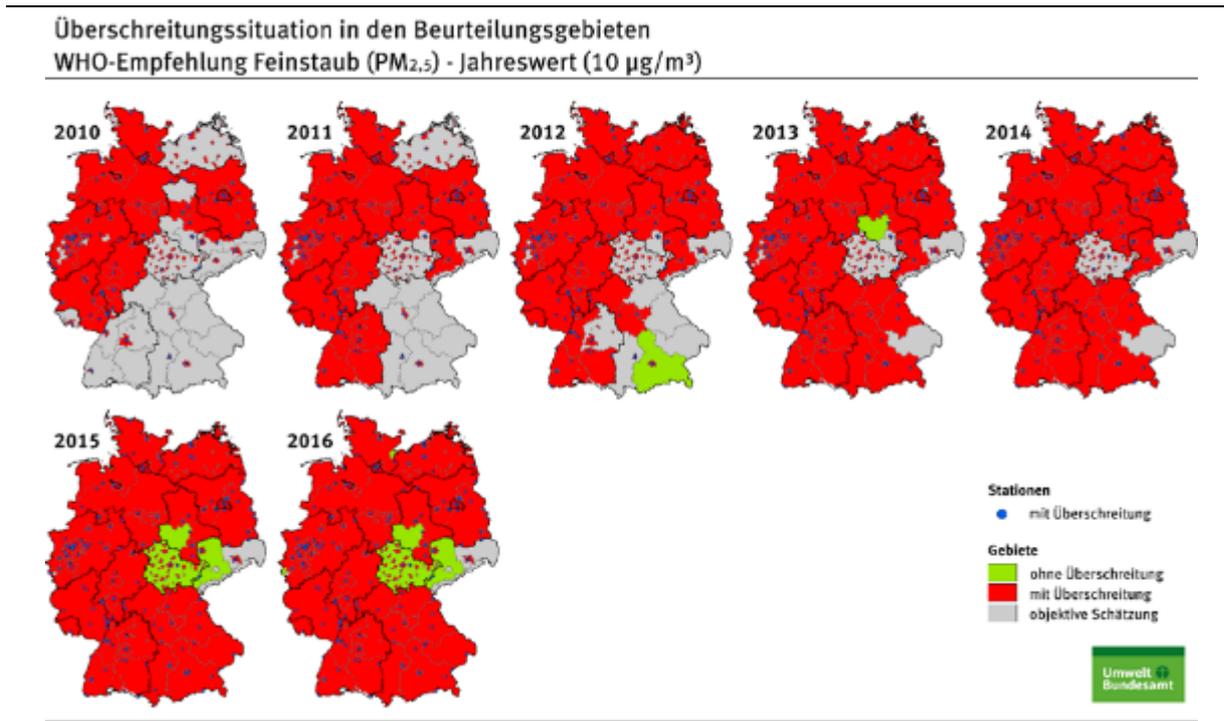


Abbildung 39: Darstellung der Entwicklung der Überschreitungssituation für PM_{2,5} nach Beurteilungsgebieten (WHO-Jahresmittelwert)



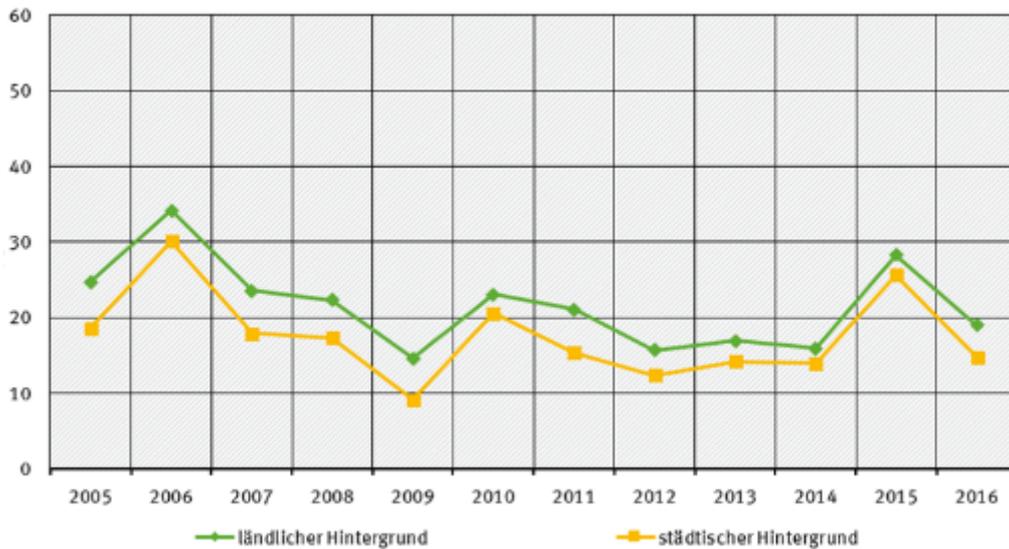
4.2.1.7 Entwicklung der O₃-Konzentrationen

Die Entwicklung der Ozonbelastung in Deutschland spiegelt den allgemein rückläufigen Trend der Emissionen der Vorläufergase NO_x, NMVOC, Methan (CH₄) und Kohlenmonoxid (CO) nicht wider. Allerdings unterliegen Ozonkonzentrationen entsprechend der zur Ozonbildung beitragenden Reaktionen sowie der Abbauprozesse stärker tages- und jahreszeitlichen Schwankungen als kleinräumiger Variabilität. Der Unterschied zwischen den Stationen ist dadurch geringer, nur verkehrsnahen Standorte weisen unter anderem durch Wechselwirkungen aufgrund der hohen NO₂-Konzentrationen, die zum Abbau von Ozon führen, häufig geringere Konzentrationen auf als Stationen im ländlichen Hintergrund. Die Anstrengungen Deutschlands, die Emissionen aller Ozonvorläuferstoffe weiterhin zu mindern, müssen zu einer wirksamen Reduktion der Ozonkonzentrationen daher fortgeführt werden.

Betrachtet man die mittlere Zahl der Tage, an denen der höchste über 8 Stunden gebildete gleitende Mittelwert die Konzentration von 120 µg/m³ überschreitet, hat sich diese Anzahl unter Berücksichtigung der starken, Meteorologie bedingten zwischenjährlichen Schwankungen seit 2005 kaum verändert. Die ganzjährige Einhaltung dieses Konzentrationswertes wird in der EU-Luftqualitätsrichtlinie 2008/50/EG als langfristiges Ziel definiert. Allerdings ist neben der nahezu unveränderten Überschreitungssituation seit den 1990er Jahren ein Rückgang der gemessenen Spitzenkonzentrationen zu verzeichnen. Diese Entwicklung bestätigen auch die Ergebnisse der basierend auf der Emissionsentwicklung von 2005 bis 2015 durchgeführten Ausbreitungsmodellierung für 2005 und 2015 (vgl. Abbildung 52 und Abbildung 53) im aktuellen Vorhaben „NEC-Richtlinie: Weiterentwicklung von Prognosen für Luftschadstoffe für nationale Luftreinhaltprogramme“ (FKZ 3716512020).

Abbildung 40: Entwicklung der höchsten täglichen 8-Stunden-Mittelwerte für O₃

Ozon - Überschreitungstage des langfristigen Zieles
(120 µg/m³ als höchster täglicher 8-Stunden-Mittelwert, im Mittel über durchgängig messende Stationen im jeweiligen Belastungsregime, Zeitraum 2005-2016)

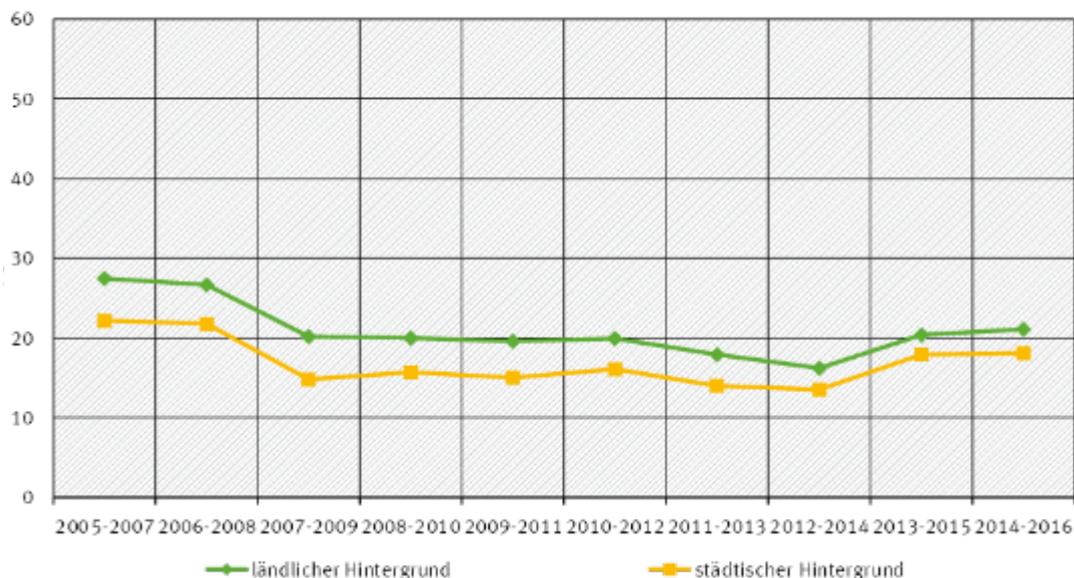


Deutlich wird die Stagnation der Anzahl der Tage mit Überschreitung der 120 µg/m³ auch im Verlauf des 3jährigen Mittels der höchsten täglichen 8-Stunden-Mittelwerte (vgl. Abbildung 41, Zielwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit).

Abbildung 41: Entwicklung der 3-Jahresmittelwerte der höchsten täglichen 8-Stunden-Mittelwerte für O₃

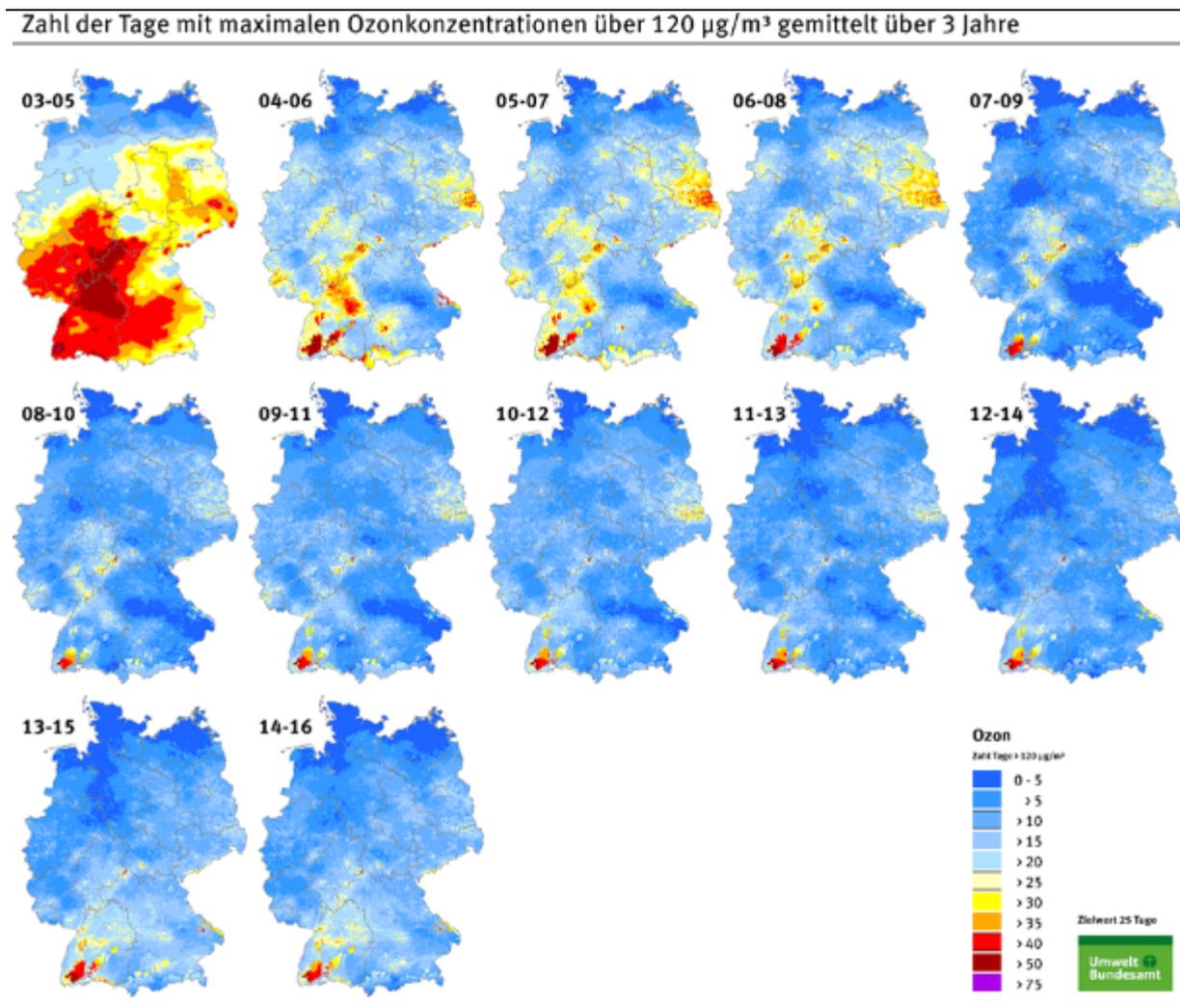
Ozon - Überschreitungstage des Zielwertes

(3-Jahresmittel der Zahl der Tage mit tägl. max. 8-Stunden-Mittelwert > 120 µg/m³, im Mittel über durchgängig messende Stationen im jeweiligen Belastungsregime, Zeitraum 2005-2016)



Der Jahrundertssommer 2003 mit günstigen atmosphärischen Bedingungen für die Bildung bodennahen Ozons schlägt sich im 3-Jahresmittel 2003-2005 deutlich nieder. Danach waren 2006 und 2015 nochmals ozonreiche Jahre, die im 3-Jahresmittel aber nur eine geringe Erhöhung der Konzentrationswerte verursacht haben.

Abbildung 42: modellierte Konzentrationskarten zur Entwicklung der 3-Jahresmittelwerte der gemessenen O₃-Konzentrationen



4.2.1.8 O₃-Überschreitungssituation

4.2.1.8.1 O₃-langfristiges Ziel (120 µg/m³ für maximalen 8-Stunden-Mittelwert eines Tages)

Gleitende 8-Stunden-Mittelwerte über 120 µg/m³ traten in Deutschland flächendeckend außer an verkehrsnahen Stationen auf. Ausnahmslos alle Gebiete und Ballungsräume sind durchgängig seit 2010 von Überschreitungen des langfristigen Ziels betroffen.

Abbildung 43: Anteil der Stationen mit Überschreitung des O₃-Langfristzieles separat nach Stationstyp

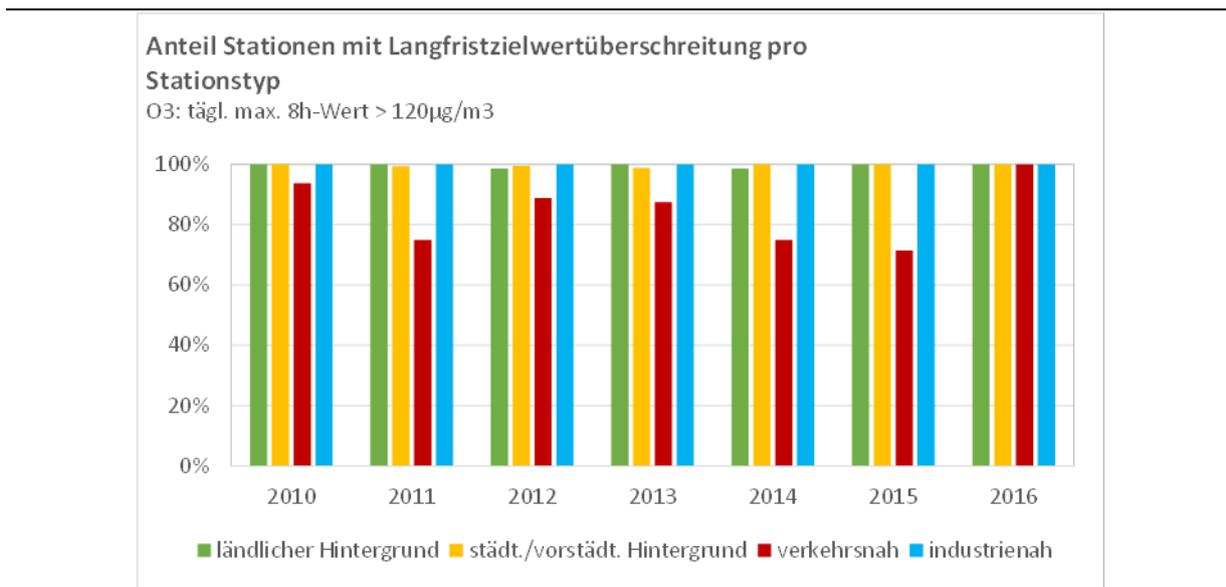


Abbildung 44: Darstellung der Entwicklung der Überschreitungssituation für O₃ nach Beurteilungsgebieten (langfristiges Ziel)

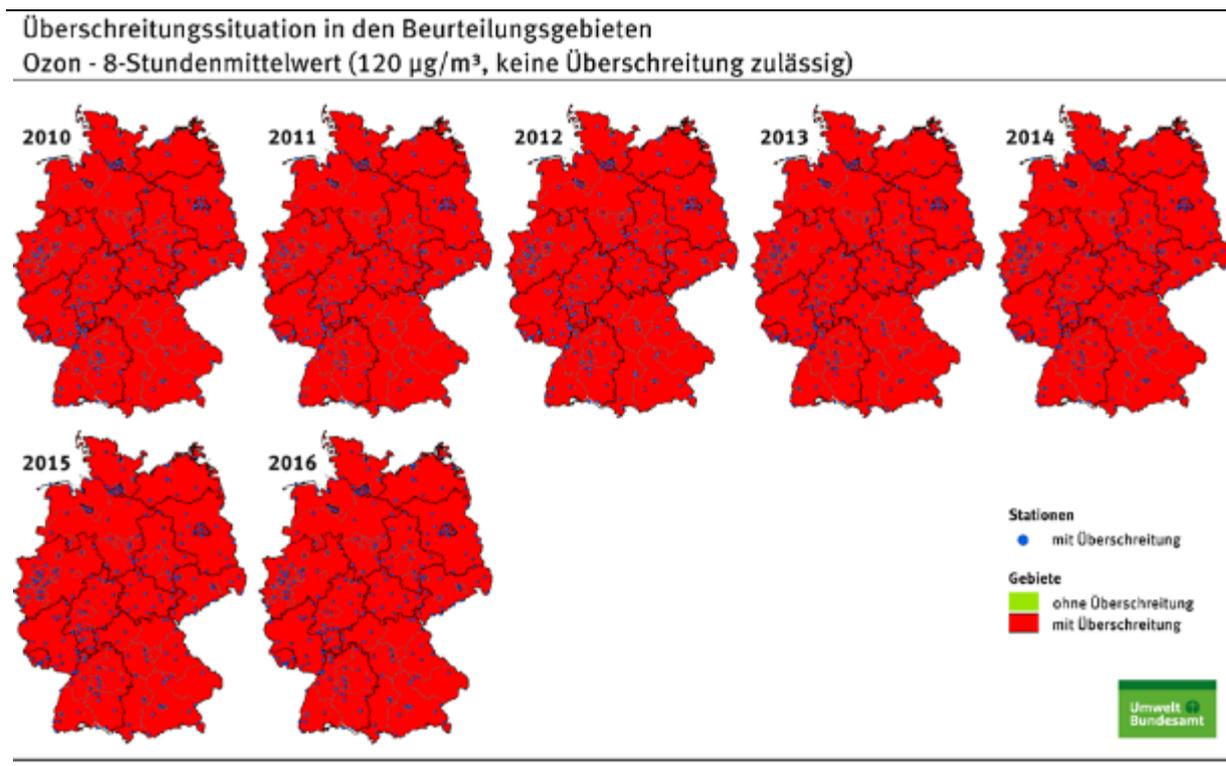


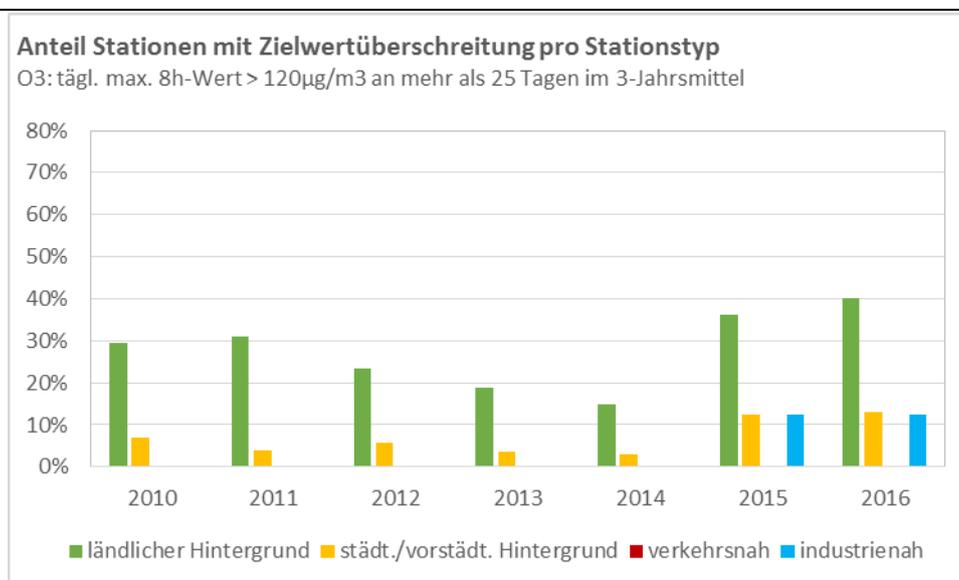
Tabelle 13: Entwicklung des Anteils der Beurteilungsgebiete mit Überschreitung des langfristigen Zieles für O₃

Anteil Gebiete mit Überschreitung des langfristigen Zieles	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
	100 %						

4.2.1.8.2 O₃-Zielwert (120 µg/m³ für 3-Jahresmittel der maximalen 8-Stunden-Mittelwerte eines Tages nicht öfter als 25-mal bezogen auf ein Jahr)

Der Ozon-Zielwert gilt als überschritten, wenn an mehr als 25 Tagen im 3-Jahresmittel tägliche maximale 8-Stunden-Mittelwerte über 120 µg/m³ auftreten. Dies tritt vor allem an Stationen im ländlichen Hintergrund auf, in geringerem Ausmaß auch an Stationen im städtischen Hintergrund (vereinzelt auch industrienah). Durch den ozonreichen Sommer 2015 verzeichneten vor allem die Beurteilungsjahre 2015 und 2016 wieder mehr Überschreitungen als die Jahre zuvor.

Abbildung 45: Anteil der Stationen mit Überschreitung des O₃-Zielwertes separat nach Stationstyp



Deutschland ist dadurch in den letzten Jahren von etwa 200 Stationen auf etwa 100 Stationen gesunken.

4.2.1.10 SO₂-Überschreitungssituation

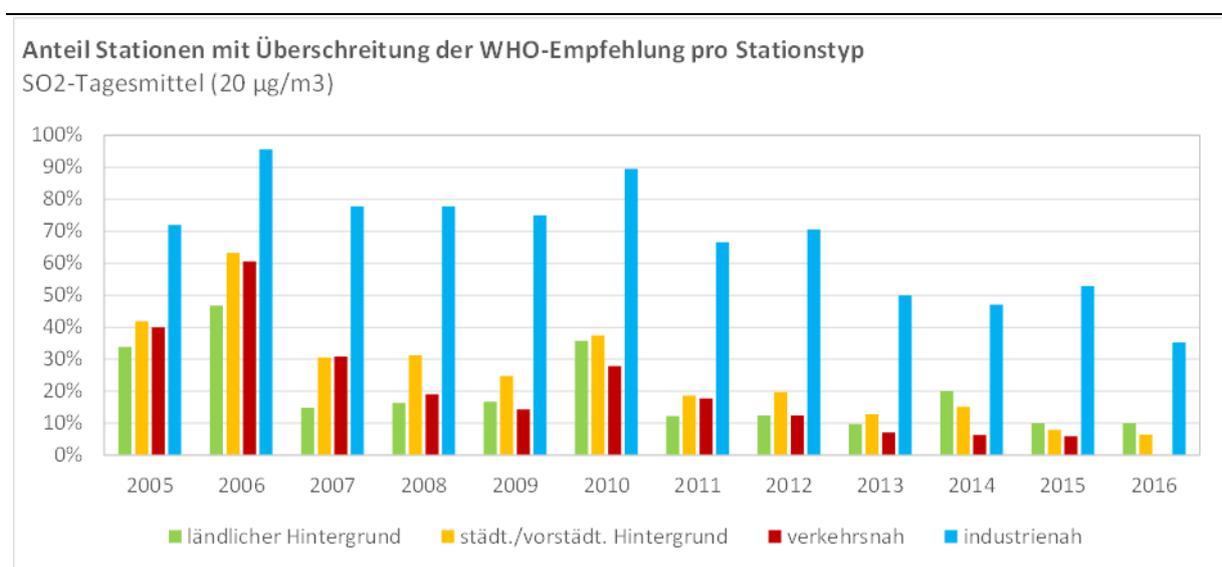
4.2.1.10.1 SO₂-Grenzwerte

Seit Gültigkeit der Grenzwerte ab 2005, Tagesmittelwerte dürfen nicht öfter als 3-mal im Kalenderjahr 125 µg/m³ überschreiten, Stundenmittelwerte dürfen nicht öfter als 24-mal im Kalenderjahr 350 µg/m³ überschreiten, werden sowohl die Tages- als auch Stundengrenzwerte an allen Stationen in Deutschland eingehalten. Der rückläufige Trend der Konzentrationen führt allerdings auch hier zu einem Rückgang der zu Messungen verpflichteten Stationen. Die Zahl der Stationen mit SO₂-Konzentrationsmessungen in Deutschland ist dadurch in den letzten Jahren von etwa 250 Stationen auf mittlerweile etwa 150 Stationen gesunken.

4.2.1.10.2 SO₂-Tagesgrenzwert nach WHO-Empfehlung (20 µg/m³)

Die WHO-Empfehlung, im Tagesmittel eine Konzentration von 20 µg SO₂/m³ nicht zu überschreiten, wurde vor allem an industrienahen Stationen nicht eingehalten. Überschreitungen an Stationen anderen Stationstyps sind stark zurückgegangen. Der dominante Anteil der Stationen mit Überschreitungen im ländlichen Hintergrund der letzten Jahre resultiert aus episodenhaft hohen Werten im Erzgebirge aufgrund von Süd-Ost-Anströmung aus Tschechien.

Abbildung 47: Anteil der Stationen mit Überschreitung des WHO-SO₂-Tagesgrenzwertes separat nach Stationstyp



4.2.2 Entwicklung der Luftqualität 2005-2015 – Ergebnisse der Ausbreitungsmodellierung

4.2.2.1 Methodik

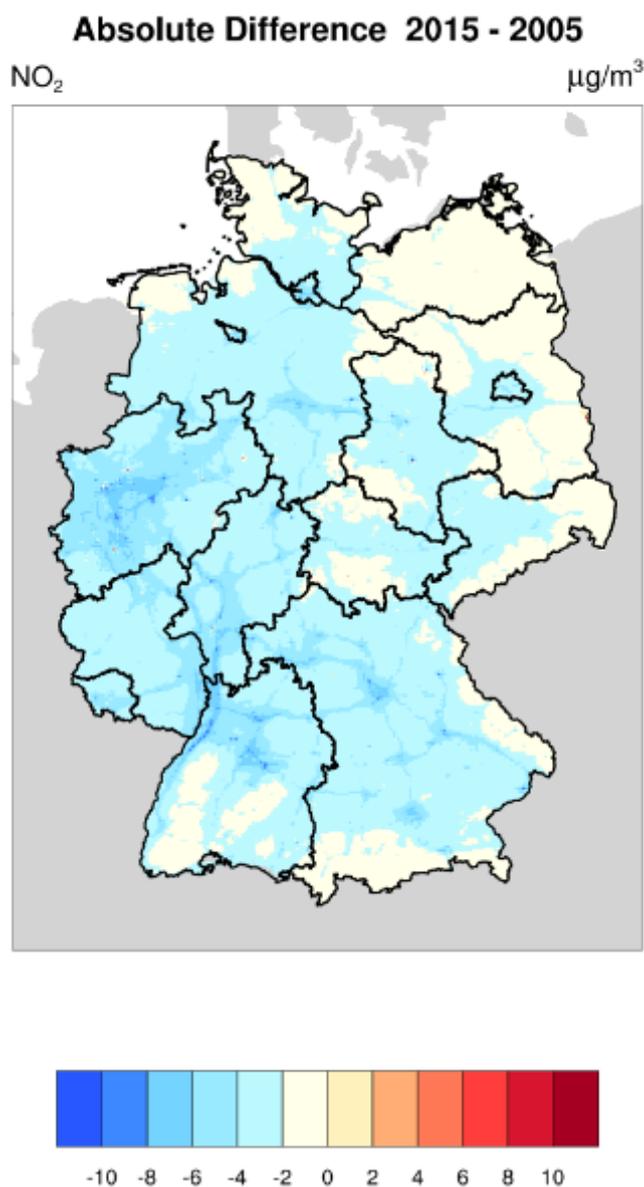
Die Hintergrundkonzentrationen von Luftschadstoffen in der bodennahen Luftschicht werden erheblich von meteorologischen Größen beeinflusst. Um die Auswirkung der Entwicklung der

Emissionen von 2005 bis 2015 auf die Hintergrundkonzentrationen von Luftschadstoffen bewerten zu können, wurden zwei Modellläufe mit dem Chemie-Transport-Modell EURAD des Rheinischen Instituts für Umweltforschung durchgeführt. Für beide Jahre wurde ein meteorologischer Datensatz des Jahres 2005 verwendet, um den Einfluss meteorologischer Unterschiede auf die modellierten Hintergrundkonzentrationen zwischen den beiden Jahren auszuschalten. Im Ergebnis liegen Datensätze der modellierten Konzentrationen für jede Rasterzelle in stündlicher Auflösung für ein Jahr je Modelllauf vor. Aus den Ergebnissen dieser beiden Modellläufe können somit Aussagen zur Auswirkung der Emissionsentwicklung auf die Luftqualität abgeleitet werden, ohne dass meteorologische Einflüsse die Effekte der Emissionsentwicklungen überdecken. Die Auswertung der Ergebnisse erfolgt über Differenzkarten der absoluten Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ je Rasterzelle. Aus der Kartendarstellung lassen sich räumlich differenzierte Effekte der Emissionsentwicklungen ablesen. In Kapitel 4.2.2.7 werden die über alle Zellen gemittelten Differenzen der Jahresmittelwerte der bodennahen Konzentrationen je Schadstoff dargestellt. Die Ergebnisse erlauben eine Einschätzung, wie groß der Einfluss zukünftiger Emissionsminderungen auf die Verbesserung der Luftqualität sein kann.

4.2.2.2 Modellierte Hintergrund-NO₂-Konzentrationen

Die Abnahme der NO_x-Gesamtemissionen zwischen 2005 und 2016, hauptsächlich begründet in einer Abnahme der NO_x-Emissionen von schweren Nutzfahrzeugen im Straßenverkehr, resultiert ohne Berücksichtigung zwischenjähriger Unterschiede meteorologischer Einflussgrößen in einem Rückgang der modellierten NO₂-Hintergrundkonzentrationen, vor allem entlang des Autobahnnetzes und in Ballungsgebieten mit hohem Verkehrsaufkommen. Diese Aussage wird durch die Entwicklung der NO₂-Messwerte an industrienahen Stationen und im städtischen und ländlichen Hintergrund im selben Zeitraum bestätigt (vgl. Abbildung 17).

Abbildung 48: Differenz der EURAD-Modellläufe 2015 – 2005 für NO₂ in µg/m³ unter gleichen meteorologischen Bedingungen



4.2.2.3 Modellierte Hintergrund-SO₂-Konzentrationen

Die Abnahme der SO₂-Gesamtemissionen zwischen 2005 und 2016, hauptsächlich begründet in einer Abnahme der Emissionen aus Großfeuerungsanlagen und privaten Haushalten, resultiert ohne Berücksichtigung zwischenjähriger Unterschiede meteorologischer Einflussgrößen auch in einem Rückgang der modellierten SO₂-Hintergrundkonzentrationen, vor allem in den Ballungsräumen mit hoher absoluter Bevölkerungszahl und hoher Bevölkerungsdichte sowie in industriellen Ballungszentren. Dieses Ergebnis passt auch zur Entwicklung der SO₂-Messwerte an industrie- und verkehrsnahen Stationen sowie im städtischen Hintergrund (vgl. Abbildung 47).

Abbildung 49: Differenz der EURAD-Modellläufe 2015 – 2005 für SO₂ in µg/m³ unter gleichen meteorologischen Bedingungen



4.2.2.4 Modellierte Hintergrund-NH₃-Konzentrationen

Die modellierten Ammoniakkonzentrationen verändern sich von 2005 zu 2015 kaum. Der Anstieg der Emissionen im betrachteten Zeitraum schlägt sich vor allem an einzelnen Stellen in Sachsen-Anhalt und Niedersachsen mit einer hohen Dichte von intensiv tierhaltenden Betrieben und einem hohen Wirtschaftsdüngeranfall nieder. Das erklärt sich zum einen durch die Kurzlebigkeit von Ammoniak in der Atmosphäre, die zu hohen modellierten Konzentrationen in der Nähe ganzjähriger großer Punktquellen der Intensivtierhaltung führt, und zum anderen durch auf Bundesebene fehlende Detailinformationen zur räumlichen Verteilung der Ammoniakemissionen, beispielsweise zu flächen- oder mindestens betriebscharfen Düngereinsatzmengen, zu Gülletransporten oder zur Anwendung von an deutschen Häfen gekauften Mineraldüngermengen.

Abbildung 50: Differenz der EURAD-Modellläufe 2015 – 2005 für NH₃ in µg/m³ unter gleichen meteorologischen Bedingungen

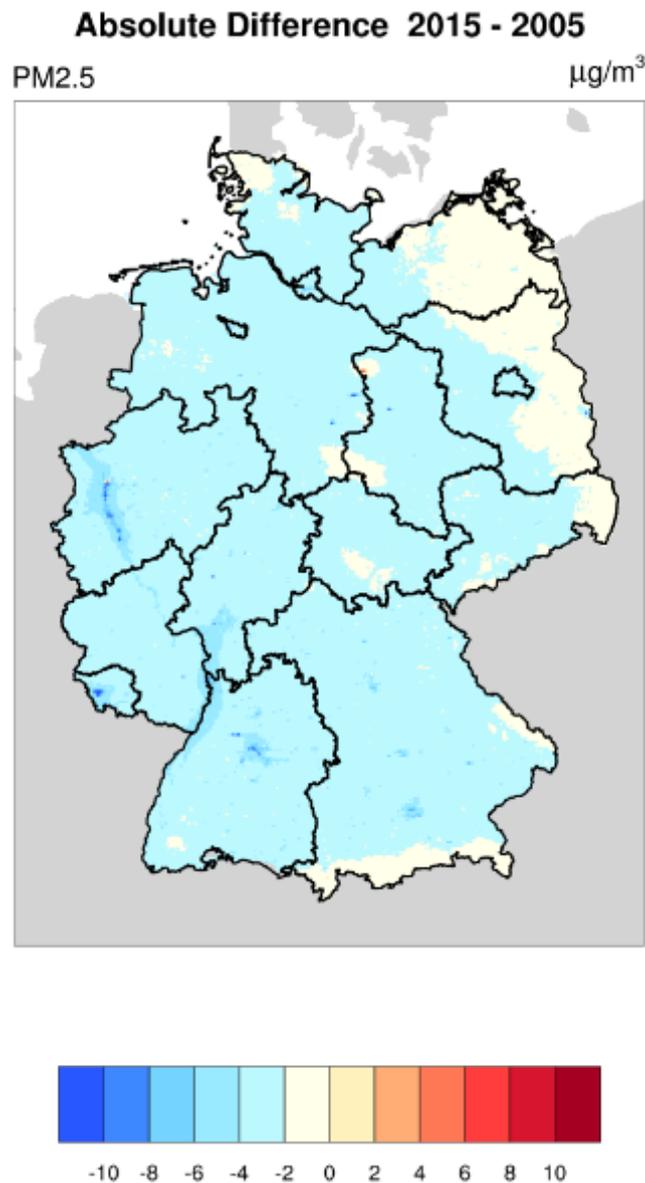


4.2.2.5 Modellierte Hintergrund-PM_{2,5}-Konzentrationen

Bei der Verknüpfung der Emissionsentwicklung mit der Entwicklung der Feinstaubkonzentrationen in der Umgebungsluft ist zu beachten, dass Feinstaub sowohl direkt emittiert als auch sekundär in der Atmosphäre aus Vorläuferstoffen gebildet wird und über weite Distanzen bis zum Ort der Belastung transportiert werden kann. Da grundsätzlich alle durch die NEC-Richtlinie (EU) 2016/2284 geregelten Schadstoffe auf diesen Wegen zur Feinstaubbelastung der Luft beitragen, lässt sich der Rückgang der modellierten Feinstaubkonzentrationen (vgl. Abbildung 51 für die Fraktion PM_{2,5}) nicht auf die Entwicklung der Emissionen eines Luftschadstoffes allein zurückführen. Da die Emissionen der durch die NEC-Richtlinie (EU) 2016/2284 geregelten Luftschadstoffe mit Ausnahme von Ammoniak aber zurückgegangen sind,

ist auch ein nahezu flächendeckender Rückgang der modellierten Feinstaubkonzentrationen zu beobachten.

Abbildung 51: Differenz der EURAD-Modellläufe 2015 – 2005 für PM_{2,5} in µg/m³ unter gleichen meteorologischen Bedingungen



4.2.2.6 Modellierte Hintergrund-O₃-Konzentrationen

Ozon wird nahezu ausschließlich über die Emissionen von Vorläufergasen gebildet. Dabei führt die Vielzahl der zur Ozonbildung oder zum Ozonabbau beitragenden Reaktionen zu einer komplexen Verknüpfung der Entwicklung der Vorläuferemissionen mit den gemessenen oder modellierten Konzentrationen. Der Vergleich der mittleren modellierten Konzentrationen von 2015 und 2005 wiederholt das Bild der Messergebnisse: Episoden mit sehr hohen



Ozonkonzentrationen werden seltener (vgl. Abbildung 53), aber die mittlere bodennahe Ozonkonzentration steigt bei Ausklammern der meteorologischen Einflüsse deutschlandweit an (vgl. Abbildung 52). Dieser Anstieg liegt auch in den europaweiten Entwicklungen und globalen Trends der Emissionen von Vorläufergasen begründet und ist nicht allein auf die Entwicklung der Emissionen in Deutschland zurückzuführen.

Abbildung 52: Differenz der EURAD-Modellläufe 2015 – 2005 für O₃ in µg/m³ unter gleichen meteorologischen Bedingungen

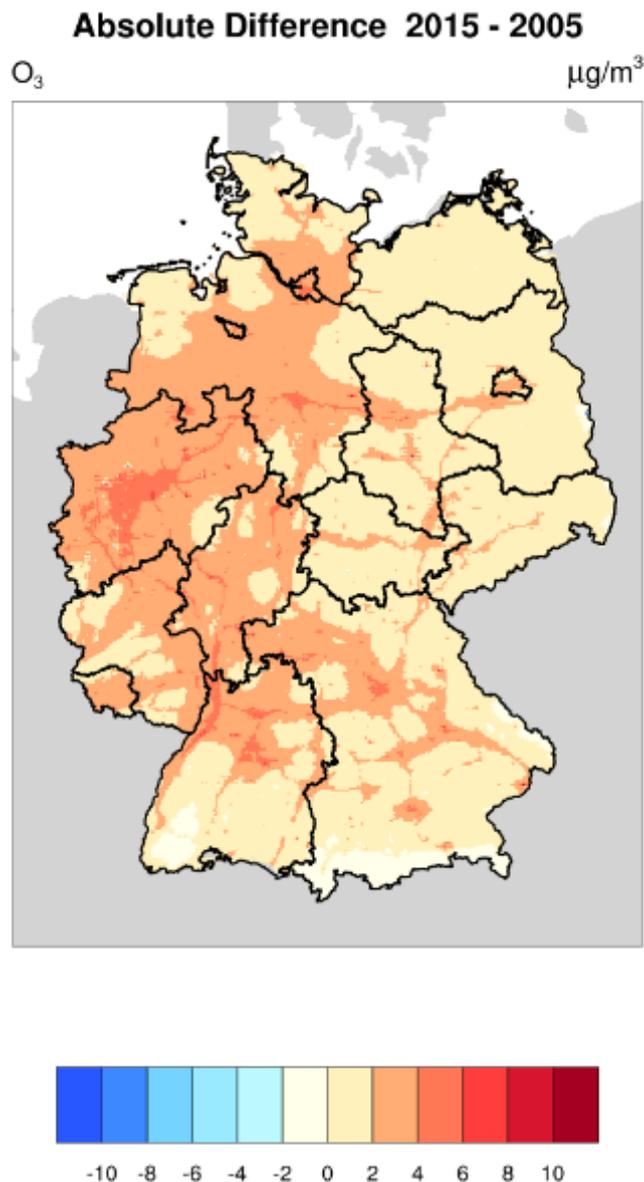
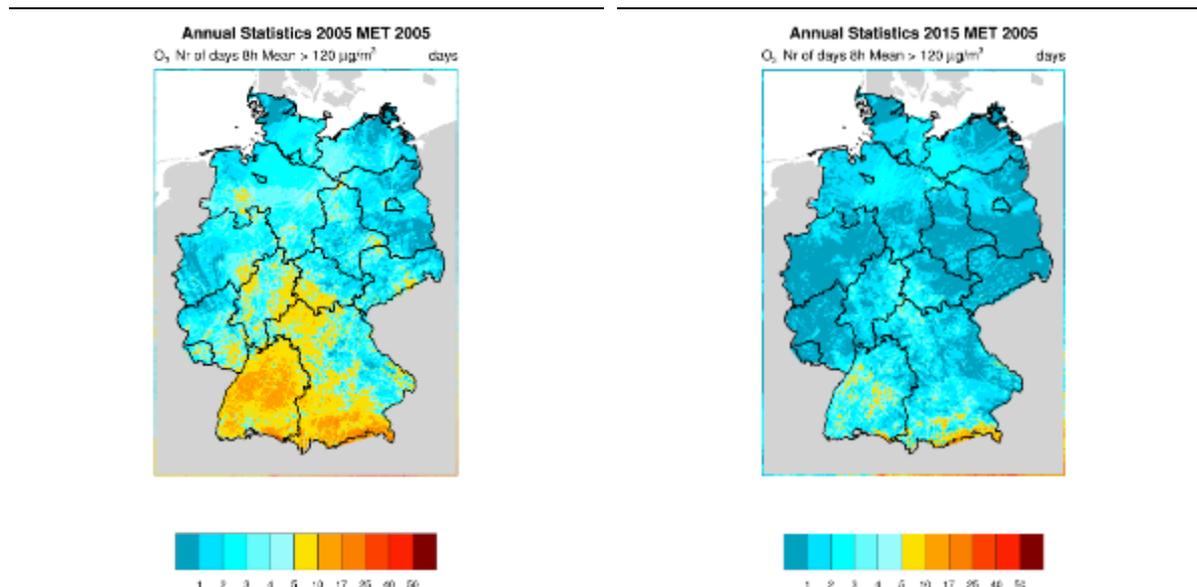


Abbildung 53: Ergebnis der EURAD-Modellläufe 2005 und 2015 für die Anzahl der Überschreitungstage des O₃-Zielwertes unter gleichen meteorologischen Bedingungen



4.2.2.7 Zusammenfassung der Ergebnisse der Ausbreitungsmodellierung

Tabelle 15 zeigt die mittlere Differenz der Jahresmittelwerte je Rasterzelle der für 2005 und 2015 modellierten stündlichen Konzentrationen ausgewählter Luftschadstoffe. Für beide Jahre liegen die Emissionsdaten der Emissionsberichterstattung 2018 zugrunde. Aufgrund der mit Ausnahme von Ammoniak rückläufigen Emissionen sinken auch die modellierten Hintergrundkonzentrationen für NO₂, SO₂, PM₁₀ und PM_{2,5}. Die modellierten Konzentrationen für Ammoniak steigen entsprechend der im Betrachtungszeitraum leicht gestiegenen Emissionen. Die Entwicklung der Ozonkonzentrationen kann aufgrund der komplexen Ozonchemie in der untersten Schicht der Atmosphäre sowie der zur Ozonbildung notwendigen Sonneneinstrahlung nicht allein durch die Emissionsentwicklung in Deutschland erklärt werden. Zur Auswertung müssen globale Emissionsentwicklungen und ausgewählte meteorologische Episoden betrachtet werden. Analog zum moderaten Rückgang der Emissionen im Betrachtungszeitraum (außer NH₃) sinken auch die Hintergrundkonzentrationen von NO₂, SO₂, PM₁₀ und PM_{2,5} nur geringfügig, diejenigen von NH₃ und O₃ nehmen hingegen zu. Sofern zusätzlich zu den zukünftigen Emissionsminderungsmaßnahmen zur Einhaltung der nationalen Emissionsreduktionsverpflichtungen der NEC-Richtlinie (EU) 2016/2284 nicht auch lokale Emissionsminderungsmaßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität vorgenommen werden, wird sich daher die Überschreitungssituation der verkehrsnah gemessenen NO₂-Konzentrationen weiterhin nur langsam verbessern.

Tabelle 15: Differenz der unter gleichen meteorologischen Bedingungen modellierten Jahresmittelwerte der Hintergrundkonzentrationen für 2005 und 2015

Schadstoff	absolute Differenz der Jahresmittelwerte 2005 und 2015 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$
NO ₂	-2,8
Ozon	+1,8
NH ₃	+0,9
SO ₂	-1,3
PM ₁₀	-2,7
PM _{2,5}	-2,6

4.3 Beurteilung der Entwicklung des grenzüberschreitenden Transports von Luftschadstoffen aus und nach Deutschland

4.3.1 Methodik

Um ein Ergebnis aus den in Kapitel 4.2.2.1 beschriebenen, vorhandenen Modellläufen ohne zusätzlichen Rechenaufwand ableiten zu können, wurden die Stoffflüsse bis 3000 Meter Höhe zwischen den an den deutschen Grenzen befindlichen Gitterzellen des Modellgebietes und den angrenzenden Gitterzellen der Nachbarstaaten bestimmt und für jeden Nachbarstaat eine entsprechende Summe der In- und Outputs pro modelliertem Jahr gebildet. Die Entwicklung dieser In- und Outputs von 2005 nach 2015 bildet den Einfluss der Emissionsentwicklung auf die grenzüberschreitenden Flüsse entsprechend den meteorologischen Bedingungen des Jahres 2005 ab. Der grenzüberschreitende Transport von Luftschadstoffen wird in besonderem Maße von den meteorologischen Rahmenbedingungen beeinflusst. Um den alleinigen Einfluss geänderter Emissionen zu betrachten, wurde beispielhaft mit einer unveränderten Meteorologie des Jahres 2005 gerechnet.

4.3.2 Ergebnisse

Abbildung 54 und Tabelle 16 zeigen beispielhaft die Entwicklung der grenzüberschreitenden Stoffflüsse von Feinstaub (PM₁₀) entsprechend der Modellläufe 2005 und 2015 in 0 bis 3000 Meter Höhe. Wie in den vorherigen Kapiteln dargelegt, wird hierbei nicht nur „primärer“ (also als Feinstaub emittierter) Feinstaub erfasst, sondern auch „sekundärer“ Feinstaub, der in der Luft aus gasförmig emittierten Stoffen wie SO₂ oder NH₃ gebildet wurde. Vom allgemein rückläufigen Trend entsprechend der überwiegend rückläufigen Emissionen weichen nur die PM₁₀-Transporte in die östlich gelegenen Nachbarstaaten Polen, Tschechische Republik und Österreich ab, die einen leichten Anstieg zu verzeichnen haben. Ursache für den Anstieg der PM₁₀-Transporte in östliche Richtung könnten die gestiegenen Ammoniakemissionen sein, die über ihren Beitrag zur sekundären Feinstaubbildung auch zu einer Erhöhung der ferntransportierten PM₁₀-Belastung der Luft geführt haben können. Außerdem haben im Zeitraum auch die PM₁₀-Ströme aus

Dänemark, Frankreich und der Schweiz nach Deutschland zugenommen. Diese modellierten Stoffströme erhöhen die PM₁₀-Last der Luftmassen über Deutschland im betrachteten Zeitraum und können damit auch zur Erhöhung des PM₁₀-Ferntransportes Richtung Osten beigetragen haben.

Abbildung 544: Entwicklung der modellierten grenzüberschreitenden Stoffflüsse 2005 bis 2015 für PM₁₀ in kt

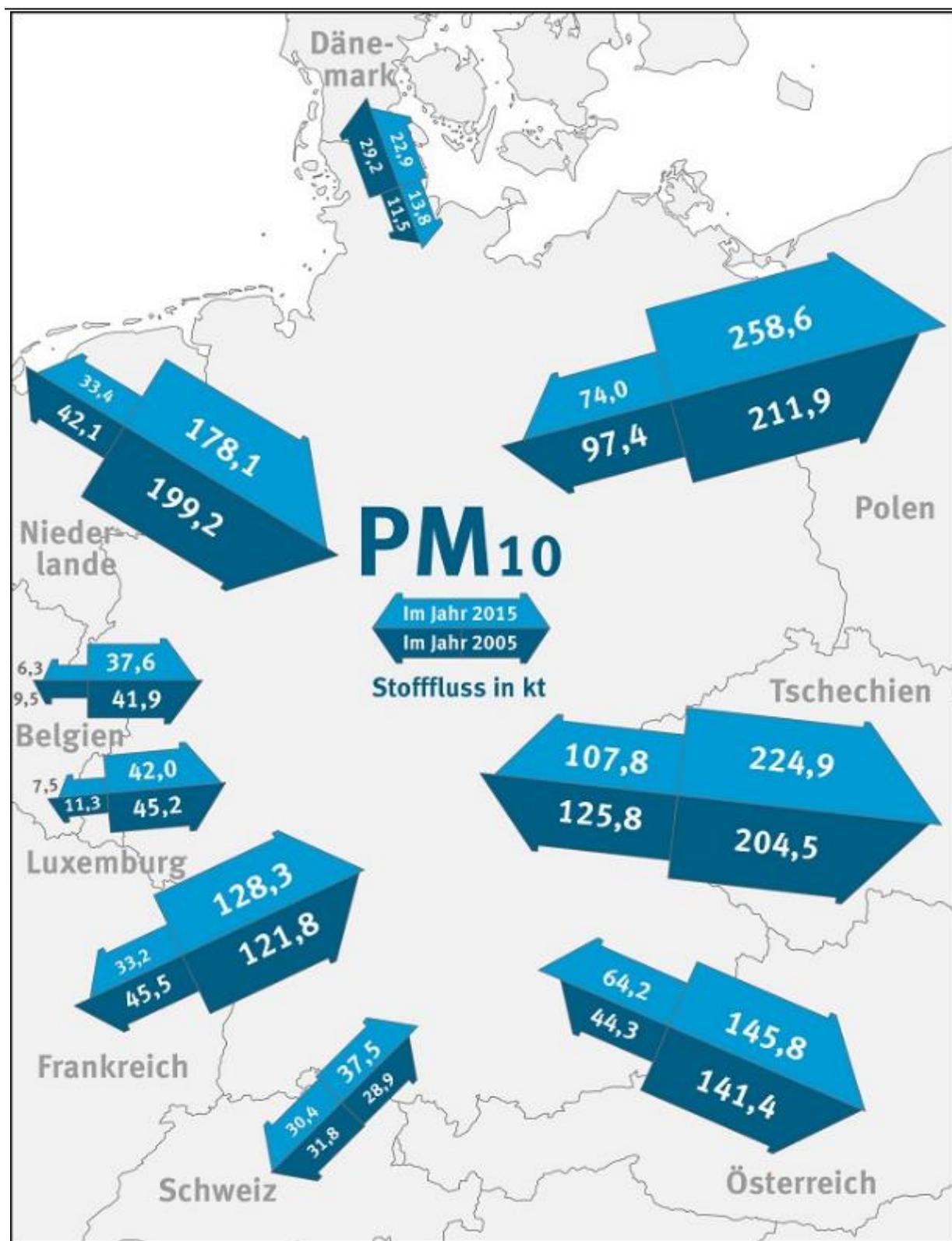


Tabelle 16: Modellergebnisse der Entwicklung der grenzüberschreitenden Stoffflüsse von Feinstaub (PM₁₀) bis 3000 m Höhe unter den meteorologischen Bedingungen des Jahres 2005 mit Emissionsdaten der Jahre 2005 und 2015 (angestiegene Stoffflüsse sind grau hinterlegt)

Schadstoff	Staat	Differenz 2015 – 2005	
		Transport aus Deutschland (in kt)	Transport nach Deutschland (in kt)
PM ₁₀	Dänemark	-6,3	2,3
	Polen	46,7	-23,4
	Tschechien	20,4	-18,0
	Österreich	4,4	19,9
	Schweiz	-1,4	8,6
	Frankreich	-12,3	6,5
	Luxemburg	-3,8	-3,3
	Belgien	-3,2	-4,3
	Niederlande	-8,7	-21,2



5 Bericht zur Emissionsprojektion und Entwicklung der Luftqualität im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM – With Measures)

5.1 Emissionsprojektion bis 2030 und Bewertung der Emissionsreduktion gegenüber 2005 im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM)

5.1.1 Mit-Maßnahmen-Szenario (WM)

5.1.1.1 Aktivitätsratenentwicklung - allgemein

Für die Projektion der NO_x-, NMVOC-, SO₂-, NH₃- und PM_{2,5}-Emissionen im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM) wurden für den überwiegenden Teil der Zeitreihen die projizierte Entwicklung der Aktivitätsraten des Mit-Maßnahmen-Szenarios (MMS) des Projektionsberichts der Bundesregierung 2017 (PB, 2017) zugrunde gelegt. Die umfangreichen Daten wurden dem zugehörigen Forschungsvorhaben im Auftrag des Umweltbundesamtes „Verbesserung der methodischen Grundlagen und Erstellung eines Treibhausgasemissionsszenarios als Grundlage für den Projektionsbericht 2017 im Rahmen des EU Treibhausgasmonitorings (Politikszenerien VIII)“ (FKZ 3716411050) entnommen. Dieses Szenario umfasst alle bis zum 31.07.2016 beschlossenen klimaschutzrelevanten Maßnahmen. In den Quellgruppen Verkehr, Landwirtschaft und Lösemittelanwendung (siehe Kapitel 5.1.1.2) wurden abweichende Aktivitätsratenprognosen verwendet und damit abweichende Stichtage festgelegt.

Da die Aktivitätsraten aus diesen Szenarien zum Teil nur in aggregierter Form für Quellgruppenbereiche oder beispielsweise Energieträger vorliegen, mussten Disaggregationen auf die vom ZSE in die EMMA-Datenbank übernommene Zeitreihen-Systematik vorgenommen werden. Wenn keine weiteren Informationen vorlagen, wurde die prognostizierte Aktivitätsrate anhand der inventarisierten Verteilung des Jahres 2016 nach Emissionsberichterstattung 2018 für die Jahre 2020, 2025 und 2030 auf die zugehörigen Zeitreihen verteilt. Daher können aufgrund dieser Annahme mögliche Verschiebungen innerhalb einer Gruppe von Emittenten, von beispielsweise einer Technik zu einer emissionsärmeren anderen Technik oder umgekehrt, nicht abgebildet werden.

Der Projektionsbericht 2017 enthält die in Tabelle 17 enthaltenen Annahmen zur Entwicklung der Aktivitätsraten im Mit-Maßnahmen-Szenario, wobei sich der Gesamttrend insbesondere aus separaten Trendprognosen für Primär- und Endenergieverbrauch sowie Bruttostromerzeugung ergibt. Die weiteren Annahmen des Mit-Maßnahmen-Szenario sind im Detail im Projektionsbericht beschrieben.

Tabelle 17: ausgewählte Trendprognosen des Primärenergie-, Endenergie- und Bruttostromverbrauches sowie der Bruttostromerzeugung im Mit-Maßnahmen-Szenario des PB 2017 im Vergleich zu 2014

	2014	2030
Primärenergieverbrauch	13.227 PJ	11.226 PJ
<i>davon Braunkohle</i>	<i>1.580 PJ</i>	<i>1.078 PJ</i>
Endenergieverbrauch	8.753 PJ	8.144 PJ
<i>davon Braunkohle</i>	<i>87 PJ</i>	<i>55 PJ</i>
Bruttostromerzeugung	626,6 TWh	601,6 TWh
<i>davon Braunkohle</i>	<i>155,8 TWh</i>	<i>111,4 TWh</i>
<i>davon Steinkohle</i>	<i>118,6 TWh</i>	<i>97,8 TWh</i>
<i>davon Kernenergie</i>	<i>97,1 TWh</i>	<i>0 TWh</i>
<i>davon Erdgas</i>	<i>61,1 TWh</i>	<i>76,8 TWh</i>
Bruttostromverbrauch	591,0 TWh	550,9 TWh
<i>davon in Industrie</i>	<i>228,8 TWh</i>	<i>206,8 TWh</i>
<i>davon Gewerbe, Handel, Dienstleistungen</i>	<i>142,8 TWh</i>	<i>139,1 TWh</i>
<i>davon Haushalte</i>	<i>129,7 TWh</i>	<i>116,8 TWh</i>
<i>davon Energiewirtschaft (Eigenstromverbrauch Kraftwerke, Leitungsverluste, etc.)</i>	<i>81,1 TWh</i>	<i>63,3 TWh</i>

Die größten Beiträge zur zukünftigen Emissionsminderung von Treibhausgasen im MMS des Projektionsberichts 2017, die sich auch auf die Emissionen von Luftschadstoffen auswirken, erbringen die Maßnahmen (PB 2017, S.33):

- a) Braunkohle-Sicherheitsbereitschaft,
- b) Emissionshandel,
- c) Marktanreizprogramm für erneuerbare Energien im Gebäudebereich,
- d) KfW-Programm für energieeffizientes Bauen und Sanieren,
- e) Energieeinsparverordnung,
- f) Energieberatung Mittelstand.

Im Forschungsvorhaben „NEC-Richtlinie: Weiterentwicklung von Prognosen für Luftschadstoffe für nationale Luftreinhalteprogramme“ (FKZ 3716512020) wurde die Wirkung dieser

Maßnahmen auf die Entwicklung von Aktivitätsraten berücksichtigt. Das Vorhaben nimmt an, dass Emissionsfaktoren nicht durch diese Maßnahmen beeinflusst werden.

5.1.1.2 weitere Trendprognosen – Luftreinhaltung

Im Bereich **Verkehr** (NFR 1.A.3, vgl. Anhang A) wurde von der Verwendung der Aktivitätsratenprognose aus PB 2017 abgesehen und die Aktualisierung des Trendszenarios aus der TREMOD-Version 5.72 (UBA, 2017) mit Stand November 2017 übernommen. Die Verwendung einer aktualisierten TREMOD-Trendprognose gegenüber PB 2017 wurde notwendig, um die Aktualisierungen für Abgas-Emissionsfaktoren von Diesel-Pkw des Handbuchs Emissionsfaktoren für Straßenverkehr (HBEFA) 3.3³⁹ einzubeziehen.

Bezüglich der Fahrleistungsentwicklung im Straßenverkehr sowie der Entwicklung der Verkehrsleistung für den Schienenverkehr, die Binnenschifffahrt und den Flugverkehr basiert die TREMOD-Trendprognose auf dem Verkehrsmengengerüst der Verkehrsverflechtungsprognose 2030 des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), das auch Grundlage des PB 2017 ist. Die TREMOD-Trendprognose geht davon aus, dass im Zeitraum bis 2030 Diesel- und Otto-Kraftstoff die dominierenden Antriebsenergien bleiben. Alternativen (u. a. CNG, LPG) haben nur einen geringen Anteil, Elektrofahrzeuge gewinnen langsam an Bedeutung. Die Prognose der Flottenzusammensetzung im Straßenverkehr basiert in TREMOD auf einem Umschichtungsmodell, das die jährlichen Neuzulassungen und die erwartete Nutzungsdauer der Fahrzeuge in Deutschland berücksichtigt.

Die Entwicklung der spezifischen Emissionen von Luftschadstoffen basiert für den Straßenverkehr auf der aktuellen Abgasgesetzgebung. Bei Diesel-Pkw werden die neuen Schadstoffklassen Euro 6d-Temp und Euro 6d berücksichtigt. Die Entwicklung der Energieeffizienz basiert für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge grundsätzlich auf den Verordnungen (EG) Nr. 443/2009⁴⁰ und (EU) Nr. 333/2014⁴¹. Darüber hinaus wurden weitergehende Annahmen getroffen, um die Diskrepanz zwischen Neuem Europäischem Fahrzyklus (NEFZ) und Realverbrauch gut abbilden zu können.

Die zukünftigen Entwicklungen der Verkehrsleistungen im Straßenverkehr, die dem MMS-Szenario des PB 2017 zugrunde liegen, sind über die in der TREMOD-Trendprognose berücksichtigten Entwicklungen vollständig abgedeckt. Es sind keine weiteren Maßnahmen für das Mit-Maßnahmen-Szenario zu berücksichtigen, da auch die zukünftige Abgasgesetzgebung (Euro 6d-Temp und 6d bei Diesel-Pkw) ebenso wie aktuelle Entwicklungen zur Energieeffizienz bereits in der TREMOD-Trendprognose enthalten sind.

Auch für den sonstigen Verkehr liegt eine TREMOD-Trendprognose vor. Für den Schienen-, Binnenschifffahrts- und Flugverkehr und mobile Maschinen wurden Entwicklungen zur Energieeffizienz und zu spezifischen Emissionsfaktoren berücksichtigt, die jeweils die aktuelle Abgasgesetzgebung berücksichtigen. Da die Prognosen zum Teil nicht zeitreihenscharf vorlagen, wurden deren Trends auf die zugehörigen disaggregierten Zeitreihen in EMMA angewandt.

³⁹ http://www.hbefa.net/d/documents/HBEFA33_Hintergrundbericht.pdf; abgerufen am 10.07.2018

⁴⁰ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009R0443&from=DE>; abgerufen am 20.09.2018

⁴¹ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R0333&from=EN>; abgerufen am 20.09.2018

Im Bereich **Landwirtschaft** beinhaltet die novellierte Düngeverordnung⁴², in Kraft seit 02.06.2017, für die Emissionen von Luftschadstoffen, speziell von Ammoniak (NH₃), relevante Regelungen. Die Projektion⁴³ wird maßgeblich von folgenden Annahmen beeinflusst (Thünen-Report 56, 2018, S.18):

- a) *„der Einbeziehung von Gärrückständen pflanzlicher Herkunft in die Ausbringungsgrenze von 170 kg Stickstoff aus organischen Düngern je Hektar und Jahr im Durchschnitt der landwirtschaftlich genutzten Flächen eines Betriebes,*
- b) *der Annahme, dass es keine Verlängerung der Ausnahmeregelungen von der Obergrenze von 170 kg Stickstoff pro ha aus organischen Düngern geben wird,*
- c) *der Düngung mit Harnstoffen nur noch mit Zugabe von Ureasehemmstoffen,*
- d) *den Auflagen zur verbesserten Ausbringungstechnik für flüssige Wirtschaftsdünger (streifenförmige Ausbringung / direkte Einbringung in den Boden auf Ackerland ab dem 1. Februar 2020, auf Dauergrünland oder im mehrschnittigen Feldfutterbau ab dem 1. Februar 2025),*
- e) *der Verlängerung der Sperrfristen für Düngemittelausbringung auf Ackerland und Grünland,*
- f) *dem ab 2020 geforderten Nachweis der Lagerkapazität von mindestens neun Monaten für Betriebe mit mehr als drei Großvieheinheiten je Hektar,*
- g) *der Verschärfung der Vorgaben des Nährstoffvergleichs mit Plausibilisierung der Grundfuttererträge*
- h) *und der Absenkung der Kontrollwerte auf 50 kg N/ha und 10 kg P₂O₅/ha.“*

Knapp 54 kt Minderungspotenzial bis zum Jahr 2027 gegenüber dem Mittelwert der Jahre 2014 bis 2016 entfallen demnach auf verringerte Ammoniakemissionen aus der Wirtschaftsdüngerausbringung durch emissionsarme Ausbringung auf bewachsenen Flächen sowie durch den angenommenen Rückgang des Gärresteanfalls. Die verpflichtende Zugabe von Ureasehemmstoffen bei der Anwendung von Harnstoffen wird mit einem weiteren Minderungspotenzial von etwa 32 kt bewertet (Thünen-Report 56, 2018, S. 48).

Darüber hinaus wurden im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM) Minderungswirkungen von bis zum 01.09.2017 rechtsgültigen nationalen und europäischen Regelungen im Bereich Luftreinhaltung prognostiziert, deren Wirkung durch das Emissionsinventar 2018 noch nicht oder noch nicht vollständig abgebildet ist, die folglich noch Potenzial für zukünftige Emissionsminderungen haben. Im Vorhaben „NEC-Richtlinie: Weiterentwicklung von Prognosen für Luftschadstoffe für nationale Luftreinhaltprogramme“ (FKZ 3716512020) wurde insbesondere die Minderungswirkung folgender Maßnahmen bewertet:

- a) weitere Emissionsminderung durch Entwicklung des Anlagenbestandes von Feuerungsanlagen unter Berücksichtigung der Anforderungen gemäß

⁴² Offermann, F., Banse, M., Freund, F., Haß, M., Kreins, P., Laquai, V., Osterburg, B., Pelikan, J., Rösemann, C., Salamon, P. (2018): Thünen-Baseline 2017 – 2027: Agrarökonomische Projektionen für Deutschland. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 116 Seiten, Thünen Report 56.

⁴³ Die regelmäßig aktualisierte Prognose zukünftiger Aktivitätsraten sowie die Auswirkungen der Düngeverordnung auf Emissionen aus der Düngerausbringung wurden durch das Johann Heinrich von Thünen-Institut in dessen Baseline-Projektion 2017-2027 mit Stand der Verabschiedung im März 2017 berechnet und dem Umweltbundesamt für die Jahre 2020 und 2027 in EMMa-Systematik zur Verfügung gestellt.

-
- 13. BImSchV vom 02.05.2013 über Großfeuerungs-, Gasturbinen- und Verbrennungsmotoranlagen
 - 17. BImSchV vom 02.05.2013 über die Verbrennung und die Mitverbrennung von Abfällen
 - 1. BImSchV vom 26.01.2010 über kleine und mittlere Feuerungsanlagen
- b) Beste Verfügbare Technik (BVT) – Schlussfolgerungen des Anhangs des Durchführungsbeschlusses (EU) 2017/1442 vom 31.07.2017 [LCP BREF]
- c) Richtlinie (EU) 2015/2193 vom 25.11.2015 zur Begrenzung der Emissionen bestimmter Schadstoffe aus mittelgroßen Feuerungsanlagen in die Luft [MCP-D]
- d) Richtlinie 2009/125/EG vom 21.10.2009 zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energieverbrauchsrelevanter Produkte (Ecodesign-Richtlinie); sowie die Verordnung (EU) 2015/1189 zur Durchführung vom 28.04.2015 im Hinblick auf die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von Festbrennstoffkesseln

Für Anlagen im Geltungsbereich der 13. und 17. BImSchV wurde angenommen, dass die in den Verordnungen festgeschriebenen Grenzwerte ab 2020 vollständig eingehalten werden. Eine Verschärfung dieser Grenzwerte wurde im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM) nur in den Fällen angenommen, in denen das obere Ende der jeweiligen zugelassenen Bandbreite der Emissionswerte im Jahresmittel aus den BVT-Schlussfolgerungen des Durchführungsbeschlusses (EU) 2017/1442 niedriger ist als die geltenden Vorgaben der Bundesimmissionsschutzverordnungen.

Für Feuerungsanlagen mit einer Feuerungswärmeleistung von mindestens 1 MW und weniger als 50 MW unabhängig von der Art des verwendeten Brennstoffs wurden im Mit-Maßnahmen-Szenario die Anforderungen der Richtlinie (EU) 2015/2193 (MCP-Richtlinie) bewertet, sofern sie über bestehendes deutsches Recht hinaus gehen.

Anlagen mit einer Nennwärmeleistung zwischen 4 kW und 1 MW (für Öl- und Gasfeuerungen zwischen 4 kW und 20 MW), die keiner Genehmigung nach § 4 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes bedürfen, werden in Deutschland durch die 1. BImSchV geregelt. Alle Anlagen zwischen 1 MW und 20 MW fallen seit 25.11.2015 in den Geltungsbereich der MCP-Richtlinie. Für einen Teil der Anlagen im Bereich kleiner 1 MW kommt es zu veränderten Anforderungen durch die Richtlinie 2009/125/EG und zugehörige Durchführungs-Verordnungen. Experten und Expertinnen schätzen ein, dass die Anforderungen der Ecodesign-Richtlinie nur in einem Fall die Anforderungen der 1. BImSchV maßgeblich unterschreiten: Festbrennstoffkessel, geregelt nach Verordnung (EU) 2015/1189, unterliegen einer weniger anspruchsvollen Grenzwertsetzung durch EU-Recht, die im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM) berücksichtigt wurde. Außerdem unterscheiden sich die Geltungsbereiche beider Regelwerke. Die Ecodesign-Richtlinie 2009/125/EG legt Emissionsgrenzwerte für Festbrennstoffkessel im Bereich 0 bis 500 kW fest. Die 1. BImSchV gilt für Festbrennstofffeuerungen bis zu 1 MW Feuerungswärmeleistung. Für Festbrennstoffkessel unter 4 kW werden zwar grundsätzliche Anforderungen an die technische Ausführung gestellt, aber keine Emissionsgrenzwerte vorgeschrieben. Festbrennstoffkessel zwischen 0 und 4 kW sind also durch die Ecodesign-Verordnung hinsichtlich der Emissionsgrenzwerte ab 2020 geregelt. Anlagen zwischen 500 kW und 1 MW werden weiterhin durch die 1. BImSchV geregelt.

5.1.2 Emissionsprojektion bis 2030 im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM)

Die Ergebnisse des Mit-Maßnahmen-Szenarios (WM) für die prognostizierten Emissionen von Stickstoffoxiden (als NO₂), Schwefelverbindungen (als SO₂), flüchtige organische Verbindungen ohne Methan (NMVOC), Ammoniak (NH₃) und Feinstaub-Partikelfraktion < 2,5 µm (PM_{2,5}) in 2020, 2025 und 2030 sowie deren Vergleich mit den prozentualen Reduktionsverpflichtungen der NEC-Richtlinie (EU) 2016/2284 gegenüber 2005 sind in Tabelle 20 bis Tabelle 24 separat nach aggregierten Quellgruppen dargestellt. Jeweils im unteren Teil der Tabelle ist farbig markiert, ob die Reduktionsverpflichtung für den betroffenen Schadstoff im Prognosejahr eingehalten wird (grün) oder nicht eingehalten wird (rot).

Folgende Regelungen sind bezüglich der Einhaltung der Reduktionsverpflichtungen zu beachten:

- Die Reduktionen sowie die Höhe der Reduktionsverpflichtung für NO_x und NMVOC werden gemäß Artikel 4 Absatz 3 der Richtlinie (EU) 2016/2284 ohne die Emissionen aus der Quellgruppe Landwirtschaft berechnet.
- Die Reduktionsverpflichtungen ab 2020 gelten gemäß Artikel 5 Absatz 1 der Richtlinie (EU) 2016/2284 als am 4. Mai 2012 festgelegt. Das in 2012 empfohlene EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook - 2009 weist weder die Emissionsquelle „Lagerung und Ausbringung von pflanzlichen Gärresten“ noch zugehörige Emissionsfaktoren aus. Es ist daher möglich, für diese Emissionen zur Überprüfung der Einhaltung der NH₃-Reduktionsverpflichtung der NEC-Richtlinie ab 2020 eine entsprechende Anpassung zu beantragen.

Diese NH₃-Emissionen werden daher bei der Überprüfung der Einhaltung der Reduktionsverpflichtung in 2020 gegenüber 2005 sowohl von der Emissionsprognose des Mit-Maßnahmen-Szenarios für 2020 als auch von den Emissionen des Basisjahres 2005 abgezogen.

In 2020 ergibt die Projektion im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM) damit für alle gemäß NEC-Richtlinie minderungspflichtigen Luftschadstoffe eine Einhaltung der Reduktionsverpflichtungen. In 2030 wird die Reduktionsverpflichtung im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM) nur für NMVOC eingehalten. Die nicht in gleicher Weise verbindlichen indikativen Zwischenziele, die sich nach Artikel 4 Absatz 2 der Richtlinie (EU) 2016/2284 aus einem linearen Reduktionspfad zwischen 2020 und 2030 ergeben, werden für die Emissionen von Stickstoffoxiden und Ammoniak nicht eingehalten.

Tabelle 18 listet auf, welche Quellgruppen bereits im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM) zu wesentlichen Emissionsminderungen beitragen.

Tabelle 18: Quellgruppen mit wesentlichen Emissionsminderungen im Mit-Maßnahmen-Szenario

Schadstoff	Quellgruppen mit wesentlicher Emissionsminderung
Stickstoffoxide	73 % Anteil an der Gesamtminderung im WM ggü. 2005 NFR 1.A.3 – Straßenverkehr
Schwefelverbindungen	51 % Anteil an der Gesamtminderung im WM ggü. 2005 NFR 1.A.1 – Energiewirtschaft 27 % Anteil an der Gesamtminderung im WM ggü. 2005 NFR 1.A.4 – Übrige Feuerungsanlagen
Ammoniak	64 % Anteil an der Gesamtminderung im WM ggü. 2005 NFR 3.D – Landwirtschaftliche Böden (Düngerausbringung)
flüchtige organische Verbindungen ohne Methan	48 % Anteil an der Gesamtminderung im WM ggü. 2005 NFR 2.D – Industrieprozesse – Verwendung nichtenergetischer Produkte 37 % Anteil an der Gesamtminderung im WM ggü. 2005 NFR 1.A.3.b – Straßenverkehr
primäres PM _{2,5}	49 % Anteil an der Gesamtminderung im WM ggü. 2005 NFR 1.A.3 – Verkehr 25 % Anteil an der Gesamtminderung im WM ggü. 2005 NFR 1.A.4 – Übrige Feuerungsanlagen

Entsprechend ergeben sich durch weitere Maßnahmen zu schließende Lücken zur Einhaltung der Verpflichtungen ab 2030 von:

Tabelle 19: fehlende absolute Minderung zur Einhaltung der Reduktionsverpflichtungen ab 2030 im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM) basierend auf MMS (PB 2017), Berechnungsgrundlage: Emissionen des Jahres 2005 nach Emissionsberichterstattung 2018 (vgl. IIR, 2018)

Abstand zur Reduktionsverpflichtung	Schadstoff
94 kt	Stickstoffoxide
38 kt	Schwefelverbindungen
126 kt	Ammoniak
5 kt	primäres PM _{2,5}

Tabelle 20: Emissionsprojektion für NO_x (als NO₂) im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM – With Measures)

Quellgruppen (aggregiert)		NO _x (als NO ₂)				
		2005	Projektion			
			2020	2025	2030	
		kt	kt	kt	kt	
1. Energie		1.353,0	792,0	636,1	517,7	
A. Verbrennungsprozesse		1.351,9	790,9	635,1	516,6	
1. Energiewirtschaft		289,1	271,9	263,5	225,4	
2. Verarbeitendes Gewerbe		103,3	72,6	66,3	62,1	
3. Verkehr		806,5	352,5	224,9	158,1	
<i>davon Straßenverkehr</i>		738,1	302,6	179,2	117,6	
4. Übrige Feuerungsanlagen		142,0	89,4	76,3	67,3	
<i>davon Gewerbe, Handel, Dienstleistung</i>		34,6	26,2	22,7	20,0	
<i>davon Haushalte</i>		67,2	50,2	44,8	41,3	
5. Militär und weitere kleine Quellen		11,0	4,5	4,0	3,7	
B. Diffuse Emissionen aus Brennstoffen		1,2	1,1	1,1	1,1	
1. Feste Brennstoffe		0,6	0,7	0,7	0,7	
2. Öl und Gas		0,5	0,4	0,4	0,4	
2. Industrieprozesse		106,3	87,5	86,4	84,0	
A. Mineralische Produkte		44,8	31,4	31,2	30,6	
B. Chemische Industrie		29,6	29,8	29,6	28,9	
C. Herstellung von Metall		27,9	22,2	21,6	20,5	
D. Verwendung nichtenergetischer Produkte		0,9	0,6	0,6	0,6	
G. sonstige Produktherstellung und -verwendung		0,5	0,4	0,4	0,4	
H. sonstige Produktionen (Zellstoff- und Papierherstellung, Nahrungsmittel und Getränke)		2,7	3,0	3,0	3,0	
I. Holzverarbeitende Industrie						
L. Handhabung von Schüttgütern						
3. Landwirtschaft		118,0	128,1	128,1	128,0	
B. Düngewirtschaft (Stallhaltung und Lagerung)		2,1	2,0	2,0	2,0	
D. Landwirtschaftliche Böden (Düngerausbringung)		115,8	126,0	125,9	125,9	
I. Lagerung von Gärresten aus Energiepflanzen		0,1	0,2	0,2	0,1	
5. Abfall- und Abwasserbehandlung		0,3	0,6	0,6	0,6	
B. Bioabfallbehandlung						
C. Abfallverbrennung		0,3	0,6	0,6	0,6	
D. Abwasserbehandlung						
E. andere Bereiche						
Nationale Summe berichtspflichtiger Quellgruppen		1577	1010	853	732	
Auswertung		NO_x (als NO₂) ohne NFR 3				
		2005	Projektion			
			2020	2025	2030	
Summe Mit-Maßnahmen-Szenario (WM)		kt	1459	882	725	604
Reduktionsverpflichtung NEC-RL		%		-39 %	-52 %	-65 %
projizierte Reduktion im WM-Szenario		%		-40 %	-50 %	-59 %

Tabelle 21: Emissionsprojektion für NMVOC im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM – With Measures)

Quellgruppen (aggregiert)		NMVOC				
		2005	Projektion			
			2020	2025	2030	
		kt	kt	kt	kt	
1. Energie		361,1	221,9	204,2	189,1	
A. Verbrennungsprozesse		274,8	148,6	130,9	115,8	
1. Energiewirtschaft		11,3	11,0	11,0	9,2	
2. Verarbeitendes Gewerbe		10,3	6,6	6,5	5,9	
3. Verkehr		177,7	74,6	63,2	53,3	
<i>davon Straßenverkehr</i>		174,6	72,5	61,1	51,3	
4. Übrige Feuerungsanlagen		71,6	54,2	48,5	45,8	
<i>davon Gewerbe, Handel, Dienstleistung</i>		4,5	2,7	2,0	1,6	
<i>davon Haushalte</i>		42,6	47,8	43,3	41,3	
5. Militär und weitere kleine Quellen		3,8	2,1	1,8	1,6	
B. Diffuse Emissionen aus Brennstoffen		86,3	73,3	73,3	73,3	
1. Feste Brennstoffe		3,0	3,4	3,4	3,4	
2. Öl und Gas		83,3	69,8	69,8	69,8	
2. Industrieprozesse		758,6	580,9	582,3	595,3	
A. Mineralische Produkte		2,5	2,6	2,6	2,6	
B. Chemische Industrie		5,4	5,1	5,1	5,1	
C. Herstellung von Metall		5,4	5,0	4,9	4,7	
D. Verwendung nichtenergetischer Produkte		720,4	543,3	544,8	558,1	
G. sonstige Produktherstellung und -verwendung		718,7	542,0	543,5	556,8	
H. sonstige Produktionen (Zellstoff- und Papierherstellung, Nahrungsmittel und Getränke)		2,6	2,3	2,3	2,3	
I. Holzverarbeitende Industrie		16,3	18,5	18,5	18,5	
L. Handhabung von Schüttgütern		5,9	4,1	4,1	4,1	
3. Landwirtschaft						
B. Düngewirtschaft (Stallhaltung und Lagerung)		203,1	206,7	204,6	202,5	
D. Landwirtschaftliche Böden (Düngerausbringung)		193,9	195,9	193,8	191,6	
I. Lagerung von Gärresten aus Energiepflanzen		9,2	10,8	10,8	10,9	
5. Abfall- und Abwasserbehandlung						
B. Bioabfallbehandlung		0,2	0,2	0,2	0,2	
C. Abfallverbrennung						
D. Abwasserbehandlung		0,0	0,0	0,0	0,0	
E. andere Bereiche		0,1	0,1	0,1	0,1	
Nationale Summe berichtspflichtiger Quellgruppen		1323	1010	992	987	
Auswertung		NMVOC ohne NFR 3				
		2005	Projektion			
			2020	2025	2030	
Summe Mit-Maßnahmen-Szenario (WM)		kt	1121	803	787	785
Reduktionsverpflichtung NEC-RL		%		-13 %	-21 %	-28 %
projizierte Reduktion im WM-Szenario		%		-28 %	-30 %	-30 %

Tabelle 22: Emissionsprojektion für SO₂ im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM – With Measures)

Quellgruppen (aggregiert)		SO _x (als SO ₂)			
		2005	Projektion		
			2020	2025	2030
		kt	kt	kt	kt
1. Energie		381,3	232,9	187,1	158,6
A. Verbrennungsprozesse		377,2	229,8	184,0	155,5
1. Energiewirtschaft		250,6	184,1	152,7	130,1
2. Verarbeitendes Gewerbe		44,2	30,2	22,4	18,6
3. Verkehr		13,2	1,8	1,8	1,7
<i>davon Straßenverkehr</i>		0,8	0,8	0,8	0,7
4. Übrige Feuerungsanlagen		68,9	13,5	7,0	5,0
<i>davon Gewerbe, Handel, Dienstleistung</i>		15,7	3,8	1,8	1,1
<i>davon Haushalte</i>		51,5	9,1	4,9	3,8
5. Militär und weitere kleine Quellen		0,4	0,2	0,1	0,0
B. Diffuse Emissionen aus Brennstoffen		4,0	3,1	3,1	3,1
1. Feste Brennstoffe		1,1	1,0	1,0	1,0
2. Öl und Gas		2,9	2,1	2,1	2,1
2. Industrieprozesse		91,7	80,7	79,7	77,8
A. Mineralische Produkte		17,6	19,8	19,8	19,6
B. Chemische Industrie		26,3	19,9	19,8	19,8
C. Herstellung von Metall		45,2	39,1	38,0	36,4
D. Verwendung nichtenergetischer Produkte		1,7	1,2	1,2	1,2
G. sonstige Produktherstellung und -verwendung		0,1	0,1	0,1	0,1
H. sonstige Produktionen (Zellstoff- und Papierherstellung, Nahrungsmittel und Getränke)		0,8	0,6	0,6	0,6
I. Holzverarbeitende Industrie					
L. Handhabung von Schüttgütern					
3. Landwirtschaft					
B. Düngewirtschaft (Stallhaltung und Lagerung)					
D. Landwirtschaftliche Böden (Düngerausbringung)					
I. Lagerung von Gärresten aus Energiepflanzen					
5. Abfall- und Abwasserbehandlung		0,0	0,1	0,1	0,1
B. Bioabfallbehandlung					
C. Abfallverbrennung		0,0	0,1	0,1	0,1
D. Abwasserbehandlung					
E. andere Bereiche					
Nationale Summe berichtspflichtiger Quellgruppen		473,0	314	267	237
Auswertung		SO _x (als SO ₂)			
		2005	Projektion		
			2020	2025	2030
Summe Mit-Maßnahmen-Szenario (WM)	kt	473	314	267	237
Reduktionsverpflichtung NEC-RL	%		-21 %	-40 %	-58 %
projizierte Reduktion im WM-Szenario	%		-34 %	-44 %	-50 %

Tabelle 23: Emissionsprojektion für NH₃ im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM – With Measures)

Quellgruppen (aggregiert)		NH ₃			
		2005	Projektion		
			2020	2025	2030
		kt	kt	kt	kt
1. Energie		28,0	15,3	13,9	12,6
A. Verbrennungsprozesse		28,0	15,3	13,9	12,6
1. Energiewirtschaft		2,8	2,1	2,0	1,8
2. Verarbeitendes Gewerbe		0,8	0,8	0,8	0,7
3. Verkehr		21,6	10,7	9,9	9,1
<i>davon Straßenverkehr</i>		21,4	10,6	9,7	9,0
4. Übrige Feuerungsanlagen		2,8	1,6	1,2	0,9
<i>davon Gewerbe, Handel, Dienstleistung</i>		0,7	0,6	0,5	0,4
<i>davon Haushalte</i>		2,0	1,0	0,7	0,5
5. Militär und weitere kleine Quellen		0,1	0,0	0,0	0,0
B. Diffuse Emissionen aus Brennstoffen		0,0	0,0	0,0	0,0
1. Feste Brennstoffe		0,0	0,0	0,0	0,0
2. Öl und Gas					
2. Industrieprozesse		13,7	12,5	12,5	12,4
A. Mineralische Produkte		2,9	1,9	1,9	1,9
B. Chemische Industrie		9,2	9,3	9,2	9,2
C. Herstellung von Metall		0,1	0,1	0,1	0,1
D. Verwendung nichtenergetischer Produkte					
G. sonstige Produktherstellung und -verwendung		1,5	1,3	1,3	1,3
H. sonstige Produktionen (Zellstoff- und Papierherstellung, Nahrungsmittel und Getränke)					
I. Holzverarbeitende Industrie					
L. Handhabung von Schüttgütern					
3. Landwirtschaft		580,7	582,3	544,8	541,5
B. Düngewirtschaft (Stallhaltung und Lagerung)		269,4	267,5	265,7	264,0
D. Landwirtschaftliche Böden (Düngerausbringung)		310,1	311,7	276,1	274,7
I. Lagerung von Gärresten aus Energiepflanzen		1,2	3,1	2,9	2,8
5. Abfall- und Abwasserbehandlung		2,7	3,5	3,5	3,5
B. Bioabfallbehandlung		2,7	3,5	3,5	3,5
C. Abfallverbrennung					
D. Abwasserbehandlung					
E. andere Bereiche					
Nationale Summe berichtspflichtiger Quellgruppen		625	614	575	570
Auswertung		NH ₃			
		2005	Projektion		
	2020		2025	2030	
Summe Mit-Maßnahmen-Szenario (WM)	kt	625	614	575	570
Summe ohne pflanzliche Gärreste	kt	614	560		
Reduktionsverpflichtung NEC-RL	%		-5 %	-17 %	-29 %

projizierte Reduktion im WM-Szenario	%	-9 %	-8 %	-9 %
--------------------------------------	---	------	------	------



Tabelle 24: Emissionsprojektion für PM_{2,5} im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM – With Measures)

Quellgruppen (aggregiert)		PM _{2,5}			
		2005	Projektion		
			2020	2025	2030
		kt	kt	kt	kt
1. Energie		93,2	55,0	50,6	46,7
A. Verbrennungsprozesse		92,1	54,0	49,6	45,7
1. Energiewirtschaft		10,7	8,3	8,4	7,1
2. Verarbeitendes Gewerbe		4,6	2,2	1,8	1,5
3. Verkehr		46,2	22,0	20,4	19,8
<i>davon Straßenverkehr</i>		36,2	16,3	14,8	14,4
4. Übrige Feuerungsanlagen		30,2	21,3	18,8	17,1
<i>davon Gewerbe, Handel, Dienstleistung</i>		2,2	1,0	0,6	0,4
<i>davon Haushalte</i>		20,5	18,6	17,2	16,1
5. Militär und weitere kleine Quellen		0,5	0,1	0,1	0,1
B. Diffuse Emissionen aus Brennstoffen		1,1	1,0	1,0	1,0
1. Feste Brennstoffe		1,0	1,0	1,0	1,0
2. Öl und Gas		0,0	0,0	0,0	0,0
2. Industrieprozesse		31,7	25,3	25,2	25,0
A. Mineralische Produkte		5,5	4,3	4,3	4,2
B. Chemische Industrie		0,3	0,3	0,3	0,3
C. Herstellung von Metall		6,5	2,8	2,8	2,6
D. Verwendung nichtenergetischer Produkte		0,2	0,1	0,1	0,1
G. sonstige Produktherstellung und -verwendung		7,6	7,3	7,3	7,3
H. sonstige Produktionen (Zellstoff- und Papierherstellung, Nahrungsmittel und Getränke)		0,3	0,2	0,2	0,2
I. Holzverarbeitende Industrie		1,0	0,7	0,7	0,7
L. Handhabung von Schüttgütern		10,2	9,5	9,5	9,5
3. Landwirtschaft		4,5	4,6	4,6	4,5
B. Düngewirtschaft (Stallhaltung und Lagerung)		3,9	4,0	3,9	3,9
D. Landwirtschaftliche Böden (Düngerausbringung)		0,7	0,7	0,7	0,7
I. Lagerung von Gärresten aus Energiepflanzen					
5. Abfall- und Abwasserbehandlung		5,6	5,7	5,7	5,7
B. Bioabfallbehandlung					
C. Abfallverbrennung		0,0	0,0	0,0	0,0
D. Abwasserbehandlung					
E. andere Bereiche		5,6	5,7	5,7	5,7
Nationale Summe berichtspflichtiger Quellgruppen		135	91	86	82
Auswertung		PM _{2,5}			
		2005	Projektion		
	2020		2025	2030	
Summe Mit-Maßnahmen-Szenario (WM)	kt	135	91	86	82
Reduktionsverpflichtung NEC-RL	%		-26 %	-35 %	-43 %
projizierte Reduktion im WM-Szenario	%		-33 %	-36 %	-39 %

Tabelle 25: Emissionsprojektionen im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM – With Measures)

Auswertung EMMA-Datenbank September 2018						
Emissionen im Basisjahr 2005		2005				
		NO_x	SO₂	NMVOC	NH₃	PM_{2,5}
Emissionsberichterstattung 2018	kt	1577	473	1324	625	135
ohne 3B und 3D	kt	1459		1121		
ohne Emissionen aus pflanzlichen Gärresten	kt				614	
Reduktionsverpflichtungen der NEC-RL ggü. 2005		2020				
		NO_x	SO₂	NMVOC	NH₃	PM_{2,5}
		39 %	21 %	13 %	5 %	26 %
Mit-Maßnahmen-Szenario (WM)	%	40 %	34 %	28 %	2 %	33 %
	kt	882	314	803	614	91
Korrektur pflanzliche Gärreste	%				9 %	
	kt				560	
Reduktionsverpflichtungen der NEC-RL ggü. 2005		2025				
		NO_x	SO₂	NMVOC	NH₃	PM_{2,5}
		52 %	39,5%	20,5 %	17%	34,5%
Mit-Maßnahmen-Szenario (WM)	%	50 %	44 %	30 %	8 %	36 %
	kt	725	267	787	575	86
Reduktionsverpflichtungen der NEC-RL ggü. 2005		2030				
		NO_x	SO₂	NMVOC	NH₃	PM_{2,5}
		65 %	58 %	28 %	29%	43 %
Mit-Maßnahmen-Szenario (WM)	%	59 %	50 %	30 %	9 %	39 %
	kt	604	237	785	570	82

5.1.3 Beschreibung der mit der Emissionsprojektion im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM) verbundenen Unsicherheiten

Eine Einschätzung zu den Unsicherheiten des Emissionsinventares für Luftschadstoffe ist im Kapitel „Unsicherheiten“ im informativen Inventarbericht der Emissionsberichterstattung 2018⁴⁴ (IIR, 2018) enthalten. Die Unsicherheitschätzung des deutschen Emissionsinventars für Luftschadstoffe folgt bisher lediglich einem Tier 1-Ansatz nach IPCC⁴⁵ (2006). Die aktuellen Einschätzungen für die Unsicherheit der inventarisierten Emissionssummen der NEC-Schadstoffe liegen zwischen 10 und 27 %. In einem nächsten Schritt kommen die dem Mit-Maßnahmen-

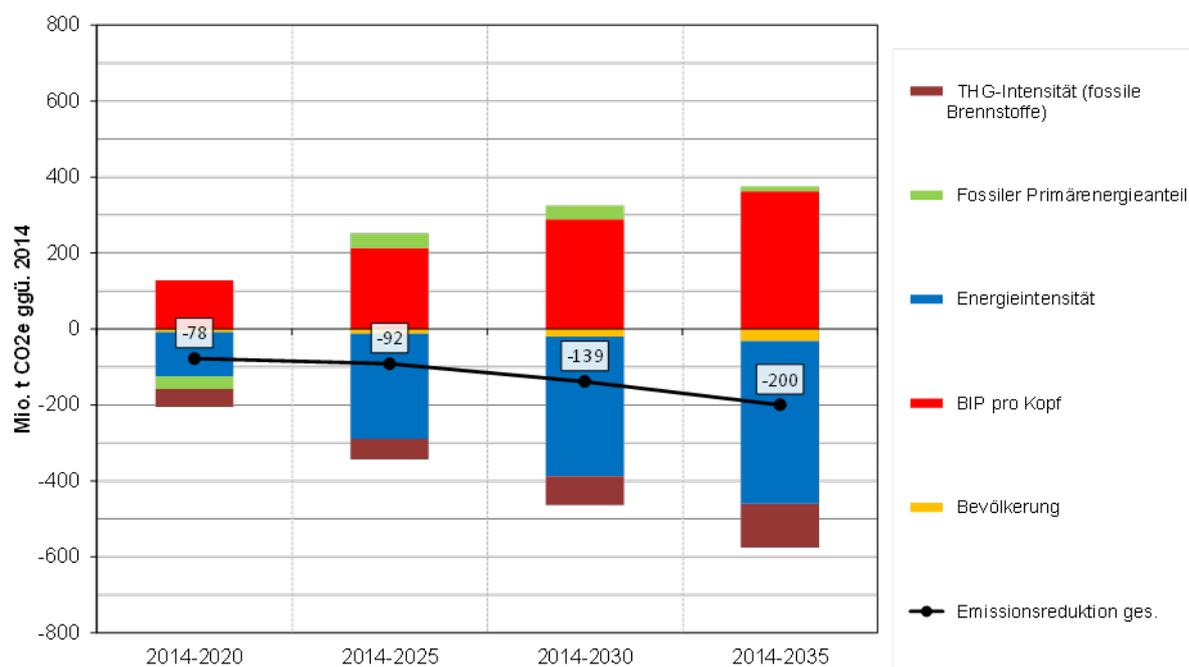
⁴⁴ <https://iir-de.wikidot.com/general-uncertainty-evaluation>; abgerufen am 25.06.2018

⁴⁵ IPCC, 2006 - Eggleston, S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., and Tanabe K.,(Eds). 2006: IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories IPCC/IGES, Intergovernmental Panel on Climate Change, Hayama, Japan

Szenario im Projektionsbericht der Bundesregierung 2017 (PB, 2017) zugrunde liegenden Unsicherheiten bei der Fortschreibung der Aktivitätsratenentwicklung hinzu. Naturgemäß und durch den Vergleich zurückliegender Prognosen mit tatsächlich eingetretenen Entwicklungen bestätigt, existieren dabei große Unsicherheiten, die umso größer werden, je weiter der projizierte Zeitraum in die Zukunft reicht. Eine Zerlegung der Gesamtentwicklung des Mit-Maßnahmen-Szenarios MMS im PB (2017) in einzelne Komponenten und deren Einfluss auf das Ergebnis der Projektion zeigt Abbildung 57. Hierbei wird deutlich, dass der projizierte Rückgang der Energieintensität die steigenden THG-Emissionen durch das projizierte Wirtschaftswachstum ausgleicht und in Summe zu einer Treibhausgasminderung führt. Ein ähnlicher Schluss lässt sich die Emissionsprognosen von Luftschadstoffen ziehen. Wenn die Energieintensität nicht wie dargestellt sinkt, lassen sich durch Wirtschaftswachstum steigende Aktivitätsraten nur schwer durch weitere technische Minderungsmaßnahmen kompensieren.

Hinzu kommen Unsicherheiten bei der Bewertung der zukünftigen Minderungspotenziale der im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM) des nationalen Luftreinhalteprogrammes betrachteten bereits umgesetzten Strategien und Maßnahmen im Bereich Luftreinhaltung. Die Unsicherheiten der Projektion absoluter nationaler Emissionsreduktionen bestimmter Luftschadstoffe in Kilotonnen bis 2030 liegen daher in Anlehnung an die Unsicherheiten der Treibhausgasemissionsprognose naturgemäß sehr hoch, können aber als Grundlage des politischen Verhandlungsprozesses zur strategischen Ausrichtung und zur Unterstützung des Entscheidungsprozesses für oder gegen einzelne Maßnahmen, unter Berücksichtigung der hier ausgeführten Einschränkungen, dienen.

Abbildung 55: Komponentenanalyse für die Entwicklung der energiebedingten Treibhausgasemissionen im Projektionsbericht der Bundesregierung 2017 (PB, 2017, S.272)



Zur weiteren Einschätzung der Sensitivität der Emissionsprognosen gegenüber Aktivitätsratenveränderungen wurden die Maßnahmen des Mit-Maßnahmen-Szenarios mit beiden Aktivitätsratenszenarien des Projektionsberichts 2017 berechnet. Die Ergebnisse sind in

Tabelle 26 dargestellt. Ammoniak ist nicht in der Tabelle enthalten da sich aufgrund der Verwendung der Thünen-Baseline-Projektion (Thünen-Report 56, 2018) in beiden Aktivitätsratenszenarien nur sehr geringe Unterschiede in dieser Betrachtung ergeben.

Tabelle 26: Emissionsprojektionen des Mit-Maßnahmen-Szenario (WM – With Measures) mit verschiedenen Aktivitätsratenszenarien des Projektionsberichtes 2017

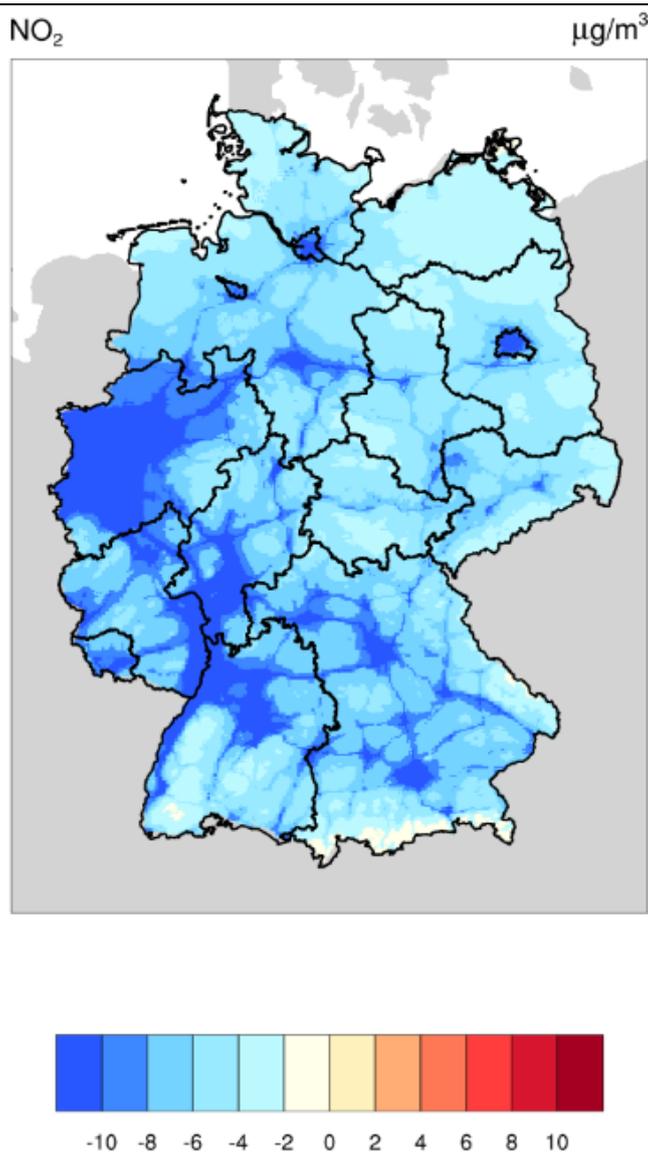
WM-Projektion mit verschiedenen Aktivitätsratenszenarien		NO _x	SO ₂	NM ₁₀ VOC	PM _{2.5}
		2020			
Mit-Maßnahmen-Szenario (WM) basierend auf Referenzprognosen Klimaschutz (PB 2017, <u>MMS</u>)	kt	882	314	803	91
Mit-Maßnahmen-Szenario (WM) basierend auf Referenzprognosen Klimaschutz (PB 2017, <u>MWMS</u>)	kt	875	304	803	90
		2025			
Mit-Maßnahmen-Szenario (WM) basierend auf Referenzprognosen Klimaschutz (PB 2017, <u>MMS</u>)	kt	725	267	787	86
Mit-Maßnahmen-Szenario (WM) basierend auf Referenzprognosen Klimaschutz (PB 2017, <u>MWMS</u>)	kt	707	247	785	85
		2030			
Mit-Maßnahmen-Szenario (WM) basierend auf Referenzprognosen Klimaschutz (PB 2017, <u>MMS</u>)	kt	604	237	785	82
Mit-Maßnahmen-Szenario (WM) basierend auf Referenzprognosen Klimaschutz (PB 2017, <u>MWMS</u>)	kt	579	207	783	80

5.2 modellierte Entwicklung der Luftqualität 2005 bis 2030 im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM – With Measures)

5.2.1 Modellerte Hintergrund-NO₂-Konzentrationen

Der deutliche Rückgang der projizierten NO_x-Emissionen aus dem Straßenverkehr bis 2030 zeigt sich deutlich in der Differenzkarte der absoluten Jahresmittelwerte der Hintergrundkonzentrationen je Rasterzelle gegenüber 2005. In hochbelasteten verkehrsreichen Gebieten ist ein Rückgang der modellierten Hintergrundbelastung bis zu 10 µg/m³ zu verzeichnen. Ein noch stärkerer Rückgang der verkehrsnah gemessenen Jahresmittelwerte ist deutschlandweit zu erwarten. Diese Aussage muss aber durch kleinräumige Hotspot-Modellierung unter Berücksichtigung weiterer Annahmen ortsspezifisch geprüft werden.

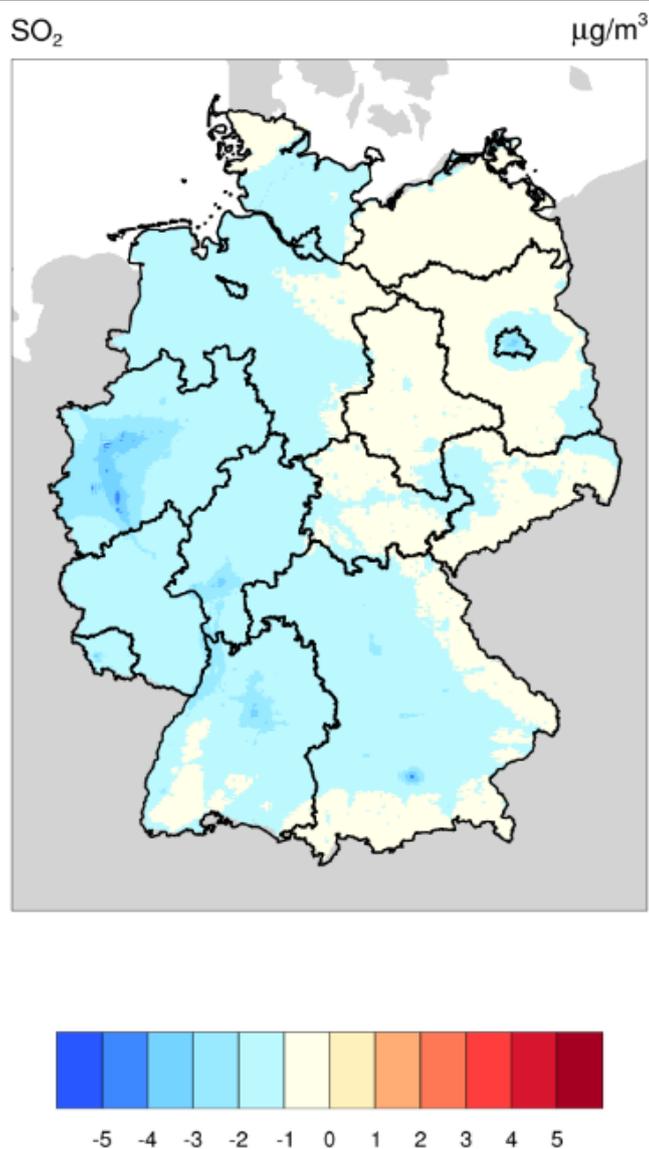
Abbildung 56: Differenz der EURAD-Modellläufe WM-2030 – 2005 für NO₂ in µg/m³ unter gleichen meteorologischen Bedingungen



5.2.2 Modellerte Hintergrund-SO₂-Konzentrationen

Die Differenz der Jahresmittelwerte je Rasterzelle zwischen den 2005 und den im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM) für 2030 modellierten Hintergrundkonzentrationen spiegelt den hauptsächlich Rückgang der Emissionen aus Großfeuerungsanlagen größer 50 MW und übrigen Feuerungsanlagen kleiner 1 MW wieder. So kommt es quellnah zu Reduktionen um 4 µg/m³ und in der Fläche mit entsprechender Bevölkerungsdichte zu Rückgängen zwischen 1 bis 2 µg/m³.

Abbildung 57: Differenz der EURAD-Modellläufe WM-2030 – 2005 für SO₂ in µg/m³ unter gleichen meteorologischen Bedingungen



5.2.3 Modellerte Hintergrund-NH₃-Konzentrationen

Die geringe Entwicklung der Ammoniakemissionen zwischen 2005 und 2030 im Mit-Maßnahmen-Szenario basierend auf Thünen-Baseline-Projektion führt nur zu geringen Änderungen der modellierten Ammoniakkonzentrationen. Die Differenzkarte der modellierten Jahresmittelwerte je Rasterzelle zeigt ein entsprechendes Bild.

Abbildung 58: Differenz der EURAD-Modellläufe WM-2030 – 2005 für NH_3 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ unter gleichen meteorologischen Bedingungen

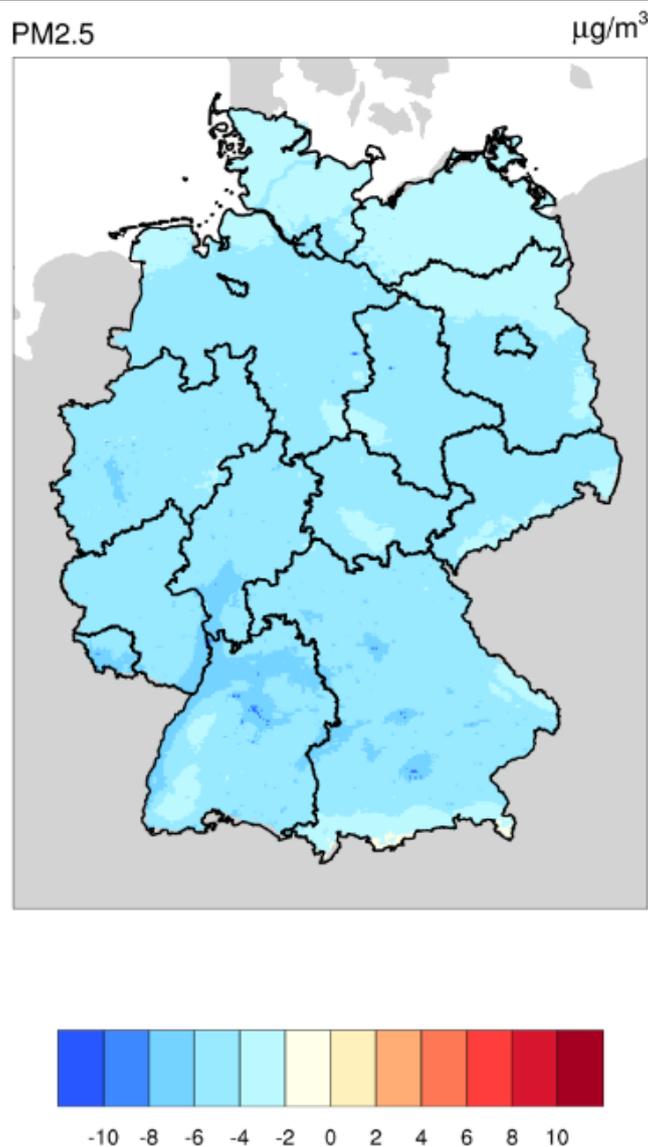


5.2.4 Modellierte Hintergrund- $\text{PM}_{2,5}$ -Konzentrationen

Die modellierten $\text{PM}_{2,5}$ -Hintergrundkonzentrationen weisen im Jahresmittel einen flächendeckenden Rückgang um 2 bis 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ gegenüber 2005 auf. Aufgrund des hohen Anteils sekundär gebildeten Feinstaubes aus Emissionen von Vorläuferstoffen lässt sich räumlich kein Rückschluss auf die Reduktion von Primärfeinstaubquellen ziehen. Der Rückgang der modellierten Hintergrundkonzentrationen scheint besonders in dicht besiedelten Gebieten hoch zu sein.



Abbildung 59: Differenz der EURAD-Modellläufe WM-2030 – 2005 für PM_{2,5} in µg/m³ unter gleichen meteorologischen Bedingungen



5.2.5 Modellierte Hintergrund-O₃-Konzentrationen

Die Differenz der 2005 und im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM) für 2030 modellierten Jahresmittelwerte der Ozonkonzentrationen weist einen deutlichen Anstieg in verkehrsreichen Gebieten und Ballungsräumen um bis zu 10 µg/m³ auf. Die Zahl der Tage mit hohen Spitzenkonzentrationen (siehe Abbildung 63) nimmt allerdings weiter ab. Die Abnahme der Spitzenkonzentration kann in einem Rückgang der Emissionen von Ozonvorläufern begründet sein, wobei der Anstieg der modellierten Jahresmittelwerte im Rückgang der NO_x-Emissionen begründet sein kann.

Abbildung 60: Differenz der EURAD-Modellläufe WM-2030 – 2005 für O₃ in µg/m³ unter gleichen meteorologischen Bedingungen

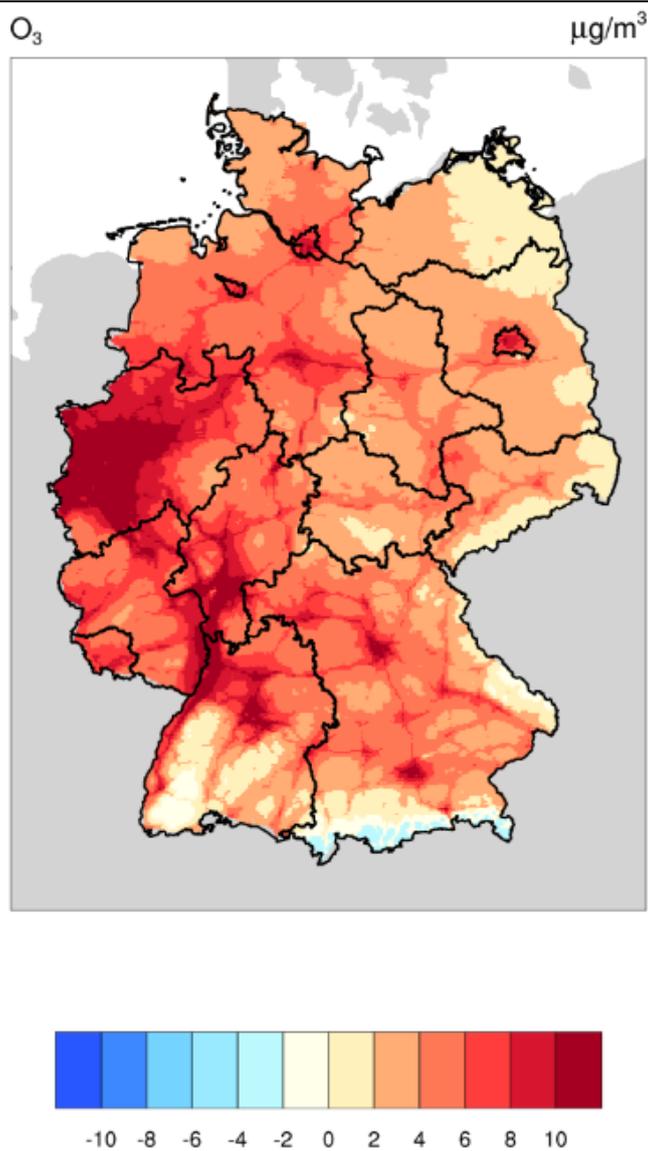
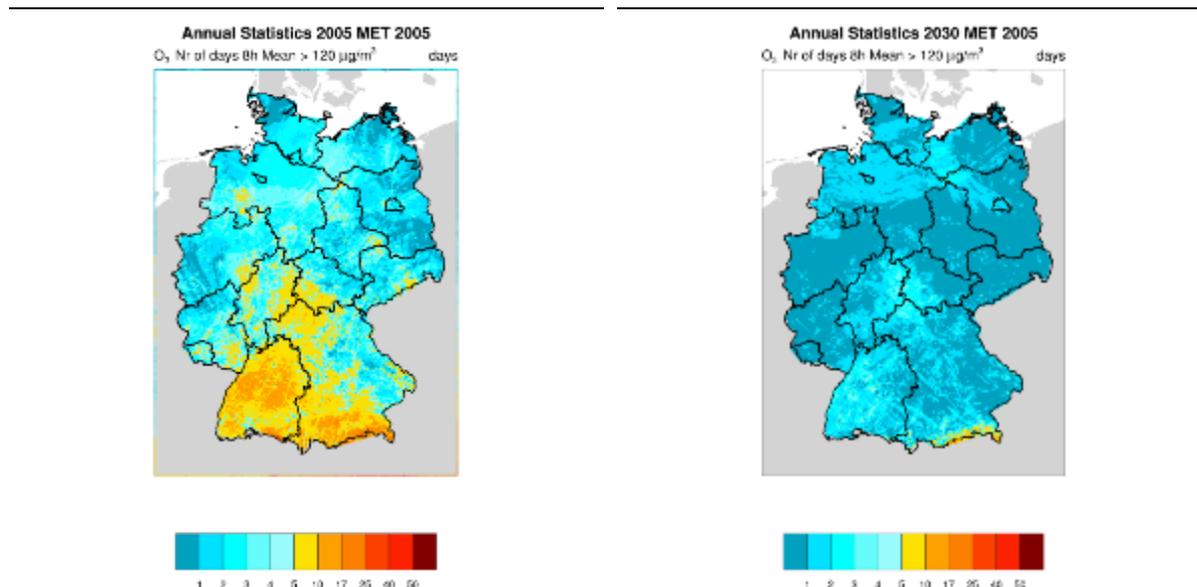


Abbildung 61: Ergebnis der EURAD-Modellläufe 2005 und WM-2030 für die Anzahl der Überschreitungstage des O₃-Zielwertes unter gleichen meteorologischen Bedingungen



5.2.6 Zusammenfassung der Ergebnisse der Ausbreitungsmodellierung

Tabelle 27 zeigt die mittlere Differenz der Jahresmittelwerte je Rasterzelle der für 2005 und für 2030 im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM) modellierten stündlichen Hintergrundkonzentrationen ausgewählter Luftschadstoffe. Bei NO₂, SO₂, PM₁₀ und PM_{2,5} werden bereits im Szenario ohne weitere Maßnahmen deutliche Rückgänge projiziert. Für Ozon-Jahresmittelwerte wird im Mittel ein deutlicher Anstieg vorhergesagt. Die Ammoniakkonzentrationen ändern sich kaum, da auch die projizierten Ammoniakemissionen gegenüber 2005 nur um 9 % sinken. Vermutlich kommt es außerdem durch den Rückgang der sonstigen Vorläuferemissionen sekundärer Feinstaubbildung in manchen Regionen zu einer verminderten Verfügbarkeit von Bindungspartnern und Ammoniak verbleibt länger in der Luft, wodurch die Konzentrationen gegenüber 2005 nicht absinken.

Tabelle 27: Differenz der unter gleichen meteorologischen Bedingungen modellierten Jahresmittelwerte der Hintergrundkonzentrationen für 2005 und 2030 im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM)

Schadstoff	absolute Differenz der Jahresmittelwerte 2005 und 2030 in µg/m ³
NO ₂	-6,4
Ozon	+4,7
NH ₃	+0,1
SO ₂	-1,2
PM ₁₀	-4,9
PM _{2,5}	-5,1



6 Strategie- und Maßnahmenoptionen zur Einhaltung der Emissionsreduktionsverpflichtungen ab 2020 und ab 2030 sowie der indikativen Zwischenziele ab 2025

6.1 Weiterführende Maßnahmenoptionen Klimaschutz

Maßnahmen im Bereich Klimaschutz haben übergreifende Auswirkungen auf die Emissionen von Luftschadstoffen.

Laut Energiewirtschaftsgesetz sowie dem Monitoringbericht der Bundesnetzagentur und des Bundeskartellamtes für 2017⁴⁶ (BNetzA, 2017) und der veröffentlichten zugehörigen Daten⁴⁷ wurden und werden in den Jahren 2016 bis 2019 jeweils zum 01. Oktober etwa 2,7 GW elektrische Netto-Nennleistung aus Braunkohle in Sicherheitsbereitschaft überführt (vgl. Tabelle 28). Die im EnWG mit Wirkung vom 30.7.2016 geregelte Sicherheitsbereitschaft ist bereits im WM-Szenario enthalten.

Tabelle 28: Bis 2020 in Sicherheitsbereitschaft übergehende Braunkohle-Kraftwerksblöcke (ergänzt nach BNetzA, 2017)

Jahr	in Sicherheitsbereitschaft übergehende Blöcke	elektrische Netto-Nennleistung
2016	Buschhaus (MIBRAG)	352 MW
2017	Block P und Q in Frimmersdorf (RWE Power AG)	562 MW
2018	Block E und F in Niederaußem (RWE Power AG)	594 MW
	Block F in Jänschwalde/Peitz (Vattenfall)	465 MW
2019	Block E in Jänschwalde/Peitz (Vattenfall)	465 MW
	Block C in Neurath/Grevenbroich (RWE Power AG)	292 MW

Im Mit-Weiteren-Maßnahmen-Szenario (MWMS) des Projektionsberichts der Bundesregierung 2017 (PB, 2017) sind weitere, die Emissionen von Treibhausgasen mindernde Strategien und Maßnahmen und deren Einfluss auf die Entwicklung von Aktivitätsraten bewertet worden.

Diese Maßnahmen wurden im Wesentlichen

- dem ressortübergreifenden „Aktionsprogramm Klimaschutz 2020“⁴⁸ und
- dem „Nationalen Aktionsplan Energieeffizienz“⁴⁹

⁴⁶

https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Allgemeines/Bundesnetzagentur/Publikationen/%20Berichte/2017/Monitoringbericht_2017.pdf;jsessionid=CCF2757975CABD18FE839CC127DABAFD?_blob=publicationFile&v=4 abgerufen am 14.08.2018

⁴⁷ https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institutionen/Versorgungssicherheit/Erzeugungskapazitaeten/Kraftwerksliste/Veroeff_ZuUndRueckbau_2018_2.xlsx;jsessionid=FB889BE1764759EEBCFAF7152F498CDD?_blob=publicationFile&v=4; abgerufen am 14.08.2018

⁴⁸ https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Aktionsprogramm_Klimaschutz/aktionsprogramm_klimaschutz_2020_broschuere_bf.pdf; abgerufen am 10.07.2018

⁴⁹ https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/nationaler-aktionsplan-energieeffizienz-nape.pdf?_blob=publicationFile&v=8; abgerufen am 10.07.2018

entnommen. Des Weiteren hat das Bundeskabinett am 14. November 2016 den Klimaschutzplan 2050⁵⁰ beschlossen. Er zeigt den Weg in ein weitgehend treibhausgasneutrales Deutschland im Jahr 2050 auf. Darin ist erstmals das Treibhausgasminderungsziel von 55 % für das Jahr 2030 auf die Sektoren Energiewirtschaft, Gebäude, Verkehr, Industrie und Landwirtschaft aufgeteilt worden. Das MWMS bewertet die dafür notwendige Entwicklung der installierten Kraftwerksleistung.

Es ergeben sich im Vergleich zu den Annahmen im Mit-Maßnahmen-Szenario des Projektionsberichts 2017 beispielhaft ausgewählte, in der folgenden Tabelle dargestellte, auch für die Emissionen von NO_x, SO₂ und PM_{2,5} relevante Unterschiede.

Tabelle 29: Unterschiede in prognostizierten Entwicklungen des Primärenergieverbrauchs zwischen MMS und MWMS des Projektionsberichts 2017 (PB 2017)

	2014	2030 MMS	2030 MWMS
Primärenergieverbrauch	13.227 PJ	11.226 PJ	10.666 PJ
<i>davon Braunkohle</i>	<i>1.580 PJ</i>	<i>1.078 PJ</i>	<i>1.009 PJ</i>
<i>davon Steinkohle</i>	<i>1.725 PJ</i>	<i>1.441 PJ</i>	<i>1.024 PJ</i>
<i>davon Mineralöl</i>	<i>4.561 PJ</i>	<i>3.940 PJ</i>	<i>3.773 PJ</i>

Das Mit-Maßnahmen-Szenario (WM) wurde daher in einem nächsten Schritt mit den Aktivitätsraten des Mit-Weiteren-Maßnahmen-Szenarios (MWMS) des PB 2017 erneut berechnet, um die Minderungspotenziale für NO_x, SO₂ und PM_{2,5} bewerten zu können, die sich aus den im MWMS berücksichtigten Klimaschutzzielen und weiteren Klimaschutzmaßnahmen ergeben (vgl. Tabelle 30).

Tabelle 30: Minderungspotenzial der weiteren Maßnahmen im Bereich Klimaschutz (MWMS, PB 2017) gegenüber dem Mit-Maßnahmen-Szenario (vgl. Kapitel 5.1.2)

Minderungspotenzial in kt	2020	2025	2030
NO _x	7,7 kt	17,6 kt	25,0 kt
SO ₂	9,5 kt	19,7 kt	29,1 kt
PM _{2,5}	0,3 kt	1,2 kt	1,7 kt

⁵⁰ https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan_2050_bf.pdf; abgerufen am 17.08.2018

Um beispielsweise die im MWMS des Projektionsberichts von 2020 bis 2030 angenommene weitere Reduktion des Primärenergieverbrauchs bei der Strom- und Wärmeerzeugung aus Braunkohle in Großfeuerungsanlagen nach 13. BImSchV zu realisieren, müssen über die bereits feststehenden Überführungen hinaus weitere Kraftwerksblöcke in Sicherheitsbereitschaft überführt werden. Aus Perspektive der Einhaltung der NEC-Richtlinie (EU) 2016/2284 wären mindestens die im Mit-Weiteren-Maßnahmen-Szenario des Projektionsberichts 2017 bewerteten Entwicklungspfade angezeigt. Speziell für die Reduktionsverpflichtung von SO₂ ab 2030 spielt eine angemessene Reduktion der Kohleverstromung die entscheidende Rolle. Dabei sollte vermieden werden, dass Verlagerungseffekte zu anderen Energieträgern stattfinden, die diese Emissionsminderungen kompensieren (z.B. Verlagerung der Verstromung von Braunkohle zu Steinkohle).

Aktuelle noch in Arbeit befindliche Projektionen gehen bereits in den Referenzszenarien von einem stärkeren Rückgang der installierten Leistung zur Braunkohleverstromung bis 2030 aus, als im MWMS des Projektionsberichts 2017 angenommen. Allerdings zeigt erst ein umfassendes Aktivitätsratenszenario für 2030, ob dieser Rückgang nicht mit einer höheren Auslastung in anderen Kraftwerken und bei anderen Energieträgern ausgeglichen wird und die Emissionsminderung bei der Braunkohleverstromung durch vermehrten Einsatz anderer emissionsreicher Energieträger kompensiert wird.

Ein den Minderungszielen von Treibhausgasemissionen angepasster Ausstiegspfad würde speziell die Erfüllung der SO₂-Reduktionsverpflichtungen der NEC-Richtlinie (EU) 2016/2284 ohne weitere Maßnahmen bei industriellen Prozessfeuerungsanlagen möglich machen.

6.2 Weiterführende Maßnahmenoptionen - NO_x

Zur Einhaltung der Reduktionsverpflichtung der NO_x-Emissionen ab 2030 sowie des linearen Reduktionspfades nach 2020 ist eine mögliche weitere Maßnahme eine Änderung der 13. BImSchV, bei der für den Einsatz von festen, flüssigen und biogenen Brennstoffen in Großfeuerungsanlagen Emissionswerte vorgeschrieben werden, die strenger als die oberen Enden der Wertebereiche der BVT-Schlussfolgerungen (EU) 2017/1442⁵¹ sind. Die Jahresmittelwerte der Emissionen sollen für diese Anlagen ab 2025 einheitlich auf einen Wert begrenzt werden, der für einen Teil der Anlagen im unteren Bereich und für andere am unteren Ende der jeweiligen EU-rechtlich zugelassenen Emissionsbandbreiten liegt. Aus Gründen der Verhältnismäßigkeit soll die Vorgabe nur für Anlagen mit mehr als 1500 Betriebsstunden pro Jahr Anwendung finden.

Eine weitere Maßnahmenoption zur Minderung der NO_x-Emissionen ist die nationale Umsetzung der BVT-Schlussfolgerungen (EU) 2017/1442 für den Einsatz von Heizöl und Erdgas in Gasturbinen entsprechend des unteren Wertes der zugelassenen Bandbreite für GuD-Anlagen. Aus Gründen der Verhältnismäßigkeit, soll diese Anforderung ebenfalls nur für Anlagen mit mehr als 1500 Betriebsstunden pro Jahr Anwendung finden und nur dann, wenn die Betriebswerte bei Ausschöpfung von primären Emissionsminderungsmaßnahmen oberhalb von 50 mg/Nm³ liegen. Da derzeit nicht bekannt ist, auf wie viele Anlagen die beiden letztgenannten Kriterien zutreffen, konnte nur das insofern maximal mögliche Minderungspotenzial bestimmt werden.

⁵¹ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017D1442&from=EN>; abgerufen am 02.07.2018

Für die Quellgruppe mittelgroße Feuerungsanlagen ist die Umsetzung der MCP-Richtlinie (EU) 2015/2193⁵² in deutsches Recht noch nicht abgeschlossen. Ein Verordnungsentwurf der Bundesregierung⁵³ vom 30.08.2018 liegt vor. Das Minderungspotenzial wurde auf Basis dieses Verordnungsentwurfs bewertet. Maßgebliche Emissionsminderungen sind demnach bei mittelgroßen Erdgas- und Biogasmotoren sowie bei mittelgroßen Feuerungsanlagen für feste Biomasse, andere feste Brennstoffe und schweres Heizöl zu erwarten. Dabei wird angenommen, dass eine entsprechende Umrüstung für Erdgas- und Biogasmotoren sowie für Anlagen, die schweres Heizöl einsetzen, bis 2030 abgeschlossen ist. Beim Einsatz fester Biomasse und anderer fester Brennstoffe wurde angenommen, dass 50 % der Anlagen bis 2030 die Vorgaben des Verordnungsentwurfes für Neuanlagen einhalten.

Weiteres Minderungspotenzial für NO_x-Emissionen ergibt sich im Bereich Straßenverkehr. Im Mit-Maßnahmen-Szenario wird bereits ein weiterer starker Rückgang der NO_x-Emissionen projiziert. Dennoch erscheint es speziell im Hinblick auf die NO₂-Belastung an verkehrsnahen Messstationen angemessen, auch in dieser Quellgruppe mit vermehrter Anstrengung voran zu gehen. Dazu wurde eine Kombination aus verschiedenen Maßnahmen im Straßenverkehr auf ihre Auswirkungen auf Fahrleistung und implizite Emissionsfaktoren hin bewertet. In dieser Maßnahmenkombination wurden mögliche Maßnahmen in Folge verschiedener Diesel-Gipfel der Bundesregierung sowie weitere bereits in anderen Politikbereichen abgesteckte Maßnahmen im Hinblick auf ihre Auswirkungen auf die Emissionen von Luftschadstoffen bewertet. Dabei entstehen auch Auswirkungen auf andere Luftschadstoffe. Das bewertete Maßnahmenpaket Straßenverkehr umfasst folgende Annahmen:

- Software-Update Diesel-Pkw (und LNF) Euro 5/6 und Umweltprämie (Rückkauf von Diesel-Pkw Euro 4 und älter).
- Hardware-Nachrüstung Diesel-Busse zur Minderung der NO_x-Emissionen
- Ausbau und Stärkung des Umweltverbundes
- Fortschreibung der CO₂-Grenzwerte. Für Pkw wurde in den Berechnungen der Vorschlag der Europäischen Kommission (durchschnittliche Minderung der CO₂-Emissionen der Neuwagen-Flotte in Höhe von 30% in 2030 gegenüber 2021) zugrunde gelegt, der von einem höheren Anteil von E-Fahrzeugen in 2030 ausgeht als bisher in der TREMOD-Trendprognose enthalten.

Neue Maßnahmen aus dem „Konzept für saubere Luft und die Sicherung der individuellen Mobilität in unseren Städten“ vom 1. Oktober 2018 konnten noch nicht berücksichtigt werden.

Weiterführende Maßnahmenoptionen, die nicht in das Maßnahmenpaket Straßenverkehr aufgenommen wurden, sind bspw. die Einführung von Tempolimits auf Autobahnen (120 km/h) und Bundesstraßen (80 km/h), die Erweiterung der Kennzeichnungsverordnung zur Einführung einer Umweltzone Blau, die Hardwarenachrüstung von Pkw, die Angleichung der Mineralölsteuer von Diesel- und Ottokraftstoffen und die Einführung einer fahrleistungsabhängigen Pkw-Maut.

Darüber hinaus gibt es weitere Maßnahmenoptionen außerhalb der Quellgruppe Straßenverkehr, die bisher nicht bewertet worden sind.

- nationale Umsetzung der BVT-Schlussfolgerungen für Großfeuerungsanlagen (EU) 2017/1442 entsprechend der unteren Enden der vorgegebenen Bandbreiten

⁵² <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015L2193&from=DE>; abgerufen am 02.07.2018

⁵³ <http://dipbt.bundestag.de/dip21/btd/19/040/1904080.pdf>; abgerufen am 20.09.2018

-
- weitere Verschärfung der Regelungen der zur Novellierung anstehenden TA-Luft (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft) für verschiedene Anlagen.

6.3 weiterführende Maßnahmenoptionen - NMVOC

Für die Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen ohne Methan (NMVOC) halten die Projektionen im Mit-Maßnahmen-Szenario bereits die Reduktionsverpflichtungen ein. Durch die starke Sensitivität der Projektion gegenüber wirtschaftlichen Eingangsdaten, kann aber schnell der Fall eintreten, dass weitere Maßnahmenoptionen gefragt sind, um wieder auf den vorgegebenen Reduktionspfad zurückzukehren. Relevante Minderungsmaßnahmen sind aufgrund seines Anteils an den Gesamtemissionen hauptsächlich im Bereich der Anwendung lösemittelhaltiger Produkte zu finden. Minderungsoptionen wurden in einem Sachverständigengutachten im Auftrag des Umweltbundesamtes durch das Institut für Ökologie und Politik GmbH (ÖKOPOL) umfassend ausgewertet.

Die Bewertung ergibt ein Gesamtinderungspotenzial bis zu 90 kt bis 2030 gegenüber den Emissionen in 2015 nach Emissionsberichterstattung 2017. Prinzipiell lassen sich dabei produktbezogene europarechtlich geregelte und anlagenbezogene Maßnahmen, die auch national festgelegt werden können, unterscheiden. Auf europäischer Ebene sind weitergehende produktbezogene Regelungen bisher nach Experteneinschätzung wenig wahrscheinlich. Eine weitere Minderungsmöglichkeit im nationalen Verantwortungsbereich besteht in der Begrenzung des Lösemittelgehaltes von Straßenmarkierungsfarben auf maximal 2 Gewichtsprozent in öffentlichen Ausschreibungen für Straßenmarkierung. EU-Vorgaben im Anlagenbereich werden im Moment ausschließlich über weitere BVT-Schlussfolgerungen erwartet. National ist eine Novellierung der 31. BImSchV⁵⁴ möglich, wobei die Herabsetzung der Schwellenwerte aufgrund des bereits herrschenden Überwachungsdefizites kritisch zu betrachten ist und eine Ausweitung auf weitere Anlagen nur für Digitaldruck aussichtsreich erscheint, da dieser vielfach in größeren, bereits überwachten Anlagen des Verpackungsdrucks zur Codierung eingesetzt wird. Der Ersatz von lösemittelhaltigen durch wasserbasierte Farben und Lacke geht allerdings nach Experteneinschätzung mit einem stärkeren Einsatz von Bioziden einher, um eine längere Nutzbarkeit nach Öffnung zu gewährleisten.

Außerdem sind die absoluten Emissionen der letzten Jahre aus dem Bereich Landwirtschaft nahezu konstant geblieben und haben im relativen Anteil durch den allgemeinen Rückgang der Emissionen stark zugenommen. Diese Quellgruppe ist durch die Reduktionsverpflichtungen der NEC-RL (EU) 2016/2284 weiterhin unregelt bezüglich NO_x- und NMVOC-Emissionen.

6.4 weiterführende Maßnahmenoptionen – SO₂

Für die Emissionen relevanter Schwefelverbindungen (als SO₂) entsteht im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM) in 2030 eine Lücke von knapp 40 kt zum Einhalten der Reduktionsverpflichtung der NEC-RL (EU) 2016/2284. Diese verringert sich durch die Berücksichtigung der weiteren Klimaschutzmaßnahmen im MWMS des Projektionsberichts auf knapp 10 kt. Bisher wurden keine spezifischen Luftreinhaltemaßnahmen zur Minderung der Emissionen von Schwefeloxiden quantifiziert.

⁵⁴ 31. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung zur Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen bei der Verwendung organischer Lösemittel in bestimmten Anlagen) (31. BImSchV)

Die Effekte der Verwirklichung von Klimaschutzzielen durch eine sukzessive Verminderung der Kohleverstromung sollten die Lücke zur Einhaltung der Reduktionsverpflichtung rechtzeitig schließen. Derzeit werden die Verminderung der Verstromung von Kohle sowie die dazu notwendigen Maßnahmen durch die am 06. Juni 2018 von der Bundesregierung eingesetzte Kommission „Wachstum, Strukturwandel, Beschäftigung“⁵⁵ diskutiert. Eine entsprechende Bewertung von verschiedenen Kohleausstiegspfaden wirkt sich erheblich auf die Aktivitätsratenprognosen aus und kann jederzeit mit EMMA, sofern die Annahmen und Ergebnisse in entsprechender Form vorliegen, zur Aktualisierung der Emissionsprognosen genutzt werden. Im MMS und MWMS des Projektionsberichts 2017 wurden zwei verschiedene Entwicklungspfade im Energiesektor bewertet. Das Mit-Weiteren-Maßnahmen-Szenario enthält Annahmen zur weiteren Reduktion der Kohleverstromung (vgl. Kapitel 6.1), die für eine Minderung der Treibhausgasemissionen Deutschlands von 40 % bis 2020 und 55 % bis 2030 jeweils gegenüber 1990 notwendig sind. Für eine Einhaltung der Reduktionsverpflichtungen für SO₂ und PM_{2,5} ohne weitere Luftreinhaltemaßnahmen muss folglich geringfügig über diese Ziele hinausgegangen werden.

Eine alternative, bei deutlicher Verminderung der Verstromung von Kohle voraussichtlich nicht erforderliche Minderungsoption, liegt im Bereich industrieller Produktion. Knapp ein Viertel der für 2030 projizierten SO₂-Emissionen wird maßgeblich durch Sinter-, Glas-, Zement- und Stahlproduktion verursacht. Hier liegen hohe Minderungspotenziale in der Förderung eines Wechsels der eingesetzten Brennstoffe hin zu schwefelärmeren Brennstoffen oder effizienteren Technologien zur Abgasreinigung.

Nebeneffekte ergeben sich auch aus dem in Kapitel 6.2 beschriebenen Verordnungsentwurf für mittelgroße Feuerungsanlagen.

6.5 weiterführende Maßnahmenoptionen – PM_{2,5}

Die Beibehaltung der Anforderungen der 1. BImSchV für Festbrennstoffkessel, die über die Vorgaben der EU-Verordnung (EU) 2015/1189⁵⁶ hinausgehen, kann nach derzeitiger Aktivitätsratenprognose und einer zugrunde liegenden Worst-Case-Betrachtung der Folgen der EU-Verordnung im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM) knapp 3 kt zur notwendigen zusätzlichen Minderung beitragen. Die in Kapitel 6.2 beschriebene Maßnahmenkombination im Straßenverkehr sowie der Verordnungsentwurf zur 44. BImSchV können einen geringen zusätzlichen Beitrag zur Minderung der direkten PM_{2,5}-Emissionen leisten.

Auch zur Reduktion der direkten Feinstaubemissionen leistet ein sukzessiver Ausstieg aus der Kohleverstromung zur Verwirklichung der Klimaschutzziele einen Beitrag. Die Aktivitätsratenentwicklung im Mit-Weiteren-Maßnahmen-Szenario des Projektionsberichts 2017 erbringt eine zusätzliche Minderung von knapp 2 kt und führt somit in Kombination mit den weiteren Maßnahmenoptionen zur Einhaltung der Reduktionsverpflichtung der NEC-RL (EU) 2016/2284 ab 2030 für PM_{2,5}.

Darüber hinaus können im Hinblick auf Luftqualitätsziele und lokale Belastungen auch Anreize zum Einsatz von emissionsärmeren Brennstoffen in privaten Haushalten gesetzt werden, wie beispielsweise in Krakau (Polen)⁵⁷. In Hinblick auf die starke Kopplung der Nachfrage an den Preis kann damit eine Lenkungswirkung erreicht werden.

⁵⁵ <https://www.kommission-wsb.de/WSB/Navigation/DE/Home/home.html>; abgerufen am 10.07.2018

⁵⁶ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015R1189&from=EN>; abgerufen am 02.07.2018

⁵⁷ <https://powietrze.malopolska.pl/en/anti-smog-resolution/>; abgerufen am 17.08.2018

6.6 weiterführende Maßnahmenoptionen – NH₃

Die im Mit-Maßnahmen-Szenario projizierten Ammoniak-Emissionen halten die Reduktionsverpflichtung der NEC-Richtlinie (EU) 2016/2284 ab 2030 sowie den linearen Reduktionspfad nach 2020 nicht ein. Da in der Projektion sowohl 2020 als auch 2030 knapp 95 Prozent der Ammoniak-Emissionen durch die Quellgruppe Landwirtschaft verursacht werden, sind kurz-, mittel- und langfristige Minderungsmaßnahmen zwingend notwendig.

Das hier dargestellte Maßnahmenpaket setzt sich aus miteinander wechselwirkenden Einzelmaßnahmen zusammen. So führt beispielsweise eine Emissionsminderung in Stall und Lager dazu, dass zusätzlicher Stickstoff mit dem Wirtschaftsdünger ausgebracht wird und dadurch zusätzliche Ammoniakemissionen auf Acker und Grünland auftreten können. In der Berechnung wurden solche Wechselwirkungen berücksichtigt. Die in der Tabelle angegebenen Minderungspotenziale sind jeweils die zusätzliche Wirkung der Maßnahme unter der Annahme, dass alle davor gelisteten Maßnahmen bereits umgesetzt wurden. Würde eine Maßnahme angepasst oder gestrichen, hätte dies Auswirkungen auf die prognostizierte Wirkung der in der Tabelle folgenden Maßnahmen.

Basis der Berechnungen ist der Thünen-Report 56 aus 2018 mit den Agrarökonomischen Projektionen für Deutschland (Thünen-Baseline 2017 – 2027).

Die Höhe der Minderungsbeiträge hängt von der Art der Umsetzung ab. Ggf. sind Fördermaßnahmen nicht ausreichend. Um die in der Tabelle genannten Beiträge erbringen zu können; wären in der Folge ggf. (unter)gesetzliche Regelungen notwendig.

Weitere Maßnahmenoptionen, wie z. B. Lenkungsmaßnahmen zur Harnstoffdüngung oder sonstige Maßnahmen zur Stickstoffregulierung sind in Deutschland derzeit nicht vorgesehen.

Tabelle 31: Weiterführende Maßnahmenoptionen in der Quellgruppe Landwirtschaft und deren zusätzliche Minderungspotenziale gegenüber dem Mit-Maßnahmen-Szenario (WM) (**Hinweis: Minderungspotenziale für 2025 werden nach Einigung zum Maßnahmenpaket inkl. Umsetzungszeitplan ergänzt**)

			2005	2020	2025	2030		
Ammoniakgesamtemissionen nach Emissionsberichterstattung 2018			NH3	kt	625			
	* ohne Emissionen aus pflanzlichen Gärresten		NH3	kt	614*			
Reduktionsverpflichtung NEC-RL			NH3	%		-5%	-29%	
	zulässige Ammoniakgesamtemission (gemäß Berichterstattung 2018)		NH3	kt		583*	513	444
WM-Projektion der Ammoniakgesamtemissionen unter Verwendung der Thünen-Baseline-Projektion (Thünen-Report 56)			NH3	kt		560*	575	570
	verbleibende zusätzlich notwendige Minderung ggü. Baseline		NH3	kt			-61	-126

Ammoniakminderungsmaßnahmen			weiteres Minderungspotenzial ggü. Baseline (2025 wird ergänzt entsprechend Umsetzungszeitplan)			
			kt			
Baseline	Harnstoff wird innerhalb von 4 h eingearbeitet oder mit Ureasehemmstoff stabilisiert		DüV (2017)	bereits in Baseline bewertet		
	Kein Einsatz von Breitverteilern bei flüssigen Wirtschaftsdüngern auf bestelltem Ackerland oder Grünland					
	Einarbeitung von Geflügelmist auf unbestelltem Ackerland innerhalb von 4 h					
Paket weiterführender Maßnahmenoptionen	Kein Einsatz von Breitverteilern auf unbestelltem Ackerland		Düngerecht** bzw. Fördermaßnahmen			-6
	Sofortige Einarbeitung (< 1 h) flüssiger Wirtschaftsdünger auf unbestelltem Ackerland					-6
	Sofortige Einarbeitung (< 1 h) fester Wirtschaftsdünger auf unbestelltem Ackerland					-16
	Nicht abgedeckte Außenlager für Gülle/Gärreste werden mindestens mit Folie oder vergleichbarer Technik abgedeckt			untergesetzliche immissionschutzrechtliche Regelungen		

	N-reduzierte Fütterung mit um 20% reduzierter N-Ausscheidung in nach BImSchG genehmigungspflichtigen Ställen (Spalte 1+2 / >untere BImSchV-Grenze), Schweine und Geflügel	(hier: TA-Luft-Entwurf, Stand: 16.07.2018) bzw. Fördermaßnahmen				
	70% Emissionsminderung in nach BImSchG genehmigungspflichtigen Ställen (Spalte 1 Betriebe Schweine und Geflügel ohne Puten = obere BImSchV-Grenze) z. B. durch Abluftreinigung					
	weitere systemintegrierte Maßnahmen (40% Emissionsminderung) in nach BImSchG genehmigungspflichtigen Ställen (Spalte 2-Betriebe Schweine und Geflügel = untere BImSchV-Grenze)					-18
	Gülleneutralisation in Stall und Lager					
	Güllekühlung					
	Verkleinerung Güllekanal					
	Maßnahmen zur raschen Trennung von Harn und Kot im Stall					
	Gummieinsätze in Laufflächen					
	<i>Ureaseinhibitoren im Stall</i>					
	Ausbringung flüssiger Wirtschaftsdünger auf bestelltem Acker und Grünland nur mit Injektions-/Schlitztechniken bzw. Neutralisation durch Säurezugabe	Düngerecht** bzw. Fördermaßnahmen				-48
	50% der Unterflurlagerung von Gülle wird durch Außenlager mindestens mit Folienabdeckung ersetzt	untergesetzliche Regelung bzw. Fördermaßnahmen				-2
	5%-Minderung der N-Ausscheidung durch optimierte, N-angepasste Fütterung bei Rindern	untergesetzliche Regelung bzw. Fördermaßnahmen				-9
	systemintegrierte Maßnahmen in Stall und Lager für Rinder (ab 100 Rindern, 25% Emissionsminderung)					-9
	Reduktion des Gesamtbilanzüberschusses um 20 kg N/ha (Reduzierung anrechenbarer Verluste, Verringerung des Einsatzes von synthetischen N-Düngern)	Düngerecht** bzw. Fördermaßnahmen				-13
Minderungswirkung des Pakets weiterführender Maßnahmenoptionen (*mit Ausnahmeregelungen für Klein- und Kleinstbetriebe)						-135
ergänzende Maßnahmenoptionen	AHL-N-Dünger: Anwendung mit Ureaseinhibitor	Düngerecht, Fördermaßnahmen				

Das Paket weiterführender Maßnahmenoptionen erbringt unter den getroffenen Annahmen die gegenüber dem Mit-Maßnahmen-Szenario bis zum Jahr 2030 notwendige Minderung von 126 kt. Die Berechnung der Minderungspotenziale in 2025 läuft derzeit, da weitere Annahmen zu treffen sind.

Aus nachfolgenden Gründen ist es notwendig, dass das abgestimmte Maßnahmenpaket einen Puffer gegenüber der zum Erreichen der Reduktionsverpflichtungen zusätzlich notwendigen Emissionsminderung erbringt. Unter diesem Aspekt sollten auch Möglichkeiten der gezielten Förderung von emissionsmindernden Maßnahmen geprüft werden.

- Unsicherheiten der Thünen-Baseline-Projektion
 - Entwicklung der Milchproduktion
 - Entwicklung der Einsatzmengen synthetischer N-Dünger
 - Entwicklung des Anteils harnstoffhaltiger Düngemittel an synthetischen N-Düngern
 - Verlagerungseffekte bei der Wirtschaftsdüngerausbringung durch die Regelungen der novellierten Düngeverordnung
 - Entwicklung des Anfalls pflanzlicher Gärreste
 - Anzahl der Betriebe, die von der nach Landesrecht zuständigen Stelle Ausnahmegenehmigungen bei der emissionsarmen Ausbringung flüssiger Wirtschaftsdünger auf bestelltem Ackerland oder Grünland erhalten (Düngeverordnung §6 Absatz 3 Satz 4 und 5)
 - Überschreitungen der Einarbeitungsfrist für Wirtschaftsdünger auf unbestelltem Ackerland von vier Stunden wegen Nichtbefahrbarkeit des Bodens infolge nicht vorhersehbarer Witterungsereignisse (Düngeverordnung §6 Absatz 1 Satz 2).
- Unsicherheiten über den Anteil der Betriebe die bis 2030 die aktuellen Festlegungen der Besten verfügbaren Techniken einhalten
- vorgesehene Ausnahmeregelungen für landwirtschaftliche Klein- und Kleinstbetriebe gemäß Anhang III Teil 2 Abschnitt C. der NEC-Richtlinie (EU) 2016/2284 maßnahmenspezifisch für Betriebe kleiner 50 Großvieheinheiten und kleiner 20 ha landwirtschaftliche Nutzfläche

Darüber hinaus wurde bei der Zusammenstellung der Maßnahmenoptionen auf eine effektive Emissionsminderung entlang von Verfahrensketten, auf Synergien mit Zielen des Klimaschutzes sowie auf ein Verschlechterungsverbot der N-Einträge in den Boden in Hinblick auf die Ziele zur Reduktion der Nitratbelastung geachtet.

Die Ansäuerung von Gülle und Gärresten vor der Ausbringung oder in Stall und Lager wird in Deutschland aktuell ausführlich diskutiert. Die in Dänemark angewandte Methode der Ansäuerung von Gülle bereits im Stall verspricht ein hohes Minderungspotenzial und gilt laut BVT-Schlussfolgerung (EU) 2017/302⁵⁸ als beste verfügbare Technik. Sie hat im europäischen Maßstab einen Bewertungsprozess gemäß den Kriterien der europäischen Industrieemissionsrichtlinie (IED) 2010/75/EU durchlaufen. Allerdings muss die rechtliche Umsetzbarkeit in Deutschland geprüft werden.

⁵⁸Link zu fertigem Dokument wird ergänzt, sobald es vorliegt.

Bei vielen ins Paket aufgenommenen Maßnahmenoptionen muss im Rahmen der rechtlichen Umsetzung auch eine Berichtspflicht entsprechender statistisch auswertbarer Daten sowie deren Verfügbarkeit auf Bundesebene implementiert werden. Das Johann Heinrich von Thünen-Institut weist außerdem ausdrücklich darauf hin, dass bei der zukünftigen Überprüfung der Einhaltung der Reduktionsverpflichtung für Ammoniak anhand der jährlichen Emissionsberichterstattung nur etwa alle fünf Jahre eine belastbare Aussage getroffen werden kann. Grund dafür ist die voraussichtlich zukünftig ebenfalls alle fünf Jahre stattfindende Agrarstrukturerhebung, welche grundlegende Daten der Emissionsberichterstattung im landwirtschaftlichen Bereich maßgeblich bestimmt.

6.7 Minderungspotenziale der weiterführenden Maßnahmenoptionen

Tabelle 32: Weiterführende Maßnahmenoptionen zur Erreichung der Reduktionsverpflichtungen und deren zusätzliche Minderungspotenziale gegenüber dem Mit-Maßnahmen-Szenario (WM)

Auswertung EMMA-Datenbank September 2018											
		2025					2030				
		NO _x	SO ₂	NM _{VO} C	NH ₃	PM _{2,5}	NO _x	SO ₂	NM _{VO} C	NH ₃	PM _{2,5}
Mit-Maßnahmen-Szenario (WM)	kt	725	267	787	575	86	604	237	785	570	82
Minderungspotenziale weiterer Strategien und Maßnahmen im Bereich Klimaschutz gemäß PB 2017-MWMS											
Mit-Maßnahmen-Szenario (WM) basierend auf Referenzprognosen Klimaschutz (PB 2017, MWMS)	kt	-18	-20	-2		-1	-25	-29	-2		-2
Minderungspotenziale weiterer Maßnahmenoptionen und in Umsetzung befindlicher Maßnahmen der Luftreinhaltepolitik (aufbauend auf PB 2017-MWMS)											
Änderung 13.BImSchV (für feste, flüssige und biogene Brennstoffe)	kt	-47,3					-38,5				
Änderung 13.BImSchV (für Erdgas und Heizöl, leicht in Gas- und Dampfturbinen)	kt	-1,8					-1,9				
Verordnungsentwurf 44.BImSchV vom 30.08.2019	kt	-14,1	-0,3			-0,1	-27,3	-0,3			-0,1
Beibehaltung 1.BImSchV	kt					-2,6					-2,9
Maßnahmenpaket Straßenverkehr	kt	-11,3		-3,9	-0,1	-0,3	-7,2		-5,5	-0,2	-0,3
Maßnahmenpaket Landwirtschaft	kt				n. b.					-135	
vorläufige Bewertung weiterer Maßnahmenoptionen alternativ zu im PB 2017-MWMS noch nicht berücksichtigten weiteren Maßnahmenoptionen Klimaschutz											
Brennstoffwechsel oder Abgasreinigung im Bereich industrielle Feuerungen	kt		-8					-8			

6.8 Weitere Informationen zu Maßnahmen im Bereich Landwirtschaft

Tabelle 33: Zusätzliche Angaben zu den Maßnahmen aus Anhang III Teil 2 der Richtlinie (EU) 2016/2284 im Bereich Landwirtschaft Tabelle 2.6.4 von Durchführungsbeschluss (EU) 2018/1522

	Maßnahme im Programm enthalten?	Gibt es Abweichungen zur Vorgabe? Wenn ja, welche Modifikationen wurden vorgenommen?
Maßnahmen zur Begrenzung von NH₃-Emissionen:		
Die Mitgliedstaaten legen unter Berücksichtigung des UNECE Framework Codes für eine gute landwirtschaftliche Praxis zur Verringerung der Ammoniakemissionen aus dem Jahr 2014 nationale Empfehlungen zur guten landwirtschaftlichen Praxis fest, die mindestens folgende Punkte umfassen: a) Stickstoffmanagement unter Berücksichtigung des gesamten Stickstoffkreislaufs; b) Fütterungsstrategien; c) emissionsarme Ausbringung von Gülle; d) emissionsarme Güllelager; e) emissionsarme Tierhaltungssysteme; f) Möglichkeiten zur Begrenzung der Ammoniakemissionen aus dem Mineraldüngereinsatz.	✓	Neufassung der guten fachlichen Praxis wird derzeit erarbeitet ⁵⁹ .
Die Mitgliedstaaten verbieten die Verwendung von Ammoniumkarbonat-Düngemitteln	Derzeit in D nicht relevant	Ggf. Anpassung der Rechtsetzung
Vermeidung von negativen Auswirkungen auf landwirtschaftliche Klein und Kleinstbetriebe		
Bei der Durchführung der oben beschriebenen Maßnahmen stellen die Mitgliedstaaten sicher, dass die Auswirkungen auf Klein- und Kleinstbetriebe in vollem Umfang berücksichtigt werden. Die Mitgliedstaaten können beispielsweise Klein- und Kleinstbetriebe von diesen Maßnahmen ausnehmen, wenn dies angesichts der geltenden Reduktionsverpflichtungen möglich und angemessen ist.	✓ Kapitel 6.6	

⁵⁹ Link zu fertigem Dokument wird ergänzt, sobald es vorliegt.

7 Strategien und Maßnahmen (inkl. Zeitplan für Annahme der Maßnahme, Implementierung und Erfolgskontrolle sowie zuständige Stelle)

7.1 Bericht der zur Umsetzung ausgewählten Strategien und Maßnahmen (inkl. zuständige Stellen)

Alle in Abschnitt 6 enthaltenen Maßnahmenoptionen sind zur Erreichung der Minderungsverpflichtungen erforderlich. Die Umsetzung der Maßnahmen erfolgt in der Regel durch Rechtssetzung auf Bundesebene und Vollzug auf Landesebene.

7.2 Bewertung der Kohärenz mit Plänen und Programmen in anderen Politikfeldern

Die Strategien und Maßnahmen, die im nationalen Luftreinhalteprogramm zur Erreichung der Minderungsverpflichtungen der Richtlinie (EU) 2016/2284 ausgewählt wurden, weisen teilweise erhebliche Synergieeffekte mit anderen Politikfeldern auf.

Dabei ergibt sich insbesondere eine hohe Kohärenz mit dem Politikfeld des Klimaschutzes, da die Emission von Luftschadstoffen in vielen Fällen mit der Emission von Klimagasen korreliert. Im Bereich des Klimaschutzes bereitet die Bundesregierung derzeit das erste Maßnahmenprogramm zur Umsetzung des Klimaschutzplans 2050 vor. Eine sukzessive Verminderung der Verstromung von Braunkohle wird sowohl in diesen Maßnahmenprogrammen im Klimaschutz als auch im Nationalen Luftreinhalteprogramm einen Beitrag zu den jeweiligen Zielen/Minderungsverpflichtungen leisten.

Auch agrarpolitische Pläne und Programme haben einen erheblichen Einfluss auf die Entwicklung der Emissionen, insbesondere der Ammoniak-Emissionen. So setzt die Weiterentwicklung der gemeinsamen Agrarpolitik der EU und ihre Umsetzung in Deutschland die Rahmenbedingungen für die Emissionen selbst als auch für die Förderfähigkeit von Emissionsminderungsmaßnahmen.

Darüber ergeben sich weitere Synergien der ausgewählten Maßnahmen im Nationalen Luftreinhalteprogramm insbesondere mit Plänen und Programmen in den Bereichen Gesundheit, Biodiversität, Wasser, Stickstoff und Nachhaltigkeit. Beispiele sind

- das nationale Aktionsprogramm zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat,
- das Aktionsprogramm Insektenschutz (in Erarbeitung),
- das Aktionsprogramm zur integrierten Stickstoffminderung (in Erarbeitung) sowie
- die deutsche Nachhaltigkeitsstrategie.

8 Bericht zur Emissionsprojektion, Entwicklung der Luftqualität und zu den Auswirkungen auf die Umwelt im NEC-Compliance-Szenario zur Einhaltung der Reduktionsverpflichtungen (WAM – With Additional Measures)

8.1 Emissionsprojektion bis 2030 und Bewertung der Emissionsreduktion gegenüber 2005 im NEC-Compliance-Szenario (WAM)

Tabelle 34 zeigt die vorläufigen Ergebnisse je Schadstoff in den Szenarien Mit-Maßnahmen (WM) und NEC-Compliance (WAM) für 2025 und 2030. Auch im Prognosejahr 2020 weist das NEC-Compliance-Szenario (WAM) zusätzliche Reduktionen gegenüber dem Mit-Maßnahmen-Szenario (WM) auf, diese sind aber nicht relevant für die Einhaltung der Minderungsverpflichtung. Im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM) bestehen nach 2020 Lücken zur Einhaltung der Reduktionsverpflichtungen der NEC-Richtlinie (EU) 2016/2284 sowie des vorgegebenen linearen Reduktionspfades (vgl. Artikel 4 NEC-RL sowie § 3 der 43. BImSchV). In Summe ergibt sich aus der Kombination der Aktivitätsratenentwicklung gemäß MWMS des Projektionsberichts 2017 (vgl. Kapitel 6.1) und den in den Kapiteln 6.2 bis 6.6 quantifizierten Maßnahmenoptionen eine Einhaltung der Reduktionsverpflichtungen der NEC-Richtlinie (EU) 2016/2284 im NEC-Compliance-Szenario (WAM). Die Ergebnisse sind entsprechend der Einhaltung der Reduktionsverpflichtungen farblich hinterlegt. Für das Projektionsjahr 2025 sind die Ergebnisse kursiv dargestellt. Aufgrund des für 2025 noch nicht bewerteten Maßnahmenpaketes im Bereich Landwirtschaft sind an dieser Stelle im NEC-Compliance-Szenario (WAM) noch keine Ergebnisse dargestellt (n. b.).

Das NEC-Compliance-Szenario (WAM) setzt sich aus folgenden Maßnahmenoptionen zusammen:

- a) Klimaschutzmaßnahmen des MWMS des Projektionsberichts 2017
- b) Änderung der 13. BImSchV (vgl. Kapitel 6.2)
- c) Nationale Umsetzung der MCP-Richtlinie (EU) 2015/2193 gemäß Verordnungsentwurf der Bundesregierung vom 30.08.2018
- d) Beibehaltung der Regelung für Festbrennstoffkessel der 1. BImSchV
- e) Maßnahmenpaket Straßenverkehr – Umweltprämie und Software-Update für Pkw, Hardware-Nachrüstung für Busse, Förderung Umweltverbund, Fortschreibung der CO₂-Grenzwerte für Pkw (vgl. Kapitel 6.2)
- f) Maßnahmenpaket Landwirtschaft (vgl. Kapitel 6.6)
- g) Förderung eines Wechsels der in der industriellen Produktion eingesetzten Brennstoffe hin zu schwefelärmeren Brennstoffen oder effizienteren Technologien zur Abgasreinigung

Generell wird angenommen, dass alle weiterführenden Maßnahmen spätestens ab dem 1.1.2025 Minderungswirkungen zeigen und deren Umsetzung entsprechend vorher abgeschlossen sein wird. (Hinweis: Im Fall von Buchstabe f sind während der weiteren Präzisierung im Verfahren Abweichungen von dieser generellen Annahme möglich.)

Tabelle 34: Projizierte Emissionsentwicklung im NEC-Compliance-Szenario (WAM)

Auswertung EMMA-Datenbank September 2018											
Reduktions- verpflichtungen der NEC-RL ggü. 2005		2025					2030				
		<i>NO_x</i>	<i>SO₂</i>	<i>NMVOC</i>	<i>NH₃</i>	<i>PM_{2,5}</i>	<i>NO_x</i>	<i>SO₂</i>	<i>NMVOC</i>	<i>NH₃</i>	<i>PM_{2,5}</i>
		52 %	39,5 %	20,5 %	17 %	34,5 %	65 %	58 %	28 %	29 %	43 %
WM-Szenario	%	50 %	44 %	30 %	8 %	36 %	59 %	50 %	30 %	9 %	39 %
	kt	725	267	787	575	86	604	237	785	570	82
Minderungspotenziale weiterer Strategien und Maßnahmen im Bereich Klimaschutz gemäß PB 2017-MWMS											
a)	kt	-17,6	-19,7	-1,5		-1,2	-25,0	-29,1	-2,1		-1,7
Minderungspotenziale weiterer Maßnahmenvorschläge und in Umsetzung befindlicher Maßnahmen der Luftreinhaltepolitik (aufbauend auf PB 2017-MWMS)											
b)	kt	-49,1					-40,4				
c)	kt	-14,1	-0,3			-0,1	-27,3	-0,3			-0,1
d)	kt					-2,6					-2,9
e)	kt	-11,3		-3,9	-0,1	-0,3	-7,2		-5,5	-0,2	-0,3
f)	kt				<i>n. b.</i>					-139	
vorläufige Bewertung weiterer Maßnahmenoptionen alternativ zu im PB 2017-MWMS noch nicht berücksichtigten weiteren Maßnahmenoptionen Klimaschutz											
g)	kt		-8					-8			
WAM-Szenario	%	57 %	50 %	30 %	<i>n. b.</i>	39 %	65 %	58 %	31 %	31 %	43 %
	kt	633	239	782	<i>n. b.</i>	82	504	199	777	431	77

Tabelle 35: Emissionsprojektion für NO_x (als NO₂) im NEC-Compliance-Szenario (WAM)

Quellgruppen (aggregiert)	NO _x (als NO ₂)			
	2005	Projektion		
		2020	2025	2030
	kt	kt	kt	kt
1. Energie	1.353,0	765,8	544,0	417,7
A. Verbrennungsprozesse	1.351,9	764,8	542,9	416,6
1. Energiewirtschaft	289,1	268,4	191,6	142,7
2. Verarbeitendes Gewerbe	103,3	68,8	59,3	55,1
3. Verkehr	806,5	333,8	212,8	149,5
<i>davon Straßenverkehr</i>	738,1	284,1	167,9	110,3
4. Übrige Feuerungsanlagen	142,0	89,3	75,4	65,8
<i>davon Gewerbe, Handel, Dienstleistung</i>	34,6	26,1	22,3	19,2
<i>davon Haushalte</i>	67,2	50,3	44,5	40,7
5. Militär und weitere kleine Quellen	11,0	4,4	3,9	3,5
B. Diffuse Emissionen aus Brennstoffen	1,2	1,1	1,1	1,1
1. Feste Brennstoffe	0,6	0,7	0,7	0,7
2. Öl und Gas	0,5	0,4	0,4	0,4
2. Industrieprozesse	106,3	87,5	86,4	84,0
A. Mineralische Produkte	44,8	31,4	31,2	30,6
B. Chemische Industrie	29,6	29,8	29,6	28,9
C. Herstellung von Metall	27,9	22,2	21,6	20,5
D. Verwendung nichtenergetischer Produkte	0,9	0,6	0,6	0,6
G. sonstige Produktherstellung und -verwendung	0,5	0,4	0,4	0,4
H. sonstige Produktionen (Zellstoff- und Papierherstellung, Nahrungsmittel und Getränke)	2,7	3,0	3,0	3,0
I. Holzverarbeitende Industrie				
L. Handhabung von Schüttgütern				
3. Landwirtschaft	118,0	128,1	128,1	128,0
B. Düngewirtschaft (Stallhaltung und Lagerung)	2,1	2,0	2,0	2,0
D. Landwirtschaftliche Böden (Düngerausbringung)	115,8	126,0	125,9	125,9
I. Lagerung von Gärresten aus Energiepflanzen	0,1	0,2	0,2	0,1
5. Abfall- und Abwasserbehandlung	0,3	0,6	0,6	0,6
B. Bioabfallbehandlung				
C. Abfallverbrennung	0,3	0,6	0,6	0,6
D. Abwasserbehandlung				
E. andere Bereiche				
Nationale Summe berichtspflichtiger Quellgruppen	1577	984	761	632
Summe reduktionspflichtiger Quellgruppen	1459	856	633	504

Tabelle 36: Emissionsprojektion für NMVOC im NEC-Compliance-Szenario (WAM)

Quellgruppen (aggregiert)	NMVOC			
	2005	Projektion		
		2020	2025	2030
	kt	kt	kt	kt
1. Energie	361,1	219,1	198,8	181,5
A. Verbrennungsprozesse	274,8	145,8	125,5	108,3
1. Energiewirtschaft	11,3	10,9	10,3	8,1
2. Verarbeitendes Gewerbe	10,3	6,1	5,7	5,1
3. Verkehr	177,7	72,5	59,3	47,8
<i>davon Straßenverkehr</i>	174,6	70,3	57,2	45,8
4. Übrige Feuerungsanlagen	71,6	54,3	48,6	45,8
<i>davon Gewerbe, Handel, Dienstleistung</i>	4,5	2,7	2,0	1,5
<i>davon Haushalte</i>	42,6	47,8	43,3	41,3
5. Militär und weitere kleine Quellen	3,8	2,1	1,7	1,5
B. Diffuse Emissionen aus Brennstoffen	86,3	73,3	73,3	73,3
1. Feste Brennstoffe	3,0	3,4	3,4	3,4
2. Öl und Gas	83,3	69,8	69,8	69,8
2. Industrieprozesse	758,6	580,9	582,3	595,3
A. Mineralische Produkte	2,5	2,6	2,6	2,6
B. Chemische Industrie	5,4	5,1	5,1	5,1
C. Herstellung von Metall	5,4	5,0	4,9	4,7
D. Verwendung nichtenergetischer Produkte	720,4	543,3	544,8	558,1
G. sonstige Produktherstellung und -verwendung	718,7	542,0	543,5	556,8
H. sonstige Produktionen (Zellstoff- und Papierherstellung, Nahrungsmittel und Getränke)	2,6	2,3	2,3	2,3
I. Holzverarbeitende Industrie	16,3	18,5	18,5	18,5
L. Handhabung von Schüttgütern	5,9	4,1	4,1	4,1
3. Landwirtschaft				
B. Düngewirtschaft (Stallhaltung und Lagerung)	203,1	206,7	204,6	202,5
D. Landwirtschaftliche Böden (Düngerausbringung)	193,9	195,9	193,8	191,6
I. Lagerung von Gärresten aus Energiepflanzen	9,2	10,8	10,8	10,9
5. Abfall- und Abwasserbehandlung				
B. Bioabfallbehandlung	0,2	0,2	0,2	0,2
C. Abfallverbrennung				
D. Abwasserbehandlung	0,0	0,0	0,0	0,0
E. andere Bereiche	0,1	0,1	0,1	0,1
Nationale Summe berichtspflichtiger Quellgruppen	1323	1007	986	980
Summe reduktionspflichtiger Quellgruppen	1121	800	782	777

Tabelle 37: Emissionsprojektion für SO₂ (als SO₂) im NEC-Compliance-Szenario (WAM)

Quellgruppen (aggregiert)	SO _x (als SO ₂)			
	2005	Projektion		
		2020	2025	2030
	kt	kt	kt	kt
1. Energie	381,3	223,4	167,1	129,2
A. Verbrennungsprozesse	377,2	220,3	164,0	126,1
1. Energiewirtschaft	250,6	176,9	136,3	104,8
2. Verarbeitendes Gewerbe	44,2	27,8	18,8	14,6
3. Verkehr	13,2	1,8	1,7	1,6
<i>davon Straßenverkehr</i>	0,8	0,8	0,7	0,7
4. Übrige Feuerungsanlagen	68,9	13,6	7,0	5,0
<i>davon Gewerbe, Handel, Dienstleistung</i>	15,7	3,8	1,8	1,0
<i>davon Haushalte</i>	51,5	9,1	4,8	3,8
5. Militär und weitere kleine Quellen	0,4	0,2	0,1	0,0
B. Diffuse Emissionen aus Brennstoffen	4,0	3,1	3,1	3,1
1. Feste Brennstoffe	1,1	1,0	1,0	1,0
2. Öl und Gas	2,9	2,1	2,1	2,1
2. Industrieprozesse	91,7	80,7	71,3	69,9
A. Mineralische Produkte	17,6	19,8	19,8	19,6
B. Chemische Industrie	26,3	19,9	19,8	19,8
C. Herstellung von Metall	45,2	39,1	29,7	28,6
D. Verwendung nichtenergetischer Produkte	1,7	1,2	1,2	1,2
G. sonstige Produktherstellung und -verwendung	0,1	0,1	0,1	0,1
H. sonstige Produktionen (Zellstoff- und Papierherstellung, Nahrungsmittel und Getränke)	0,8	0,6	0,6	0,6
I. Holzverarbeitende Industrie				
L. Handhabung von Schüttgütern				
3. Landwirtschaft				
B. Düngewirtschaft (Stallhaltung und Lagerung)				
D. Landwirtschaftliche Böden (Düngerausbringung)				
I. Lagerung von Gärresten aus Energiepflanzen				
5. Abfall- und Abwasserbehandlung	0,0	0,1	0,1	0,1
B. Bioabfallbehandlung				
C. Abfallverbrennung	0,0	0,1	0,1	0,1
D. Abwasserbehandlung				
E. andere Bereiche				
Nationale Summe berichts- und reduktionspflichtiger Quellgruppen	473	304	239	199

Tabelle 38: Emissionsprojektion für NH₃ im NEC-Compliance-Szenario (WAM)

Quellgruppen (aggregiert)	NH ₃			
	2005	Projektion		
		2020	2025	2030
	kt	kt	kt	kt
1. Energie	28,0	15,3	13,8	12,4
A. Verbrennungsprozesse	28,0	15,3	13,8	12,4
1. Energiewirtschaft	2,8	2,1	2,0	1,7
2. Verarbeitendes Gewerbe	0,8	0,8	0,7	0,7
3. Verkehr	21,6	10,7	9,9	9,1
<i>davon Straßenverkehr</i>	21,4	10,6	9,7	9,0
4. Übrige Feuerungsanlagen	2,8	1,6	1,2	0,9
<i>davon Gewerbe, Handel, Dienstleistung</i>	0,7	0,6	0,5	0,4
<i>davon Haushalte</i>	2,0	1,0	0,7	0,5
5. Militär und weitere kleine Quellen	0,1	0,0	0,0	0,0
B. Diffuse Emissionen aus Brennstoffen	0,0	0,0	0,0	0,0
1. Feste Brennstoffe	0,0	0,0	0,0	0,0
2. Öl und Gas				
2. Industrieprozesse	13,7	12,5	12,5	12,4
A. Mineralische Produkte	2,9	1,9	1,9	1,9
B. Chemische Industrie	9,2	9,3	9,2	9,2
C. Herstellung von Metall	0,1	0,1	0,1	0,1
D. Verwendung nichtenergetischer Produkte				
G. sonstige Produktherstellung und -verwendung	1,5	1,3	1,3	1,3
H. sonstige Produktionen (Zellstoff- und Papierherstellung, Nahrungsmittel und Getränke)				
I. Holzverarbeitende Industrie				
L. Handhabung von Schüttgütern				
3. Landwirtschaft	580,7	582,3	n. b.	402,5
B. Düngewirtschaft (Stallhaltung und Lagerung)	269,4	267,5	n. b.	n. b.
D. Landwirtschaftliche Böden (Düngerausbringung)	310,1	311,7	n. b.	n. b.
I. Lagerung von Gärresten aus Energiepflanzen	1,2	3,1	n. b.	n. b.
5. Abfall- und Abwasserbehandlung	2,7	3,5	3,5	3,5
B. Bioabfallbehandlung	2,7	3,5	3,5	3,5
C. Abfallverbrennung				
D. Abwasserbehandlung				
E. andere Bereiche				
Nationale Summe berichtspflichtiger Quellgruppen	625	614	n. b.	431
Summe reduktionspflichtiger Quellgruppen (nur für 2020)	614	560		

Tabelle 39: Emissionsprojektion für PM_{2,5} im NEC-Compliance-Szenario (WAM)

Quellgruppen (aggregiert)	PM _{2,5}			
	2005	Projektion		
		2020	2025	2030
	kt	kt	kt	kt
1. Energie	93,2	54,3	46,5	41,7
A. Verbrennungsprozesse	92,1	53,3	45,5	40,7
1. Energiewirtschaft	10,7	8,0	7,6	5,8
2. Verarbeitendes Gewerbe	4,6	2,2	1,4	1,1
3. Verkehr	46,2	21,7	20,2	19,5
<i>davon Straßenverkehr</i>	36,2	16,0	14,6	14,1
4. Übrige Feuerungsanlagen	30,2	21,3	16,2	14,2
<i>davon Gewerbe, Handel, Dienstleistung</i>	2,2	1,0	0,6	0,4
<i>davon Haushalte</i>	20,5	18,6	14,7	13,1
5. Militär und weitere kleine Quellen	0,5	0,1	0,1	0,1
B. Diffuse Emissionen aus Brennstoffen	1,1	1,0	1,0	1,0
1. Feste Brennstoffe	1,0	1,0	1,0	1,0
2. Öl und Gas	0,0	0,0	0,0	0,0
2. Industrieprozesse	31,7	25,3	25,2	25,0
A. Mineralische Produkte	5,5	4,3	4,3	4,2
B. Chemische Industrie	0,3	0,3	0,3	0,3
C. Herstellung von Metall	6,5	2,8	2,8	2,6
D. Verwendung nichtenergetischer Produkte	0,2	0,1	0,1	0,1
G. sonstige Produktherstellung und -verwendung	7,6	7,3	7,3	7,3
H. sonstige Produktionen (Zellstoff- und Papierherstellung, Nahrungsmittel und Getränke)	0,3	0,2	0,2	0,2
I. Holzverarbeitende Industrie	1,0	0,7	0,7	0,7
L. Handhabung von Schüttgütern	10,2	9,5	9,5	9,5
3. Landwirtschaft	4,5	4,6	4,6	4,5
B. Düngewirtschaft (Stallhaltung und Lagerung)	3,9	4,0	3,9	3,9
D. Landwirtschaftliche Böden (Düngerausbringung)	0,7	0,7	0,7	0,7
I. Lagerung von Gärresten aus Energiepflanzen				
5. Abfall- und Abwasserbehandlung	5,6	5,7	5,7	5,7
B. Bioabfallbehandlung				
C. Abfallverbrennung	0,0	0,0	0,0	0,0
D. Abwasserbehandlung				
E. andere Bereiche	5,6	5,7	5,7	5,7
Nationale Summe berichts- und reduktionspflichtiger Quellgruppen	135	90	82	77

8.2 Beschreibung der mit der WAM-Projektion verbundenen Unsicherheiten

Zur Einschätzung der Sensitivität der im vorigen Kapitel dargestellten Ergebnisse im NEC-Compliance-Szenario (WAM) wurden die Projektionen ergänzend zu den auch für dieses Szenario gültigen Unsicherheitsbetrachtungen in Kapitel 5.1.3 jeweils basierend auf den beiden Aktivitätsratenszenarien des Projektionsberichts 2017 durchgeführt.

1. Aktivitätsratenentwicklung im Mit-Maßnahmen-Szenario (MMS) des PB (2017)
2. Aktivitätsratenentwicklung im Mit-Weiteren-Maßnahmen-Szenario (MWMS) des PB (2017)

In Kapitel 5.1.3 wurden diese Berechnungen in gleicher Weise für das Mit-Maßnahmen-Szenario durchgeführt. Es ergeben sich insgesamt vier mögliche Kombinationen.

Tabelle 40: Kombinationen aus Maßnahmenpaketen und Aktivitätsratenszenarien

Szenarien / Maßnahmenpakete	Maßnahmen des WM-Szenarios	Maßnahmen des WAM-Szenarios
MMS (PB, 2017)	✓	✓
MWMS (PB, 2017)	✓	✓

Die berechneten Emissionsentwicklungen sind für NO_x , SO_2 und $\text{PM}_{2,5}$ dargestellt. Das Ergebnis für NMVOC ist aufgrund der geringen Unterschiede der vier möglichen Kombinationen nicht dargestellt. Für Ammoniak wurde aufgrund noch fehlender Ergebnisse im NEC-Compliance-Szenario (WAM) ebenfalls keine Darstellung vorgenommen. In Abbildung 64, Abbildung 65 und Abbildung 66 spannt sich jeweils ein Korridor zwischen konservativster Annahme (Maßnahmen des WM-Szenarios mit Aktivitätsratenentwicklung des MMS aus PB 2017) und der Annahme mit den höchsten Reduktionen (Maßnahmen des WAM-Szenarios mit Aktivitätsratenentwicklung des MWMS aus PB 2017) auf. Diese Bandbreiten offenbaren ein Maß an Unsicherheit der projizierten Einhaltung der Reduktionsverpflichtungen gegenüber abweichenden Aktivitätsratenentwicklungen und nicht rechtzeitig umgesetzten oder nicht wirksamen Maßnahmenoptionen.

Abbildung 62: Bandbreite der Emissionsprognosen für NO_x mit verschiedenen Aktivitätsratenszenarien

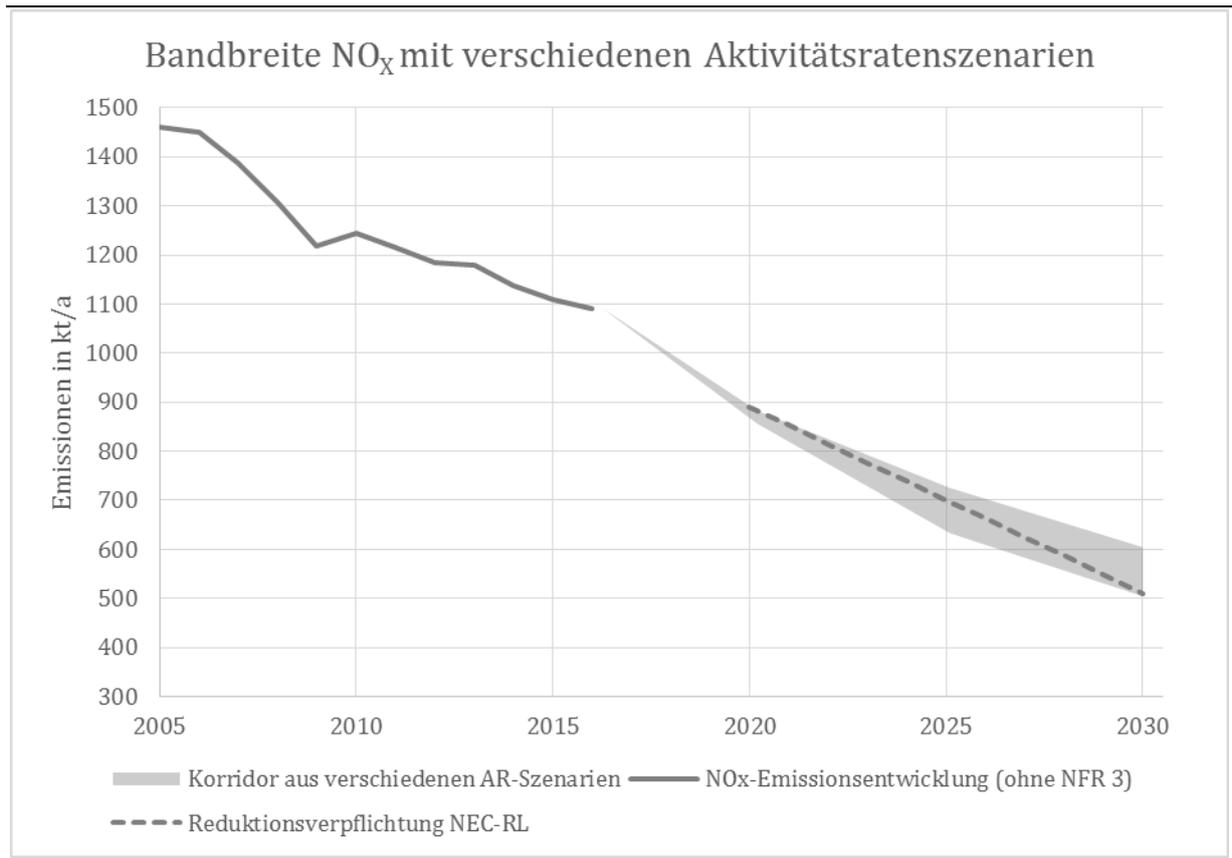


Abbildung 63: Bandbreite der Emissionsprognosen für SO₂ mit verschiedenen Aktivitätsratenszenarien

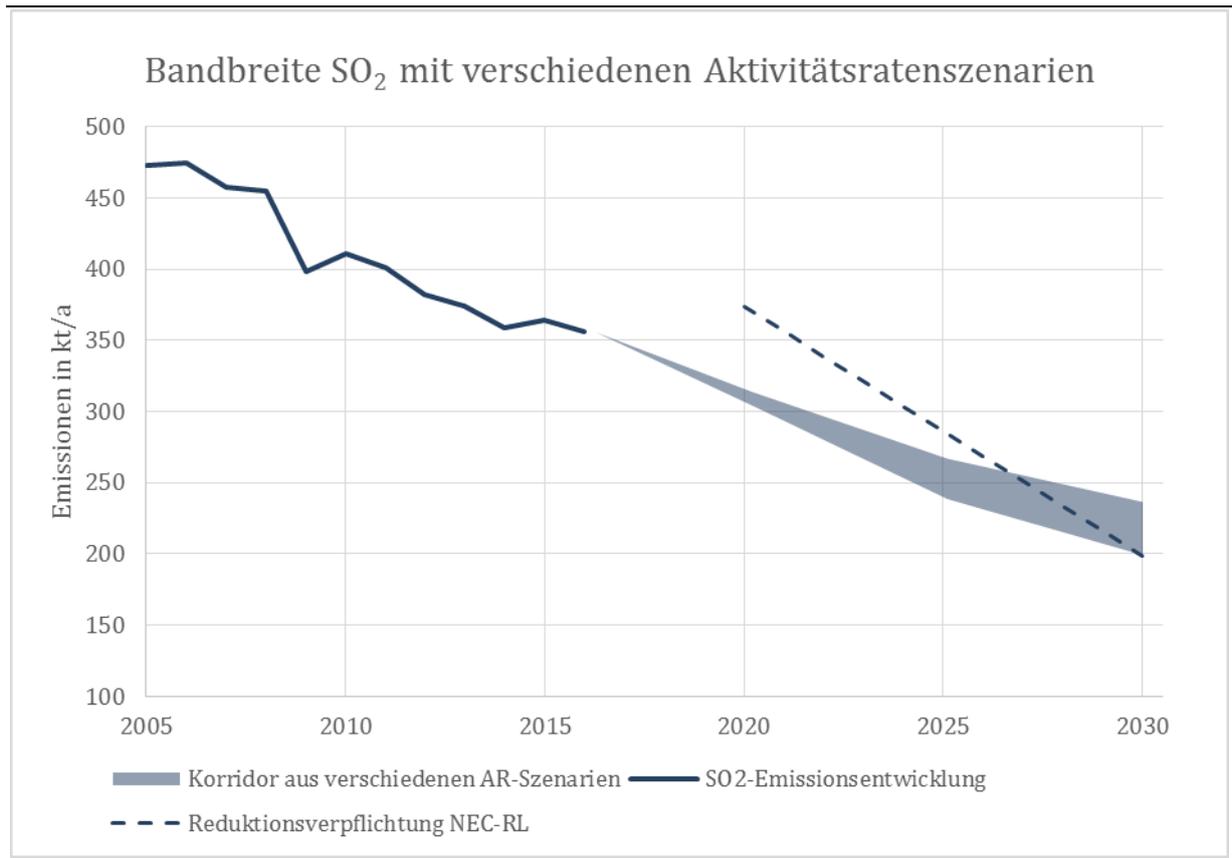
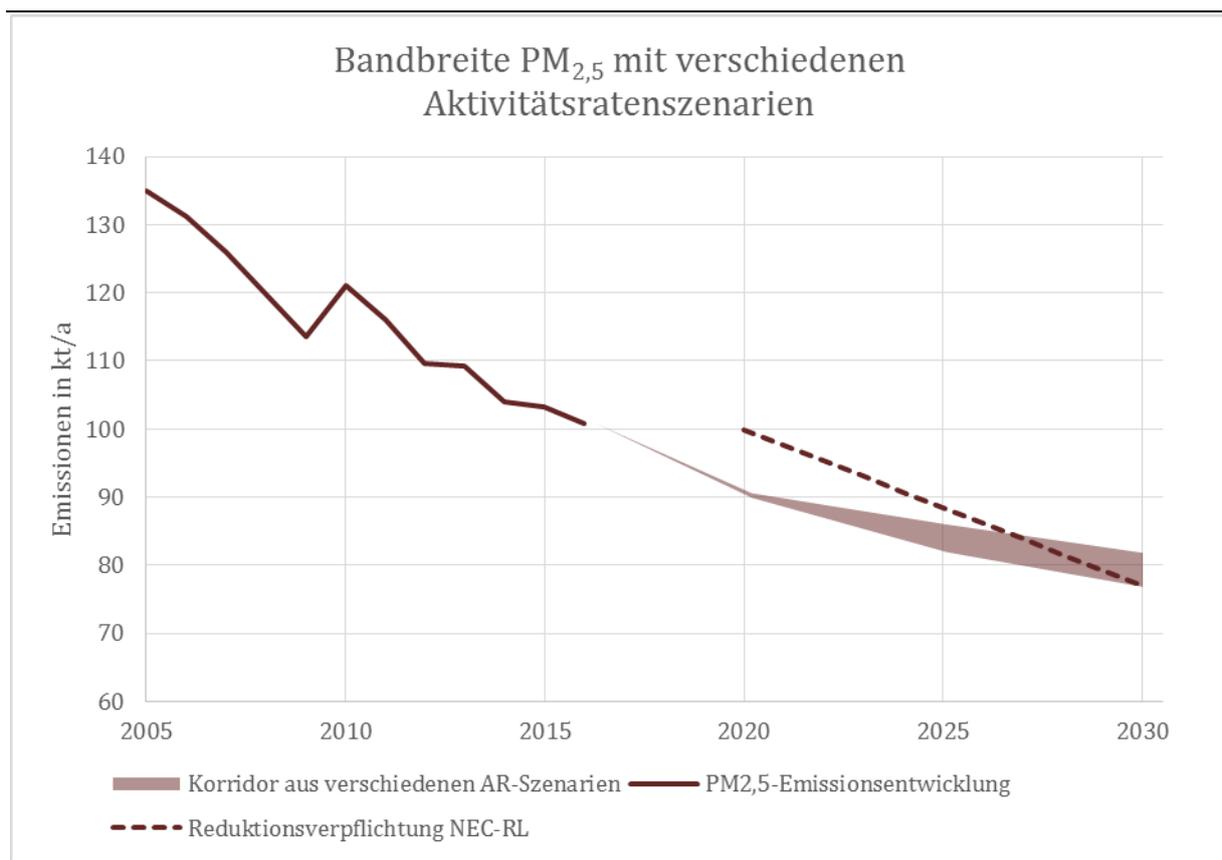


Abbildung 64: Bandbreite der Emissionsprognosen für PM_{2,5} mit verschiedenen Aktivitätsratenszenarien



8.3 Luftqualitätsprognose im NEC-Compliance-Szenario (WAM)

Tabelle 41 zeigt die mittlere Differenz der Jahresmittelwerte je Rasterzelle der für 2005 und für 2030 im NEC-Compliance-Szenario (WAM) modellierten stündlichen Hintergrundkonzentrationen ausgewählter Luftschadstoffe. Bei NO₂, SO₂, PM₁₀, PM_{2,5} und Ozon ergeben sich relativ geringe Unterschiede zum Mit-Maßnahmen-Szenario. Es wird daher auch zur Auswertung der Kartendarstellung auf die erläuternden Texte in Kapitel 5.2 verwiesen. Die Ammoniakkonzentrationen gehen im Gegensatz zu den Modellergebnissen im Mit-Maßnahmen-Szenario zurück. Der Unterschied zwischen den Differenzkarten im WM und WAM ist daher deutlich. Der Rückgang ist vor allem auf die geminderten Emissionen aus der Tierhaltung und Wirtschaftsdüngerausbringung zurückzuführen und daher in Regionen mit hohem Tierbesatz im Nordwesten und Südosten Deutschlands deutlicher als in den übrigen Regionen. Im äußersten Südwesten Deutschlands wird ein leichter Anstieg der Ammoniakkonzentrationen im Jahresmittel modelliert, der vermutlich auf die stark sinkenden NO_x-Emissionen in dieser Region und den damit möglicherweise limitierten Bindungspartner zur sekundären Feinstaubbildung zurückzuführen ist.

Die vorliegenden Berechnungen lassen keine Aussagen über die Entwicklung der lokalen NO₂-Gesamtbelastung zu, da ausschließlich die Hintergrundbelastungen modelliert wurden und keine kleinräumigen Modellierungen vorgenommen wurden. Für Stationen, die 2005 mehr als 7 µg/m³ über dem Jahresgrenzwert von 40 µg/m³ lagen, kann die zukünftige Einhaltung nur mittels

hochauflösenden Hotspot-Modellierungen unter Berücksichtigung der Wirkung nationaler Maßnahmen auf die lokale Zusatzbelastung sowie der Wirkung lokaler Luftreinhaltemaßnahmen und lokalspezifischer sonstiger Entwicklungen, wie beispielsweise der für eine Region vorhergesagten Flottenzusammensetzung, eingeschätzt werden.

Tabelle 41: Differenz der unter gleichen meteorologischen Bedingungen modellierten Jahresmittelwerte der Hintergrundkonzentrationen für 2005 und 2030 im NEC-Compliance-Szenario (WAM)

Schadstoff	absolute Differenz der Jahresmittelwerte 2005 und 2030 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$
NO ₂	-6,7
Ozon	+4,7
NH ₃	-0,8
SO ₂	-1,3
PM ₁₀	-5,4
PM _{2,5}	-5,6

Abbildung 65: Differenz der EURAD-Modellläufe WAM-2030 – 2005 für NO₂ in µg/m³ unter gleichen meteorologischen Bedingungen

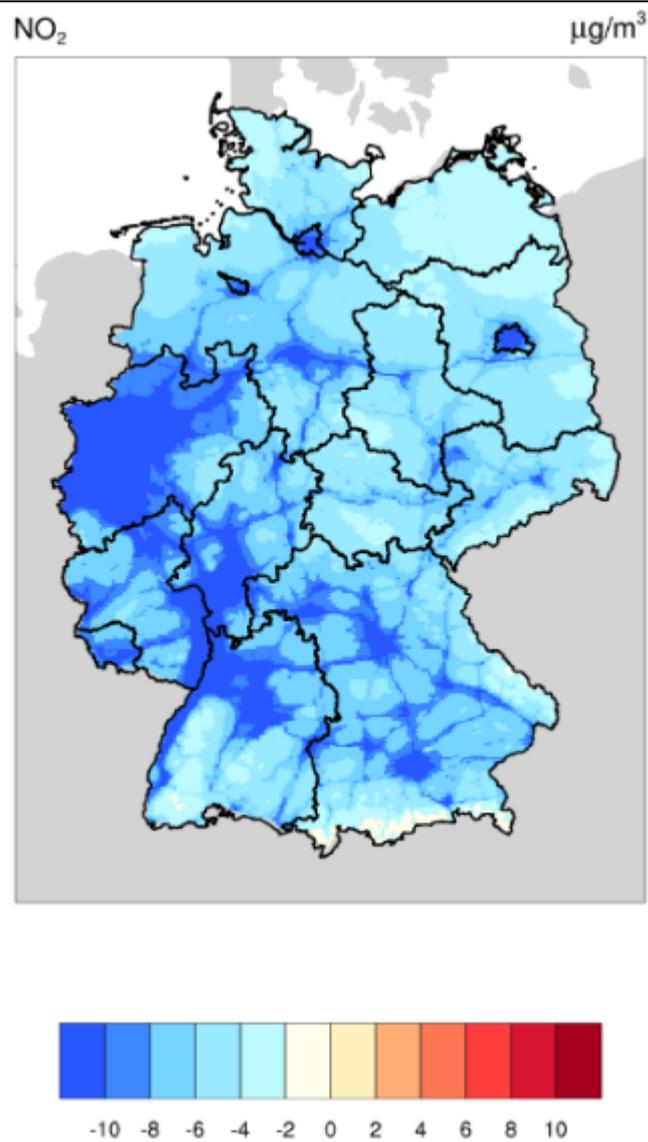


Abbildung 66: Differenz der EURAD-Modellläufe WAM-2030 – 2005 für SO₂ in µg/m³ unter gleichen meteorologischen Bedingungen

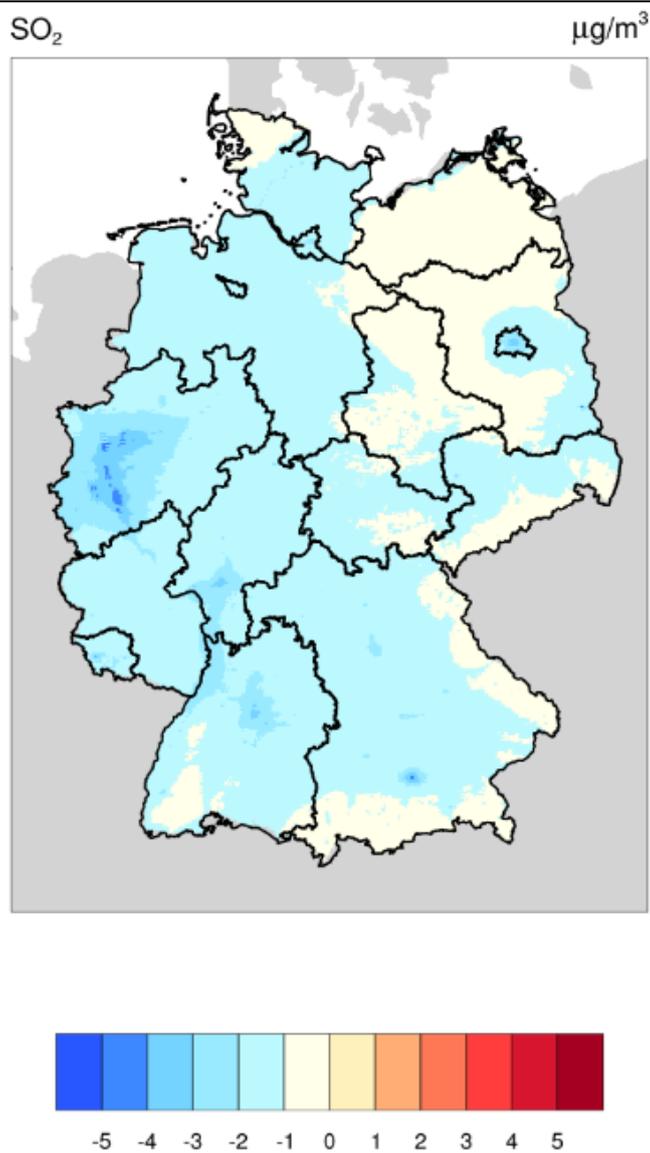


Abbildung 67: Differenz der EURAD-Modellläufe WAM-2030 – 2005 für NH_3 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ unter gleichen meteorologischen Bedingungen



Abbildung 68: Differenz der EURAD-Modellläufe WAM-2030 – 2005 für PM_{2,5} in µg/m³ unter gleichen meteorologischen Bedingungen

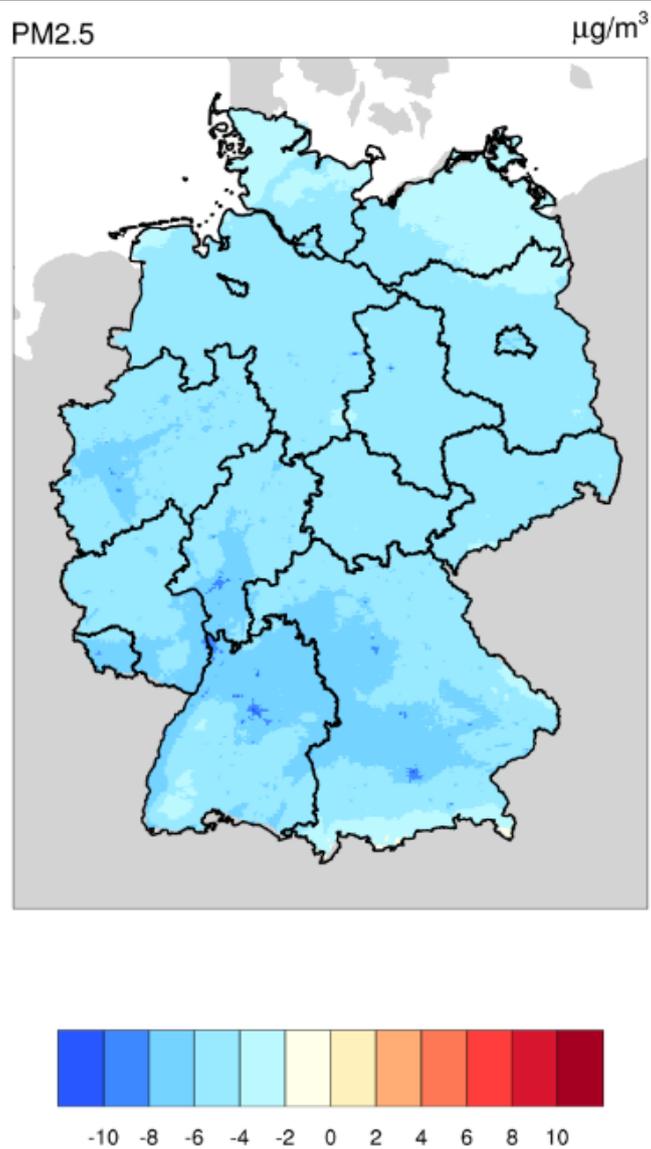


Abbildung 69: Differenz der EURAD-Modellläufe WAM-2030 – 2005 für O₃ in µg/m³ unter gleichen meteorologischen Bedingungen

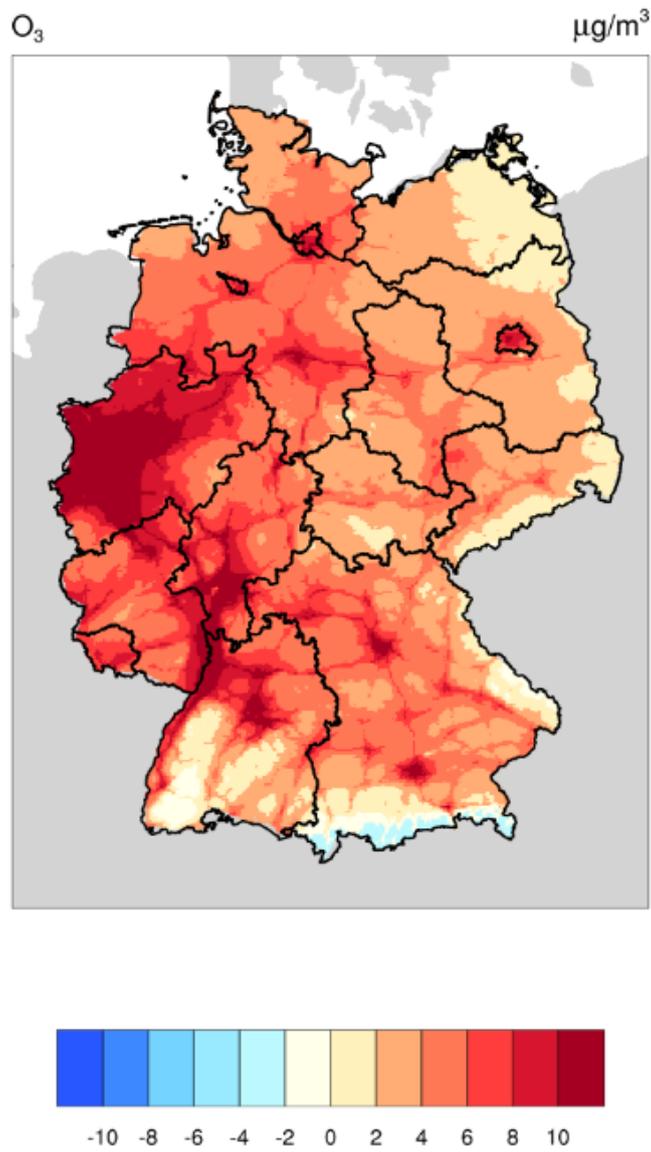
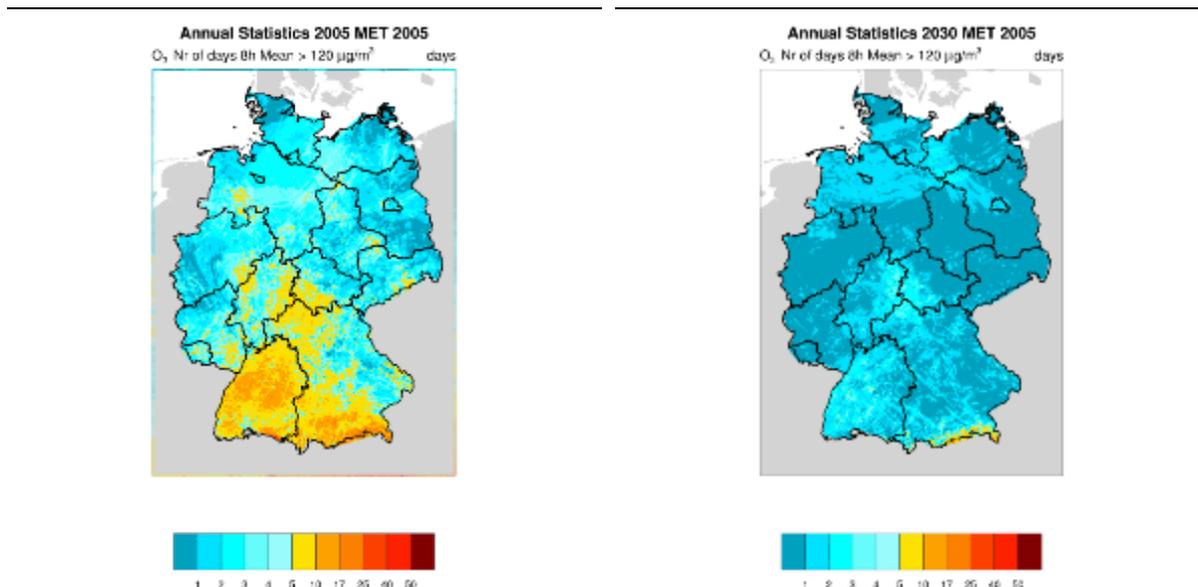


Abbildung 70: Ergebnis der EURAD-Modellläufe 2005 und WAM-2030 für die Anzahl der Überschreitungstage des O₃-Zielwertes unter gleichen meteorologischen Bedingungen



8.4 Prognose der Auswirkungen auf die Umwelt im NEC-Compliance-Szenario (WAM)

Die modellierte Hintergrunddeposition geht im NEC-Compliance-Szenario gegenüber 2005 bei allen untersuchten Verbindungen im Flächendurchschnitt im Jahresmittel zwischen 20 und 66 % zurück. Die Ergebnisse müssen mit weiteren Modellvergleichen validiert werden und sind daher als vorläufig zu betrachten.

Tabelle 42: Modellergebnisse der trockenen und nassen Deposition im NEC-Compliance-Szenario (WAM) und Differenz gegenüber 2005

	2005		NEC-Compliance-Szenario	
			2030	
	Mittlere Deposition	Absolute Differenz	Relative Differenz	
Trockene Deposition	kg/(ha · a)	kg/(ha · a)	kg/(ha · a)	%
NO _x	1,2	0,4	-0,8	-66
SO ₂	1,3	0,7	-0,6	-49
NH ₃	2,6	1,9	-0,7	-25
Nasse Deposition				
NO ₃	3,3	1,9	-1,4	-43
SO ₄	3,9	3,1	-0,8	-20
NH ₄	5,1	3,8	-1,3	-24

9 Referenzen

BNetzA (2017): Monitoringbericht 2017, Bundesnetzagentur Referat 603 und Bundeskartellamt Arbeitsgruppe Energie-Monitoring, 13.12.2017.

DLG, 2018 – Osterburg, B., Rösemann, C., Fuß, R., Wulf, S. (2018): Reduktionsziele. Ammoniak geht alle an. Titelthema Ausgabe April 2018, DLG-Mitteilungen.

EU-Guidance-Dokument, 2018 - Zglobisz, N., Menadue, H., Williamson, T., Dore, C., Goodwin, J. (2018): Guidance on the elaboration and implementation of the initial National Air Pollution Control Programmes under the new National Emissions Ceilings Directive (2016/2284/EU), Service Request 10 under Framework Contract "Air quality and emissions: preparation for country dialogues and guidance for improved planning" ENV.C.3./FRA/2013/0013, Report for the European Commission - DG Environment.

Flemming, J. und Stern, R. (2004): Datenassimilation auf der Basis der Optimalen Interpolation für die Kartierung von Immissionsbelastungen. Beschreibung der Methodik und praktische Anwendung für 2002. Abschlussbericht im Rahmen des Forschungs- und Entwicklungsvorhaben 201 43 250 auf dem Gebiet des Umweltschutzes „Anwendung modellgestützter Beurteilungssysteme für die bundeseinheitliche Umsetzung der EU-Rahmenrichtlinie Luftqualität und ihrer Tochterrichtlinien“, Institut für Meteorologie, Freie Universität Berlin im Auftrag des Umweltbundesamtes, Mai 2004.

IIR, 2018: Informativer Inventarbericht 2018, <https://iir-de.wikidot.com/> (Aufruf:25.06.2018), Umweltbundesamt Deutschland, FG I 2.6.

IPCC, 2006 - Eggleston, S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., and Tanabe K.,(Eds). 2006: IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories IPCC/IGES, Intergovernmental Panel on Climate Change, Hayama, Japan.

PB, 2017: Projektionsbericht der Bundesregierung, <http://www.bmu.de/service/klima-klimaschutz-download/artikel/projektionsbericht-der-bundesregierung-2017/> (Aufruf: 21.06.2018).

Thünen-Report 56 - Offermann, F., Banse, M., Freund, F., Haß, M., Kreins, P., Laquai, V., Osterburg, B., Pelikan, J., Rösemann, C., Salamon, P. (2018): Thünen-Baseline 2017 – 2027: Agrarökonomische Projektionen für Deutschland. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 116 Seiten, Thünen Report 56.

UBA-Texte 04/2013 - Matthes, F.C., Busche, J., Döring, U., Emele, L., Gores, S., Harthan, R.O., Hermann, H., Jörß, W., Loreck, C., Scheffler, M., Hansen, P., Diekmann, J., Horn, M., Eichhammer, W., Elsland, R., Fleiter, T., Schade, W., Schlomann, B., Sensfuß, F., Ziesing, H.-J. (2013): Politikszenerarien für den Klimaschutz VI – Treibhausgas-Emissionsszenarien bis zum Jahr 2030, Forschungskennzahl 370941109, Öko-Institut e.V. im Auftrag des Umweltbundesamtes.

UBA, 2017 - Knörr, W., Heidt, C., Gores, S., Bergk, F. (2017): Aktualisierung „Daten- und Rechenmodell: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2035“ (TREMODO) für die Emissionsberichterstattung 2018 (Berichtsperiode 1990-2016), Projektnummer 81742, Ifeu-Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH, im Auftrag des Umweltbundesamtes, unveröffentlichter Zwischenbericht, 15.11.2017.

WHO, 2006: Air Quality Guidelines: Global update 2005 — Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulphur dioxide, World Health Organization, Regional Office for Europe, Copenhagen.

Anhänge

A Anhang – Emissionsquellen nach Berichtsnomenklatur (NFR – Nomenclature for Reporting)

NFR Code		Longname
1		Energie
	1A	Verbrennungsprozesse
	1A1	Energiewirtschaft
	1A1a	Public electricity and heat production
	1A1b	Petroleum refining
	1A1c	Manufacture of solid fuels and other energy industries
	1A2	Verarbeitendes Gewerbe
	1A2a	Stationary combustion in manufacturing industries and construction: Iron and steel
	1A2b	Stationary combustion in manufacturing industries and construction: Non-ferrous metals
	1A2c	Stationary combustion in manufacturing industries and construction: Chemicals
	1A2d	Stationary combustion in manufacturing industries and construction: Pulp, Paper and Print
	1A2e	Stationary combustion in manufacturing industries and construction: Food processing, beverages and tobacco
	1A2f	Stationary combustion in manufacturing industries and construction: Non-metallic minerals
	1A2gvii	Mobile Combustion in manufacturing industries and construction: (please specify in the IIR)
	1A2gviii	Stationary combustion in manufacturing industries and construction: Other (please specify in the IIR)
	1A3	Verkehr
	1A3ai(i)	International aviation LTO (civil)
	1A3aii(i)	Domestic aviation LTO (civil)
	1A3bi	Road transport: Passenger cars
	1A3bii	Road transport: Light duty vehicles
	1A3biii	Road transport: Heavy duty vehicles and buses
	1A3biv	Road transport: Mopeds & motorcycles
	1A3bv	Road transport: Gasoline evaporation
	1A3bvi	Road transport: Automobile tyre and brake wear
	1A3bvii	Road transport: Automobile road abrasion
	1A3c	Railways
	1A3di(ii)	International inland waterways
	1A3dii	National navigation (shipping)
	1A3ei	Pipeline transport
	1A3eii	Other (please specify in the IIR)
	1A4	Uebrige Feuerungsanlagen
	1A4ai	Commercial/institutional: Stationary
	1A4aii	Commercial/institutional: Mobile
	1A4bi	Residential: Stationary
	1A4bii	Residential: Household and gardening (mobile)

	1A4ci	Agriculture/Forestry/Fishing: Stationary
	1A4cii	Agriculture/Forestry/Fishing: Off-road vehicles and other machinery
	1A4ciii	Agriculture/Forestry/Fishing: National fishing
	1A5	Militär und sonstige Quellen
	1A5a	Other stationary (including military)
	1A5b	Other, Mobile (including military, land based and recreational boats)
	1B	Diffuse Emissionen aus Brennstoffen
	1B1	Feste Brennstoffe
	1B1a	Fugitive emission from solid fuels: Coal mining and handling
	1B1b	Fugitive emission from solid fuels: Solid fuel transformation
	1B1c	Other fugitive emissions from solid fuels
	1B2	Öel und Gas
	1B2ai	Fugitive emissions oil: Exploration, production, transport
	1B2aiv	Fugitive emissions oil: Refining / storage
	1B2av	Distribution of oil products
	1B2b	Fugitive emissions from natural gas (exploration, production, processing, transmission, storage, distribution and other)
	1B2c	Venting and flaring (oil, gas, combined oil and gas)
	1B2d	Other fugitive emissions from energy production
2		Industrieprozesse
	2A	Mineralische Produkte
	2A1	Cement production
	2A2	Lime production
	2A3	Glass production
	2A5a	Quarrying and mining of minerals other than coal
	2A5b	Construction and demolition
	2A5c	Storage, handling and transport of mineral products
	2A6	Other mineral products (please specify in the IIR)
	2B	Chemische Produkte
	2B1	Ammonia production
	2B2	Nitric acid production
	2B3	Adipic acid production
	2B5	Carbide production
	2B6	Titanium dioxide production
	2B7	Soda ash production
	2B10a	Chemical industry: Other (please specify in the IIR)
	2B10b	Storage, handling and transport of chemical products (please specify in the IIR)
	2C	Herstellung von Metall
	2C1	Iron and steel production
	2C2	Ferroalloys production
	2C3	Aluminium production
	2C4	Magnesium production

	2C5	Lead production
	2C6	Zinc production
	2C7a	Copper production
	2C7b	Nickel production
	2C7c	Other metal production (please specify in the IIR)
	2C7d	Storage, handling and transport of metal products (please specify in the IIR)
	2D	Verwendung nichtenergetischer Produkte
	2D3a	Domestic solvent use including fungicides
	2D3b	Road paving with asphalt
	2D3c	Asphalt roofing
	2D3d	Coating applications
	2D3e	Degreasing
	2D3f	Dry cleaning
	2D3g	Chemical products
	2D3h	Printing
	2D3i	Other solvent use (please specify in the IIR)
	2G	Other product use (please specify in the IIR)
	2H	sonstige Produktionen
	2H1	Pulp and paper industry
	2H2	Food and beverages industry
	2H3	Other industrial processes (please specify in the IIR)
	2I	Wood processing
	2J	Production of POPs
	2K	Consumption of POPs and heavy metals (e.g. electrical and scientific equipment)
	2L	Other production, consumption, storage, transportation or handling of bulk products (please specify in the IIR)
3		Landwirtschaft
	3B	Düngerwirtschaft (Stallhaltung und Lager)
	3B1a	Manure management - Dairy cattle
	3B1b	Manure management - Non-dairy cattle
	3B2	Manure management - Sheep
	3B3	Manure management - Swine
	3B4a	Manure management - Buffalo
	3B4d	Manure management - Goats
	3B4e	Manure management - Horses
	3B4f	Manure management - Mules and asses
	3B4gi	Manure management - Laying hens
	3B4gii	Manure management - Broilers
	3B4giii	Manure management - Turkeys
	3B4giv	Manure management - Other poultry
	3B4h	Manure management - Other animals (please specify in IIR)

3D		Landwirtschaftliche Böden (Düngerausbringung)
	3Da1	Inorganic N-fertilizers (includes also urea application)
	3Da2a	Animal manure applied to soils
	3Da2b	Sewage sludge applied to soils
	3Da2c	Other organic fertilisers applied to soils (including compost)
	3Da3	Urine and dung deposited by grazing animals
	3Da4	Crop residues applied to soils
	3Db	Indirect emissions from managed soils
	3Dc	Farm-level agricultural operations including storage, handling and transport of agricultural products
	3Dd	Off-farm storage, handling and transport of bulk agricultural products
	3De	Cultivated crops
	3Df	Use of pesticides
3F		Field burning of agricultural residues
3I		Agriculture other (please specify in the IIR)
5		Abfall- und Abwasserbehandlung
	5A	Biological treatment of waste - Solid waste disposal on land
	5B	Bioabfallbehandlung
	5B1	Biological treatment of waste - Composting
	5B2	Biological treatment of waste - Anaerobic digestion at biogas facilities
	5C	Abfallverbrennung
	5C1a	Municipal waste incineration
	5C1bi	Industrial waste incineration
	5C1bii	Hazardous waste incineration
	5C1biii	Clinical waste incineration
	5C1biv	Sewage sludge incineration
	5C1bv	Cremation
	5C1bvi	Other waste incineration (please specify in the IIR)
	5C2	Open burning of waste
	5D	Abwasserbehandlung
	5D1	Domestic wastewater handling
	5D2	Industrial wastewater handling
	5D3	Other wastewater handling
	5E	Other waste (please specify in IIR)

B Anhang – Emissionsdaten zu Kapitel 4.1.1

SO₂-Emissionen in Deutschland 2005-2016 (in kt)

Quellkategorien	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Energiewirtschaft	250,6	252,1	255,0	237,1	228,3	231,7	233,2	233,0	232,1	221,1	217,2	211,6
Verarbeitendes Gewerbe	44,2	43,3	43,8	47,4	39,5	38,6	35,1	31,2	30,6	30,5	40,8	40,9
Verkehr	13,2	8,7	9,1	8,9	7,3	5,3	4,7	4,9	4,8	4,8	1,7	1,9
Haushalte und Kleinverbraucher	68,9	73,9	52,7	66,7	46,5	48,8	38,9	27,7	20,8	19,1	21,3	21,2
Militär	0,4	0,4	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Diffuse Emissionen von Brennstoffen	4,0	3,9	3,5	3,4	3,0	3,0	3,2	3,1	2,9	3,0	3,1	3,1
Industrieprozesse	91,7	92,0	93,3	90,6	73,0	83,2	85,3	82,3	82,7	80,3	79,7	76,9
Abfall	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Gesamtemissionen	473	474	458	454	398	411	401	382	374	359	364	356

NO_x-Emissionen in Deutschland 2005-2016 (in kt)

Quellkategorien	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Energiewirtschaft	289,1	297,7	312,9	305,3	296,7	313,5	316,1	307,9	311,1	299,8	294,4	294,7
Verarbeitendes Gewerbe	103,3	104,1	104,5	104,5	97,6	104,0	102,9	92,2	88,7	88,3	88,7	88,2
Verkehr	806,5	785,9	726,2	648,8	597,9	582,2	566,2	552,0	548,4	531,3	505,3	486,2
Haushalte und Kleinverbraucher	142,0	145,7	124,9	138,9	133,5	144,2	131,7	134,8	135,8	123,3	126,9	129,4
Militär	11,0	8,5	7,4	6,8	6,7	6,5	5,9	5,5	5,1	5,0	4,6	4,6
Diffuse Emissionen von Brennstoffen	1,2	1,1	1,2	1,2	1,1	1,1	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0
Industrieprozesse	106,3	107,0	109,5	100,7	84,1	91,2	92,5	89,7	88,9	89,1	86,9	85,9
Landwirtschaft	118,0	118,1	112,2	121,2	112,5	114,3	124,6	120,2	122,9	125,0	131,0	126,4
Abfall	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5
Gesamtemissionen	1.578	1.568	1.499	1.428	1.331	1.357	1.341	1.304	1.302	1.263	1.239	1.217

NO_x-Emissionen des Verkehrs 2005-2016 in Deutschland (in kt)

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Pkw - Ottokraftstoff	138,1	119,0	104,9	83,9	72,8	61,9	56,3	48,5	44,4	41,4	37,1	35,1
Pkw - Diesel	139,3	143,6	148,2	148,7	153,4	158,9	172,6	179,6	195,8	211,2	210,3	213,7
Pkw - sonstige	0,2	0,4	0,6	1,0	1,4	1,3	1,4	1,4	1,3	1,2	1,0	1,0
Leichte Nutzfahrzeuge	44,3	44,6	43,5	40,4	38,5	36,8	36,6	35,0	35,1	35,6	35,0	34,6
Schwere Nutzfahrzeuge (inkl. Busse)	412,6	410,0	361,2	307,4	267,9	261,3	236,3	228,3	213,6	184,2	167,3	143,9
Motorisierte Zweiräder	3,6	3,5	3,1	3,1	3,0	2,9	3,0	2,9	2,9	3,0	2,8	2,8
Schienenverkehr	20,6	18,7	18,0	17,4	15,4	15,4	15,9	13,3	12,9	11,6	11,9	10,9
Küsten- und Binnenschifffahrt	32,1	29,7	30,6	30,0	29,1	27,6	28,3	28,3	28,4	29,9	26,4	30,2
Weitere mobile Quellen	4,3	4,8	3,9	4,1	3,9	3,4	3,1	2,7	2,7	1,8	1,4	1,4
Inländischer Flugverkehr	11,4	11,6	12,1	12,8	12,5	12,6	12,8	12,1	11,3	11,5	12,1	12,5
Verkehr gesamt	806	786	726	649	598	582	566	552	548	531	505	486

NMVOE-Emissionen in Deutschland 2005-2016 (in kt)

Quellkategorien	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Energiewirtschaft	11,3	12,3	13,4	13,4	13,0	13,3	13,5	11,8	11,8	11,3	10,8	10,7
Verarbeitendes Gewerbe	10,3	10,2	10,0	10,5	9,2	9,4	9,7	7,6	7,5	8,2	9,9	10,2
Verkehr	177,7	172,9	154,9	136,2	126,9	117,9	114,0	106,2	103,7	102,5	96,9	96,5
Haushalte und Kleinverbraucher	71,6	72,7	71,7	71,8	71,2	82,4	74,6	62,5	62,1	54,7	61,0	63,5
Militär	3,8	3,1	2,6	2,6	2,7	2,5	2,5	2,1	2,1	2,0	1,9	1,8
Diffuse Emissionen von Brennstoffen	86,3	85,1	82,2	81,4	79,8	78,6	74,8	74,5	72,4	71,4	72,2	72,6
Industrieprozesse	758,6	779,5	734,6	692,1	607,9	724,4	655,0	650,3	636,3	568,1	579,0	592,2
Landwirtschaft	203,1	199,3	200,1	204,1	204,5	201,2	200,7	204,1	208,7	210,3	207,0	204,1
Abfall	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Gesamtemissionen	1.323	1.335	1.270	1.212	1.115	1.230	1.145	1.119	1.105	1.029	1.039	1.052

NMVOE-Emissionen des Verkehrs 2005-2016 in Deutschland (in kt)

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Pkw - Ottokraftstoff	102,4	90,9	83,4	73,2	68,1	62,6	60,5	55,7	54,3	53,6	50,5	50,2
Pkw - Diesel	8,4	7,9	7,5	6,8	6,6	6,3	6,2	5,8	5,9	6,1	6,1	6,5
Leichte Nutzfahrzeuge	5,4	4,9	4,3	3,3	2,8	2,4	2,2	1,9	1,7	1,6	1,5	1,4
Schwere Nutzfahrzeuge (inkl. Busse)	19,7	19,1	16,1	12,6	10,3	9,3	7,7	6,9	6,1	5,2	4,9	4,5
Motorisierte Zweiräder	26,8	26,8	22,9	23,0	22,8	21,7	21,8	21,1	21,0	21,0	19,5	19,2
NMVOE aus verdunstetem Kraftstoff	11,8	20,3	17,9	14,5	13,7	13,0	12,9	12,3	12,4	12,6	12,2	12,4
sonstige	3,2	2,9	2,9	2,9	2,7	2,6	2,8	2,5	2,4	2,4	2,3	2,3
Verkehr gesamt	178	173	155	136	127	118	114	106	104	102	97	96

NH₃-Emissionen in Deutschland 2005-2016 (in kt)

Quellkategorien	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Energiewirtschaft	2,8	2,8	2,8	2,7	2,7	2,7	2,7	2,6	2,6	2,5	2,5	2,5
Verarbeitendes Gewerbe	0,8	0,8	0,9	0,8	0,8	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Verkehr	21,6	20,4	19,4	18,1	17,0	15,5	15,0	13,7	13,1	12,8	11,9	12,0
Haushalte und Kleinverbraucher	2,8	3,0	1,9	2,7	2,4	2,5	2,1	2,2	2,4	2,0	2,0	2,0
Militär	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Industrieprozesse	13,7	15,3	13,9	13,3	12,7	12,9	13,2	13,1	13,0	12,8	12,6	12,6
Tierhaltung (Stall und Lager)	269,4	265,7	268,8	269,0	269,8	263,2	263,6	267,6	268,9	270,8	267,0	264,5
Düngerausbringung inkl. Weidegang	310,1	313,5	315,4	321,6	335,1	322,2	351,7	337,3	352,6	353,0	366,6	361,4
Landwirtschaft - Andere	1,2	1,6	2,0	2,2	2,6	3,0	3,4	2,9	3,3	3,2	3,3	3,3
Abfall	2,7	2,7	2,9	2,8	2,9	2,8	3,1	3,3	3,2	3,4	3,5	3,5
Gesamtemissionen	625	626	628	633	646	626	656	643	660	662	670	663

PM_{2,5}-Emissionen in Deutschland 2005-2016 (in kt)

Quellkategorien	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Energiewirtschaft	10,7	10,7	11,1	10,6	10,2	10,2	10,3	9,5	9,7	9,4	9,3	9,1
Verarbeitendes Gewerbe	4,6	4,3	4,2	4,0	3,7	3,6	3,7	3,3	3,2	3,5	3,6	3,6
Verkehr	46,2	43,2	40,9	37,3	33,5	31,6	30,5	29,1	27,9	27,2	25,6	25,0
Haushalte und Kleinverbraucher	30,2	30,6	28,5	30,0	30,5	37,4	32,2	28,8	29,4	24,8	26,0	26,6
Militär	0,5	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2
Diffuse Emissionen von Brennstoffen	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9
Industrieprozesse	31,7	31,0	29,8	26,4	24,3	27,0	28,1	27,7	27,7	27,5	27,3	25,2
Landwirtschaft	4,5	4,5	4,5	4,6	4,6	4,5	4,5	4,6	4,7	4,7	4,6	4,6
Abfall	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,5	5,5	5,5	5,6	5,6	5,7
Gesamtemissionen	135	131	126	120	114	121	116	110	109	104	103	101

PM_{2,5}-Emissionen des Verkehrs 2005-2016 in Deutschland (in kt)

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Pkw - Ottokraftstoff	1,8	1,7	1,5	1,4	1,2	1,1	1,0	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8
Pkw - Diesel	10,5	9,3	8,4	7,2	6,3	5,6	5,1	4,4	4,0	3,7	3,2	3,0
Pkw - sonstige	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Leichte Nutzfahrzeuge	3,5	3,4	3,2	2,8	2,6	2,4	2,2	1,9	1,7	1,5	1,2	1,1
Schwere Nutzfahrzeuge (inkl. Busse)	9,2	9,1	7,8	6,3	5,3	5,0	4,3	4,0	3,7	3,1	2,8	2,4
Motorisierte Zweiräder	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5
Schienenverkehr	4,6	4,7	4,7	4,8	4,2	4,3	4,3	4,3	4,1	4,4	4,5	4,4
Küsten- und Binnenschifffahrt	5,2	3,6	3,7	3,5	2,6	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	1,0	1,2
Weitere mobile Quellen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Inländischer Flugverkehr	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Emissionen aus Reifen- & Bremsabrieb	6,6	6,7	6,8	6,8	6,7	6,8	7,0	6,9	7,0	7,1	7,3	7,4
Emissionen aus Straßenabrieb	3,7	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,9	3,9	3,9	4,0	4,1	4,1
Verkehr Gesamt	46	43	41	37	34	32	30	29	28	27	26	25

