Nationales Luftreinhalteprogramm der Bundesrepublik Deutschland

nach Artikel 6 und Artikel 10 der Richtlinie (EU) 2016/2284 über die Reduktion der nationalen Emissionen bestimmter Luftschadstoffe

sowie

nach §§ 4 und 16 der Verordnung über nationale Verpflichtungen zur Reduktion bestimmter Luftschadstoffe (43. BImSchV)

Titel des Programms	Nationales Luftreinhalteprogramm
Datum	22. Mai 2019 (Kabinettbeschluss)
Mitgliedstaat	Deutschland
Name der für die Erstellung des Programmes 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 Website, auf der das Programm veröffentlicht wird	https://www.umweltbundesamt.de/nlrp2019
Link zu der Website der Konsultation im Zusammenhang mit dem Programm	https://www.bmu.de/meldung/beteiligung-der-oeffentlichkeit-im-rahmen-der-erstellung-des-nationalen-luftreinhalteprogramms/

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis **5**
Tabellenverzeichnis **7**
Abkürzungsverzeichnis **9**

Vorwort **10**

1 Einführung **11**
1.1 Nationale Emissionsreduktionsverpflichtungen – ein Instrument zur Verbesserung der Luftqualität und zur Verminderung der Belastung von Ökosystemen **11**
1.1.1 Luftschadstoffe **11**
1.1.2 Emissionsreduktionsverpflichtungen **12**
1.1.3 Szenarien, Strategien und Maßnahmen **13**
1.1.3.1 Definitionen 13
1.1.3.2 Methodik 15
1.1.4 Bedeutung für die Luftqualität **17**

2 Politischer Rahmen für Luftqualität und Luftreinhaltung **19**
2.1 Politische Prioritäten und ihre Beziehung zu Prioritäten in anderen relevanten Politikbereichen **19**
2.2 Zuständigkeiten der nationalen, regionalen und lokalen Behörden **20**

3 Mit den derzeitigen Strategien und Maßnahmen erzielte Fortschritte bei der Emissionsreduktion und der Verbesserungen der Luftqualität; Umfang der Einhaltung von nationalen und Unionsverpflichtungen, bezogen auf das Jahr 2005 **21**
3.1 Entwicklung der Emissionen von 2005 bis 2016 nach Emissionsberichterstattung 2018, Einhaltung von nationalen und EU-Regelungen **21**
3.1.1 Entwicklung der Emissionen von 2005 bis 2016 gemäß Emissionsberichterstattung 2018 **21**
3.1.1.1 Entwicklung der Emissionen – Überblick 21
3.1.1.2 Entwicklung der SO_2-Emissionen 2005 – 2016 24
3.1.1.3 Entwicklung der NO_X-Emissionen 2005 – 2016 25
3.1.1.4 Entwicklung der NMVOC-Emissionen 2005 – 2016 28
3.1.1.5 Entwicklung der NH_3-Emissionen 2005 – 2016 31
3.1.1.6 Entwicklung der $PM_{2,5}$-Emissionen 2005 – 2016 33
3.1.2 Einhaltung gültiger Emissionsreduktionsverpflichtungen **35**
3.2 Entwicklung der Luftqualität 2005-2016 **37**
3.2.1 Entwicklung der Luftqualität 2005-2016 - Einhaltung von nationalen und EU-Regelungen **37**
3.2.1.1 Methodik zur Beurteilung der Entwicklung der Luftqualität 37
3.2.1.2 Entwicklung der NO_2-Konzentrationen 38
3.2.1.3 NO_2-Überschreitungssituation 39
3.2.1.4 Entwicklung der PM_{10}-Konzentrationen 42
3.2.1.5 PM_{10}-Überschreitungssituation 44
3.2.1.6 Entwicklung der $PM_{2,5}$-Konzentrationen 47
3.2.1.7 Entwicklung der O_3-Konzentrationen 48
3.2.1.8 O_3-Überschreitungssituation 51
3.2.1.9 CO-Überschreitungssituation 53
3.2.1.10 SO_2-Überschreitungssituation 53
3.2.2 Entwicklung der Luftqualität 2005-2015 – Ergebnisse der Ausbreitungsmodellierung **54**
3.2.2.1 Methodik 54
3.2.2.2 Modellierte Hintergrund-NO_2-Konzentrationen 54
3.2.2.3 Modellierte Hintergrund-SO_2-Konzentrationen 55
3.2.2.4 Modellierte Hintergrund-NH_3-Konzentrationen 56
3.2.2.5 Modellierte Hintergrund-$PM_{2,5}$-Konzentrationen 57
3.2.2.6 Modellierte Hintergrund-O_3-Konzentrationen 59
3.2.2.7 Zusammenfassung der Ergebnisse der Ausbreitungsmodellierung 60
3.3 Beurteilung der Entwicklung des grenzüberschreitenden Transports von Luftschadstoffen aus und nach Deutschland **61**

4 Voraussichtliche künftige Entwicklung ohne Änderung bereits verabschiedeter Strategien und Maßnahmen 62
4.1 Emissionsprojektion bis 2030 und Bewertung der Emissionsreduktion gegenüber 2005 im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM) 62
4.1.1 Mit-Maßnahmen-Szenario (WM) 62
4.1.1.1 Aktivitätsratenentwicklung - allgemein 62
4.1.1.2 weitere Trendprognosen – Luftreinhaltung 64
4.1.2 Emissionsprojektion bis 2030 im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM) 67
4.1.3 Beschreibung der mit der Emissionsprojektion im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM) verbundenen Unsicherheiten 74
4.2 Beschreibung der voraussichtlichen Verbesserung der Luftqualität im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM – With Measures) 76
4.2.1 Modellierte Hintergrund-NO_2-Konzentrationen 76
4.2.2 Modellierte Hintergrund-SO_2-Konzentrationen 77
4.2.3 Modellierte Hintergrund-NH_3-Konzentrationen 78
4.2.4 Modellierte Hintergrund-$PM_{2,5}$-Konzentrationen 79
4.2.5 Modellierte Hintergrund-O_3-Konzentrationen 80
4.2.6 Zusammenfassung der Ergebnisse der Ausbreitungsmodellierung 82

5 Strategie- und Maßnahmenoptionen zur Einhaltung der Emissionsreduktionsverpflichtungen ab 2020 und ab 2030 sowie der indikativen Zwischenziele ab 2025 83
5.1 Weiterführende Maßnahmenoptionen Klimaschutz 83
5.2 Weiterführende Maßnahmenoptionen - NO_X 85
5.3 weiterführende Maßnahmenoptionen - NMVOC 86
5.4 weiterführende Maßnahmenoptionen – SO_2 87
5.5 weiterführende Maßnahmenoptionen – $PM_{2,5}$ 88
5.6 weiterführende Maßnahmenoptionen – NH_3 88
5.7 Minderungspotenziale der weiterführenden Maßnahmenoptionen 93
5.8 Weitere Informationen zu Maßnahmen im Bereich Landwirtschaft 94

6 Strategien und Maßnahmen (inkl. Zeitplan für Annahme der Maßnahme, Implementierung und Erfolgskontrolle sowie zuständige Stelle) 95
6.1 Bericht der zur Umsetzung ausgewählten Strategien und Maßnahmen (inkl. zuständige Stellen) 95
6.2 Bewertung der Kohärenz mit Plänen und Programmen in anderen Politikfeldern 95

7 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) 97
7.1 Emissionsprojektion bis 2030 und Bewertung der Emissionsreduktion gegenüber 2005 im NEC-Compliance-Szenario (WAM) 97
7.2 Beschreibung der mit der WAM-Projektion verbundenen Unsicherheiten 104
7.3 Beschreibung der voraussichtlichen Verbesserung der Luftqualität im NEC-Compliance-Szenario (WAM) 105
7.4 Prognose der Auswirkungen auf die Umwelt im NEC-Compliance-Szenario (WAM) 111

8 Referenzen 112

Anhänge 113
A Anhang – Emissionsquellen nach Berichtsnomenklatur (NFR – Nomenclature for Reporting) 113
B Anhang – Emissionsdaten zu Kapitel 3.1.1 117

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Entwicklung der Emissionen von SO_2, NO_X, NMVOC, NH_3 und $PM_{2,5}$ von 1990 bis 2016 22
Abbildung 2: Emissionen von SO_2, NO_X, NMVOC, NH_3 und $PM_{2,5}$ von 2005 bis 2016 (Quelle: Emissionsberichterstattung 2018) 22
Abbildung 3: Entwicklung der SO_2-Emissionen von 2005-2016 in Deutschland 24
Abbildung 4: Entwicklung der NO_X-Emissionen von 2005-2016 in Deutschland 25
Abbildung 5: NO_X-Emissionen des Verkehrs 2005-2016 in Deutschland 27
Abbildung 6: Entwicklung der NMVOC-Emissionen von 2005-2016 in Deutschland 28
Abbildung 7: NMVOC-Emissionen des Verkehrs von 2005-2016 in Deutschland 29
Abbildung 8: Entwicklung der NH_3-Emissionen von 2005-2016 in Deutschland 32
Abbildung 9: Entwicklung der $PM_{2,5}$-Emissionen von 2005-2016 in Deutschland 33
Abbildung 10: $PM_{2,5}$-Emissionen des Verkehrs von 2005-2016 in Deutschland 34
Abbildung 11: Entwicklung der Jahresmittelwerte der gemessenen NO_2-Konzentrationen 38
Abbildung 12: Modellierte Konzentrationskarten zur Entwicklung der Jahresmittelwerte der gemessenen NO_2-Konzentrationen mit Punktinformationen der Messwerte der verkehrsnahen Stationen 39
Abbildung 13: Darstellung der Entwicklung der Überschreitungssituation für NO_2 nach Beurteilungsgebieten (Jahresmittelwert) 40
Abbildung 14: Darstellung der Entwicklung der Überschreitungssituation für NO_2 nach Beurteilungsgebieten (Stundenmittelwert) 42
Abbildung 15: Entwicklung der Jahresmittelwerte der gemessenen PM_{10}-Konzentrationen 43
Abbildung 16: Modellierte Konzentrationskarten zur Entwicklung der Jahresmittelwerte der gemessenen PM_{10}-Konzentrationen mit Punktinformationen der Messwerte der verkehrs- und industrienahen Stationen 44
Abbildung 17: Darstellung der Entwicklung der Überschreitungssituation für PM_{10} nach Beurteilungsgebieten (Tagesmittelwert) 45
Abbildung 18: Darstellung des Average Exposure Indicator (AEI) für $PM_{2,5}$ seit 2010 47
Abbildung 19: Entwicklung der höchsten täglichen 8-Stunden-Mittelwerte für O_3 49
Abbildung 20: Entwicklung der 3-Jahresmittelwerte der höchsten täglichen 8-Stunden-Mittelwerte für O_3 50
Abbildung 21: Modellierte Konzentrationskarten zur Entwicklung der 3-Jahresmittelwerte der gemessenen O_3-Konzentrationen 51
Abbildung 22: Darstellung der Entwicklung der Überschreitungssituation für O_3 nach Beurteilungsgebieten (Zielwert) 53
Abbildung 23: Differenz der EURAD-Modelläufe 2015 – 2005 für NO_2 in µg/m³ unter gleichen meteorologischen Bedingungen 55
Abbildung 24: Differenz der EURAD-Modelläufe 2015 – 2005 für SO_2 in µg/m³ unter gleichen meteorologischen Bedingungen 56
Abbildung 25: Differenz der EURAD-Modelläufe 2015 – 2005 für NH_3 in µg/m³ unter gleichen meteorologischen Bedingungen 57
Abbildung 26: Differenz der EURAD-Modelläufe 2015 – 2005 für $PM_{2,5}$ in µg/m³ unter gleichen meteorologischen Bedingungen 58
Abbildung 27: Differenz der EURAD-Modelläufe 2015 – 2005 für O_3 in µg/m³ unter gleichen meteorologischen Bedingungen 59
Abbildung 28: Ergebnis der EURAD-Modelläufe 2005 und 2015 für die Anzahl der Überschreitungstage des O_3-Zielwertes unter gleichen meteorologischen Bedingungen 60

Abbildung 29: Komponentenanalyse für die Entwicklung der energiebedingten Treibhausgasemissionen im Projektionsbericht der Bundesregierung 2017 (PB, 2017, S.272) 75
Abbildung 30: Differenz der EURAD-Modelläufe WM-2030 – 2005 für NO_2 in µg/m³ unter gleichen meteorologischen Bedingungen 77
Abbildung 31: Differenz der EURAD-Modelläufe WM-2030 – 2005 für SO_2 in µg/m³ unter gleichen meteorologischen Bedingungen 78
Abbildung 32: Differenz der EURAD-Modelläufe WM-2030 – 2005 für NH_3 in µg/m³ unter gleichen meteorologischen Bedingungen 79
Abbildung 33: Differenz der EURAD-Modelläufe WM-2030 – 2005 für $PM_{2,5}$ in µg/m³ unter gleichen meteorologischen Bedingungen 80
Abbildung 34: Differenz der EURAD-Modelläufe WM-2030 – 2005 für O_3 in µg/m³ unter gleichen meteorologischen Bedingungen 81
Abbildung 35: Ergebnis der EURAD-Modelläufe 2005 und WM-2030 für die Anzahl der Überschreitungstage des O_3-Zielwertes unter gleichen meteorologischen Bedingungen 82
Abbildung 36: Differenz der EURAD-Modelläufe WAM-2030 – 2005 für NO_2 in µg/m³ unter gleichen meteorologischen Bedingungen 106
Abbildung 37: Differenz der EURAD-Modelläufe WAM-2030 – 2005 für SO_2 in µg/m³ unter gleichen meteorologischen Bedingungen 107
Abbildung 38: Differenz der EURAD-Modelläufe WAM-2030 – 2005 für NH_3 in µg/m³ unter gleichen meteorologischen Bedingungen 108
Abbildung 39: Differenz der EURAD-Modelläufe WAM-2030 – 2005 für $PM_{2,5}$ in µg/m³ unter gleichen meteorologischen Bedingungen 109
Abbildung 40: Differenz der EURAD-Modelläufe WAM-2030 – 2005 für O_3 in µg/m³ unter gleichen meteorologischen Bedingungen 110
Abbildung 41: Ergebnis der EURAD-Modelläufe 2005 und WAM-2030 für die Anzahl der Überschreitungstage des O_3-Zielwertes unter gleichen meteorologischen Bedingungen 111

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Prozentuale Emissionsreduktionsverpflichtungen Deutschlands gemäß der Richtlinie (EU) 2016/2284 gegenüber den Emissionen im Bezugsjahr 2005 13
Tabelle 2: Politikziele in den Bereichen Luftreinhaltung und Luftqualität und Einordnung gegenüber Zielen in anderen Politikbereichen 19
Tabelle 3: Zuständigkeiten der nationalen, regionalen und lokalen Behörden 20
Tabelle 4: Absolute Emissionen in kt/a zu Abbildung 1 und Abbildung 2 23
Tabelle 5: Einhaltung der ab 2010 zulässigen Emissionshöchstmengen nach Richtlinie 2001/81/EG nach Emissionsberichterstattung 2018 (vgl. IIR, 2018) 36
Tabelle 6: Verhältnis der Anzahl der Stationen mit Überschreitung des NO_2-Jahresgrenzwertes zur Gesamtzahl der zur Beurteilung herangezogenen Stationen je Stationstyp 40
Tabelle 7: Entwicklung des Anteils der Beurteilungsgebiete (Anzahl) mit Überschreitung des zulässigen NO_2-Jahresmittelwertes 41
Tabelle 8: Verhältnis der Anzahl der Stationen mit Überschreitung des NO_2-Stundengrenzwertes zur Gesamtzahl der zur Beurteilung herangezogenen Stationen je Stationstyp 41
Tabelle 9: Entwicklung des Anteils der Beurteilungsgebiete mit Überschreitung des zulässigen NO_2-Stundenmittelwertes 42
Tabelle 10: Verhältnis der Anzahl der Stationen mit Überschreitung des PM_{10}-Tagesgrenzwertes zur Gesamtzahl der zur Beurteilung herangezogenen Stationen je Stationstyp 45
Tabelle 11: Entwicklung des Anteils der Beurteilungsgebiete mit Überschreitung des zulässigen PM_{10}-Tagesmittelwertes 46
Tabelle 12: Verhältnis der Anzahl der Stationen mit Überschreitung des PM_{10}-Jahresgrenzwertes zur Gesamtzahl der zur Beurteilung herangezogenen Stationen je Stationstyp 46
Tabelle 13: Entwicklung des Anteils der Beurteilungsgebiete mit Überschreitung des zulässigen PM_{10}-Jahresmittelwertes 46
Tabelle 14: Verhältnis der Anzahl der Stationen mit Überschreitung des $PM_{2,5}$-Jahresgrenzwertes zur Gesamtzahl der zur Beurteilung herangezogenen Stationen je Stationstyp 48
Tabelle 15: Entwicklung des Anteils der Beurteilungsgebiete mit Überschreitung des zulässigen $PM_{2,5}$-Jahresmittelwertes 48
Tabelle 16: Verhältnis der Anzahl der Stationen mit Überschreitung des O_3-Langfristzieles zur Gesamtzahl der zur Beurteilung herangezogenen Stationen je Stationstyp 52
Tabelle 17: Entwicklung des Anteils der Beurteilungsgebiete mit Überschreitung des langfristigen Zieles für O_3 52
Tabelle 18: Verhältnis der Anzahl der Stationen mit Überschreitung des O_3-Zielwertes zur Gesamtzahl der zur Beurteilung herangezogenen Stationen je Stationstyp 52
Tabelle 19: Entwicklung des Anteils der Beurteilungsgebiete mit Überschreitung des Zielwertes für O_3 53
Tabelle 20: Differenz der unter gleichen meteorologischen Bedingungen modellierten Jahresmittelwerte der Hintergrundkonzentrationen für 2005 und 2015 60
Tabelle 21: Ausgewählte Trendprognosen des Primärenergie-, Endenergie- und Bruttostromverbrauchs sowie der Bruttostromerzeugung für das Jahr 2030 im Mit-Maßnahmen-Szenario des PB 2017 im Vergleich zum Jahr 2014 63
Tabelle 22: Quellgruppen mit wesentlichen Emissionsminderungen im Mit-Maßnahmen-Szenario 68

Tabelle 23: Emissionsprojektion für NO_X (als NO_2) im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM – With Measures) 69
Tabelle 24: Emissionsprojektion für NMVOC im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM – With Measures) 70
Tabelle 25: Emissionsprojektion für SO_2 im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM – With Measures) 71
Tabelle 26: Emissionsprojektion für NH_3 im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM – With Measures) 72
Tabelle 27: Emissionsprojektion für $PM_{2,5}$ im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM – With Measures) 73
Tabelle 28: Emissionsprojektionen im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM – With Measures) 74
Tabelle 29: Emissionsprojektionen des Mit-Maßnahmen-Szenario (WM – With Measures) mit verschiedenen Aktivitätsratenszenarien des Projektionsberichtes 2017 76
Tabelle 30: Differenz der unter gleichen meteorologischen Bedingungen modellierten Jahresmittelwerte der Hintergrundkonzentrationen für 2005 und 2030 im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM) 82
Tabelle 31: Bis 2020 in Sicherheitsbereitschaft übergehende Braunkohle-Kraftwerksblöcke (ergänzt nach BNetzA, 2017) 83
Tabelle 32: Unterschiede in prognostizierten Entwicklungen des Primärenergieverbrauchs zwischen MMS und MWMS des Projektionsberichts 2017 (PB 2017) 84
Tabelle 33: Weiterführende Maßnahmenoptionen in der Quellgruppe Landwirtschaft und deren zusätzliche Minderungspotenziale gegenüber dem Mit-Maßnahmen-Szenario (WM) 90
Tabelle 34: Weiterführende Maßnahmenoptionen zur Erreichung der Reduktionsverpflichtungen und deren zusätzliche Minderungspotenziale gegenüber dem Mit-Maßnahmen-Szenario (WM) 93
Tabelle 35: 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 94
Tabelle 36: Projizierte Emissionsentwicklung im NEC-Compliance-Szenario (WAM) 98
Tabelle 37: Emissionsprojektion für NO_X (als NO_2) im NEC-Compliance-Szenario (WAM) 99
Tabelle 38: Emissionsprojektion für NMVOC im NEC-Compliance-Szenario (WAM) 100
Tabelle 39: Emissionsprojektion für SO_2 (als SO_2) im NEC-Compliance-Szenario (WAM) 101
Tabelle 40: Emissionsprojektion für NH_3 im NEC-Compliance-Szenario (WAM) 102
Tabelle 41: Emissionsprojektion für $PM_{2,5}$ im NEC-Compliance-Szenario (WAM) 103
Tabelle 42: Differenz der unter gleichen meteorologischen Bedingungen modellierten Jahresmittelwerte der Hintergrundkonzentrationen für 2005 und 2030 im NEC-Compliance-Szenario (WAM) 105
Tabelle 43: Modellergebnisse der trockenen und nassen Deposition im NEC-Compliance-Szenario (WAM) und Differenz gegenüber 2005 111

Abkürzungsverzeichnis

BREF	BAT (Best Available Technique) Reference Documents
BVT	Beste verfügbare Technik
CLRTAP	Genfer Luftreinhaltekonvention (engl.: Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution)
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)
EMMa	Emissionsminderungsmaßnahmen (Mesap-Datenbank am UBA)
FKZ	Forschungskennzahl
GFA	Großfeuerungsanlagen
GT	Gasturbinen
GuD	Gas- und Dampfturbinenkraftwerke
IIR	Informative Inventory Report
LCP	Large Combustion Plant
Mesap	Modulare Energiesystemanalyse und Planung
MMS	Mit-Maßnahmen-Szenario (wird für Klimaschutzszenario verwendet)
MWMS	Mit-Weiteren-Maßnahmen-Szenario (wird für Klimaschutzszenario verwendet)
NEC-Richtlinie	alt: Richtlinie 2001/81/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2001 über nationale Emissionshöchstmengen für bestimmte Luftschadstoffe neu: Richtlinie (EU) 2016/2284 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 14. Dezember 2016 über die Reduktion der nationalen Emissionen bestimmter Luftschadstoffe, zur Änderung der Richtlinie 2003/35/EG und zur Aufhebung der Richtlinie 2001/81/EG
NFR	Berichtsformat für die Berichterstattung an die UN ECE (engl.: Nomenclature for Reporting, vgl. Anhang A)
PaMs	Strategien und Maßnahmen (engl.: policies and measures)
PB 2017	Projektionsbericht der Bundesregierung 2017
PM	Feinstaub (engl.: particulate matter); nach Größenfraktion PM_{10}, $PM_{2,5}$ oder PM_1
SO_2	Schwefeldioxid; sofern Emissionen beschrieben werden, umfasst SO_2 im Sinne der 43. BImSchV neben Schwefeldioxid alle Schwefelverbindungen, einschließlich Schwefeltrioxid (SO_3), Schwefelsäure (H_2SO_4) und reduzierter Schwefelverbindungen wie Schwefelwasserstoff (H_2S), Merkaptane und Dimethylsulfide, ausgedrückt als Schwefeldioxid
TA Luft	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft; Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz
TI	Johann Heinrich von Thünen-Institut
TREMOD	Emissionsberechnungsmodell für den Bereich Verkehr (engl.: Transport Emission Model)
UN ECE	Europäische Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen (engl.: United Nations Economic Commission for Europe)
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) 2016/2284 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 14. Dezember 2016 über die Reduktion der nationalen Emissionen bestimmter Luftschadstoffe, zur Änderung der Richtlinie 2003/35/EG und zur Aufhebung der Richtlinie 2001/81/EG (ABl. L 344 vom 17.12.2016, S. 1)[1] schreibt prozentuale Reduktionsverpflichtungen für die nationalen Emissionen von Stickstoffoxiden (NO_X), Schwefelverbindungen (dargestellt als SO_2), flüchtigen organischen Verbindungen ohne Methan (NMVOC, engl. Non Methane Volatile Organic Compounds), Ammoniak (NH_3) 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 vier Jahre, erstmalig bis zum 01.04.2019, nationale Luftreinhalteprogramme 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 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 Luftreinhalteprogramms richten sich nach dem Anhang des Durchführungsbeschlusses (EU) 2018/1522[2], der ein allgemeines Berichtsformat angelehnt an die Formatvorgaben der Berichterstattung von Treibhausgasemissionsprojektionen[3] vorgibt (z. B. Abschnitt 2.4 der Formatvorlage entspricht Kapitel 4 im vorliegenden Bericht).

[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

1 Einführung

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

1.1.1 Luftschadstoffe

Luftschadstoffe können sowohl die menschliche Gesundheit als auch die Biosphäre gefährden. Ebenso wirken Luftschadstoffe auf die Oberfläche von Materialien und beeinflussen das Klima. Die Emission von Luftschadstoffen 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 primäre Schadstoffe oder, aufgrund chemischer und physikalischer Umwandlung während der Ausbreitung, als 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 - PM_{10}, Feinstaubfraktion kleiner 2,5µm – $PM_{2,5}$, Ultrafeinstaub kleiner 1µm – PM_1, Black Carbon – BC),
- Stickstoffoxiden (NO_X),
- Schwefeldioxid und anderen Schwefelverbindungen (zusammengefasst als SO_2),
- flüchtigen organischen Verbindungen ohne Methan (NMVOC),
- Ammoniak (NH_3) 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 (NO_2), Feinstaub (PM_{10}, $PM_{2,5}$ u.a.) und Ozon (O_3) gemessen. Für deren Konzentrationen sind in der EU-Luftqualitätsrichtlinie 2008/50/EG[4] Grenz- und Zielwerte festgelegt, die sich an Annahmen zu Schwellwerten der Beeinträchtigung der menschlichen Gesundheit orientieren.

Wenn Luftschadstoffe in der Atmosphäre auftreten, kommt es früher oder später zu nasser (im Niederschlagswasser), trockener (aufgrund der Schwerkraft) und feuchter (in Wassertröpfchen,

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

die sich an Oberflächen niederschlagen) Deposition und damit zu einer Belastung von Ökosystemen. Für diese stoffliche Belastung durch zum großen Teil anthropogen verursachte Luftschadstoff-konzentrationen sind ebenfalls kritische Werte festgelegt, bei deren Überschreitung es zur dauerhaften 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.

1.1.2 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). Die beteiligten Staaten haben 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.

Die Europäische Union hat viele Vorgaben und Empfehlungen der Organe der Genfer Luftreinhaltekonvention in europäischen Regelungen umgesetzt.

Zu den ursprünglichen Zielen der Genfer Luftreinhaltekonvention kam ein zunehmendes Interesse, die Gesundheitsbelastung durch Feinstaub zu reduzieren. Das Programm „Saubere Luft für Europa“[5] 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 prozentuale Reduktionsverpflichtungen der nationalen Emissionen für alle EU-Mitgliedstaaten festgelegt.

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

Im Rahmen der mit dem Richtlinienvorschlag der Europäischen Kommission durchgeführten Kostenberechnungen wurde für zusätzliche Maßnahmen zum Erreichen der vorgeschlagenen Minderungsverpflichtungen für Deutschland jährliche Kosten in Höhe von 316 Mio. Euro geschätzt. Diese Abschätzung dürfte eine Überschätzung der tatsächlichen Kosten der, ausschließlich für die Luftreinhaltung erforderlichen, zusätzlichen Maßnahmen sein, weil

1. die festgelegten Minderungsverpflichtungen teilweise erheblich unter den von der Kommission vorgeschlagenen Werten liegen,
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.

Sofern einzelne Maßnahmen und Instrumente durch Gesetzes- bzw. Verordnungsvorhaben umgesetzt werden, werden die konkreten Folgekosten im Rahmen dieser Vorhaben abgeschätzt.

Deutschland ist zu den in Tabelle 1 dargestellten prozentualen Reduktionen verpflichtet.

Tabelle 1: Prozentuale Emissionsreduktionsverpflichtungen Deutschlands gemäß der Richtlinie (EU) 2016/2284 gegenüber den Emissionen im Bezugsjahr 2005

	Schwefeldioxid	Stickstoffoxide	Ammoniak	NMVOC	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 %

1.1.3 Szenarien, Strategien und Maßnahmen

1.1.3.1 Definitionen

Anhang IV der NEC-Richtlinie 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 verabschiedet worden sind[6]. Nur in beschriebenen Ausnahmefällen kommt es zum Abweichen von diesen Stichtagfestlegungen. Beschrieben wird das Mit-Maßnahmen-Szenario (WM) in Kapitel 4.1.1.
- 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 die Bundesregierung zur Einhaltung der Reduktionsverpflichtungen der NEC-Richtlinie geeinigt hat. Das NEC-Compliance-Szenario (WAM) wird in Kapitel 7.1 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. 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 Luftreinhalteprogramm 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-Richtlinie zu erreichen. In diesem Zusammenhang ist insbesondere der geplante Ausstieg aus der Verstromung von Braunkohle von Bedeutung. Im nationalen Luftreinhaltepro-

[6] Dies umfasst damit auch Maßnahmen, die erst nach dem jeweiligen Stichtag wirksam werden.

gramm 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 4.1.3 und 7.2) Rechnung getragen.

1.1.3.2 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:

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

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, 2018[7]) 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.

Zusätzlich zur Emissionsinventardatenbank des Umweltbundesamtes wurde eine „Emissionsminderungsmaßnahmen"-Datenbank (EMMa) mit identischem Detailliertheitsgrad aufgebaut, um die Zeitreihen der Emissionsberichterstattung unter Berücksichtigung der potenziellen Wirkungen von Strategien und Maßnahmen in die Zukunft zu projizieren. Detailinformationen liegen am Umweltbundesamt vor.

[7] https://iir-de.wikidot.com/; abgerufen am 25.06.2018

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 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) (Thünen-Report 56, 2018),
- für den Bereich Verkehr vom Institut für Energie- und Umweltforschung, Heidelberg (ifeu) (TREMOD-Version 5.72, UBA, 2017) unter Berücksichtigung der aktualisierten Emissionsfaktoren für Diesel-Pkw im Handbuch Emissionsfaktoren für den Straßenverkehr (HBEFA) Version 3.3[8] und
- für den Bereich Lösemittelanwendung vom Institut für Ökologie und Politik GmbH (Ökopol) im Rahmen der Gutachten „Aktualisierung des deutschen Emissionsinventars für NMVOC aus Lösemitteln für die Berichtsjahre 2013 und 2014“ (Projektnummer 56982) sowie „Minderungsmaßnahmen von NMVOC-Emissionen aus Lösemitteln in Deutschland“ (Projektnummer 56071) im Auftrag des Umweltbundesamtes[9]

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 (Politikszenarien 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.

[8] http://www.hbefa.net/d/documents/HBEFA33_Hintergrundbericht.pdf; abgerufen am 10.07.2018

[9] Die Veröffentlichung eines gemeinsamen Abschlussberichtes ist in Vorbereitung. Eine detaillierte Beschreibung der Methodik findet sich im Abschlussbericht „Emissionsdaten für flüchtige organische Verbindungen aus der Lösemittelverwendung - Methodenevaluierung, Datenerhebung und Prognosen“ (FKZ 20143306). https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/emissionsdaten-fuer-fluechtige-organische

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.

1.1.4 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 x 1 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 quellnah natürlich auch einen Einfluss auf die lokale Zusatzbelastung. Dieser quellnahe 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 3.2.2 dargestellt. Die Auswirkung der projizierten Emissionsentwicklung auf die Hintergrundbelastung in den Szenarien Mit-Maßnahmen (WM) und NEC-Compliance (WAM) werden in den Kapiteln 4.2 und 7.3 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 zurückliegenden und projizierten Emissionsentwicklung ohne Einfluss zwischenjährlicher meteorologischer Schwankungen beurteilen zu können.

2 Politischer Rahmen für Luftqualität und Luftreinhaltung

2.1 Politische Prioritäten und ihre Beziehung zu Prioritäten in anderen relevanten Politikbereichen

Tabelle 2: 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	**Industrie / Landwirtschaft:** TA Luft **Landwirtschaft:** Düngerecht, Ackerbaustrategie, Nutztierstrategie **Industrie:** Ausstieg aus der Verstromung von Kohle **Verkehr:** Hardware-Nachrüstung für Dieselbusse, Handwerker- und Lieferfahrzeuge sowie schwere Kommunalfahrzeuge				

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

2.2 Zuständigkeiten der nationalen, regionalen und lokalen Behörden

Tabelle 3: 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
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
	Thuenen-Institut	– Berechnung der landwirtschaftlichen Emissionen von Ammoniak, NO_X, NMVOC und Feinstaub zur Berichterstattung des Umweltbundesamtes
Land	Oberste Immissionsschutzbehörden der Länder, Landesoberbehörden, Landesmittelbehörden und untere Landesbehörden	– Landesbezogene Aufgaben der Politikgestaltung – Mitwirkung bei der Bundesgesetzgebung im Bereich Immissionsschutzrecht – Landesbezogene Immissionsschutzgesetzgebung – Vollzug des Immissionsschutzrechts (u.a. Überwachung der Luftqualität und Luftreinhalteplanung)
Städte und Kommunen		Vollzug des Immissionsschutzrechts

3 Mit den derzeitigen Strategien und Maßnahmen erzielte Fortschritte bei der Emissionsreduktion und der Verbesserungen der Luftqualität; Umfang der Einhaltung von nationalen und Unionsverpflichtungen, bezogen auf das Jahr 2005

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

3.1.1 Entwicklung der Emissionen von 2005 bis 2016 gemäß Emissionsberichterstattung 2018

3.1.1.1 Entwicklung der Emissionen – Überblick

Die anthropogenen Emissionen der durch die NEC-Richtlinie mit Reduktionsverpflichtungen ab 2020 belegten Luftschadstoffe sind seit 1990 mit Ausnahme der NH_3-Emissionen bereits stark zurückgegangen (vgl. Abbildung 1).

Negative Auswirkungen auf und Risiken für die menschliche Gesundheit und die Umwelt sind jedoch noch immer bedeutend (NEC-Richtlinie, Erwägungsgrund 1). Die Emissionsentwicklung der vergangenen zehn bis 15 Jahre zeigt, dass in vielen Quellgruppen hohe 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.

Die EU-Mitgliedstaaten sind unter der neuen NEC-Richtlinie zu Reduktionen der Emissionen von SO_2, NO_X, NMVOC, NH_3 und $PM_{2,5}$ ab 2020 verpflichtet. Die Reduktionen sind als prozentuale Minderung gegenüber den Emissionen im Basisjahr 2005 festgelegt. Zunächst werden im Folgenden die zurückliegenden Entwicklungen der Emissionen Deutschlands seit 2005 dargestellt (vgl. Abbildung 2) und die Wirksamkeit eingesetzter Strategien und Maßnahmen quantifiziert. Die der Darstellung zugrundeliegenden 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://cdr.eionet.europa.eu/de/eu/nec_revised/inventories/envwofk_g/index_html?&page=2

Abbildung 1: Entwicklung der Emissionen von SO_2, NO_x, NMVOC, NH_3 und $PM_{2,5}$ von 1990 bis 2016

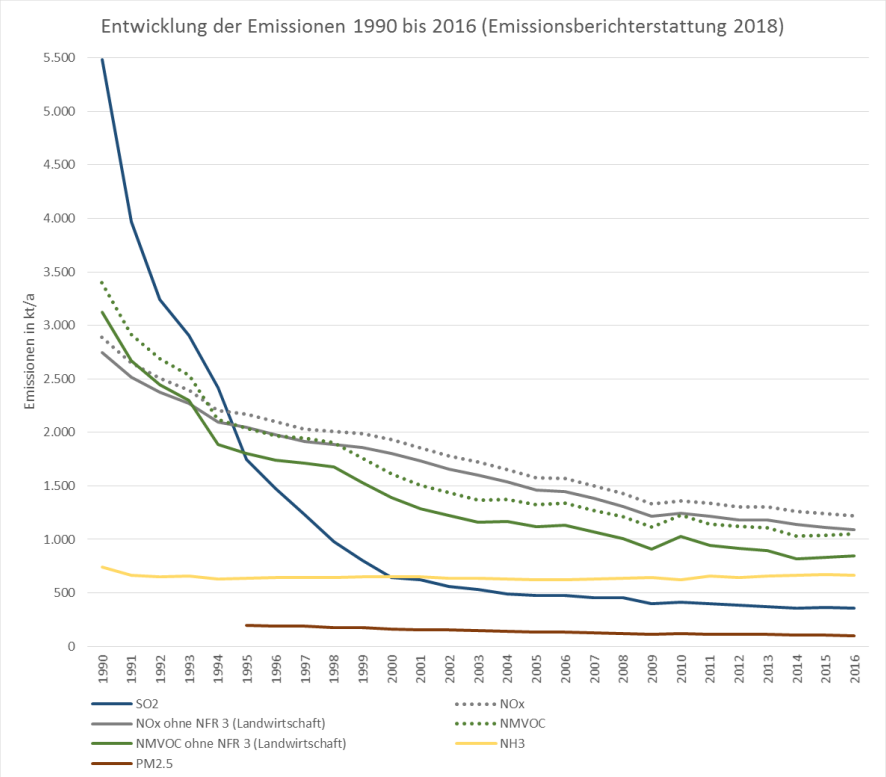


Abbildung 2: Emissionen von SO_2, NO_x, NMVOC, NH_3 und $PM_{2,5}$ von 2005 bis 2016 (Quelle: Emissionsberichterstattung 2018)

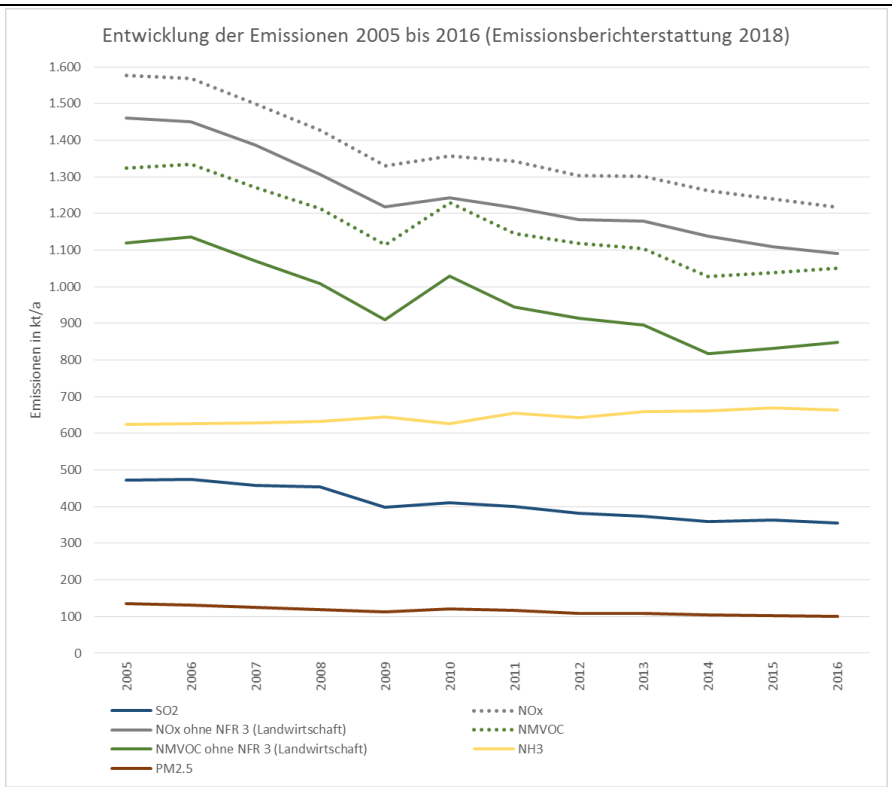


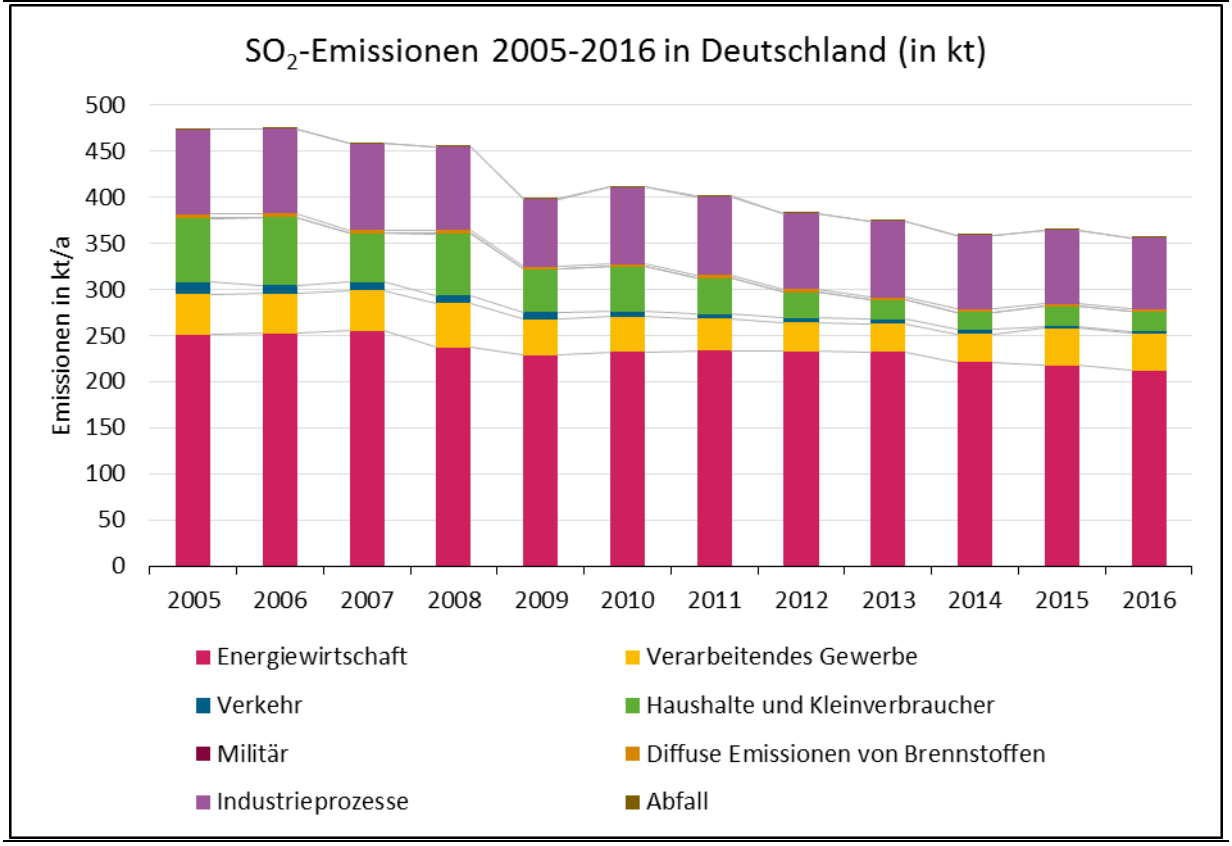
Tabelle 4: Absolute Emissionen in kt/a zu Abbildung 1 und Abbildung 2[11]

Schadstoff oder Schadstoff-gruppe	Emissionsberichterstattung 2018														
	1990	**1991**	**1992**	**1993**	**1994**	**1995**	**1996**	**1997**	**1998**	**1999**	**2000**	**2001**	**2002**	**2003**	**2004**
SO_2	5486	3970	3242	2906	2419	1746	1477	1227	981	801	646	625	561	533	493
NO_X	*2892*	*2649*	*2502*	*2394*	*2206*	*2171*	*2099*	*2033*	*2010*	*1985*	*1931*	*1854*	*1776*	*1720*	*1653*
NO_X ohne Landwirtschaft	2749	2518	2375	2272	2093	2051	1979	1915	1890	1861	1804	1732	1657	1602	1534
NMVOC	*3401*	*2916*	*2683*	*2532*	*2121*	*2038*	*1969*	*1943*	*1901*	*1757*	*1609*	*1506*	*1438*	*1368*	*1376*
NMVOC ohne Landwirtschaft	3122	2668	2447	2298	1887	1804	1737	1715	1677	1534	1391	1286	1225	1159	1171
NH_3	743	663	649	654	629	639	646	641	646	650	647	653	640	637	626
$PM_{2.5}$						197	186	186	176	173	163	157	151	147	142
	Emissionsberichterstattung 2018												**Anwendung der prozentualen Reduktions-verpflichtung auf das Basisjahr 2005 nach Emissions-berichterstattung 2018**		
	2005	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**ab 2020**	**2025**	**ab 2030**
SO_2	473	474	458	454	398	411	401	382	374	359	364	356	374	*286*	199
NO_X	*1578*	*1568*	*1499*	*1428*	*1331*	*1357*	*1341*	*1304*	*1302*	*1263*	*1239*	*1217*	–	–	–
NO_X ohne Landwirtschaft	1460	1450	1387	1307	1218	1243	1217	1184	1179	1138	1108	1091	890	*701*	511
NMVOC	*1323*	*1335*	*1270*	*1212*	*1115*	*1230*	*1145*	*1119*	*1105*	*1029*	*1039*	*1052*	–	–	–
NMVOC ohne Landwirtschaft	1120	1136	1070	1008	911	1029	944	915	896	818	832	848	974	*890*	806
NH_3	625	626	628	633	646	626	656	643	660	662	670	663	583	*513*	444
$PM_{2.5}$	135	131	126	120	114	121	116	110	109	104	103	101	100	*88*	77

[11] NOx- und NMVOC-Emissionen der Landwirtschaft sind nicht compliance-relevant (vgl. Kap. 3.1.1.3 / 3.1.1.4)

3.1.1.2 Entwicklung der SO_2-Emissionen 2005 – 2016

Abbildung 3: Entwicklung der SO_2-Emissionen von 2005-2016 in Deutschland



Hauptverursacher der SO_2-Emissionen in Deutschland ist die Energiewirtschaft (2005: 53 %, 2016: 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 SO_2-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 SO_2-Gesamtemissionen.

Im Zeitraum 2005 bis 2016 nahmen die SO_2-Gesamtemissionen in Deutschland um knapp 25 % ab, das entspricht gut 117 kt. Im Bereich Haushalte und Kleinverbraucher konnten die SO_2-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) zurückzuführen. Durch den zum 1. Januar 2009 eingeführten steuerlichen Anreiz für schwefelarmes Heizöl Extraleicht gegenüber Heizöl mit höherem Schwefelgehalt, hat sich schwefelarmes Heizöl Extraleicht als Standardsorte etabliert.

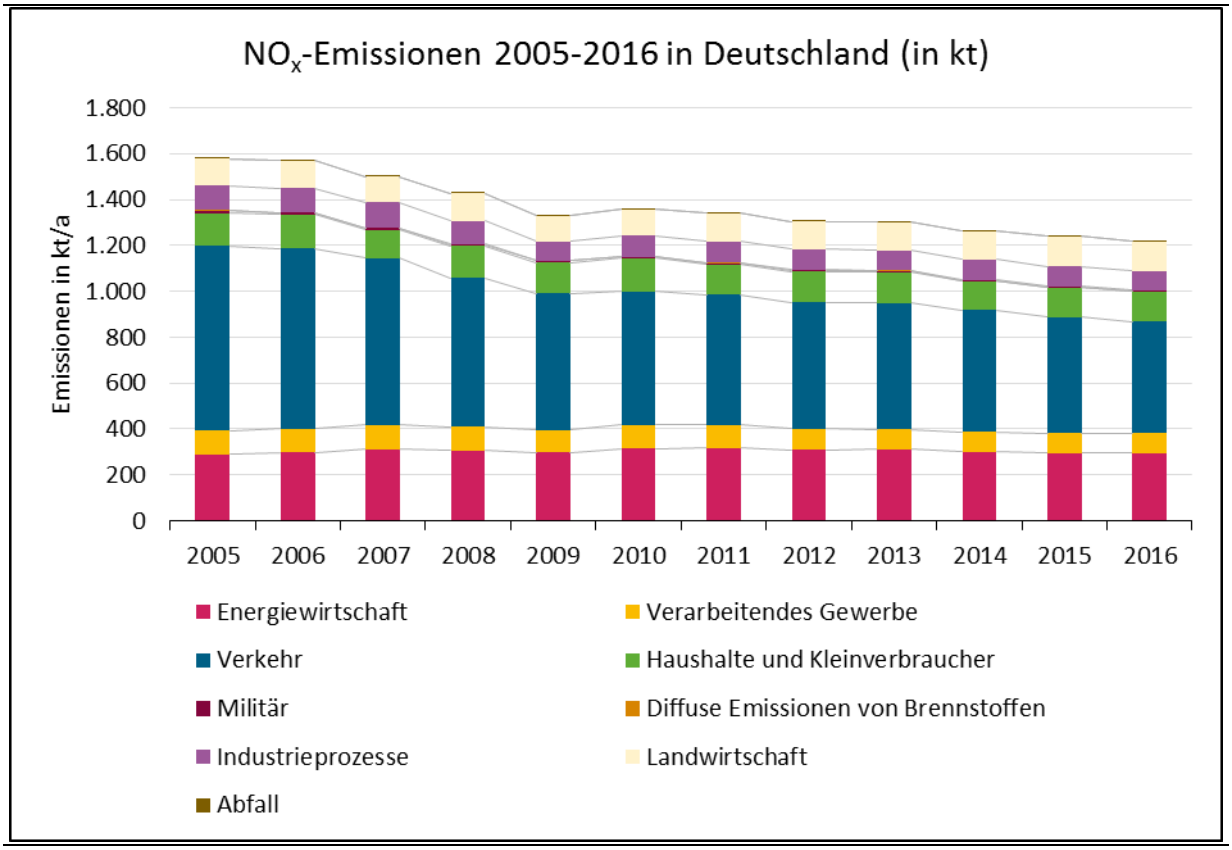
Die SO_2-Emissionen aus der Energiewirtschaft gingen im Zeitraum 2005 bis 2016 um knapp 39 kt zurück, die SO_2-Emissionen des Verarbeitenden Gewerbes um gut 3 kt. Diese Minderungen sind

auf die Umsetzung der Emissionsgrenzwerte der Fassungen der 13. Bundes-Immissionsschutzverordnung (Verordnung über Großfeuerungsanlagen) von 2004 und 2013[12] zurückzuführen. Die Neufassung der 13. BImSchV vom 02.05.2013 setztbereits einen Großteil der Anforderungen der europäischen Industrieemissionsrichtlinie (IED) 2010/75/EU[13] in deutsches Recht um.

Die SO_2-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).

3.1.1.3 Entwicklung der NO_X-Emissionen 2005 – 2016

Abbildung 4: Entwicklung der NO_X-Emissionen von 2005-2016 in Deutschland



Hauptverursacher der NO_X-Emissionen in Deutschland ist der Verkehr. Mit einem Anteil von 51 % an den Gesamtemissionen in 2005 und 40 % in 2016 ging der Anteil des Verkehrs im Betrachtungszeitraum deutlich zurück. Die Hauptquellgruppe im Bereich Verkehr ist der Straßenverkehr

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

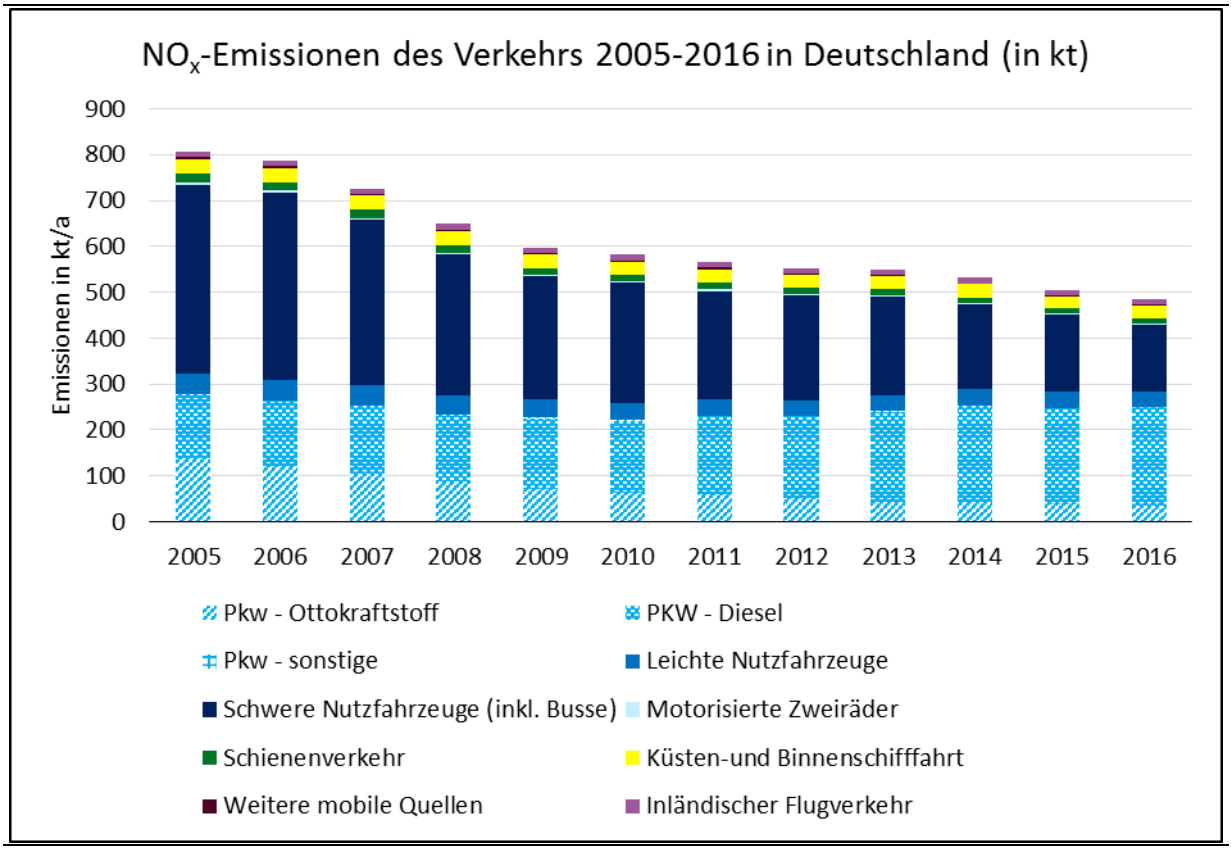
[13] http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:334:0017:0119:de:PDF; abgerufen am 26.06.2018

und hier vor allem die schweren Nutzfahrzeuge und Diesel-Pkw[14]. Auf den Verkehr folgen die Energiewirtschaft (2005: 18 %, 2016: 24 %), die Haushalte und Kleinverbraucher (2005: 9 %, 2016: 11 %), die Landwirtschaft (2005: 8 %, 2016: 10 %), 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 schweren Nutzfahrzeugen (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. Bei Pkw stiegen die Fahrleistungen um 11 %, bei leichten Nutzfahrzeugen um 13 % an. Die Fahrleistungen der Diesel-Pkw nahmen dabei zu, da der Anteil der Diesel-Pkw am gesamten Fahrzeugbestand in diesem Zeitraum stieg. Die Fahrleistungen der Benzin-Pkw nahmen dagegen ab. Die Statistiken über Neuzulassungen von Pkw zeigen seit Bekanntwerden der Differenzen zwischen den Emissionen im Prüfzyklus und den Emissionen im realen Fahrbetrieb bei zahlreichen Diesel-Pkw 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 5 dargestellt.

[14] unter Berücksichtigung der aktualisierten Emissionsfaktoren für Diesel-Pkw; vgl. Kapitel 1.1.3.2

Abbildung 5: NO_X-Emissionen des Verkehrs 2005-2016 in Deutschland



Bei Industrieprozessen – vor allem aufgrund von Minderungen in der Mineralischen Industrie und in der Metallindustrie – gingen die Emissionen von 2005 bis 2016 um gut 20 kt zurück.

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 um ca. 8 kt im Zeitraum 2005-2016 ist in der Landwirtschaft – überwiegend aus landwirtschaftlichen Böden – zu verzeichnen. Aufgrund gegenläufiger Entwicklungen der Emissionen aus der Ausbringung von Gärrestsubstraten (Emissionszunahme) sowie Mineraldünger (Emissionsabnahme) ergibt sich kein eindeutiger Trend.

NO_X-Emissionen aus der Landwirtschaft sind bei der Einhaltung der zulässigen Emissionshöchstmenge sowohl nach der alten NEC-Richtlinie 2001/81/EG[15] (gültig bis 31.12.2019) als auch nach neuer NEC-Richtlinie nicht reduktionspflichtig.

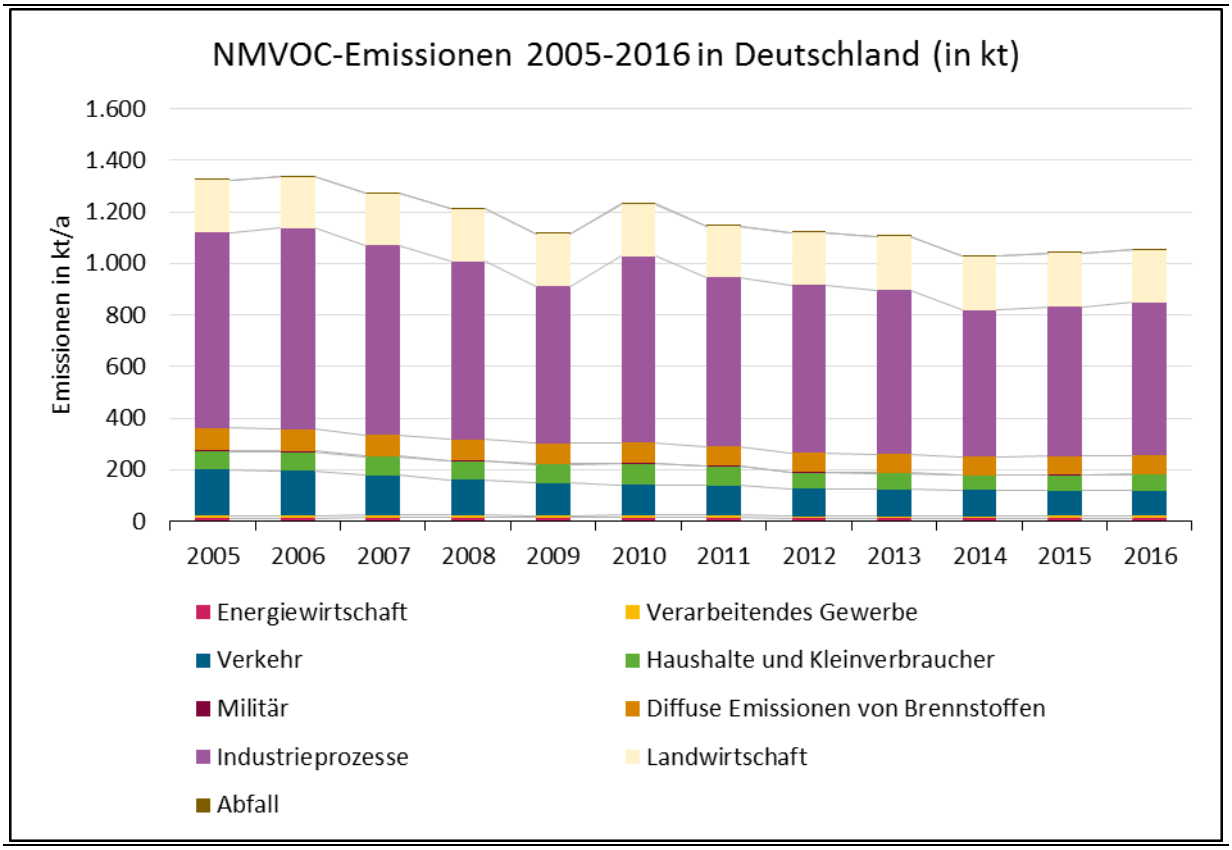
[15] https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32001L0081&from=DE; abgerufen am 26.06.2018

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 werden[16] (vgl. IIR, 2018).

3.1.1.4 Entwicklung der NMVOC-Emissionen 2005 – 2016

Hauptverursacher der NMVOC-Emissionen in Deutschland sind mit 57 % im Jahr 2005 und 56 % im Jahr 2016 Industrieprozesse, vor allem Lösemittelanwendungen, die unter der Quellgruppe „Nicht-energetische Produkte aus Brennstoffen“ zusammengefasst werden (Anteil an den Gesamtemissionen 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 6: 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.

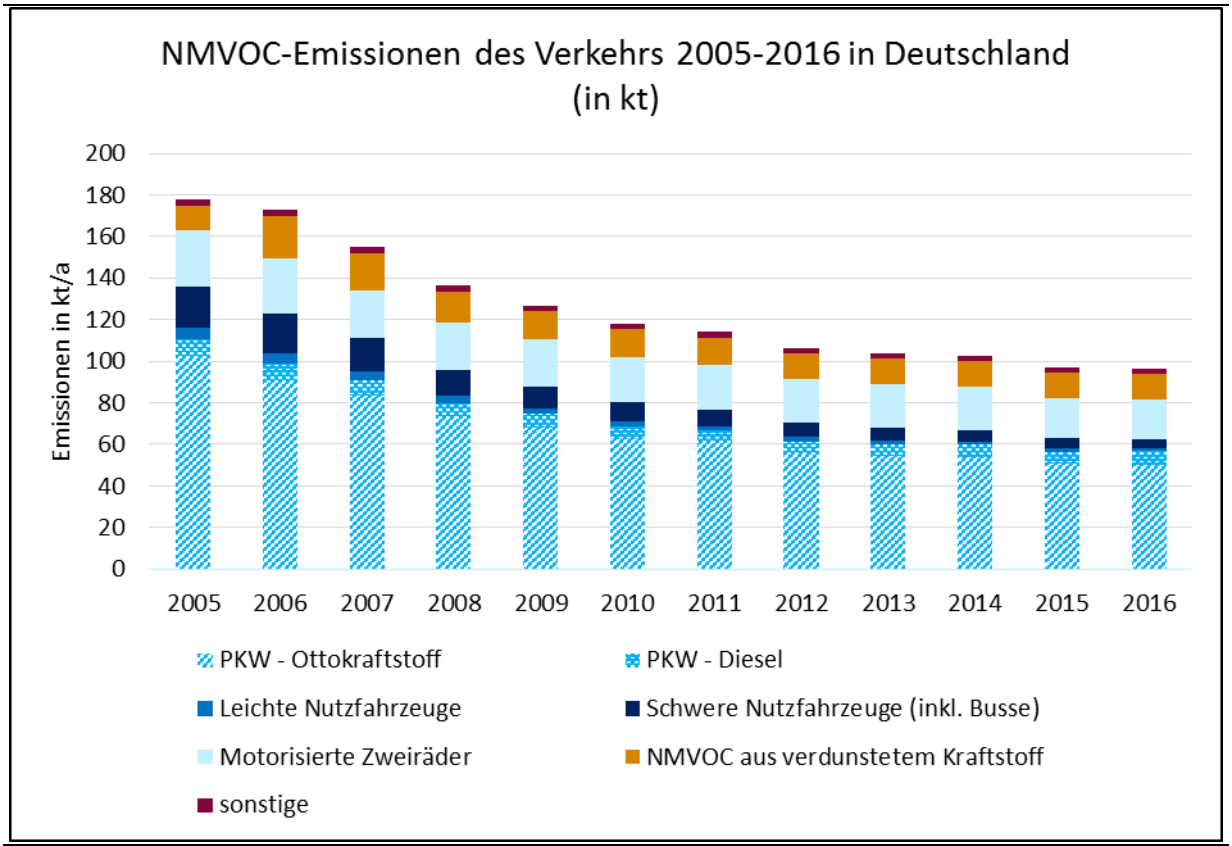
Dabei sind die deutlichsten prozentualen Minderungen im Verkehr (Minderung um rund 81 kt) – hauptsächlich im Straßenverkehr – zu verzeichnen. NMVOC-Emissionen werden vor allem von

[16] https://iir-de.wikidot.com/adjustments; abgerufen am 26.06.2018

Benzin-Pkw und motorisierten Zweirädern verursacht (siehe Abbildung 7). Durch die Weiterentwicklung von Katalysatoren vor allem bei Otto-Pkw konnten deutliche NMVOC-Minderungen erzielt werden. Der Anteil der Benzin-Pkw im Fahrzeugbestand und die Fahrleistungen von Benzin-Pkw ging zeitweise zurück, während der Anteil der Diesel-Pkw und deren Fahrleistungen zunahmen. Diese Entwicklung führte ebenfalls zu einem Rückgang der NMVOC-Emissionen. Mittlerweile hat eine Trendumkehr bei den Neuzulassungen eingesetzt (siehe oben).

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 7: 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 EU-Ebene sind

a) die Lösemittelrichtlinie 1999/13/EG[17] (auch VOC-Richtlinie), die im Jahr 2010 in der IED-Richtlinie 2010/75/EU[18] aufging, und

b) die sogenannte DECOPAINT-Richtlinie 2004/42/EG[19].

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. BImSchV[20] und die 2. BImSchV[21]. Auch die TA Luft[22] vom 24. Juli 2002 legt für einzelne genehmigungsbedürftige Anlagen Emissionsbegrenzungen für NMVOC fest.

Die DECOPAINT-Richtlinie begrenzt stufenweise den Lösemittelgehalt in bestimmten Farben, Lacken und Beschichtungsstoffen (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-Verordnung[23] in deutsches Recht umgesetzt. Bei der Anwendung von Farben und Lacken 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.

---

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

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

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

[20] 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)

[21] Zweite Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung zur Emissionsbegrenzung von leichtflüchtigen halogenierten organischen Verbindungen – 2. BImSchV)

[22] Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz, Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft

[23] Chemikalienrechtliche Verordnung zur Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen (VOC) durch Beschränkung des Inverkehrbringens lösemittelhaltiger Farben und Lacke (Lösemittelhaltige Farben- und Lack-Verordnung – ChemVOCFarbV)

Diffuse Emissionen aus Brennstoffen konnten im Zeitraum 2005 bis 2016 durch die Umsetzung von Grenzwerten der Verordnung zur Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen beim Umfüllen oder Lagern von Ottokraftstoffen, Kraftstoffgemischen oder Rohbenzin[24] (20. BImSchV) und der Verordnung zur Begrenzung der Kohlenwasserstoffemissionen bei der Betankung von Kraftfahrzeugen[25] (21. BImSchV) um fast 14 kt reduziert werden. Insbesondere durch die Ausstattung von Tankstellen mit Gaspendel- und Gasrückführungssystemen konnten deutliche Minderungen der NMVOC-Emissionen erreicht werden.

Die NMVOC-Emissionen aus Kleinfeuerungsanlagen (Haushalte und Kleinverbraucher) gingen im Zeitraum 2005 bis 2016 um gut 8 kt zurück. Diese Emissionsminderung ist ein Nebeneffekt der Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen (1. BImSchV)[26]. Durch eine Optimierung von Verbrennungsprozessen zur Staubminderung werden auch die NMVOC-Emissionen gemindert.

Die NMVOC-Emissionen aus der Landwirtschaft blieben 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. NMVOC-Emissionen aus der Landwirtschaft sind bei der Einhaltung der zulässigen Emissionshöchstmenge sowohl nach alter NEC-Richtlinie 2001/81/EG[27] (gültig bis 31.12.2019) als auch nach neuer NEC-Richtlinie nicht reduktionspflichtig.

3.1.1.5 Entwicklung der NH_3-Emissionen 2005 – 2016

Die NH_3-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 organische Düngemittel inkl. Weidegang, mineralischer Düngemittel und von Gärresten. Die übrigen Emissionen sind vor allem Emissionen aus Stall und Wirtschaftsdüngerlager in der Tierhaltung. Eine weitere NH_3-Quelle ist der Verkehr mit einem Anteil an den gesamten NH_3-Emissionen von 4 % im Jahr 2005 und 2 % im Jahr 2016, vor allem Benzin-Pkws, bei denen Ammoniak als Nebenprodukt in Drei-Wege-Katalysatoren gebildet wird. Dieselmotoren emittieren dagegen wegen des höheren Luftüberschusses weniger NH_3 als Ottomotoren. Ammoniak wird auch bei Industrieprozessen freigesetzt (Anteil der NH_3-Emissionen aus Industrieprozessen an den gesamten NH_3-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 % bzw. gut 37 kt pro Jahr zu. Diese Zunahme ist vor allem auf den Anstieg der 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.

[24] Zwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung zur Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen beim Umfüllen oder Lagern von Ottokraftstoffen, Kraftstoffgemischen oder Rohbenzin – 20. BImSchV)

[25] Einundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung zur Begrenzung der Kohlenwasserstoffemissionen bei der Betankung von Kraftfahrzeugen – 21. BImSchV)

[26] Erste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen – 1. BImSchV)

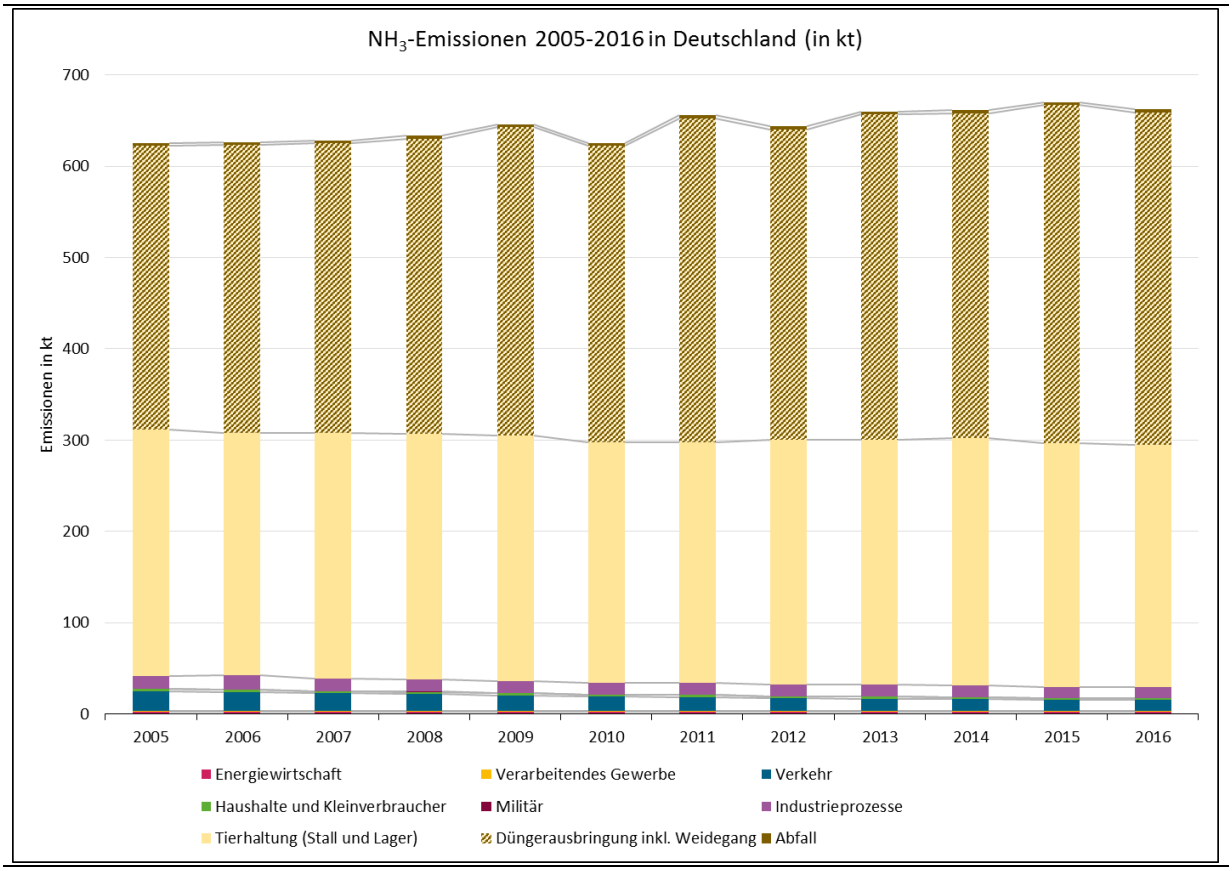
[27] https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32001L0081&from=DE; abgerufen am 26.06.2018

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 um knapp 10 kt zu verzeichnen. Dieser Rückgang konnte durch die technische Optimierung der Katalysatoren in Benzinfahrzeugen erreicht werden. Auch die zeitweilige Zunahme des Dieselanteils bei Pkw im Fahrzeugbestand führte zu einem Rückgang der NH_3-Emissionen des Verkehrs.

Die Emissionen aus der Lagerung und Ausbringung von Gärresten aus dem Energiepflanzenanbau werden im Emissionsinventar erfasst und berichtet. Da diese Emissionsquellen bei der Festlegung der Emissionshöchstmengen der alten NEC-Richtlinie 2001/81/EG[28] aber noch nicht im Inventar erfasst waren, dürfen deren NH_3-Emissionen beim sogenannten ‚National Total for Compliance' von der berichteten nationalen Emissionssumme abgezogen werden[29]. Dies gilt auch für die nationale Reduktionsverpflichtung der neuen NEC-Richtlinie für 2020, nicht aber für die nationale Reduktionsverpflichtung für 2030 (vgl. IIR, 2018).

Abbildung 8: Entwicklung der NH_3-Emissionen von 2005-2016 in Deutschland



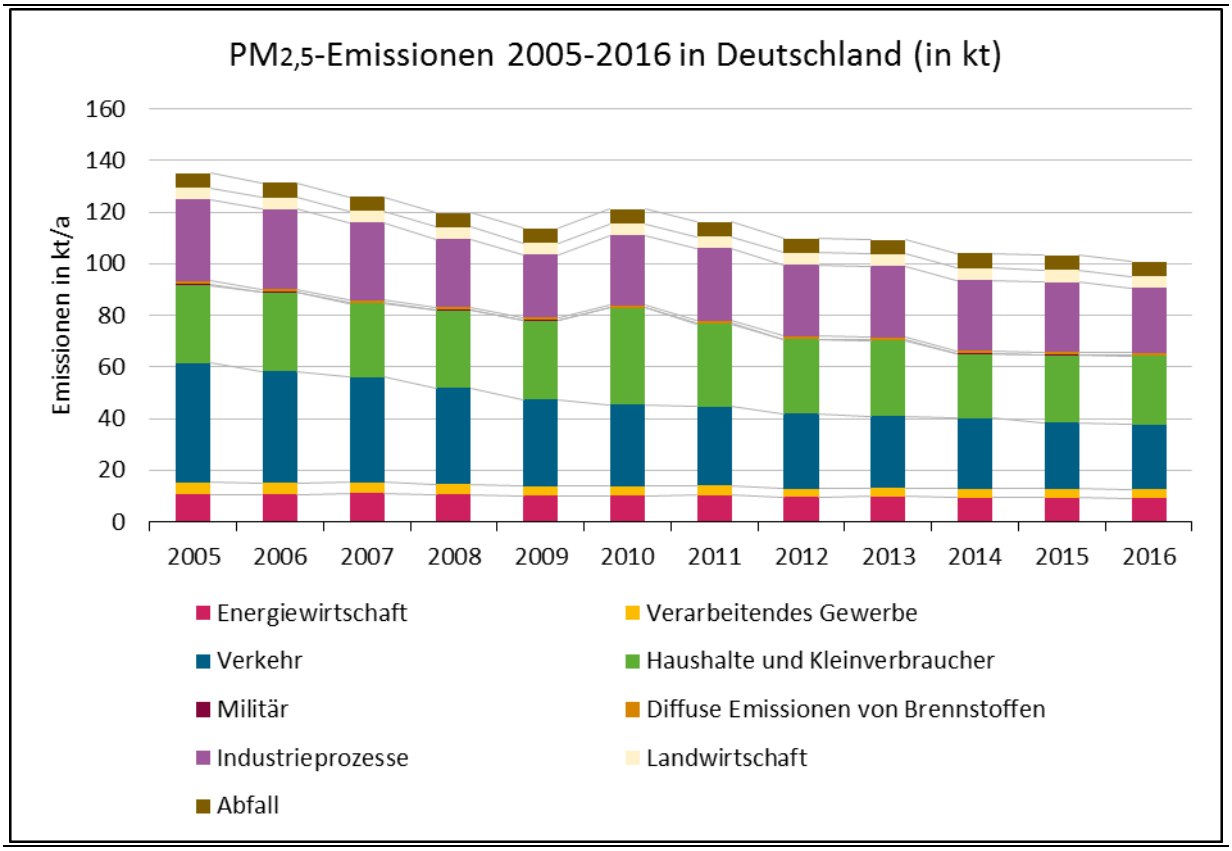
[28] https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32001L0081&from=DE; abgerufen am 26.06.2018

[29] https://iir-de.wikidot.com/adjustments; abgerufen am 26.06.2018

3.1.1.6 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 9: Entwicklung der $PM_{2,5}$-Emissionen von 2005-2016 in Deutschland



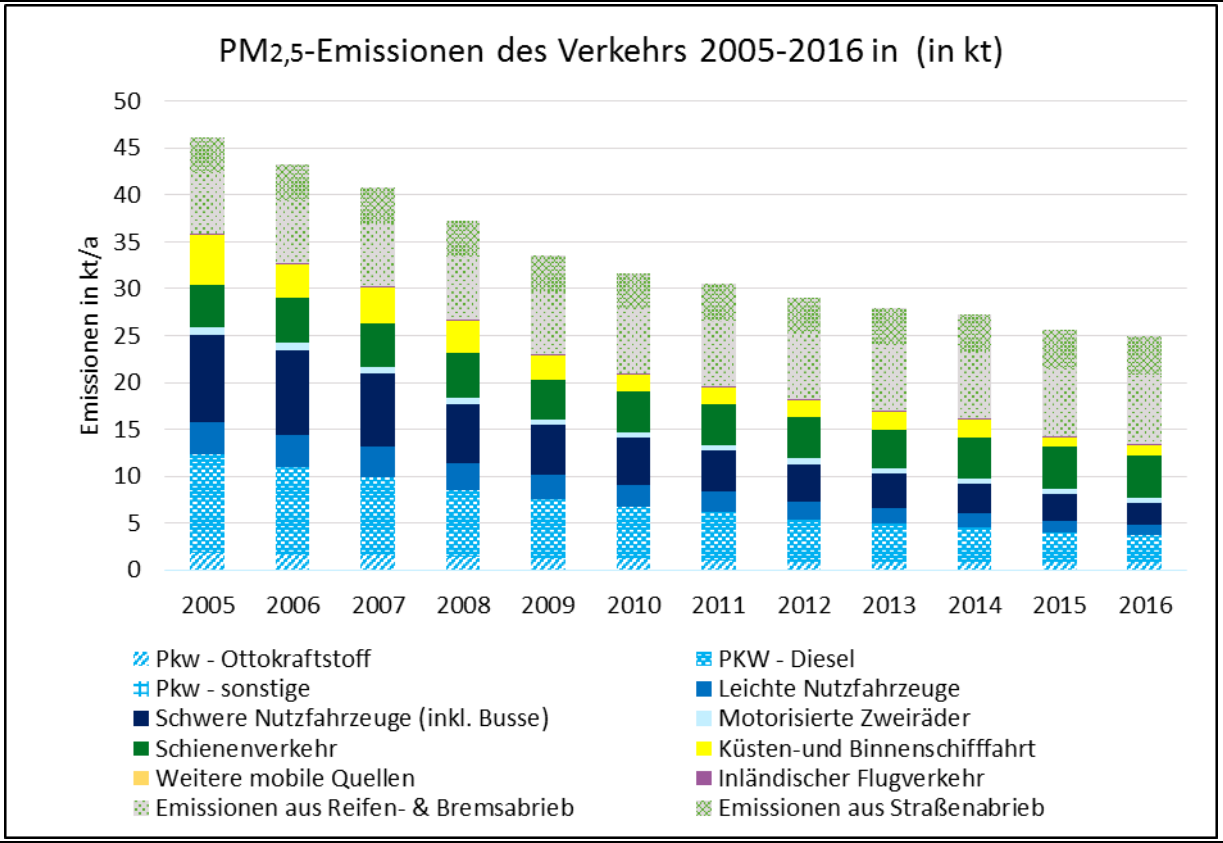
Die gesamten deutschen $PM_{2,5}$-Direktemissionen gingen im Zeitraum 2005 bis 2016 um ca. 25 % zurück, das entspricht etwa 34 kt. Deutliche Minderungen sind vor allem im Verkehr zu verzeichnen (Minderung der primären $PM_{2,5}$-Emissionen des gesamten Verkehrs im Zeitraum 2005 bis 2016: rund 21 kt, 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 10 dargestellt.

Abbildung 10: $PM_{2,5}$-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. BImSchV[30] 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

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

den vergangenen Jahren sehr deutlich zu, durch die Umsetzung der anspruchsvollen Emissionsgrenzwerte der 1. BImSchV[31] für Kleinfeuerungen 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 primären $PM_{2,5}$-Emissionen ist vor allem auf einen Anstieg der Geflügelzahlen zurückzuführen.

3.1.2 Einhaltung gültiger Emissionsreduktionsverpflichtungen

Tabelle 5 zeigt die 2018 berichteten SO_2-, NO_X-, NMVOC- und NH_3-Emissionen in Deutschland für 2005 und den Zeitraum 2010 bis 2016. Seit der Revision des Göteborg-Protokolls[32] unter der Genfer Luftreinhaltekonvention (CLRTAP) steht der Emissionsberichterstattung mit dem „Inventory Adjustment" ein Instrument zur Verfügung, das es erlaubt, bestimmte Emissionen bei der Berechnung der Erfüllung der Zielvorgaben der Richtlinie 2001/81/EG[33] 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 NH_3-Emissionen aus der Vergärung von Energiepflanzen und der Ausbringung von Energiepflanzengärresten. Der mittlere Abschnitt von Tabelle 5 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_ApApprov_Adjustments.xlsx/manage_document

[31] Erste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen)

[32] http://www.unece.org/env/lrtap/multi_h1.html; abgerufen am 05.07.2018

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

Tabelle 5: 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								
NO_X	1577	1357	1342	1304	1304	1265	1241	1218	
NMVOC	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	
NMVOC	-203	-201	-201	-204	-209	-210	-207	-204	
NH_3	-11	-40	-50	-51	-60	-60	-61	-61	
		Emissionsmengen nach Adjustment und farbig gekennzeichnete Einhaltung der zulässigen Emissionshöchstmengen nach Richtlinie 2001/81/EG gemäß Emissionsberichterstattung 2018							
NO_X	1259	**1071**	1043	1007	1000	968	961	969	1051
NMVOC	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 5). Die nationale Emissionshöchstmenge für Schwefeldioxid wird von Deutschland seit Jahren deutlich unterschritten. Die NO_X- und NMVOC-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 2017[34], mit der insbesondere verstärkt Vorgaben der Nitrat-Richtlinie 91/676/EWG[35] in Deutschland umgesetzt wurden, ist eine erste Maßnahme zur Minderung der NH_3-Emissionen in Kraft getreten.

Ergänzend ist zu erwähnen, dass die im Göteborg-Protokoll für das Jahr 2010 völkerrechtlich vereinbarten Emissionshöchstmengen bei den Schadstoffen SO_2 und NO_X 30 kt über den Emissionshöchstmengen der NEC-Richtlinie liegen. Das Göteborg-Protokoll legt für Deutschland eine Emissionshöchstmenge für SO_2 von 550 kt und für NO_X von 1.081 kt fest. Für SO_2 ergibt sich folglich

[34] 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

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

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 durch prozentuale Reduktions-verpflichtungen gegenüber dem Basisjahr 2005 abgelöst.

3.2 Entwicklung der Luftqualität 2005-2016

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

3.2.1.1 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/EU[36] 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 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

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

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. 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.

3.2.1.2 Entwicklung der NO_2-Konzentrationen

Die verkehrsnahe, innerstädtische Stickstoffdioxidbelastung zeigt seit 2005 einen deutlichen Rückgang, lag aber bis 2016 an über der Hälfte aller Messstationen über dem Grenzwert von 40 µg/m^3. Die Höhe der Belastung ist vor allem durch lokale Emissionsquellen – insbesondere durch den Verkehr in Ballungsräumen – bestimmt und weist nur geringe zwischenjährliche 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/m^3 auf ca. 21 µg/m^3 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/m^3.

Abbildung 11: Entwicklung der Jahresmittelwerte der gemessenen NO_2-Konzentrationen

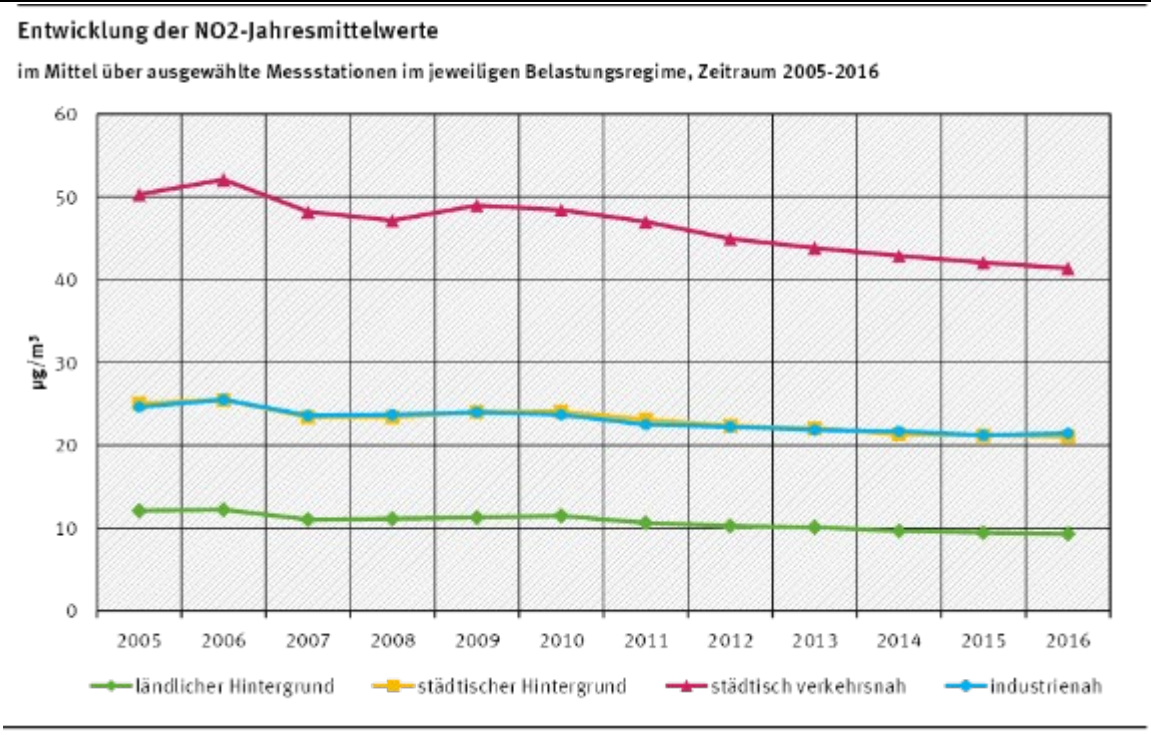
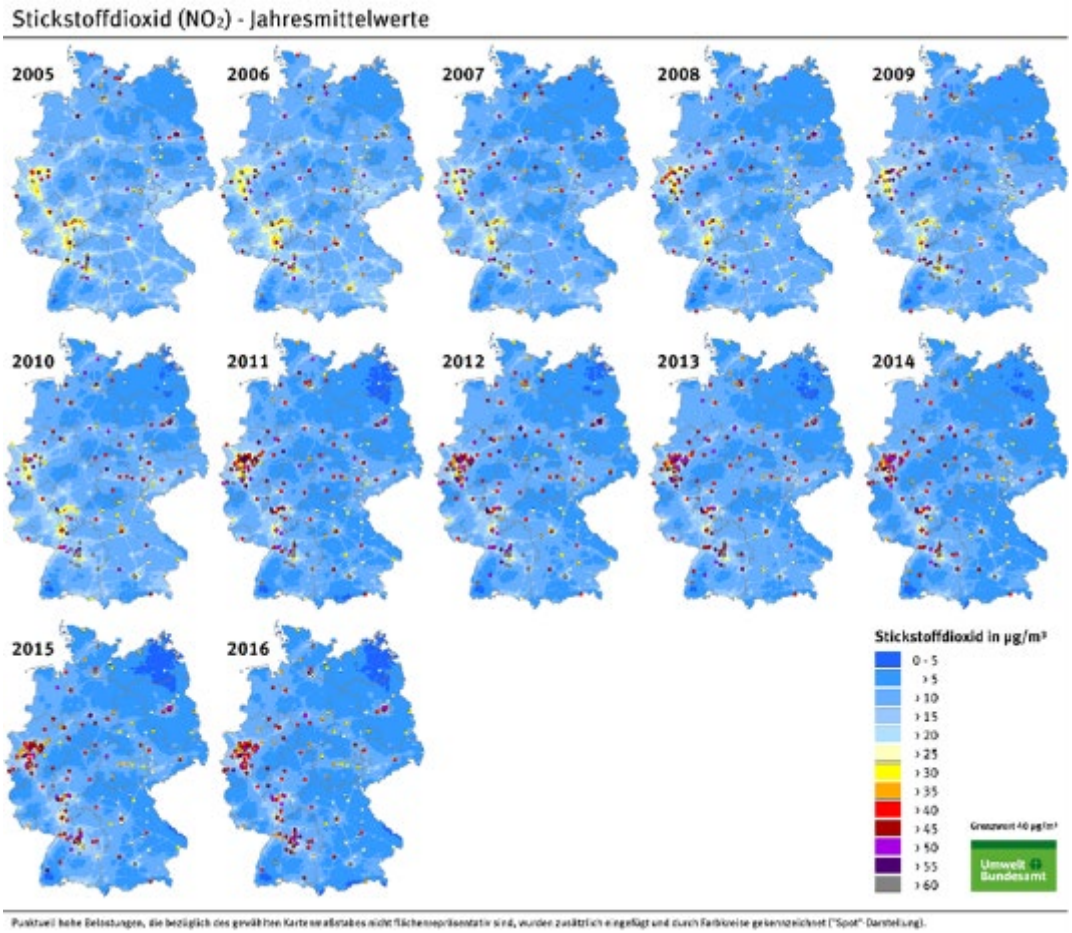


Abbildung 12 stellt die räumlich aufgelöste Belastung durch NO_2 im Jahresmittel von 2005 bis 2016 dar. Die Konzentrationen in der Fläche wurden auf Basis der Daten des Emissionsinventares mittels eines Chemie-Transport-Modelles modelliert. Dabei wurden die Messwerte der Hintergrundstationen per Optimaler Interpolation (Flemming und Stern, 2004) einbezogen. Zusätzlich sind die an verkehrsnahen Stationen gemessenen Jahresmittelwerte als Punktinformationen dargestellt. Die Abbildung zeigt, dass erhöhte NO_2-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 12: Modellierte Konzentrationskarten zur Entwicklung der Jahresmittelwerte der gemessenen NO_2-Konzentrationen mit Punktinformationen der Messwerte der verkehrsnahen Stationen



3.2.1.3 NO_2-Überschreitungssituation

Die Überschreitungssituation bezüglich des Jahres- und Stundengrenzwertes wurde seit Inkrafttreten des Grenzwertes im Jahr 2010 betrachtet.

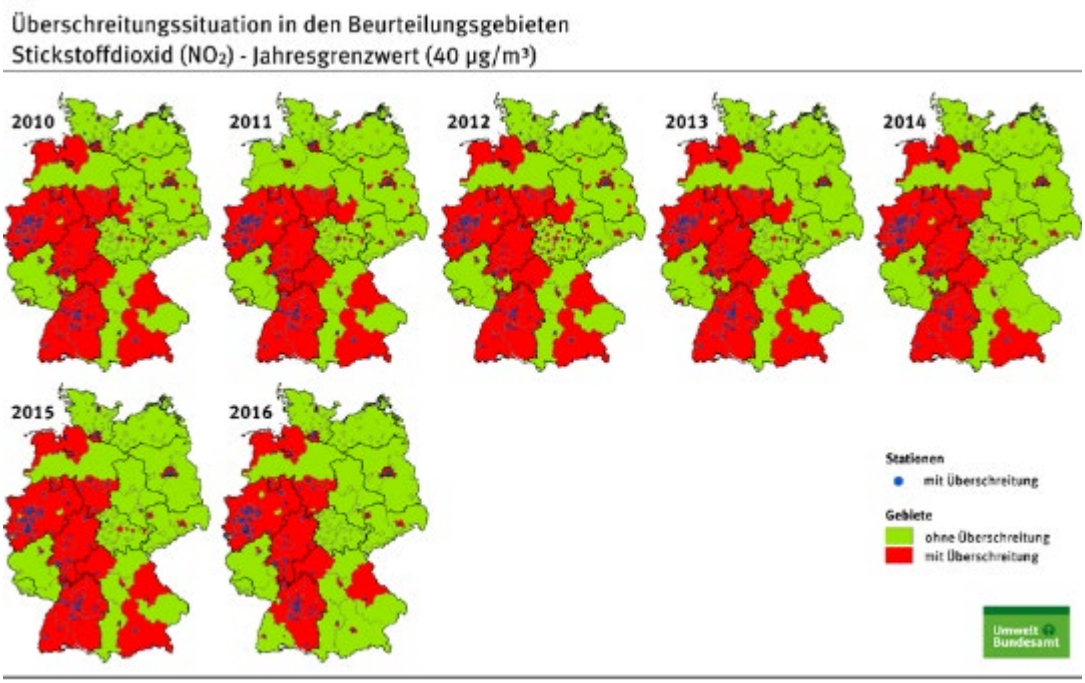
3.2.1.3.1 NO_2-Jahresgrenzwert (40µg/m³)

Deutlich wird, dass Überschreitungen des NO_2-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 gesunken[37]. 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.

Tabelle 6: Verhältnis der Anzahl der Stationen mit Überschreitung des NO_2-Jahresgrenzwertes zur Gesamtzahl der zur Beurteilung herangezogenen Stationen je Stationstyp

Stationstyp	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
ländlicher Hintergrund	0 / 70	0 / 72	0 / 73	0 / 73	0 / 74	0 / 75	0 / 75
städt./vorstädt. Hintergrund	2 / 179	1 / 174	1 / 171	1 / 176	1 / 177	0 / 174	0 / 173
verkehrsnah	163 / 219	172 / 229	170 / 244	168 / 250	148 / 238	142 / 244	145 / 246
industrienah	0 / 21	0 / 21	0 / 20	0 / 23	0 / 24	0 / 25	0 / 25

Abbildung 13: Darstellung der Entwicklung der Überschreitungssituation für NO_2 nach Beurteilungsgebieten (Jahresmittelwert)



[37] Im Jahr 2017 wurde an rund 45 % der verkehrsnahen Stationen der NO_2-Jahresgrenzwert überschritten.

Tabelle 7: Entwicklung des Anteils der Beurteilungsgebiete (Anzahl) mit Überschreitung des zulässigen NO_2-Jahresmittelwertes

Anteil Beurteilungsgebiete mit Grenzwertüberschreitung - Jahresmittel	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**
	66 %	67 %	69 %	62 %	56 %	56 %	57 %

3.2.1.3.2 NO_2-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 2012[38]. Die gebietsbezogene Auswertung zeigt, dass die Überschreitungen (wenn auch rückläufig) ein lokales Problem nahezu derselben Gebiete und Ballungsräume sind.

Tabelle 8: Verhältnis der Anzahl der Stationen mit Überschreitung des NO_2-Stundengrenzwertes zur Gesamtzahl der zur Beurteilung herangezogenen Stationen je Stationstyp

Stationstyp	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**
ländlicher Hintergrund	0 / 70	0 / 72	0 / 70	0 / 66	0 / 74	0 / 75	0 / 75
städt./vorstädt. Hintergrund	0 / 176	0 / 171	0 / 169	0 / 170	0 / 173	0 / 171	0 / 171
verkehrsnah	7 / 139	7 / 134	4 / 133	4 / 126	3 / 132	5 / 129	2 / 128
industrienah	0 / 21	0 / 21	1 / 20	0 / 23	0 / 24	0 / 25	0 / 25

[38] Im Jahr 2017 wurde erstmals keine Überschreitung des NO_2-Stundengrenzwertes festgestellt.

Abbildung 14: Darstellung der Entwicklung der Überschreitungssituation für NO_2 nach Beurteilungsgebieten (Stundenmittelwert)

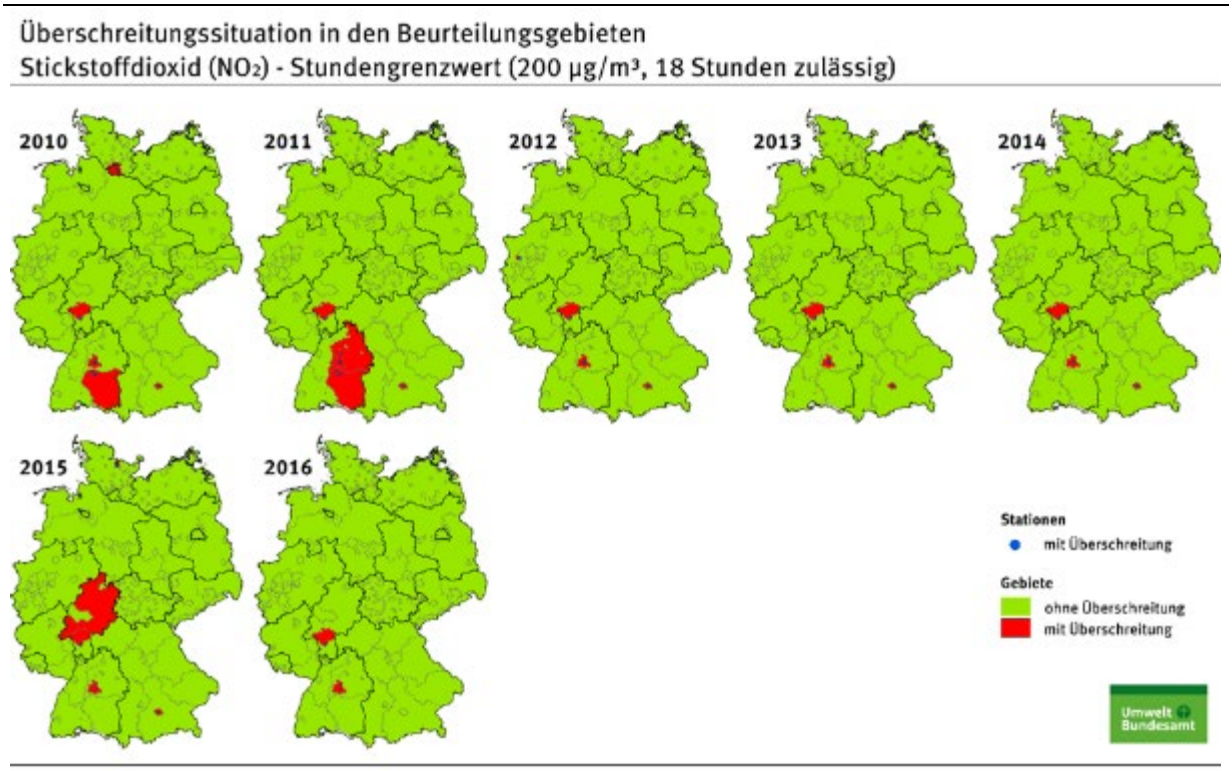


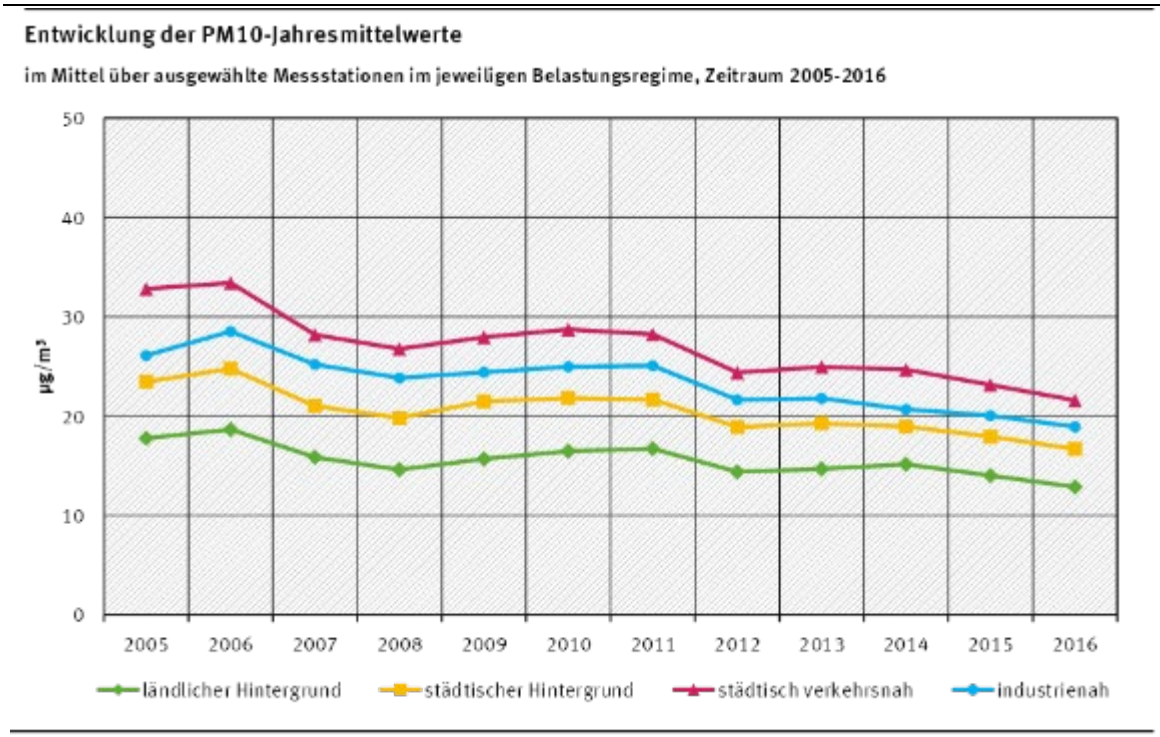
Tabelle 9: Entwicklung des Anteils der Beurteilungsgebiete mit Überschreitung des zulässigen NO_2-Stundenmittelwertes

Anteil Beurteilungsgebiete mit Grenzwertüberschreitung - Stundenmittel	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**
	6 %	6 %	5 %	3 %	3 %	4 %	2 %

3.2.1.4 Entwicklung der PM_{10}-Konzentrationen

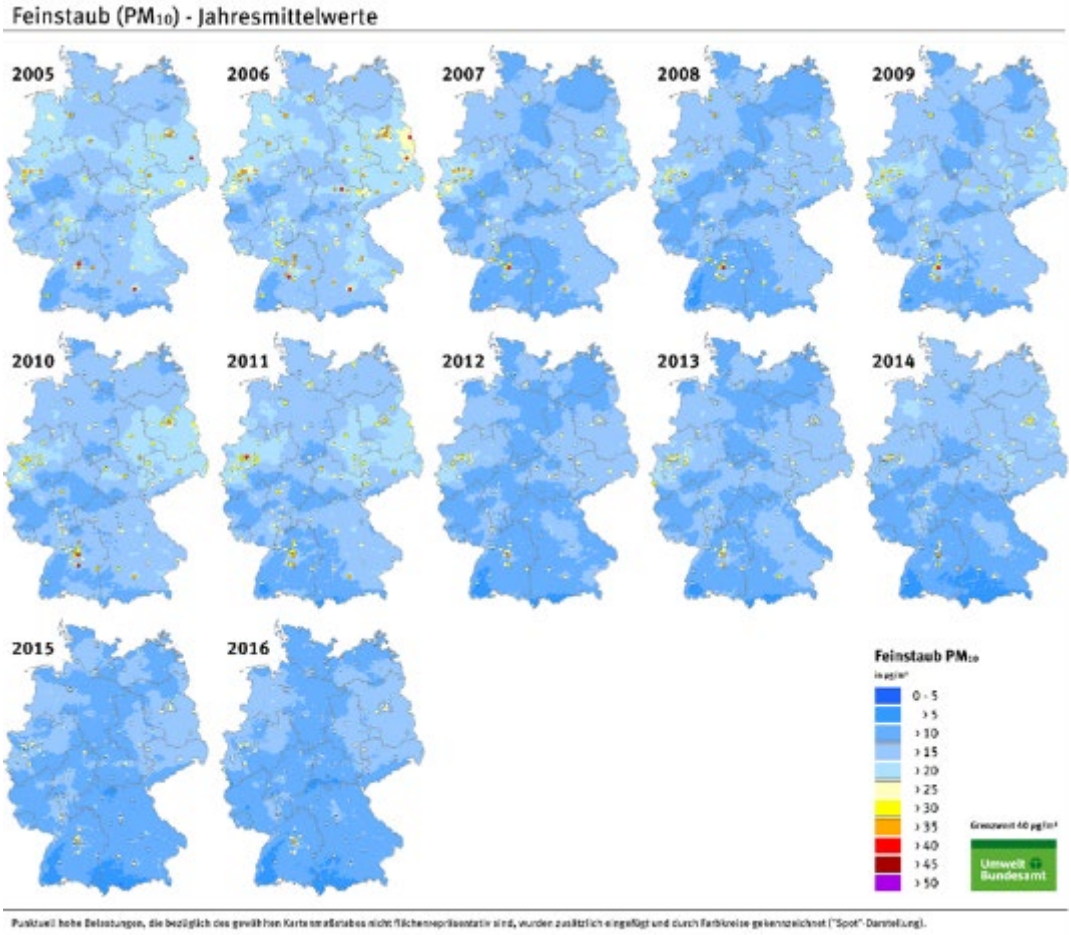
Einhergehend mit großräumigen und lokalen Minderungen der direkten PM_{10}-Emissionen sowie von Vorläufergasen der sekundären Feinstaubbildung in der Atmosphäre weisen auch die gemessenen PM_{10}-Konzentrationen aller Stationstypen im Zeitraum 2005 bis 2016 eine deutliche Abnahme auf. Der Verlauf ist 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 15: Entwicklung der Jahresmittelwerte der gemessenen PM_{10}-Konzentrationen



Die Darstellung der räumlichen Belastung durch PM_{10} in Abbildung 16 (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 16: Modellierte Konzentrationskarten zur Entwicklung der Jahresmittelwerte der gemessenen PM_{10}-Konzentrationen mit Punktinformationen der Messwerte der verkehrs- und industrienahen Stationen



3.2.1.5 PM_{10}-Überschreitungssituation

3.2.1.5.1 PM_{10}-Tagesgrenzwert (50 µg/m³ nicht öfter als 35-mal im Kalenderjahr)

Gemessene Tagesmittelwerte über 50 µg/m^3 traten während Feinstaubepisoden oder an von speziellen Ereignissen wie Silvesterfeuerwerk 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.

Tabelle 10: Verhältnis der Anzahl der Stationen mit Überschreitung des PM_{10}-Tagesgrenzwertes zur Gesamtzahl der zur Beurteilung herangezogenen Stationen je Stationstyp

Stationstyp	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**	**2010**
ländlicher Hintergrund	0 / 69	0 / 66	0 / 64	0 / 63	0 / 61	1 / 62
städt./vorstädt. Hintergrund	1 / 181	10 / 180	0 / 172	0 / 174	0 / 176	5 / 169
verkehrsnah	52 / 120	85 / 153	33 / 166	16 / 156	30 / 151	50 / 147
industrienah	7 / 33	7 / 29	4 / 28	1 / 34	3 / 35	5 / 38
Stationstyp	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**
ländlicher Hintergrund	0 / 61	0 / 60	0 / 61	0 / 60	0 / 62	0 / 63
städt./vorstädt. Hintergrund	6 / 161	0 / 158	0 / 157	0 / 156	0 / 154	0 / 154
verkehrsnah	65 / 146	9 / 137	11 / 135	10 / 130	3 / 124	1 / 126
industrienah	9 / 37	2 / 36	0 / 35	0 / 35	0 / 34	0 / 33

Abbildung 17: Darstellung der Entwicklung der Überschreitungssituation für PM_{10} nach Beurteilungsgebieten (Tagesmittelwert)

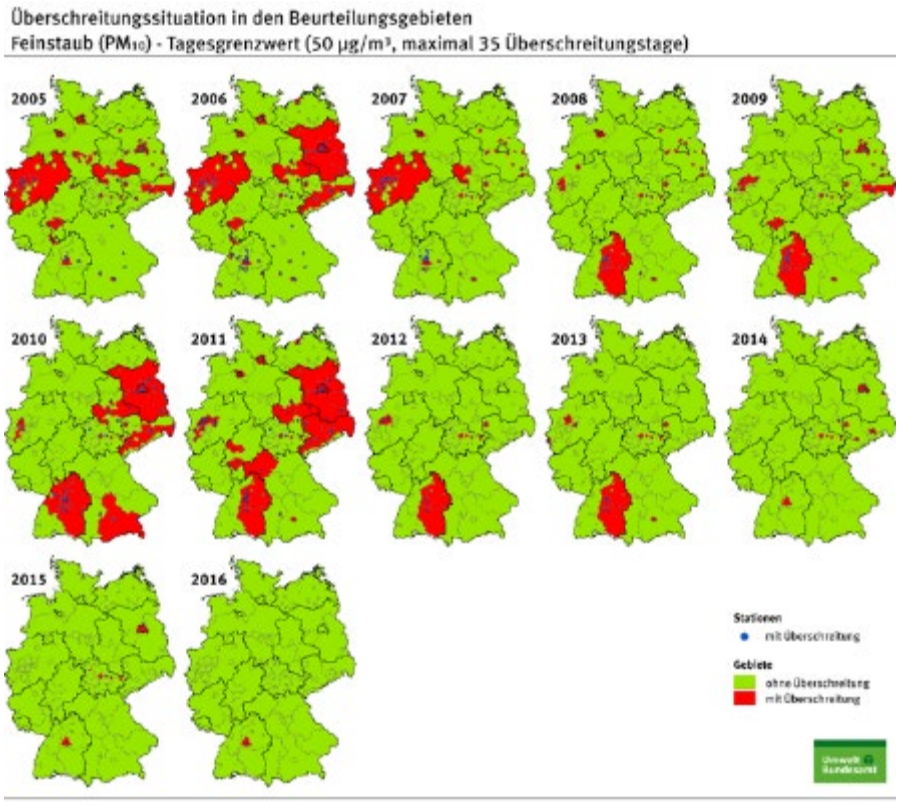


Tabelle 11: Entwicklung des Anteils der Beurteilungsgebiete mit Überschreitung des zulässigen PM_{10}-Tagesmittelwertes

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 %

3.2.1.5.2 PM_{10}-Jahresgrenzwert (40 µg/m³)

Zu Überschreitungen des Jahresgrenzwertes kam es seit Inkrafttreten 2005 an vereinzelten, 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.

Tabelle 12: Verhältnis der Anzahl der Stationen mit Überschreitung des PM_{10}-Jahresgrenzwertes zur Gesamtzahl der zur Beurteilung herangezogenen Stationen je Stationstyp

Stationstyp	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**	**2010**
ländlicher Hintergrund	0 / 69	0 / 66	0 / 64	0 / 63	0 / 61	0 / 62
städt./vorstädt. Hintergrund	0 / 181	0 / 180	0 / 172	0 / 174	0 / 176	0 / 169
verkehrsnah	4 / 120	6 / 153	1 / 166	1 / 156	1 / 151	2 / 147
industrienah	0 / 33	1 / 29	0 / 28	0 / 34	0 / 35	0 / 38
Stationstyp	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**
ländlicher Hintergrund	0 / 61	0 / 60	0 / 61	0 / 60	0 / 62	0 / 63
städt./vorstädt. Hintergrund	0 / 161	0 / 158	0 / 157	0 / 156	0 / 154	0 / 154
verkehrsnah	1 / 146	0 / 137	0 / 135	0 / 130	0 / 124	0 / 126
industrienah	0 / 37	0 / 36	0 / 35	0 / 35	0 / 34	0 / 33

Tabelle 13: Entwicklung des Anteils der Beurteilungsgebiete mit Überschreitung des zulässigen PM_{10}-Jahresmittelwertes

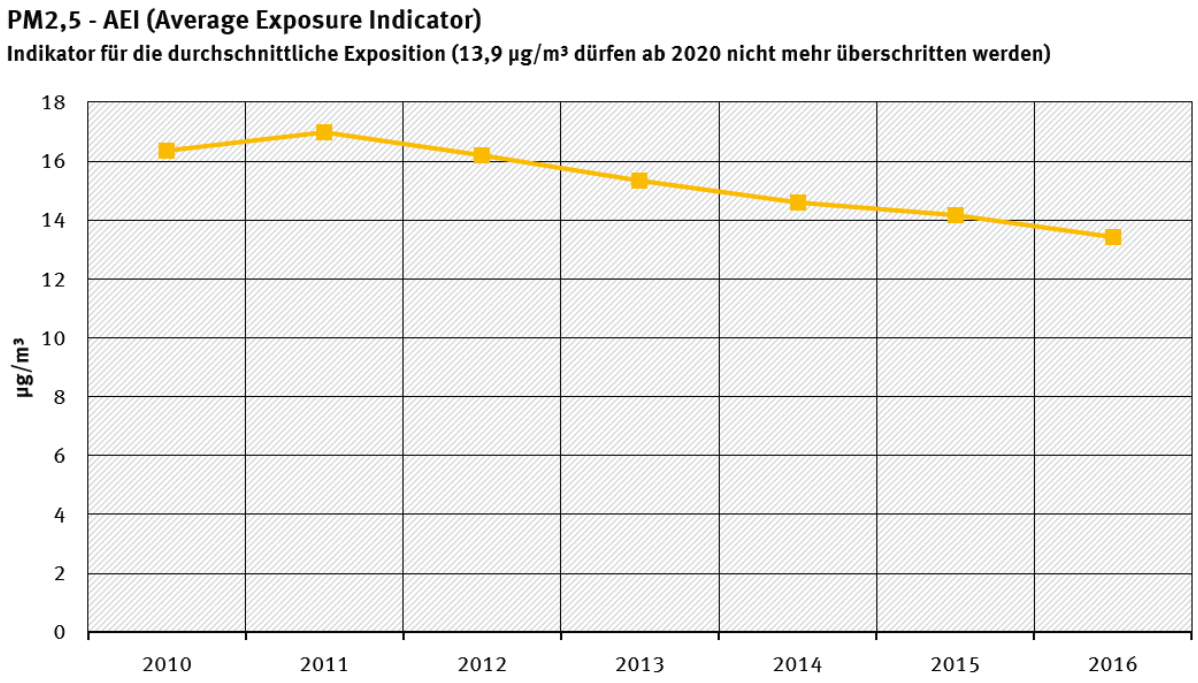
Anteil Gebiete mit Grenzwertüberschreitung	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013-2016**
Jahresmittel	4 %	6 %	1 %	1 %	1 %	2 %	1 %	0 %	0 %

3.2.1.6 Entwicklung der $PM_{2,5}$-Konzentrationen

3.2.1.6.1 Average Exposure Indicator (AEI)

Analog zu den rückläufigen PM_{10}-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/m^3 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/m^3 nicht überschreiten. 2016 lag der Mittelwert der Jahre 2014, 2015, 2016 unter dem für 2020 zu erreichenden Ziel.

Abbildung 18: Darstellung des Average Exposure Indicator (AEI) für $PM_{2,5}$ seit 2010



3.2.1.6.2 $PM_{2,5}$-Jahresgrenzwert (25 µg/m³)

Die Einhaltung des Ziel- bzw. Grenzwertes (25 µg/m^3 im Jahresmittel) ist in Deutschland nicht gefährdet. Seit Inkrafttreten im Jahr 2010 kam es nur einmalig an einer verkehrsnahen Station zu einer Überschreitung.

Tabelle 14: Verhältnis der Anzahl der Stationen mit Überschreitung des $PM_{2,5}$-Jahresgrenzwertes zur Gesamtzahl der zur Beurteilung herangezogenen Stationen je Stationstyp

Stationstyp	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
ländlicher Hintergrund	0 / 11	0 / 21	0 / 22	0 / 22	0 / 23	0 / 24	0 / 27
städt./vorstädt. Hintergrund	0 / 56	0 / 66	0 / 69	0 / 75	0 / 76	0 / 82	0 / 80
verkehrsnah	1 / 39	0 / 43	0 / 45	0 / 50	0 / 57	0 / 61	0 / 63
industrienah	0 / 7	0 / 9	0 / 9	0 / 9	0 / 14	0 / 15	0 / 16

Tabelle 15: 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 %

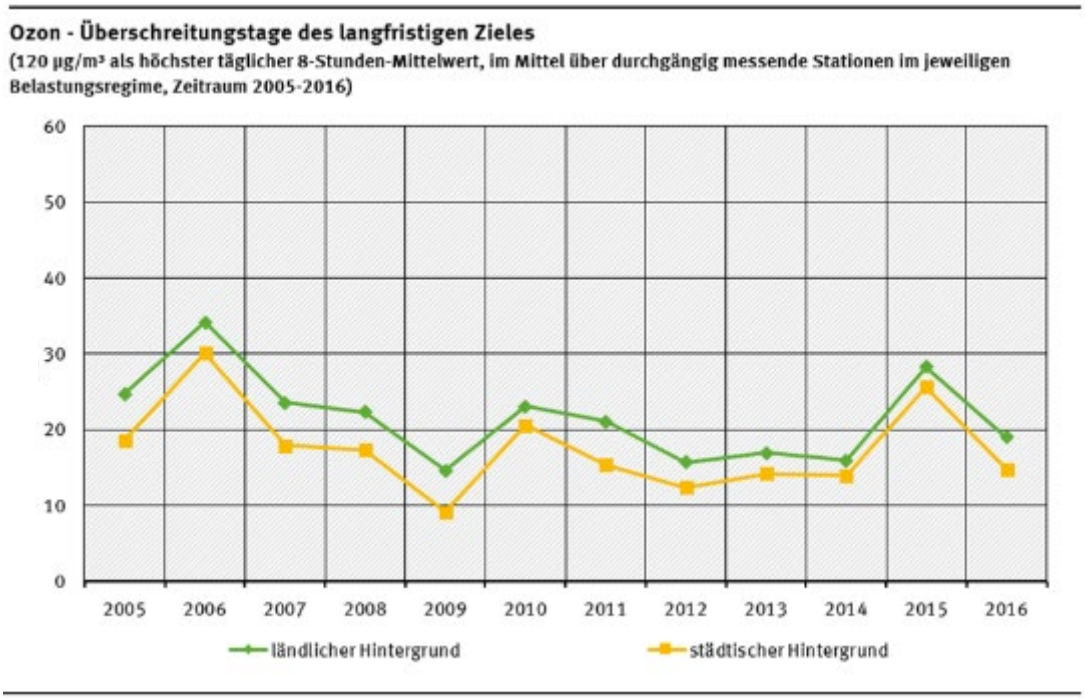
3.2.1.7 Entwicklung der O_3-Konzentrationen

Die Entwicklung der Ozonbelastung in Deutschland spiegelt den allgemein rückläufigen Trend der Emissionen der Vorläufergase NO_X, NMVOC, Methan (CH_4) und Kohlenmonoxid (CO) nicht in allen Punkten wider. Ozonkonzentrationen unterliegen 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 verkehrsnahe Standorte weisen unter anderem durch Wechselwirkungen aufgrund der hohen NO-Emissionen, die zum Abbau von Ozon führen, häufig geringere Konzentrationen auf als Stationen im ländlichen Hintergrund.

Betrachtet man die mittlere Zahl der Tage, an denen der höchste über 8 Stunden gebildete gleitende Mittelwert die Konzentration von 120 µg/m^3 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 im aktuellen Vorhaben „NEC-Richtlinie: Weiterentwicklung von Prognosen für Luftschadstoffe für nationale Luftreinhalteprogramme“ (FKZ 3716512020).

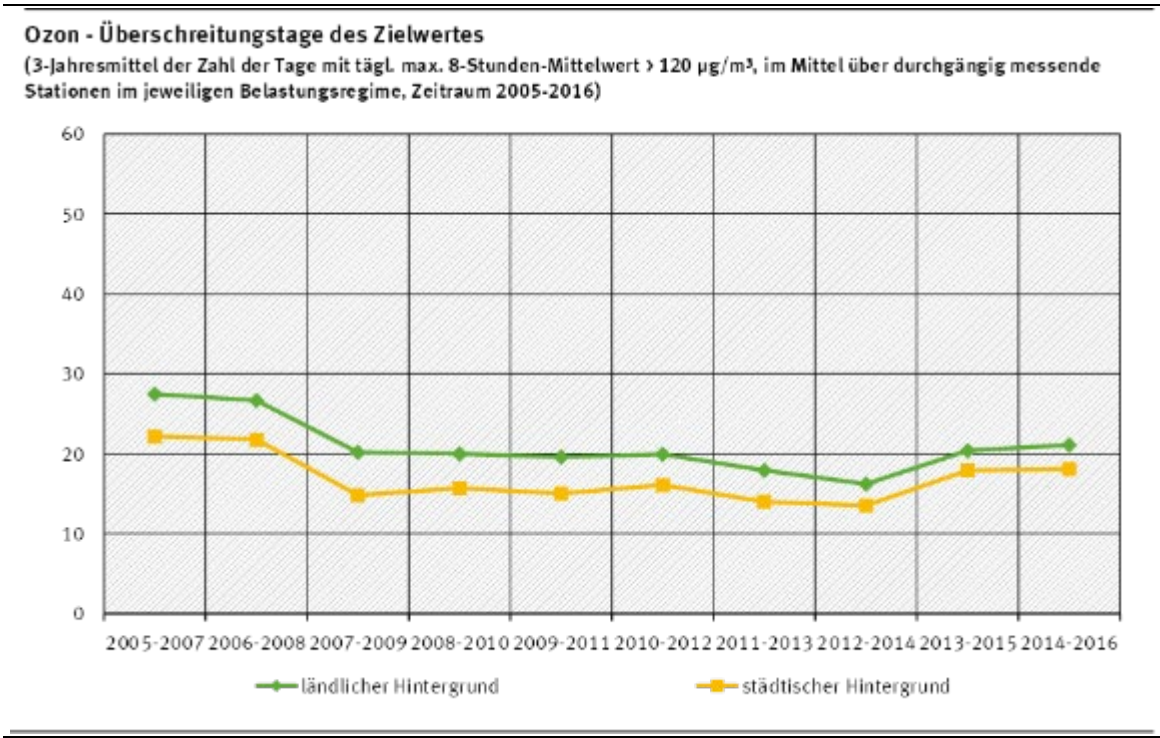
Insgesamt bleibt festzuhalten, dass für eine wirksame Reduktion der Ozonkonzentrationen weitere Minderungen der Emissionen aller Ozonvorläuferstoffe notwendig sind.

Abbildung 19: Entwicklung der höchsten täglichen 8-Stunden-Mittelwerte für O_3



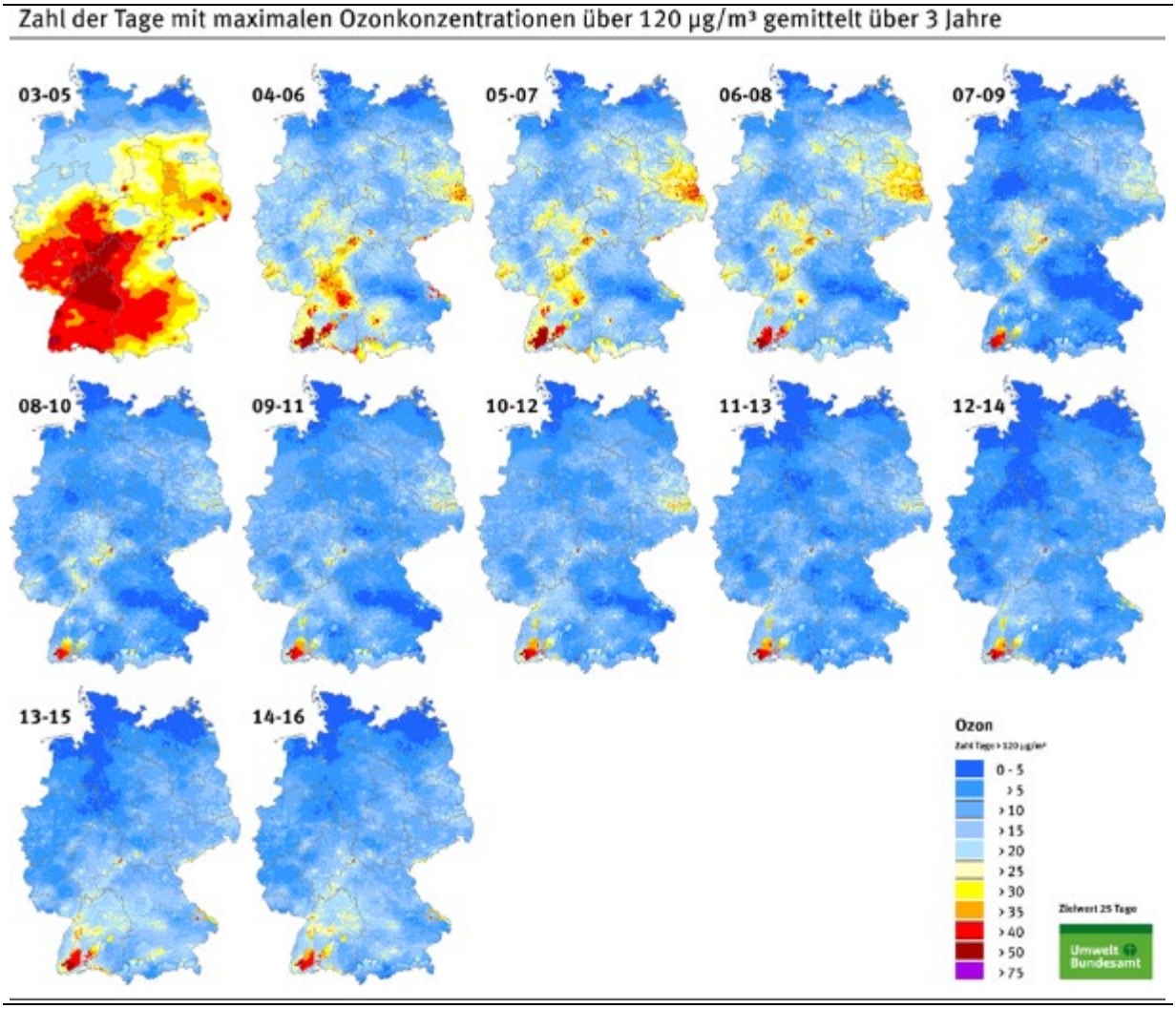
Deutlich wird die Stagnation der Anzahl der Tage mit Überschreitung der 120 µg/m^3 auch im Verlauf des 3jährigen Mittels der höchsten täglichen 8-Stunden-Mittelwerte (vgl. Abbildung 20, Zielwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit).

Abbildung 20: Entwicklung der 3-Jahresmittelwerte der höchsten täglichen 8-Stunden-Mittelwerte für O_3



Der Jahrhundertsommer 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 21: Modellierte Konzentrationskarten zur Entwicklung der 3-Jahresmittelwerte der gemessenen O_3-Konzentrationen



3.2.1.8 O_3-Überschreitungssituation

3.2.1.8.1 O_3-langfristiges Ziel (120 µg/m³ für maximalen 8-Stunden-Mittelwert eines Tages)

Gleitende 8-Stunden-Mittelwerte über 120 µg/m^3 traten in Deutschland flächendeckend außer an verkehrsnahen Stationen auf. Ausnahmslos alle Gebiete und Ballungsräume sind durchgängig seit 2010 von Überschreitungen des langfristigen Ziels betroffen.

Tabelle 16: Verhältnis der Anzahl der Stationen mit Überschreitung des O_3-Langfristzieles zur Gesamtzahl der zur Beurteilung herangezogenen Stationen je Stationstyp

Stationstyp	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
ländlicher Hintergrund	71 / 71	71 / 71	70 / 71	73 / 73	71 / 72	72 / 72	72 / 72
städt./vorstädt. Hintergrund	162 / 162	156 / 157	162 / 163	158 / 160	159 / 159	159 / 159	159 / 159
verkehrsnah	15 / 16	9 / 12	8 / 9	7 / 8	6 / 8	5 / 7	7 / 7
industrienah	14 / 14	14 / 14	14 / 14	15 / 15	16 / 16	16 / 16	16 / 16

Tabelle 17: Entwicklung des Anteils der Beurteilungsgebiete mit Überschreitung des langfristigen Zieles für O_3

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

3.2.1.8.2 O_3-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.

Tabelle 18: Verhältnis der Anzahl der Stationen mit Überschreitung des O_3-Zielwertes zur Gesamtzahl der zur Beurteilung herangezogenen Stationen je Stationstyp

Stationstyp	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
ländlicher Hintergrund	22 / 71	22 / 74	16 / 74	13 / 73	10 / 73	26 / 73	29 / 73
städt./vorstädt. Hintergrund	12 / 174	7 / 173	10 / 170	6 / 168	5 / 173	21 / 170	21 / 162
verkehrsnah	0 / 19	0 / 18	0 / 15	0 / 12	0 / 10	0 / 9	0 / 8
industrienah	0 / 16	0 / 16	0 / 14	0 / 14	0 / 15	2 / 15	2 / 15

Abbildung 22: Darstellung der Entwicklung der Überschreitungssituation für O_3 nach Beurteilungsgebieten (Zielwert)

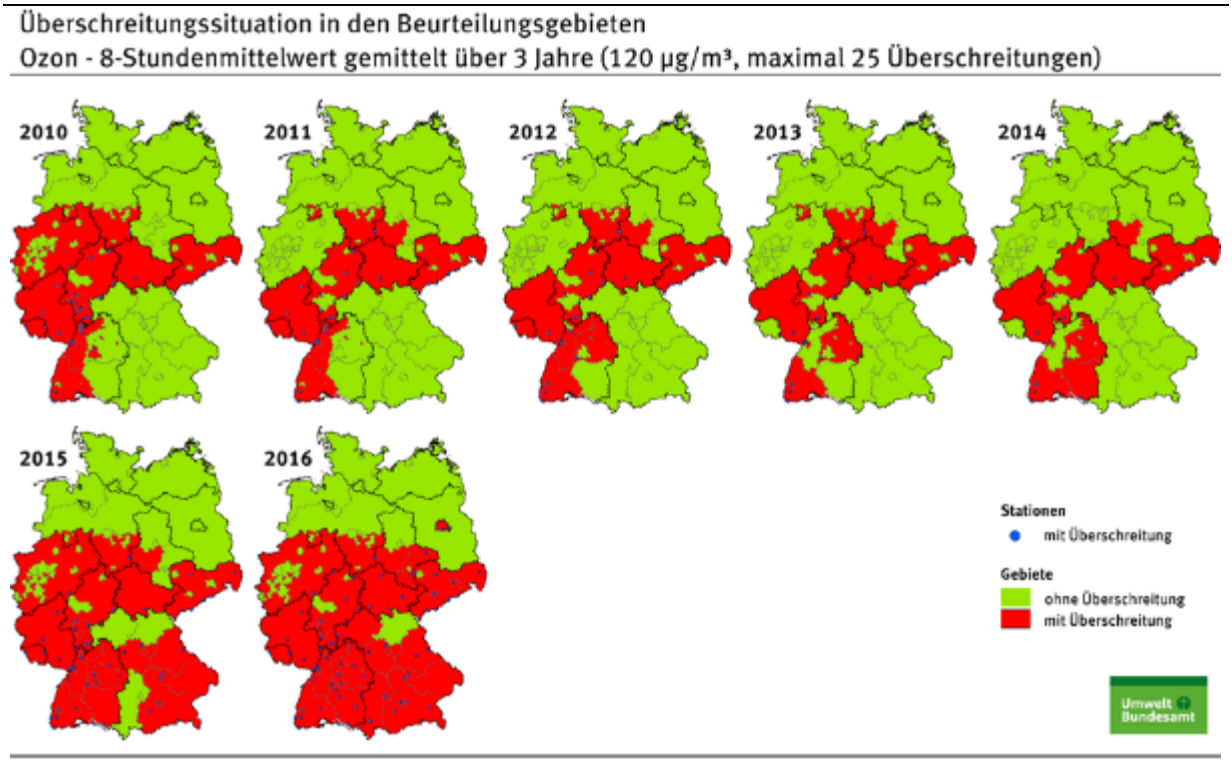


Tabelle 19: Entwicklung des Anteils der Beurteilungsgebiete mit Überschreitung des Zielwertes für O_3

Anteil Gebiete mit Überschreitung des Zielwertes	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**
	21 %	18 %	20 %	16 %	16 %	36 %	46 %

3.2.1.9 CO-Überschreitungssituation

Es darf keine Überschreitung des täglichen maximalen 8-Stunden-Mittelwertes von 10 mg/m^3 auftreten. Die CO-Konzentrationen liegen deutschlandweit seit 2010 weit unterhalb des gültigen Grenzwertes. So kam es seit 2010 lediglich an 2 Stationen zu jeweils einer Grenzwertüberschreitung. Beide Fälle wurden durch Störfälle in Industrieanlagen verursacht. Der rückläufige Trend der Konzentrationen führt allerdings auch zu einem Rückgang der zu Messungen verpflichteten Stationen. Die Zahl der Stationen mit CO-Konzentrationsmessungen in Deutschland ist dadurch in den letzten Jahren von etwa 200 Stationen auf etwa 100 Stationen gesunken.

3.2.1.10 SO_2-Überschreitungssituation

Seit Gültigkeit der Grenzwerte ab 2005, Tagesmittelwerte dürfen nicht öfter als 3-mal im Kalenderjahr 125 µg/m^3 überschreiten, Stundenmittelwerte dürfen nicht öfter als 24-mal im Kalenderjahr 350 µg/m^3 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 SO_2-Konzentrationsmessungen in Deutschland ist dadurch in den letzten Jahren von etwa 250 Stationen auf mittlerweile etwa 150 Stationen gesunken.

3.2.2 Entwicklung der Luftqualität 2005-2015 – Ergebnisse der Ausbreitungsmodellierung

3.2.2.1 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 zusätzlich zur Beurteilung anhand der Entwicklung der gemessenen Luftschadstoffkonzentrationen zwei Modellläufe mit dem Chemie-Transport-Modell EURAD des Rheinischen Instituts für Umweltforschung durchgeführt. Darüber hinaus soll diese Auswertung zur Validierung der Ergebnisse aus den EURAD-Modellläufen zur Einschätzung der potenziellen Entwicklung der Luftqualität im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM) in Kapitel 4.2 und im NEC-Compliance-Szenario (WAM) in Kapitel 7.3 dienen.

Die Emissionsdaten entstammen

- für Deutschland der Emissionsberichterstattung 2018 für die Jahre 2005 und 2015[39],
- außerhalb Deutschlands aus Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS)[40].

Für beide Jahre 2005 und 2015 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 $\mu g/m^3$ je Rasterzelle. Aus der Kartendarstellung lassen sich räumlich differenzierte Effekte der Emissionsentwicklungen ablesen. In Kapitel 3.2.2.7 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.

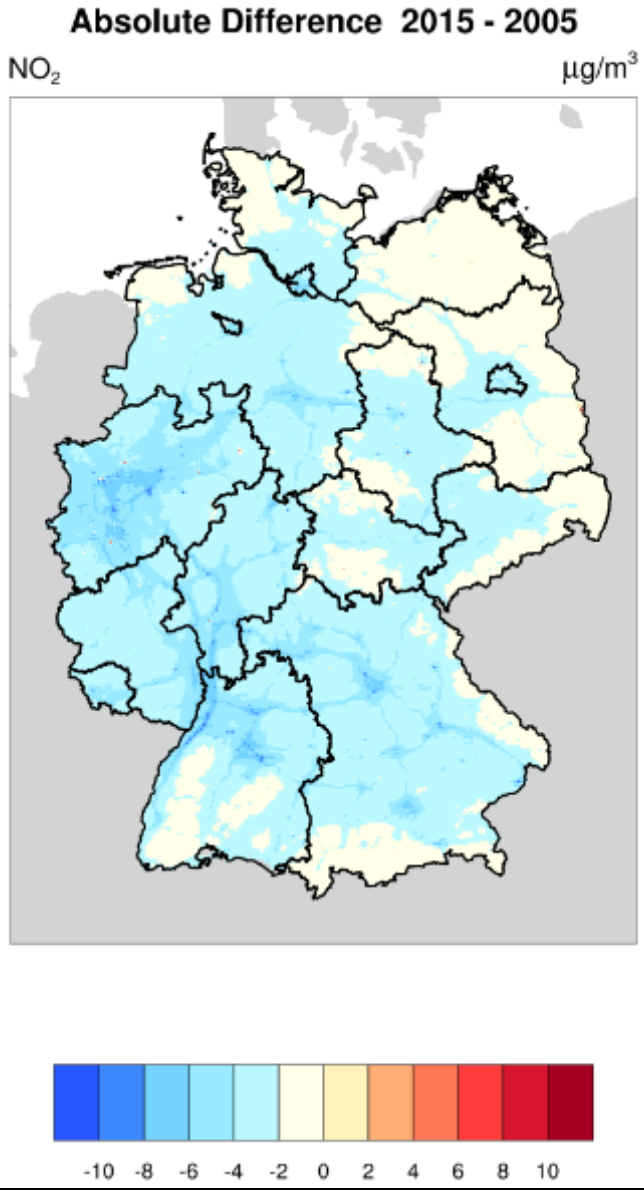
3.2.2.2 Modellierte Hintergrund-NO_2-Konzentrationen

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 zwischenjährlicher Unterschiede meteorologischer Einflussgrößen in einem Rückgang der modellierten NO_2-Hintergrundkonzentrationen, vor allem entlang des Autobahnnetzes und in Ballungsgebieten mit hohem Verkehrsaufkommen. Diese Aussage wird durch die Entwicklung der NO_2-Messwerte an industrienahen Stationen und im städtischen und ländlichen Hintergrund im selben Zeitraum bestätigt.

[39] http://cdr.eionet.europa.eu/de/un/clrtap/inventories/envwoflug/; abgerufen am 08.04.2018

[40] http://drdsi.jrc.ec.europa.eu/dataset/tno-macc-iii-european-anthropogenic-emissions; abgerufen am 08.04.2018

Abbildung 23: Differenz der EURAD-Modelläufe 2015 – 2005 für NO_2 in µg/m³ unter gleichen meteorologischen Bedingungen



3.2.2.3 Modellierte Hintergrund-SO_2-Konzentrationen

Die Abnahme der SO_2-Gesamtemissionen zwischen 2005 und 2016, hauptsächlich begründet in einer Abnahme der Emissionen aus Großfeuerungsanlagen und privaten Haushalten, resultiert ohne Berücksichtigung zwischenjährlicher Unterschiede meteorologischer Einflussgrößen auch in einem Rückgang der modellierten SO_2-Hintergrundkonzentrationen, vor allem in den Ballungsräumen mit hoher absoluter Bevölkerungszahl und hoher Bevölkerungsdichte sowie in industriellen Ballungszentren. Dieses Ergebnis passt auch zur Entwicklung der SO_2-Messwerte an industrie- und verkehrsnahen Stationen sowie im städtischen Hintergrund. Auffällig sind hohe punktuelle Differenzen zwischen 2015 und 2005, die auf hinzugekommene oder wegfallende Anlagen im Schadstofffreisetzungs- und -verbringungsregister (PRTR - Pollutant Release and Transfer Register) zurückzuführen sind.

Abbildung 24: Differenz der EURAD-Modelläufe 2015 – 2005 für SO_2 in µg/m³ unter gleichen meteorologischen Bedingungen

3.2.2.4 Modellierte Hintergrund-NH_3-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 betriebsscharfen Düngemitteleinsatzmengen, zu Gülletransporten oder zur Anwendung von an deutschen Häfen gekauften Mineraldüngermengen.

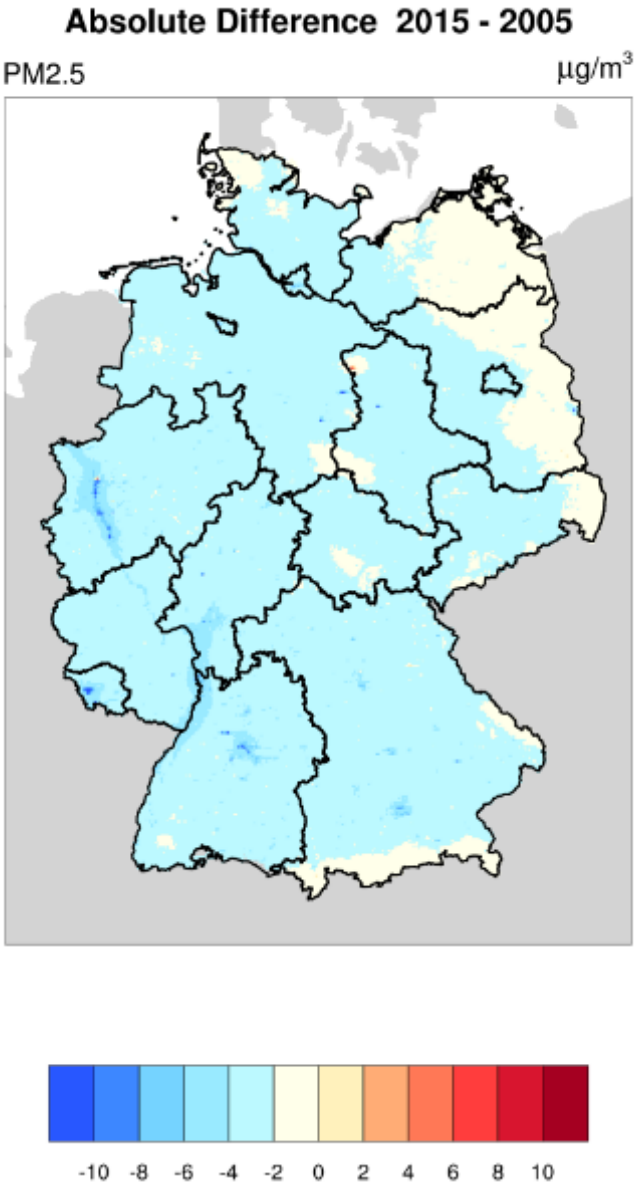
Abbildung 25: Differenz der EURAD-Modelläufe 2015 – 2005 für NH_3 in µg/m³ unter gleichen meteorologischen Bedingungen

3.2.2.5 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 geregel-

ten Schadstoffe auf diesen Wegen zur Feinstaubbelastung der Luft beitragen, lässt sich der Rückgang der modellierten Feinstaubkonzentrationen (vgl. Abbildung 26 für die Fraktion $PM_{2,5}$) nicht auf die Entwicklung der Emissionen eines Luftschadstoffes allein zurückführen. Da die Emissionen der durch die NEC-Richtlinie geregelten Luftschadstoffe mit Ausnahme von Ammoniak aber zurückgegangen sind, ist auch ein nahezu flächendeckender Rückgang der modellierten Feinstaubkonzentrationen zu beobachten.

Abbildung 26: Differenz der EURAD-Modelläufe 2015 – 2005 für $PM_{2,5}$ in µg/m³ unter gleichen meteorologischen Bedingungen



3.2.2.6 Modellierte Hintergrund-O_3-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 28), aber die mittlere bodennahe Ozonkonzentration steigt bei Ausklammern der meteorologischen Einflüsse deutschlandweit an (vgl. Abbildung 27). 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 27: Differenz der EURAD-Modelläufe 2015 – 2005 für O_3 in µg/m³ unter gleichen meteorologischen Bedingungen

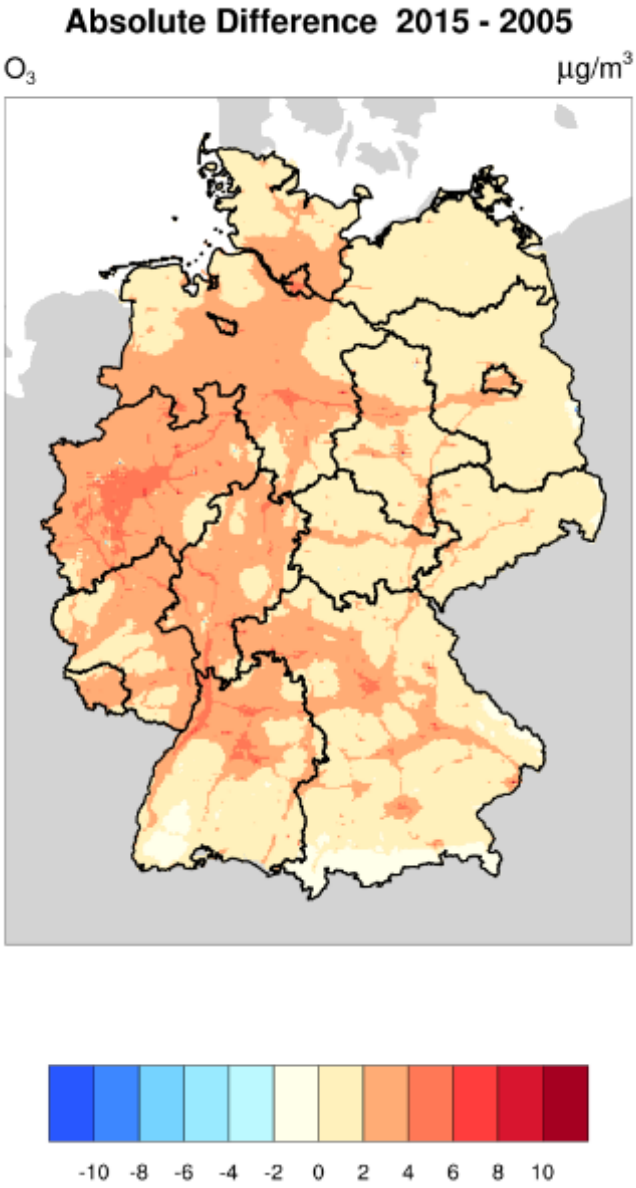
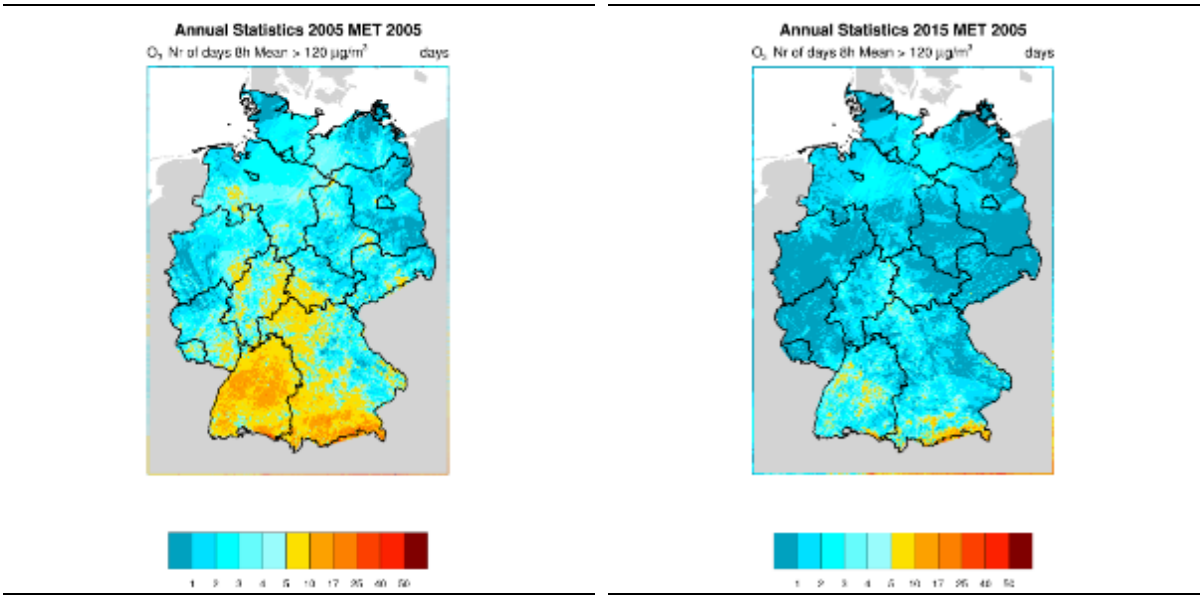


Abbildung 28: Ergebnis der EURAD-Modelläufe 2005 und 2015 für die Anzahl der Überschreitungstage des O_3-Zielwertes unter gleichen meteorologischen Bedingungen



3.2.2.7 Zusammenfassung der Ergebnisse der Ausbreitungsmodellierung

Tabelle 20 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 Hintergrund-konzentrationen für NO_2, SO_2, PM_{10} 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 NH_3) sinken auch die Hintergrundkonzentrationen von NO_2, SO_2, PM_{10} und $PM_{2,5}$ nur geringfügig, diejenigen von NH_3 und O_3 nehmen hingegen zu. Sofern zusätzlich zu den zukünftigen Emissionsminderungsmaßnahmen zur Einhaltung der nationalen Emissionsreduktions-verpflichtungen der NEC-Richtlinie nicht auch lokale Emissionsminderungsmaßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität vorgenommen werden, wird sich daher die Überschreitungssituation der verkehrsnah gemessenen NO_2-Konzentrationen weiterhin nur langsam verbessern.

Tabelle 20: Differenz der unter gleichen meteorologischen Bedingungen modellierten Jahresmittelwerte der Hintergrundkonzentrationen für 2005 und 2015

Schadstoff	absolute Differenz der Jahresmittelwerte 2005 und 2015 in $\mu g/m^3$

NO_2	-2,8
Ozon	+1,8
NH_3	+0,9
SO_2	-1,3
PM_{10}	-2,7
$PM_{2,5}$	-2,6

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

Um ein Ergebnis aus den in Kapitel 3.2.2.1 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 für die Luftschadstoffe PM_{10}, $PM_{2,5}$, SO_2, NH_3 und NO_2 bestimmt und für jeden Nachbarstaat eine entsprechende Summe der In- und Outputs pro modelliertem Jahr für die gesamte gemeinsame Grenzlinie 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.

Anhand der Ergebnisse wurden die Nachbarstaaten Deutschlands gruppiert nach Staaten über deren Grenze Netto-Import von Schadstoffen nach Deutschland und Staaten über deren Grenze Netto-Export von Schadstoffen aus Deutschland stattfindet. In Richtung Dänemark, Polen, Österreich und der Tschechischen Republik erfolgten in 2005 und 2015 Netto-Exporte. Aus Richtung Frankreich, Belgien, Luxemburg und den Niederlanden erfolgte 2005 und 2015 ein Netto-Import. In Richtung der Schweiz fand 2005 und 2015 Netto-Export an NO_2 und SO_2 statt, bei NH_3, PM_{10} und $PM_{2,5}$ hingegen ein Netto-Import.

Insgesamt hat der grenzüberschreitende Transport (Export) aus Deutschland für alle Schadstoffe außer für NH_3 in 2015 gegenüber 2005 in den Modellläufen abgenommen. Auch der grenzüberschreitende Transport nach Deutschland (Import) über die Nachbarstaaten hat für alle untersuchten Schadstoffe außer NH_3 in 2015 gegenüber 2005 abgenommen.

In Summe über alle angrenzenden Nachbarstaaten überwiegt sowohl im Modelllauf 2005 als auch 2015 der Export aller untersuchten Luftschadstoffe aus Deutschland geringfügig den Import aus den Nachbarstaaten. Der Netto-Export aus Deutschland in die Nachbarstaaten nahm für alle untersuchten Luftschadstoffe außer für NO_2 leicht zu.

4 Voraussichtliche künftige Entwicklung ohne Änderung bereits verabschiedeter Strategien und Maßnahmen

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

4.1.1 Mit-Maßnahmen-Szenario (WM)

4.1.1.1 Aktivitätsratenentwicklung - allgemein

Für die Projektion der NO_X-, NMVOC-, SO_2-, NH_3- 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 umfänglichen 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 (Politikszenarien 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 4.1.1.2) 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 Disaggregierungen 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 21 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 21: Ausgewählte Trendprognosen des Primärenergie-, Endenergie- und Bruttostromverbrauchs sowie der Bruttostromerzeugung für das Jahr 2030 im Mit-Maßnahmen-Szenario des PB 2017 im Vergleich zum Jahr 2014

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

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.

4.1.1.2 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 Handbuches Emissionsfaktoren für Straßenverkehr (HBEFA) Version 3.3 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. Erdgas, Flüssiggas) 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. 443/2009[41] und (EU) Nr. 333/2014[42]. 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.

Im Bereich **Landwirtschaft** beinhaltet die novellierte Düngeverordnung, in Kraft seit 02.06.2017, für die Emissionen von Luftschadstoffen, speziell von Ammoniak (NH_3), relevante Regelungen. Die

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

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

Projektion[43][44] 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 P_2O_5/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 Luftreinhalteprogramme" (FKZ 3716512020) wurde insbesondere die Minderungswirkung folgender Maßnahmen bewertet:

a) weitere Emissionsminderung durch Entwicklung des Anlagenbestandes von Feuerungsanlagen unter Berücksichtigung der Anforderungen gemäß
    - Verordnung über Großfeuerungs-, Gasturbinen- und Verbrennungsmotoranlagen vom 02.05.2013 (13. BImSchV)
    - Änderung der 13. BImSchV vom 19.12.2017 zur nationalen Umsetzung der Durchführungsbeschlüsse der Europäischen Kommission über Schlussfolgerungen zu den besten verfügbaren Techniken in Bezug auf

[43] 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.

[44] 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.

das Raffinieren von Mineralöl und Gas sowie in Bezug auf die Herstellung von Zellstoff, Papier und Karton

- Verordnung über die Verbrennung und die Mitverbrennung von Abfällen vom 02.05.2013 (17. BImSchV)
- Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen vom 26.01.2010 (1. BImSchV)

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-Richtlinie]

d) Richtlinie 2009/125/EG vom 21.10.2009 zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energieverbrauchs-relevanter 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.

Im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM) ist die Entwicklung des Standes der Technik bei Industrieanlagen abgebildet. Da der Referentenentwurf zur Neufassung der Ersten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes–Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) vom 16.07.2018[45] nach derzeitiger Einschätzung keine zusätzliche Minderung bewirkt, ist diese Neufassung der TA-Luft für den Bereich Industrieanlagen bereits im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM) enthalten.

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-Immissionsschutz-gesetzes 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 Regelungswerke. 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

[45] https://www.bmu.de/gesetz/entwurf-zur-neufassung-der-ersten-allgemeinen-verwaltungsvorschrift-zum-bundes-immissionsschutzgeset/; abgerufen am 20.09.2018

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.

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

Die Ergebnisse des Mit-Maßnahmen-Szenarios (WM) für die prognostizierten Emissionen von Stickstoffoxiden (als NO_2), Schwefelverbindungen (als SO_2), flüchtige organische Verbindungen ohne Methan (NMVOC), Ammoniak (NH_3) und Feinstaub-Partikelfraktion < 2,5 µm ($PM_{2,5}$) in 2020, 2025 und 2030 sowie deren Vergleich mit den prozentualen Reduktionsverpflichtungen der NEC-Richtlinie gegenüber 2005 sind in Tabelle 23 bis Tabelle 27 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 NH_3-Reduktionsverpflichtung der NEC-Richtlinie ab 2020 eine entsprechende Anpassung zu beantragen.

Diese NH_3-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 22 listet auf, welche Quellgruppen bereits im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM) zu wesentlichen Emissionsminderungen beitragen.

Tabelle 22: 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
Schwefel-verbin-dungen	**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 (Düngeraus-bringung)
flüchtige organische Verbindungen ohne Methan	**48 %** Anteil an der Gesamtminderung im WM ggü. 2005 NFR 2.D – Industrieprozesse – Verwendung nicht-energetischer 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.

Tabelle 23: Emissionsprojektion für NO_X (als NO_2) 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	791,5	637,5	516,3
A. Verbrennungsprozesse	1.351,9	790,5	636,4	515,2
1. Energiewirtschaft	289,1	260,8	256,5	219,5
2. Verarbeitendes Gewerbe	103,3	73,0	65,5	60,2
3. Verkehr	806,5	352,5	224,6	157,7
davon Straßenverkehr	*738,1*	*302,6*	*179,2*	*117,6*
4. Übrige Feuerungsanlagen	142,0	99,7	85,7	74,1
davon Gewerbe, Handel, Dienstleistung	*34,6*	*27,2*	*23,522,7*	*20,6*
davon Haushalte	*67,2*	*49,6*	*44,5*	*41,1*
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	128,3	128,3
B. Düngerwirtschaft (Stallhaltung und Lagerung)	2,1	2,0	2,0	2,0
D. Landwirtschaftliche Böden (Düngerausbringung)	115,8	126,0	126,2	126,2
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	1008	853	729

Auswertung		NO_X (als NO_2) ohne NFR 3			
		2005	Projektion		
			2020	2025	2030
Summe Mit-Maßnahmen-Szenario (WM)	kt	1459	882	726	603
Reduktionsverpflichtung NEC-Richtlinie	%		-39 %	*-52 %*	-65 %
projizierte Reduktion im WM-Szenario	%		-40 %	*-50 %*	-59 %

Tabelle 24: 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	221,6	203,9	188,9
A. Verbrennungsprozesse	274,8	148,4	130,7	115,6
1. Energiewirtschaft	11,3	10,2	10,2	8,6
2. Verarbeitendes Gewerbe	10,3	6,6	6,5	5,9
3. Verkehr	177,7	74,6	63,2	53,3
davon Straßenverkehr	*174,6*	*72,5*	*61,1*	*51,3*
4. Übrige Feuerungsanlagen	71,6	54,8	49,0	46,2
davon Gewerbe, Handel, Dienstleistung	*4,5*	*2,7*	*2,0*	*1,6*
davon Haushalte	*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	2,6	2,3	2,3	2,3
H. sonstige Produktionen (Zellstoff- und Papierherstellung, Nahrungsmittel und Getränke)	16,3	18,5	18,5	18,5
I. holzverarbeitende Industrie	5,9	4,1	4,1	4,1
3. Landwirtschaft	203,1	206,7	204,6	202,5
B. Düngerwirtschaft (Stallhaltung und Lagerung)	193,9	195,9	193,8	191,6
D. Landwirtschaftliche Böden (Düngerausbringung)	9,2	10,8	10,8	10,9
5. Abfall- und Abwasserbehandlung	0,2	0,2	0,2	0,2
C. Abfallverbrennung	0,0	0,0	0,0	0,0
D. Abwasserbehandlung	0,1	0,1	0,1	0,1
Nationale Summe berichtspflichtiger Quellgruppen	1324	1009	991	987

Auswertung		NMVOC ohne NFR 3			
		2005	Projektion		
			2020	2025	2030
Summe Mit-Maßnahmen-Szenario (WM)	kt	1121	803	787	785
Reduktionsverpflichtung NEC-Richtlinie	%		-13%	*-21%*	-28%
projizierte Reduktion im MMS (WM)	%		-28%	*-30%*	-30%

Tabelle 25: Emissionsprojektion für SO_2 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	220,2	178,7	153,1
A. Verbrennungsprozesse	377,2	217,1	175,6	150,0
1. Energiewirtschaft	250,6	168,5	142,5	123,3
2. Verarbeitendes Gewerbe	44,2	30,1	22,4	18,5
3. Verkehr	13,2	1,8	1,8	1,7
davon Straßenverkehr	*0,8*	*0,8*	*0,8*	*0,7*
4. Übrige Feuerungsanlagen	68,9	16,5	8,8	6,3
davon Gewerbe, Handel, Dienstleistung	*15,7*	*3,8*	*1,8*	*1,1*
davon Haushalte	*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
5. Abfall- und Abwasserbehandlung	0,0	0,1	0,1	0,1
C. Abfallverbrennung	0,0	0,1	0,1	0,1
Nationale Summe berichtspflichtiger Quellgruppen	473	301	258	231

Auswertung		SOx (als SO_2)			
		2005	Projektion		
			2020	2025	2030
Summe Mit-Maßnahmen-Szenario (WM)	kt	473	301	258	231
Reduktionsverpflichtung NEC-Richtlinie	%		-21%	*-40%*	-58%
projizierte Reduktion im MMS (WM)	%		-36%	*-45%*	-51%

Tabelle 26: Emissionsprojektion für NH_3 im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM – With Measures)

Quellgruppen (aggregiert)	NH3			
	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
davon Straßenverkehr	*21,4*	*10,6*	*9,7*	*9,0*
4. Übrige Feuerungsanlagen	2,8	1,6	1,2	0,9
davon Gewerbe, Handel, Dienstleistung	*0,7*	*0,6*	*0,5*	*0,4*
davon Haushalte	*2,0*	*1,0*	*0,7*	*0,5*
5. Militär und weitere kleine Quellen	0,1	0,0	0,0	0,0
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
G. sonstige Produktherstellung und -verwendung	1,5	1,3	1,3	1,3
3. Landwirtschaft	580,7	582,3	544,9	541,6
B. Düngerwirtschaft (Stallhaltung und Lagerung)	269,4	267,5	265,7	264,0
D. Landwirtschaftliche Böden (Düngerausbringung)	310,1	311,7	276,3	274,8
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
Nationale Summe berichtspflichtiger Quellgruppen	625	614	575	570

Auswertung		NH3			
		2005	Projektion		
			2020	2025	2030
Summe Mit-Maßnahmen-Szenario (WM)	kt	625	614	575	570
Summe ohne Emissionen aus pflanzlichen Gärresten	kt	614	560		
Reduktionsverpflichtung NEC-Richtlinie	%		-5%	*-17%*	-29%
projizierte Reduktion im MMS (WM)	%		-9%	*-8%*	-9%

Tabelle 27: Emissionsprojektion für $PM_{2,5}$ im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM – With Measures)

Quellgruppen (aggregiert)	PM2.5			
	2005	Projektion		
		2020	2025	2030
	kt	kt	kt	kt
1. Energie	93,2	55,2	49,6	44,9
A. Verbrennungsprozesse	92,1	54,2	48,6	43,9
1. Energiewirtschaft	10,7	8,0	7,9	6,7
2. Verarbeitendes Gewerbe	4,6	2,5	1,8	1,5
3. Verkehr	46,2	22,0	20,4	19,8
davon Straßenverkehr	*36,2*	*16,3*	*14,8*	*14,4*
4. Übrige Feuerungsanlagen	30,2	21,7	18,3	15,7
davon Gewerbe, Handel, Dienstleistung	*2,2*	*1,0*	*0,6*	*0,4*
davon Haushalte	*20,5*	*18,6*	*16,3*	*14,4*
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. Düngerwirtschaft (Stallhaltung und Lagerung)	3,9	4,0	3,9	3,9
D. Landwirtschaftliche Böden (Düngerausbringung)	0,7	0,7	0,7	0,7
5. Abfall- und Abwasserbehandlung	5,6	5,7	5,7	5,7
C. Abfallverbrennung	0,0	0,0	0,0	0,0
E. andere Bereiche	5,6	5,7	5,7	5,7
Nationale Summe berichtspflichtiger Quellgruppen	135	91	85	80

Auswertung		PM2.5			
		2005	Projektion		
			2020	2025	2030
Summe Mit-Maßnahmen-Szenario (WM)	kt	135	91	85	80
Reduktionsverpflichtung NEC-RICHTLINIE	%		-26%	*-35%*	-43%
projizierte Reduktion im MMS (WM)	%		-33%	*-37%*	-41%

Tabelle 28: Emissionsprojektionen im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM – With Measures)

Emissionen im Basisjahr 2005		2005				
		NO_X	SO_2	NMVOC	NH_3	$PM_{2,5}$
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-Richtlinie ggü. 2005		**2020**				
		NO_X	SO_2	NMVOC	NH_3	$PM_{2,5}$
		39 %	**21 %**	**13 %**	**5 %**	**26 %**
Mit-Maßnahmen-Szenario (WM)	**%**	**40 %**	**36 %**	**28 %**	**2 %**	**33 %**
	kt	**882**	**301**	**803**	**614**	**91**
Korrektur pflanzliche Gärreste	**%**				**9 %**	
	kt				**560**	
Reduktionsverpflichtungen der NEC-Richtlinie ggü. 2005		***2025***				
		NO_X	SO_2	NMVOC	NH_3	$PM_{2,5}$
		52 %	***39,5%***	***20,5 %***	***17%***	***34,5%***
Mit-Maßnahmen-Szenario (WM)	**%**	***50 %***	***45 %***	***30 %***	***8 %***	***37 %***
	kt	***726***	***259***	***787***	***575***	***85***
Reduktionsverpflichtungen der NEC-Richtlinie ggü. 2005		**2030**				
		NO_X	SO_2	NMVOC	NH_3	$PM_{2,5}$
		65 %	**58 %**	**28 %**	**29%**	**43 %**
Mit-Maßnahmen-Szenario (WM)	**%**	**59 %**	**51 %**	**30 %**	**9 %**	**41 %**
	kt	**603**	**231**	**785**	**570**	**80**

4.1.3 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 2018[46] (IIR, 2018) enthalten. Die Unsicherheitenschätzung des deutschen Emissionsinventars für Luftschadstoffe folgt bisher lediglich einem Tier 1-Ansatz nach IPCC[47] (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-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

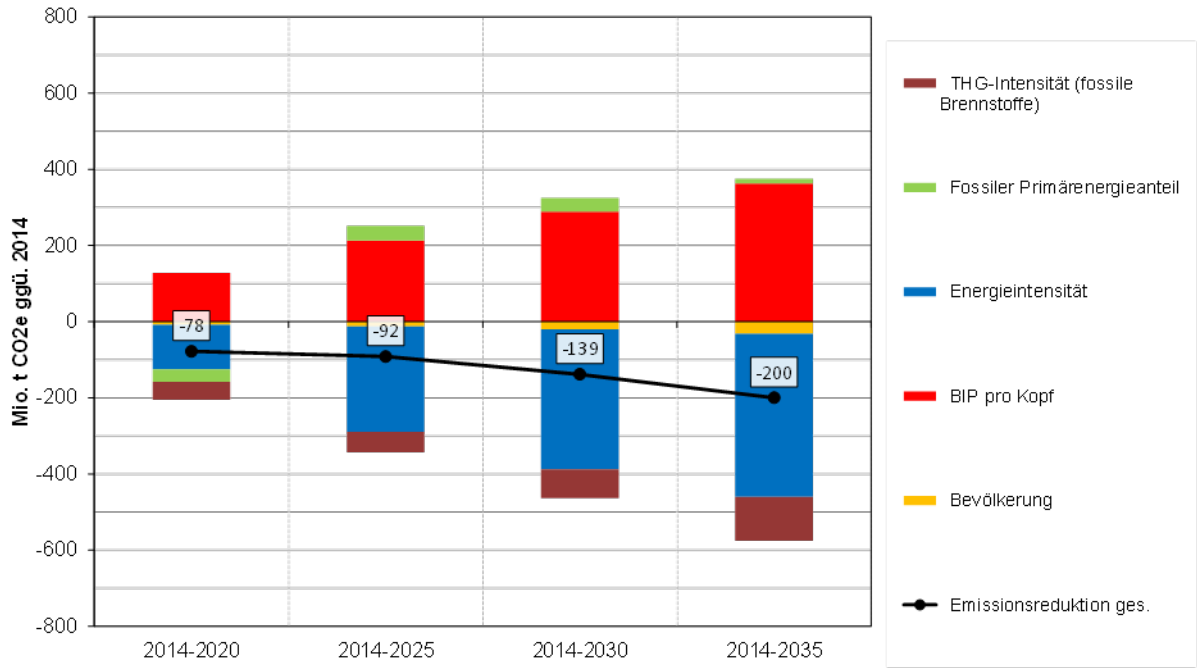
[46] https://iir-de.wikidot.com/general-uncertainty-evaluation; abgerufen am 25.06.2018

[47] 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

(2017) in einzelne Komponenten und deren Einfluss auf das Ergebnis der Projektion zeigt Abbildung 29. 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.

Abbildung 29: 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 29 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 29: Emissionsprojektionen des Mit-Maßnahmen-Szenario (WM – With Measures) mit verschiedenen Aktivitätsratenszenarien des Projektionsberichtes 2017

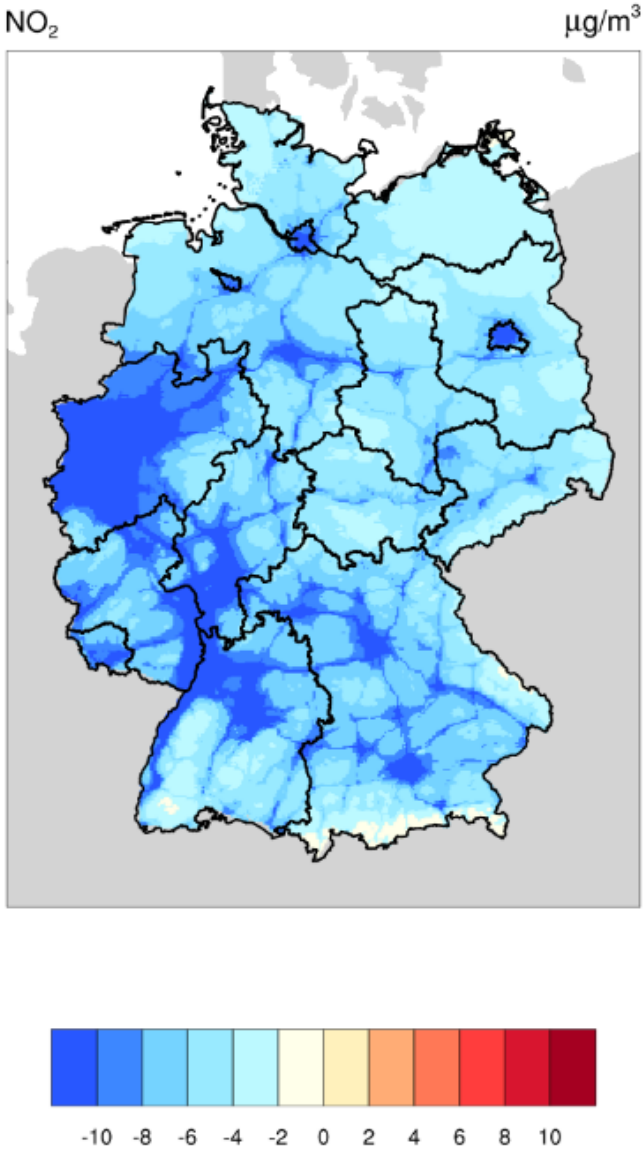
WM-Projektion mit verschiedenen Aktivitätsratenszenarien		NO_X	SO_2	NMVOC	$PM_{2,5}$
		2020			
Mit-Maßnahmen-Szenario (WM) basierend auf Referenzprognosen Klimaschutz (PB 2017, MMS)	kt	882	301	803	91
Mit-Maßnahmen-Szenario (WM) basierend auf Referenzprognosen Klimaschutz (PB 2017, MWMS)	kt	874	293	802	90
		2025			
Mit-Maßnahmen-Szenario (WM) basierend auf Referenzprognosen Klimaschutz (PB 2017, MMS)	kt	*726*	*259*	*787*	*85*
Mit-Maßnahmen-Szenario (WM) basierend auf Referenzprognosen Klimaschutz (PB 2017, MWMS)	kt	*709*	*241*	*785*	*84*
		2030			
Mit-Maßnahmen-Szenario (WM) basierend auf Referenzprognosen Klimaschutz (PB 2017, MMS)	kt	603	231	785	80
Mit-Maßnahmen-Szenario (WM) basierend auf Referenzprognosen Klimaschutz (PB 2017, MWMS)	kt	578	204	783	78

4.2 Beschreibung der voraussichtlichen Verbesserung der Luftqualität im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM – With Measures)

4.2.1 Modellierte Hintergrund-NO_2-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 um bis zu 10 µg/m^3 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.

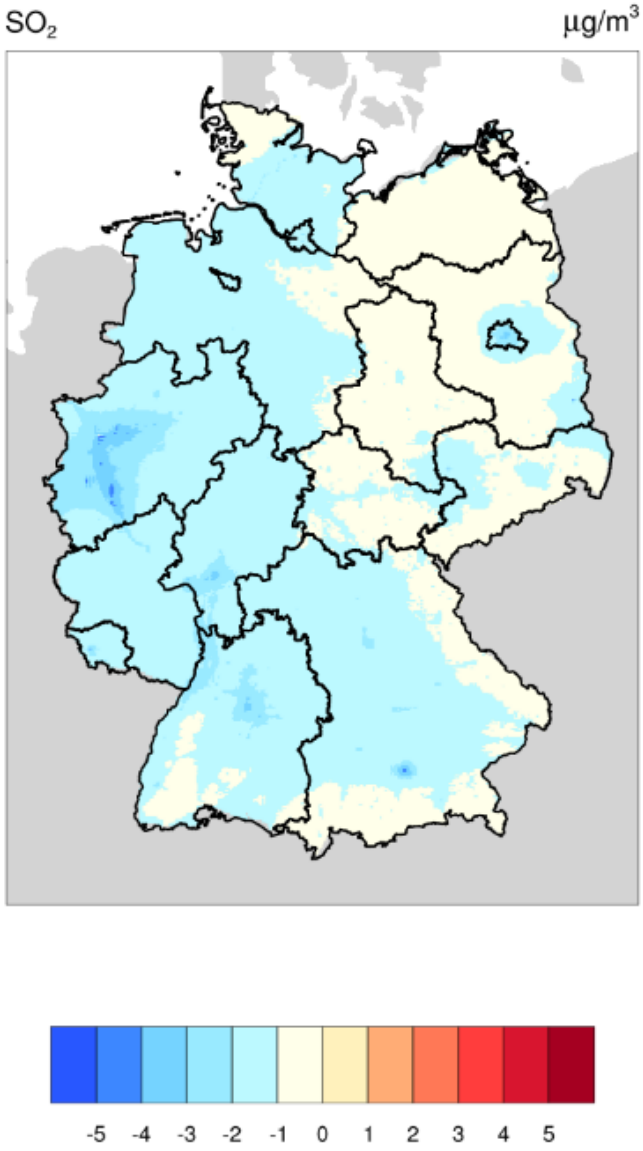
Abbildung 30: Differenz der EURAD-Modelläufe WM-2030 – 2005 für NO_2 in µg/m³ unter gleichen meteorologischen Bedingungen



4.2.2 Modellierte Hintergrund-SO_2-Konzentrationen

Die Differenz der Jahresmittelwerte je Rasterzelle zwischen den 2005 und den im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM) für 2030 modellierten Hintergrundkonzentrationen spiegelt den hauptsächlichen 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 31: Differenz der EURAD-Modelläufe WM-2030 – 2005 für SO_2 in µg/m³ unter gleichen meteorologischen Bedingungen



4.2.3 Modellierte Hintergrund-NH_3-Konzentrationen

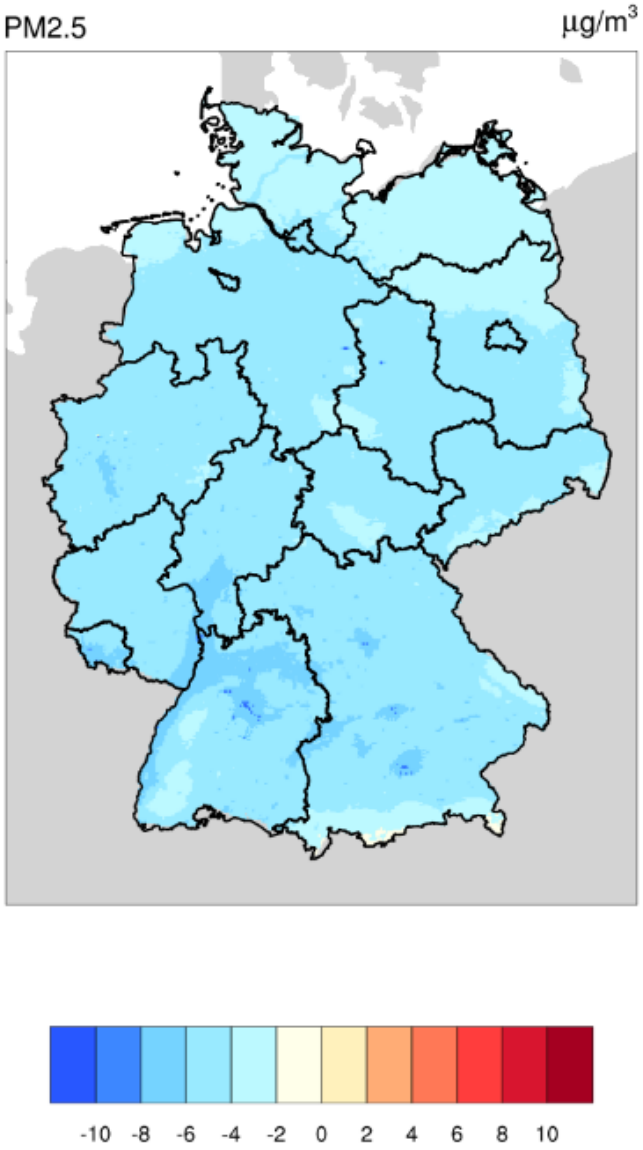
Die geringe Entwicklung der Ammoniakemissionen zwischen 2005 und 2030 im Mit-Maßnahmen-Szenario basierend auf Thünen-Baseline-Projektion führt nur zu geringen Änderungen der modellierten Ammoniakkonzentrationen. Die Differenzkarte der modellierten Jahresmittelwerte je Rasterzelle zeigt ein entsprechendes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

Abbildung 32: Differenz der EURAD-Modelläufe WM-2030 – 2005 für NH_3 in µg/m³ unter gleichen meteorologischen Bedingungen

4.2.4 Modellierte Hintergrund-$PM_{2,5}$-Konzentrationen

Die modellierten $PM_{2,5}$-Hintergrundkonzentrationen weisen im Jahresmittel einen flächendeckenden Rückgang um 2 bis 8 µg/m³ gegenüber 2005 auf. Aufgrund des hohen Anteils sekundär gebildeten Feinstaubs 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 33: Differenz der EURAD-Modelläufe WM-2030 – 2005 für $PM_{2,5}$ in µg/m³ unter gleichen meteorologischen Bedingungen



4.2.5 Modellierte Hintergrund-O_3-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 35) 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 34: Differenz der EURAD-Modelläufe WM-2030 – 2005 für O_3 in µg/m³ unter gleichen meteorologischen Bedingungen

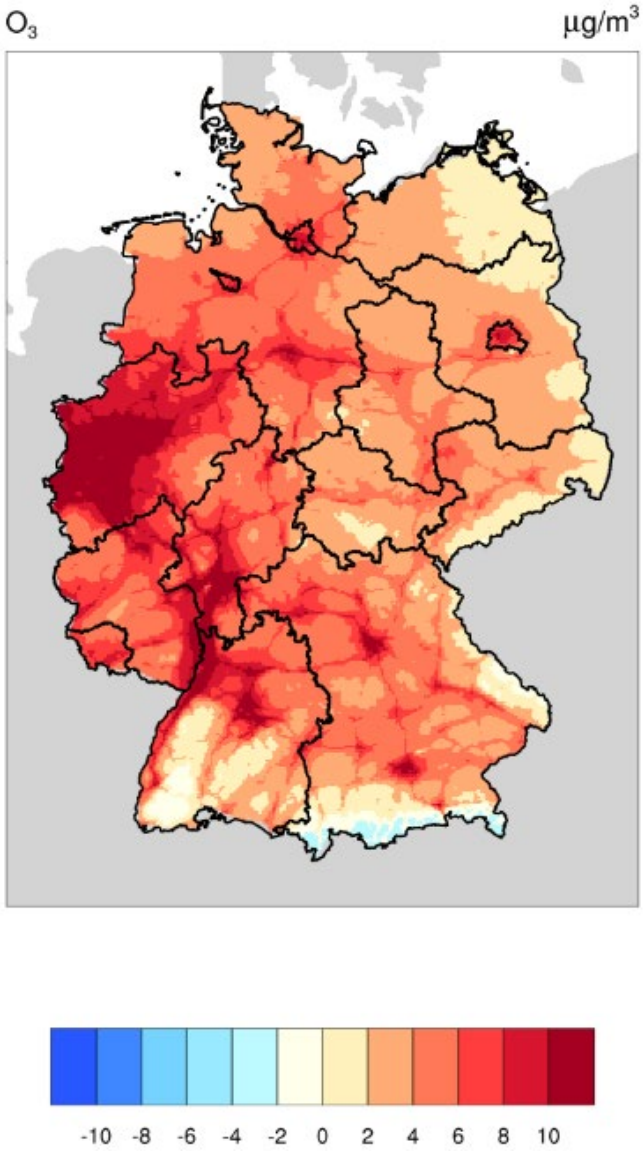
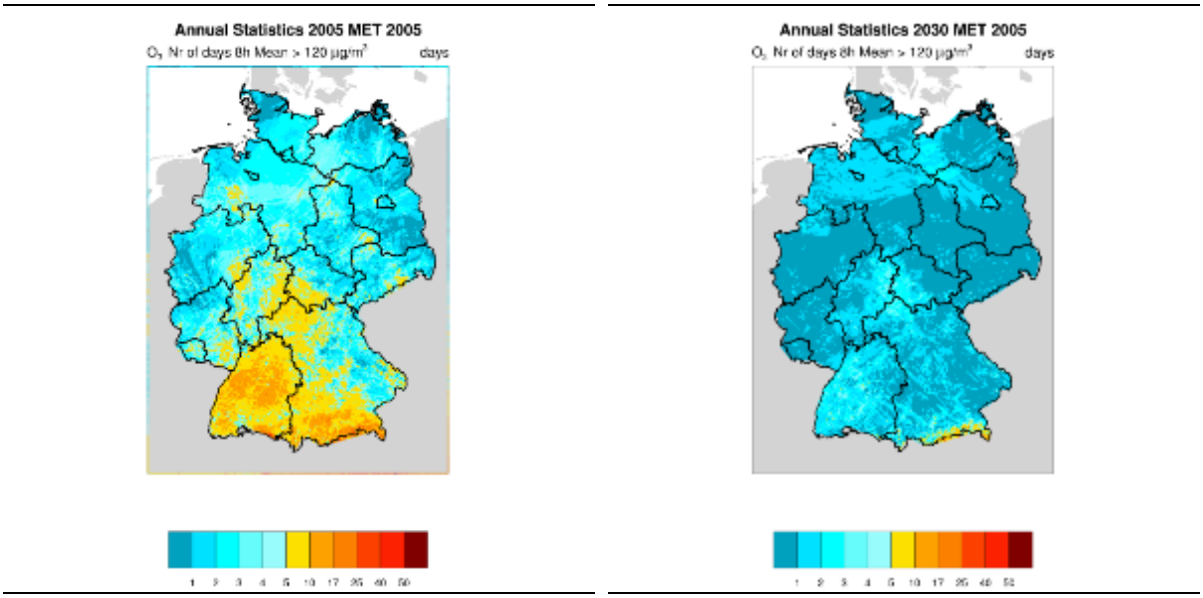


Abbildung 35: Ergebnis der EURAD-Modelläufe 2005 und WM-2030 für die Anzahl der Überschreitungstage des O_3-Zielwertes unter gleichen meteorologischen Bedingungen



4.2.6 Zusammenfassung der Ergebnisse der Ausbreitungsmodellierung

Tabelle 30 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 NO_2, SO_2, PM_{10} 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 30: 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/m³
NO_2	-6,4
Ozon	+4,7
NH_3	+0,1
SO_2	-1,2
PM_{10}	-4,9
$PM_{2,5}$	-5,1

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

5.1 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 2017[48] (BNetzA, 2017) und der veröffentlichten zugehörigen Daten[49] 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 31). Die im EnWG mit Wirkung vom 30.7.2016 geregelte Sicherheitsbereitschaft ist bereits im WM-Szenario enthalten.

Tabelle 31: 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“[50] und

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

[49] 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

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

- dem „Nationalen Aktionsplan Energieeffizienz“[51]

entnommen. Des Weiteren hat das Bundeskabinett am 14. November 2016 den Klimaschutzplan 2050[52] 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, SO_2 und $PM_{2,5}$ relevante Unterschiede.

Tabelle 32: 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
davon Braunkohle	1.580 PJ	1.078 PJ	1.009 PJ
davon Steinkohle	1.725 PJ	1.441 PJ	1.024 PJ
davon Mineralöl	4.561 PJ	3.940 PJ	3.773 PJ

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, SO_2 und $PM_{2,5}$ bewerten zu können, die sich aus den im MWMS berücksichtigten Klimaschutzzielen und weiteren Klimaschutzmaßnahmen ergeben.

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 wären mindestens die im Mit-Weiteren-Maßnahmen-Szenario des Projektionsberichts 2017 bewerteten Entwicklungspfade angezeigt. Speziell für die Reduktionsverpflichtung von SO_2 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).

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

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

Ein den Minderungszielen von Treibhausgasemissionen angepasster Ausstiegspfad würde speziell die Erfüllung der SO_2-Reduktionsverpflichtungen der NEC-Richtlinie ohne weitere Maßnahmen bei industriellen Prozessfeuerungsanlagen möglich machen.

Die im Juni 2018 von der Bundesregierung eingesetzte Kommission "Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung (WSB)" empfahl in ihrem Abschlussbericht vom 26. Januar 2019 unter anderem, möglichst bis 2035 und spätestens bis 2038 die Verstromung von Kohle in Deutschland zu beenden.

Diese Empfehlungen beziehen sich auf die installierte Leistung, nicht auf die in den einzelnen Anlagen produzierte Strommenge und die Brennstoffeinsätze in den einzelnen Anlagen; letztere Angaben sind für die Erstellung von Emissionsprojektionen allerdings notwendig. Zudem steht eine Übernahme der Kommissions-Empfehlungen in gesetzliche Regelungen noch aus.

Aus diesen Gründen ist der von der WSB-Kommission empfohlene beschleunigte Ausstieg aus der Verstromung von Kohle in den aktuellen Szenarien noch nicht berücksichtigt. In den nachfolgenden Kapiteln wird allerdings die aus einem veränderten Energieszenario unter bestimmten Annahmen resultierende Emissionsentwicklung abgeschätzt.

Das den Empfehlungen der WSB-Kommission zugrundeliegende Zielerreichungsszenario „65 % EE und Kohlemaßnahme“ wurde von r2b energy consulting GmbH erstellt und dem Umweltbundesamt zur vorläufigen Bewertung der potenziellen Minderung an Luftschadstoffemissionen am 25.03.2019 durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie zur Verfügung gestellt.

Nach Beschluss der diesbezüglichen in Erarbeitung befindlichen gesetzlichen Regelungen, der nicht vor Ende 2019 zu erwarten ist, werden die daraus resultierenden Emissionsminderungen sowie eine aktualisierte Liste von Emissionsminderungsmaßnahmen entsprechend aktualisiert werden.

5.2 Weiterführende Maßnahmenoptionen - NO_X

Bei Annahme eines Energieszenarios, das den Empfehlungen der WSB-Kommission entspricht, ergäben sich im Jahr 2030 Emissionsminderungen in Höhe von gut 32 Kilotonnen zusätzlich zu den Emissionsminderungen, die mit den MWMS-Referenzprognosen verbunden sind. Für diese Abschätzung wurden diverse Annahmen bezüglich der Abschaltreihenfolge, der Wirkungsgrade und Emissionswerte der einzelnen Anlagen, des Gesamtstrombedarfs in bestimmten Sektoren, dem Import-Export-Saldo der Stromproduktion sowie dem Kapazitätsausbau emissionsarmer erneuerbarer Energieträger (insbesondere Wind und PV) getroffen, die mit entsprechenden Unsicherheiten behaftet sind.

Darüber hinaus werden wir bei Abweichungen von den in diesem Nationalen Luftreinhalteprogramm vorgenommenen Prognosen weitere Maßnahmen ergreifen. Diese werden erforderlichenfalls im Rahmen der nächsten Überarbeitung des Nationalen Luftreinhalteprogramms dargestellt.

Für die Quellgruppe mittelgroße Feuerungsanlagen ist die Umsetzung der MCP-Richtlinie (EU) 2015/2193[53] in deutsches Recht mittlerweile fast abgeschlossen[54]. Da dies aber nach dem o.g. Stichtag erfolgte, werden diese Maßnahmen dem WAM-Szenario zugeordnet.

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

[54] Beschluss der Bundesregierung zu einer 44. BImSchV vom 18.03.2019, voraussichtlich in Kraft ab Juli 2019.

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 NO_2-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 leichte Nutzfahrzeuge) 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 CO_2-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. Für die Berechnung des WAM-Szenarios wurde von einem E-Anteil von 15% ab 2025 ausgegangen.

Weiterführende Maßnahmen, die nicht im Maßnahmenpaket Straßenverkehr bewertet wurden, sind Maßnahmen zur Digitalisierung von Verkehrssystemen und zur Elektrifizierung des städtischen Verkehrs im Rahmen des „Sofortprogramm Saubere Luft 2017-2020“ sowie die im „Konzept für saubere Luft und die Sicherung der individuellen Mobilität in unseren Städten“ vom 1. Oktober 2018 enthaltenen Maßnahmen zur Hardware-Nachrüstung von kommunalen Fahrzeugen und von Liefer- und Handwerkerfahrzeugen.

Die absoluten Emissionen aus dem Bereich Landwirtschaft blieben nahezu konstant; der relative Anteil an den Gesamtemissionen nimmt somit zu. Landwirtschaftliche NO_x-Emissionen sind jedoch nicht compliance-relevant für die Reduktionsverpflichtungen der NEC-Richtlinie.

5.3 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 Gesamtminderungspotenzial 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. BImSchV[55] 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.

Die absoluten Emissionen aus dem Bereich Landwirtschaft bleiben nahezu konstant; der relative Anteil an den Gesamtemissionen nimmt somit zu. Landwirtschaftliche NMVOC-Emissionen sind jedoch nicht compliance-relevant für die Reduktionsverpflichtungen der NEC-Richtlinie.

5.4 weiterführende Maßnahmenoptionen – SO_2

Für die Emissionen relevanter Schwefelverbindungen (als SO_2) entsteht im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM) in 2030 eine Lücke von knapp 40 kt zum Einhalten der Reduktionsverpflichtung der NEC-Richtlinie. 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.

Die Effekte der Verwirklichung von Klimaschutzzielen durch eine sukzessive Verminderung der Kohleverstromung sollten die Lücke zur Einhaltung der Reduktionsverpflichtung rechtzeitig schließen. Bei Übernahme der Empfehlungen der Kommission „Wachstum, Strukturwandel, Beschäftigung“[56] ergäbe sich auf Basis der im vorigen Kapitel genannten Annahmen ein zusätzliches Minderungspotenzial i.H.v. gut 34 kt. Die Emissionsminderungsverpflichtungen für SO_2 wären damit sicher erreicht.

Eine alternative, bei deutlicher Verminderung der Verstromung von Kohle voraussichtlich nicht erforderliche Minderungsoption liegt im Bereich industrieller Produktion. Knapp ein Viertel der

[55] 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)

[56] https://www.kommission-wsb.de/WSB/Navigation/DE/Home/home.html

für 2030 projizierten SO_2-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 der in Kapitel 5.2 beschriebenen Verordnung über mittelgroße Feuerungs-, Gasturbinen- und Verbrennungsmotoranlagen (44.BImSchV).

5.5 weiterführende Maßnahmenoptionen – $PM_{2,5}$

Die Beibehaltung der Anforderungen der 1. BImSchV für Festbrennstoffkessel, die über die Vorgaben der EU-Verordnung (EU) 2015/1189[57] 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. Auch die in Kapitel 5.2 beschriebene Maßnahmenkombination im Straßenverkehr sowie die 44. BImSchV können einen zusätzlichen Beitrag zur Minderung der direkten $PM_{2,5}$-Emissionen leisten.

Ein sukzessiver Ausstieg aus der Kohleverstromung zur Verwirklichung der Klimaschutzziele leistet auch zur Minderung der direkten $PM_{2,5}$-Emissionen 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-Richtlinie 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. Im Hinblick auf die starke Kopplung der Nachfrage an den Preis kann damit eine Lenkungswirkung erreicht werden.

5.6 weiterführende Maßnahmenoptionen – NH_3

Die im Mit-Maßnahmen-Szenario projizierten Ammoniak-Emissionen halten die Reduktionsverpflichtung der NEC-Richtlinie 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.

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

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.

Tabelle 33: Weiterführende Maßnahmenoptionen in der Quellgruppe Landwirtschaft und deren zusätzliche Minderungspotenziale gegenüber dem Mit-Maßnahmen-Szenario (WM)

				2005	2020	*2025*	2030
Ammoniakgesamtemissionen nach Emissionsberichterstattung 2018		**NH3**	**kt**	**625**			
	* ohne Emissionen aus pflanzlichen Gärresten	NH3	kt	614*			
Reduktionsverpflichtung NEC-Richtlinie		**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 Minderungs-potenzial ggü. Baseline		
			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 weiter-führender Maßnahmen-optionen	**Kein Einsatz von Breitverteilern auf unbestelltem Ackerland**	**Düngerecht** bzw. Fördermaßnahmen**		-3	-6
	Sofortige Einarbeitung (< 1 h) flüssiger Wirtschaftsdünger auf unbestelltem Ackerland			-7	-6
	Sofortige Einarbeitung (< 1 h) fester Wirtschaftsdünger auf unbestelltem Ackerland			-5	-16
	Nicht abgedeckte Außenlager für Gülle/Gärreste werden mindestens mit Folie oder vergleichbarer Technik abgedeckt	**untergesetzliche immissionsschutzrechtliche Regelungen (hier: TA-Luft-Entwurf, Stand: 16.07.2018) bzw. Förder-maßnahmen**		-4	-8
	N-reduzierte Fütterung mit 20 % Emissionsminderung durch reduzierte N-Ausscheidung in nach BImSchG genehmigungspflichtigen Ställen (G- und V-Anlagen/ >untere BImSchV-Grenze), Schweine und Geflügel			-3	-16
	70% Emissionsminderung in nach BImSchG genehmigungspflichtigen Ställen (G-Anlagen Schweine und Geflügel ohne Puten =				

	obere BImSchV-Grenze) z. B. durch Abluftreinigung				
	weitere systemintegrierte Maßnahmen (40% Emissionsminderung) in nach BImSchG genehmigungspflichtigen Ställen (V-Anlagen Schweine und Geflügel = untere BImSchV-Grenze)				
	Gülleneutralisation in Stall und Lager				
	Güllekühlung				
	Verkleinerung Güllekanal				
	Maßnahmen zur raschen Trennung von Harn und Kot im Stall				
	Gummieinsätze in Laufflächen				
	Ureaseinhibitoren im Stall				
	Ausbringung flüssiger Wirtschaftsdünger auf bestelltem Acker und Grünland nur mit Injektions-/Schlitztechniken bzw. Neutralisation durch Säurezugabe	**Düngerecht** bzw. Förder-maßnahmen**		-16	-48
	50% der Unterflurlagerung von Gülle wird durch Außenlager mindestens mit Folienabdeckung ersetzt	**untergesetzliche Regelung bzw. Förder-maßnahmen**		-1	-2
	5%-Minderung der N-Ausscheidung durch optimierte, N-angepasste Fütterung bei Rindern	**untergesetzliche Regelung bzw. Förder-maßnahmen**		-5	-9
	systemintegrierte Maßnahmen in Stall und Lager für Rinder (ab 100 Rindern, 25% Emissionsminderung)			-4	-9
	Reduktion des Gesamtbilanzüberschusses um 20 kg N/ha (Reduzierung anrechenbarer Verluste, Verringerung des Einsatzes von synthetischen N-Düngern)	**Düngerecht** bzw. Förder-maßnahmen**		-12	-13
Minderungswirkung des Pakets weiterführender Maßnahmenoptionen (mit Ausnahmeregelungen für Klein- und Kleinstbetriebe)**				-60	-133
ergänzende Maß-nah-men-optio-nen	*AHL-N-Dünger: Anwendung mit Ureaseinhibitor*	*Düngerecht, Förder-maßnahmen*			

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 erfolgte unter diversen Annahmen bezüglich der technischen Umsetzbarkeit und Verhältnismäßigkeit der einzelnen Maßnahmen, mit denen die notwendige Minderung von rund 60 kt knapp erreicht werden kann.

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 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 Methode der Ansäuerung von Gülle bereits im Stall verspricht ein hohes Minderungspotenzial und gilt laut BVT-Schlussfolgerung (EU) 2017/302 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.

5.7 Minderungspotenziale der weiterführenden Maßnahmenoptionen

Tabelle 34: Weiterführende Maßnahmenoptionen zur Erreichung der Reduktionsverpflichtungen und deren zusätzliche Minderungspotenziale gegenüber dem Mit-Maßnahmen-Szenario (WM)

		2025					2030				
		NO_X	SO_2	NMVOC	NH_3	$PM_{2,5}$	NO_X	SO_2	NMVOC	NH_3	$PM_{2,5}$
WM-Szenario	**kt**	***726***	***259***	***787***	***575***	***85***	**603**	**231**	**785**	**570**	**80**
Minderungspotenziale weiterer Strategien und Maßnahmen im Bereich Klimaschutz gemäß PB 2017-MWMS und r2B-Szenario 65 % EE + Kohleausstieg											
Mit-Maßnahmen-Szenario basierend auf Referenz-prognosen Klimaschutz (PB 2017, MWMS)	kt	*-17,2*	*-17,8*	*-1,5*		*-1,1*	-24,6	-26,6	-2,0		-1,6
KWSB-Empfehlung gemäß r2B-Projektion im Sektor Energie-wirtschaft	kt	*-24,7*	*-29,6*	*-0,7*	*-0,4*	*-1,3*	-32,3	-34,8	-0,9	-0,5	-1,5
Minderungspotenziale weiterer Maßnahmenoptionen und in Umsetzung befindlicher Maßnahmen der Luftreinhaltepolitik (aufbauend auf PB 2017-MWMS gekoppelt mit r2B-Szenario 65 % EE + Kohleausstieg)											
aktuelle Fassung 44.BImSchV	kt	*-17,8*	*-0,2*				-31,2	-0,2			-0,1
Beibehaltung 1.BImSchV	kt					*-1,7*					-1,3
Maßnahmenpaket Straßenverkehr	kt	*-11,3*		*-3,9*	*-0,1*	*-0,3*	-7,2		-5,5	-0,2	-0,3
Maßnahmenpaket Landwirtschaft	kt				*-60,1*					-133,0	
Brennstoffwechsel oder Abgasreinigung im Bereich industrielle Feuerungen	kt		*-8,6*					-8,2			
Änderung 13.BImSchV für ausgewählte Brennstoffe außer Kohle	kt	*-2,0*					-2,1				

5.8 Weitere Informationen zu Maßnahmen im Bereich Landwirtschaft

Tabelle 35: 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 NH_3-Emissionen:		
Die Mitgliedstaaten legen der guten landwirtschaftlichen 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 Ammoniak-emissionen aus dem Mineraldüngereinsatz.	✓	Die Aktualisierung der guten fachlichen Praxis erfolgt fortlaufend. Die Broschüre zur Beschreibung der guten fachlichen Praxis zur Reduzierung der Ammoniakemissionen aus der Landwirtschaft wird derzeit aktualisiert[58].
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 5.6	

[58] Broschüre in Erarbeitung.

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

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

Alle in Kapitel 5 enthaltenen Maßnahmenoptionen sind zum Erreichen der Minderungsverpflichtungen erforderlich; nur bei NO_x und SO_2 gibt es einen geringfügigen Puffer. Die Umsetzung der Maßnahmen erfolgt in der Regel durch Rechtssetzung auf Bundesebene und Vollzug auf Landesebene. Insgesamt werden die Maßnahmen im Rahmen der geltenden Haushalts- und Finanzplanungsansätze der Ressorts (einschließlich Stellen und Planstellen) unter dem Vorbehalt der Verfügbarkeit der notwendigen Haushaltsmittel umgesetzt.

6.2 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 Kohle wird sowohl im Maßnahmenprogramm im Klimaschutz als auch im Nationalen Luftreinhalteproramm einen Beitrag zu den jeweiligen Zielen/Minderungsverpflichtungen leisten.

Den Bewertungen im vorliegenden Programm liegen die Projektionen des Projektionsberichts 2017 zugrunde. Dies ist die letzte veröffentlichte offizielle THG-Projektion der Bundesregierung. Die Referenzentwicklungen der THG-Emissionen im Entwurf des integrierten nationalen Energie- und Klimaplans (NECP) sind bisher vorläufig. Ein entsprechender Entwurf des NECP wurde an die Europäische Kommission übermittelt. Die finale Fassung des NECP ist bis Ende 2019 zu übermitteln.

Es ist davon auszugehen, dass für die Endfassung des NECP ein Energieszenario unter Berücksichtigung der Empfehlungen der WSB-Kommission oder einer eventuell bereits vorliegenden Entscheidung der Bundesregierung zur Umsetzung dieser Empfehlungen erstellt wird. Im vorliegenden Bericht wurde bereits die Auswirkung eines Energieszenarios als Maßnahmenoption berücksichtigt, das einen früheren Ausstieg aus der Verstromung von Kohle auf Luftschadstoffemissionen quantifiziert als im MWMS des Projektionsberichtes 2017 angenommen.

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),
- die Nutztierstrategie,
- die Ackerbaustrategie (in Erarbeitung),
- das Aktionsprogramm zur integrierten Stickstoffminderung (in Erarbeitung) sowie
- die deutsche Nachhaltigkeitsstrategie.

7 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)

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

Tabellen 36 ff. zeigen 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 sowie des vorgegebenen linearen Reduktionspfades (vgl. Artikel 4 der NEC-Richtlinie sowie § 3 der 43. BImSchV). In Summe ergibt sich aus der Kombination der Aktivitätsratenentwicklung gemäß MWMS des Projektionsberichts 2017 (vgl. Kapitel 5.1) und den in den Kapiteln 5.2 bis 5.6 quantifizierten Maßnahmenoptionen eine Einhaltung der Reduktionsverpflichtungen der NEC-Richtlinie im NEC-Compliance-Szenario (WAM). Die Ergebnisse sind entsprechend der Einhaltung der Reduktionsverpflichtungen farbig hinterlegt. Für das Projektionsjahr 2025 sind die Ergebnisse kursiv dargestellt.

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

a) Klimaschutzmaßnahmen des MWMS des Projektionsberichts 2017

b) Ausstieg aus der Verstromung von Stein- und Braunkohle gemäß Empfehlungen der Kommission „Wachstum, Strukturwandel, Beschäftigung“

c) Nationale Umsetzung der MCP-Richtlinie (EU) 2015/2193 gemäß Beschluss der Bundesregierung vom 18.03.2019, voraussichtlich in Kraft ab Juli 2019

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 CO_2-Grenzwerte für Pkw

f) Maßnahmenpaket Landwirtschaft (vgl. Kapitel 5.6)

g) Ggf. Förderung eines Wechsels der in der industriellen Produktion eingesetzten Brennstoffe hin zu schwefelärmeren Brennstoffen oder effizienteren Technologien zur Abgasreinigung

h) Nur falls zur Erreichung der NO_X-Minderungsziele zu 2030 zwingend erforderlich: Änderung der 13.BImSchV für ausgewählte Brennstoffe außer Kohle

Generell wird angenommen, dass alle weiterführenden Maßnahmen spätestens ab dem 1.1.2025 Minderungswirkungen zeigen und deren Umsetzung entsprechend vorher abgeschlossen sein wird.

Wie bereits in den vorhergehenden Kapiteln dargestellt bereitet die Bundesregierung derzeit ein Gesetzgebungsverfahren vor, in dem der Ausstieg aus der Verstromung von Stein- und Braunkohle geregelt werden soll. Die Entscheidungen über den Ausstieg werden voraussichtlich nicht vor Ende des Jahres 2019 getroffen. Da der Ausstiegspfad auch erhebliche Auswirkungen auf die Emissionen von Luftschadstoffen haben wird, wird die Bundesregierung im Rahmen der nächsten Überarbeitung des Nationalen Luftreinhalteprogramms die dann beschlossenen tatsächlichen Ausstiegspfade zugrunde legen.

Nach derzeitigem Stand dürfte die Umsetzung der Empfehlungen der WSB-Kommission insbesondere Auswirkungen auf die zur Erreichung der Minderungsverpflichtungen bei den Luftschadstoffen NO_X und SO_2 erforderlichen Maßnahmen haben.

Tabelle 36: Projizierte Emissionsentwicklung im NEC-Compliance-Szenario (WAM)

Reduktions-verpflichtungen der NEC-Richtlinie ggü. 2005		2025					2030				
		NO_X	SO_2	NMVOC	NH_3	$PM_{2,5}$	NO_X	SO_2	NMVOC	NH_3	$PM_{2,5}$
		52%	*39,5%*	*20,5%*	*17%*	*34,5%*	65%	58%	28%	29%	43%
WM-Szenario	%	**50%**	**45%**	**30%**	**8%**	**37%**	**59%**	**51%**	**30%**	**9%**	**41%**
	kt	***726***	***259***	***787***	***575***	***85***	**603**	**231**	**785**	**570**	**80**
Minderungspotenziale weiterer Strategien und Maßnahmen im Bereich Klimaschutz gemäß PB 2017-MWMS und r2B-Szenario 65 % EE + Kohleausstieg											
a)	kt	*-17,2*	*-17,8*	*-1,5*		*-1,1*	-24,6	-26,6	-2,0		-1,6
b)	kt	*-24,7*	*-29,6*	*-0,7*	*-0,4*	*-1,3*	-32,3	-34,8	-0,9	-0,5	-1,5
Minderungspotenziale weiterer Maßnahmenoptionen und in Umsetzung befindlicher Maßnahmen der Luftreinhaltepolitik (aufbauend auf PB 2017-MWMS gekoppelt mit r2B-Szenario 65 % EE + Kohleausstieg)											
c)	kt	*-17,8*	*-0,2*				-31,2	-0,2			-0,1
d)	kt					*-1,7*					-1,3
e)	kt	*-11,3*		*-3,9*	*-0,1*	*-0,3*	-7,2		-5,5	-0,2	-0,3
f)	kt				*-60,1*					-133,0	
g)	kt		*-8,6*					-8,2			
h)	kt	*-2,0*					-2,1				
NEC-Compliance-Szenario (WAM)	**%**	***55%***	***57%***	***30%***	***18%***	***40%***	**65%**	**66%**	**31%**	**30%**	**44%**
	kt	***653***	***202***	***781***	***514***	***81***	**506**	**161**	**776**	**436**	**75**

Tabelle 37: Emissionsprojektion für NO_X (als NO_2) 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**	**739,8**	**564,5**	**418,8**
A. Verbrennungsprozesse	**1.351,9**	**738,7**	**563,4**	**417,7**
1. Energiewirtschaft	**289,1**	**232,7**	**206,2**	**144,2**
2. Verarbeitendes Gewerbe	**103,3**	**68,2**	**58,6**	**53,1**
3. Verkehr	**806,5**	**333,8**	**212,8**	**149,5**
davon Straßenverkehr	*738,1*	*284,1*	*167,9*	*110,3*
4. Übrige Feuerungsanlagen	**142,0**	**99,6**	**82,0**	**67,4**
davon Gewerbe, Handel, Dienstleistung	*34,6*	*27,1*	*23,1*	*19,8*
davon Haushalte	*67,2*	*49,7*	*44,2*	*40,5*
5. Militär und weitere kleine Quellen	**11,0**	**4,5**	**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**	**128,3**	**128,3**
B. Düngerwirtschaft (Stallhaltung und Lagerung)	**2,1**	**2,0**	**2,0**	**2,0**
D. Landwirtschaftliche Böden (Düngerausbringung)	**115,8**	**126,0**	**126,2**	**126,2**
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**	**956**	**780**	**632**
Summe reduktionspflichtiger Quellgruppen	**1459**	**830**	**653**	**506**

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

Quellgruppen (aggregiert)	NMVOC			
	2005	Projektion		
		2020	2025	2030
	kt	kt	kt	kt
1. Energie	**361,1**	**218,1**	**197,9**	**180,6**
A. Verbrennungsprozesse	**274,8**	**144,8**	**124,6**	**107,3**
1. Energiewirtschaft	**11,3**	**9,3**	**8,9**	**6,8**
2. Verarbeitendes Gewerbe	**10,3**	**6,0**	**5,6**	**5,1**
3. Verkehr	**177,7**	**72,5**	**59,3**	**47,8**
davon Straßenverkehr	*174,6*	*70,3*	*57,2*	*45,8*
4. Übrige Feuerungsanlagen	**71,6**	**54,8**	**49,1**	**46,2**
davon Gewerbe, Handel, Dienstleistung	*4,5*	*2,7*	*2,0*	*1,5*
davon Haushalte	*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	**2,6**	**2,3**	**2,3**	**2,3**
H. sonstige Produktionen (Zellstoff- und Papierherstellung, Nahrungsmittel und Getränke)	**16,3**	**18,5**	**18,5**	**18,5**
I. holzverarbeitende Industrie	**5,9**	**4,1**	**4,1**	**4,1**
L. Handhabung von Schüttgütern				
3. Landwirtschaft	**203,1**	**206,7**	**204,6**	**202,5**
B. Düngerwirtschaft (Stallhaltung und Lagerung)	**193,9**	**195,9**	**193,8**	**191,6**
D. Landwirtschaftliche Böden (Düngerausbringung)	**9,2**	**10,8**	**10,8**	**10,9**
I. Lagerung von Gärresten aus Energiepflanzen				
5. Abfall- und Abwasserbehandlung	**0,2**	**0,2**	**0,2**	**0,2**
B. Bioabfallbehandlung				
C. Abfallverbrennung	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**
D. Abwasserbehandlung	**0,1**	**0,1**	**0,1**	**0,1**
E. andere Bereiche				
Nationale Summe berichtspflichtiger Quellgruppen	**1323**	**1.006**	**985**	**979**
Summe reduktionspflichtiger Quellgruppen	**1121**	**799**	**781**	**776**

Tabelle 39: Emissionsprojektion für SO_2 (als SO_2) im NEC-Compliance-Szenario (WAM)

Quellgruppen (aggregiert)	SOx (als SO2)			
	2005	Projektion		
		2020	2025	2030
	kt	kt	kt	kt
1. Energie	381,3	184,5	131,1	91,5
A. Verbrennungsprozesse	377,2	181,3	128,0	88,4
1. Energiewirtschaft	250,6	135,6	99,0	66,3
2. Verarbeitendes Gewerbe	44,2	27,3	18,4	14,2
3. Verkehr	13,2	1,8	1,7	1,6
davon Straßenverkehr	*0,8*	*0,8*	*0,7*	*0,7*
4. Übrige Feuerungsanlagen	68,9	16,5	8,8	6,3
davon Gewerbe, Handel, Dienstleistung	*15,7*	*3,8*	*1,8*	*1,0*
davon Haushalte	*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	71,1	69,6
A. Mineralische Produkte	17,6	19,8	16,5	16,3
B. Chemische Industrie	26,3	19,9	19,1	19,0
C. Herstellung von Metall	45,2	39,1	33,6	32,3
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. Düngerwirtschaft (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	265	202	161

Tabelle 40: Emissionsprojektion für NH_3 im NEC-Compliance-Szenario (WAM)

Quellgruppen (aggregiert)	NH3			
	2005	Projektion		
		2020	2025	2030
	kt	kt	kt	kt
1. Energie	28,0	15,0	13,5	11,9
A. Verbrennungsprozesse	28,0	15,0	13,5	11,9
1. Energiewirtschaft	2,8	1,8	1,7	1,4
2. Verarbeitendes Gewerbe	0,8	0,8	0,7	0,7
3. Verkehr	21,6	10,7	9,8	8,9
davon Straßenverkehr	*21,4*	*10,6*	*9,7*	*8,8*
4. Übrige Feuerungsanlagen	2,8	1,6	1,2	0,9
davon Gewerbe, Handel, Dienstleistung	*0,7*	*0,6*	*0,5*	*0,4*
davon Haushalte	*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	484,8	408,6
B. Düngerwirtschaft (Stallhaltung und Lagerung)	269,4	267,5	248,4	217,4
D. Landwirtschaftliche Böden (Düngerausbringung)	310,1	311,7	234,2	190,4
I. Lagerung von Gärresten aus Energiepflanzen	1,2	3,1	2,1	0,9
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	613	514	436
Summe reduktionspflichtiger Quellgruppen (nur für 2020)	614	560		

Tabelle 41: Emissionsprojektion für $PM_{2,5}$ im NEC-Compliance-Szenario (WAM)

Quellgruppen (aggregiert)	PM2,5			
	2005	Projektion		
		2020	2025	2030
	kt	kt	kt	kt
1. Energie	**93,2**	**53,3**	**45,1**	**40,2**
A. Verbrennungsprozesse	**92,1**	**52,3**	**44,2**	**39,2**
1. Energiewirtschaft	**10,7**	**6,7**	**5,9**	**4,1**
2. Verarbeitendes Gewerbe	**4,6**	**2,2**	**1,4**	**1,1**
3. Verkehr	**46,2**	**21,7**	**20,2**	**19,5**
davon Straßenverkehr	*36,2*	*16,0*	*14,6*	*14,1*
4. Übrige Feuerungsanlagen	**30,2**	**21,6**	**16,5**	**14,4**
davon Gewerbe, Handel, Dienstleistung	*2,2*	*1,0*	*0,6*	*0,4*
davon Haushalte	*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. Düngerwirtschaft (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**	**89**	**81**	**75**

7.2 Beschreibung der mit der WAM-Projektion verbundenen Unsicherheiten

Zur Einschätzung der Sensitivität der in Kapitel 5 und 7.1 dargestellten Ergebnisse im NEC-Compliance-Szenario (WAM) wurden zur Auswirkung veränderter Energieszenarien auf NO_x-Emissionen als Beispiel folgende Unsicherheitsbetrachtungen durchgeführt.

Zur vorläufigen Bewertung der Empfehlungen der Kommission „Wachstum, Strukturwandel, Beschäftigung" wurden die Brennstoffeinsätze im r2B-Szenario vom August 2018 „Zielerreichungsszenario mit 65 % EE und Kohlemaßnahme" für den Bereich Energiewirtschaft zugrunde gelegt. Die Annahmen in den übrigen Quellgruppen wurden gemäß MWMS-Szenario des Projektionsberichts 2017 beibehalten.

Für die Quantifizierung der Luftschadstoffemissionen ergeben sich folgende Unsicherheiten:

- Höhe des Gesamtstrombedarfs: Die Unsicherheiten liegen u. a. beim Strombedarf für den Verkehrssektor und dem Strombedarf für die Wärmeversorgung von Gebäuden (Wärmepumpen in Verbindung mit neuen Technologien) sowie dem Eigenbedarf der Stromerzeugung begründet.
- Deckung des Strombedarfs aus dem In- und Ausland (Import-Export-Saldo) / Preisentwicklung der Energieträger: Abhängig von der Preisentwicklung der Energieträger werden in den Szenarien entweder höhere Stromimporte oder höhere Eigenversorgung gekoppelt mit höheren Exporten angenommen. Welche Energieträger jeweils zur Erzeugung der Energie genutzt werden, bestimmt die Höhe der projizierten Emissionen im In- und Ausland. Steigt zusätzlich der tatsächliche Gesamtstrombedarf über die derzeitige Projektion, entscheidet der Marktpreis ebenfalls über die Energieträger und Kapazitäten im In- und Ausland, die zur Deckung einer möglichen „Versorgungslücke" genutzt werden.
- Ausbau der Kapazitäten im Bereich emissionsarme Erneuerbare (Wind, PV, Wasser, (Geothermie)): Erreicht der Ausbau der emissionsarmen Erneuerbaren nicht die bis 2030 gesteckten Ziele, entscheiden die oben genannten Unsicherheitsfaktoren über die Energieträger zur Deckung einer möglichen „Versorgungslücke".
- Verteilung der Stromerzeugung je Energieträger auf die verschiedenen Anlagenkategorien: Da derzeit noch offen ist, in welcher Reihenfolge die Anlagen zur Verstromung von Stein- und Braunkohle vom Netz gehen sollen, kann sich durch eine von den Annahmen abweichende Reihenfolge aufgrund unterschiedlicher Emissionsfaktoren der Anlagen auch eine Änderung der Emissionsminderung ergeben.

Die nach vorliegender Datenlage bewertbaren Unsicherheiten liegen entsprechend der genannten Gesichtspunkte bei maximal (addierbar):

- Gesamtstrombedarf: ± 4 kt NO_X in 2030
- Import-Export-Saldo: ± 3 kt NO_X in 2030
- Anteil Erneuerbarer: ± 5 kt NO_X in 2030
- Verteilung der Stromerzeugung je Energieträger auf die verschiedenen Anlagenkategorien (mit verschiedenen Emissionsfaktoren): ± 7 kt NOX in 2030

7.3 Beschreibung der voraussichtlichen Verbesserung der Luftqualität im NEC-Compliance-Szenario (WAM)

Tabelle 42 zeigt die mittlere Differenz der Jahresmittelwerte je Rasterzelle der für 2005 und für 2030 im NEC-Compliance-Szenario (WAM) modellierten stündlichen Hintergrund-konzentrationen ausgewählter Luftschadstoffe.

Bei NO_2, SO_2, PM_{10}, $PM_{2,5}$ 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 4.2 verwiesen. Die Ammoniakkonzentrationen gehen im Gegensatz zu den Modellergebnissen im Mit-Maßnahmen-Szenario (WM) zurück. Der Unterschied zwischen den Differenzkarten im WM und WAM ist daher im Fall von Ammoniak 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 NO_2-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 NO_2-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 42: 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 µg/m³
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 36: Differenz der EURAD-Modelläufe WAM-2030 – 2005 für NO_2 in µg/m³ unter gleichen meteorologischen Bedingungen

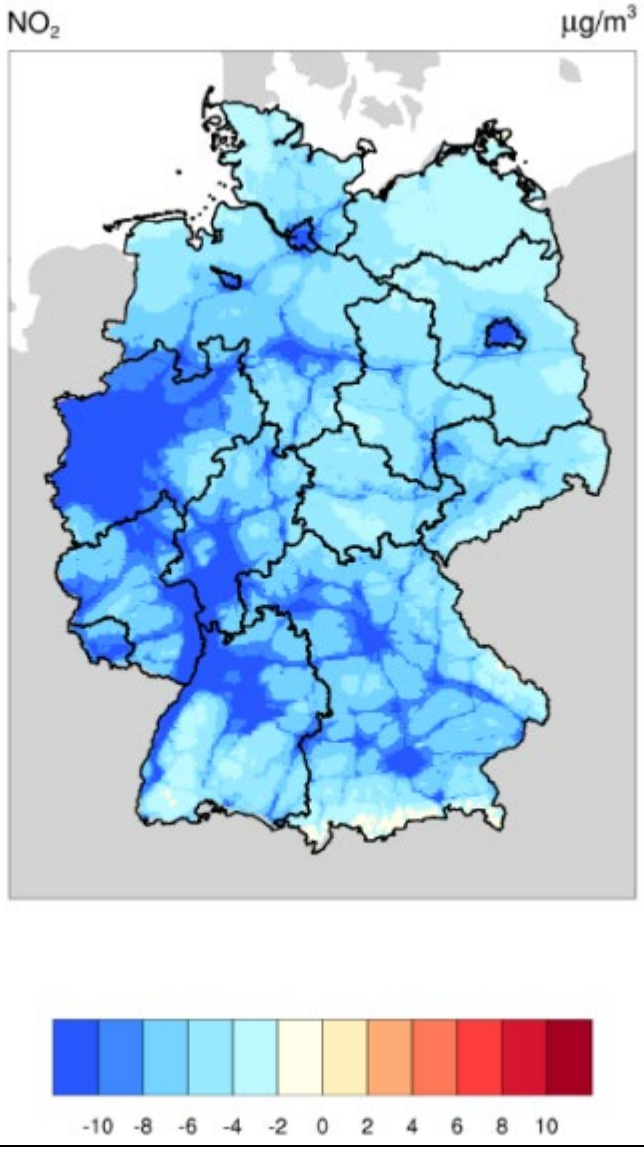


Abbildung 37: Differenz der EURAD-Modelläufe WAM-2030 – 2005 für SO_2 in µg/m³ unter gleichen meteorologischen Bedingungen

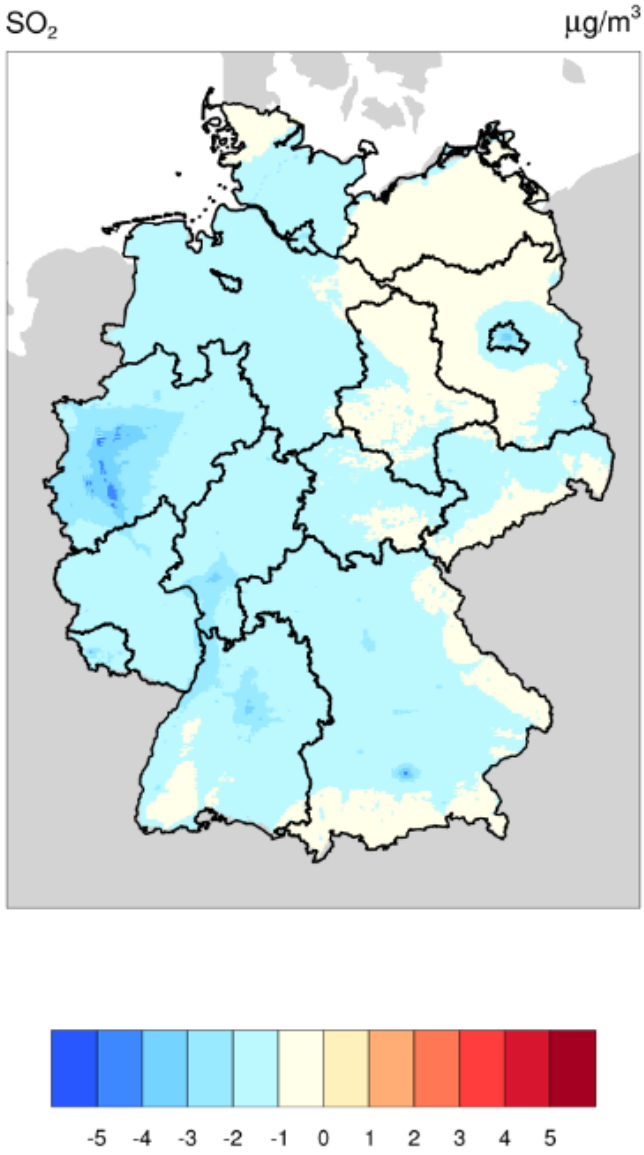


Abbildung 38: Differenz der EURAD-Modelläufe WAM-2030 – 2005 für NH_3 in µg/m³ unter gleichen meteorologischen Bedingungen

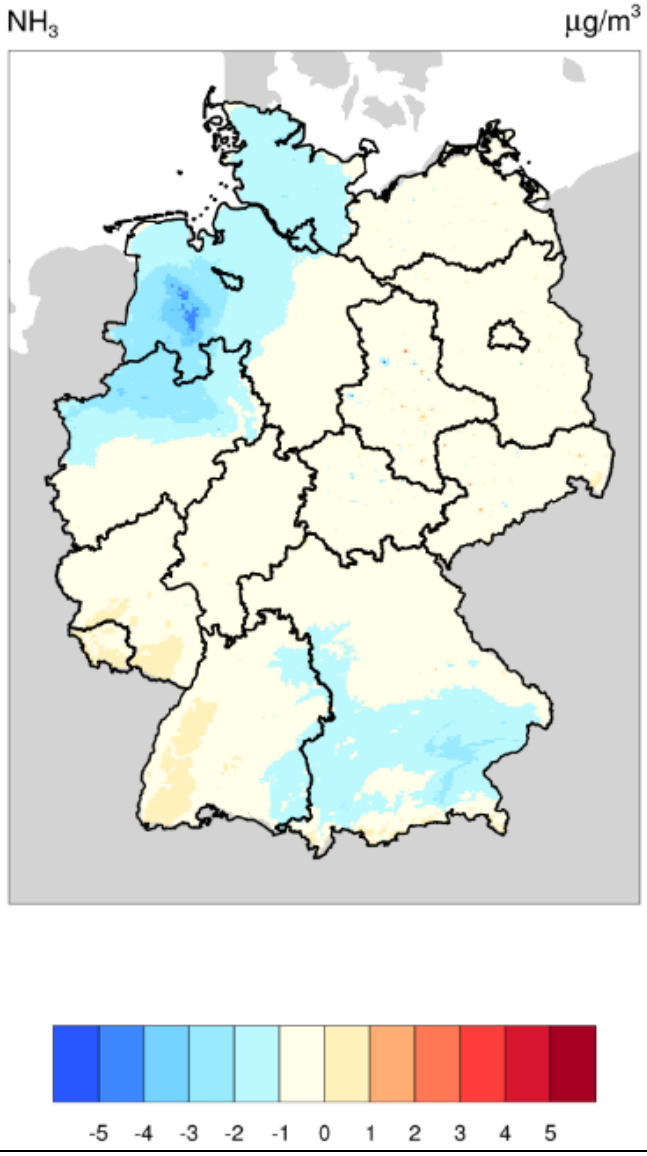


Abbildung 39: Differenz der EURAD-Modelläufe WAM-2030 – 2005 für $PM_{2,5}$ in µg/m³ unter gleichen meteorologischen Bedingungen

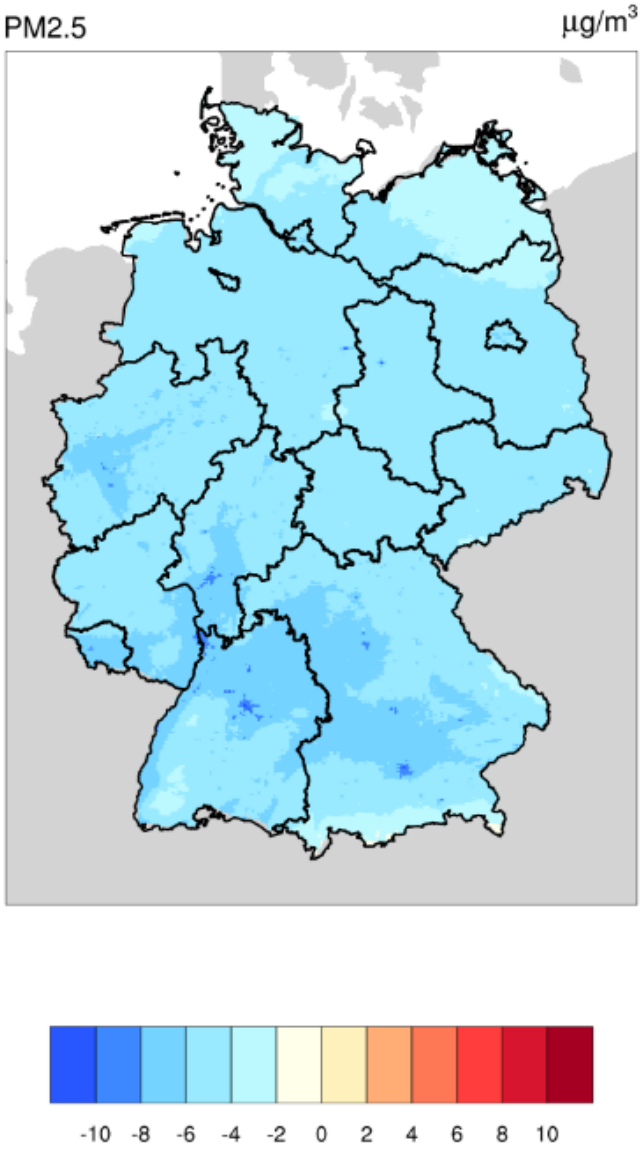


Abbildung 40: Differenz der EURAD-Modelläufe WAM-2030 – 2005 für O_3 in µg/m³ unter gleichen meteorologischen Bedingungen

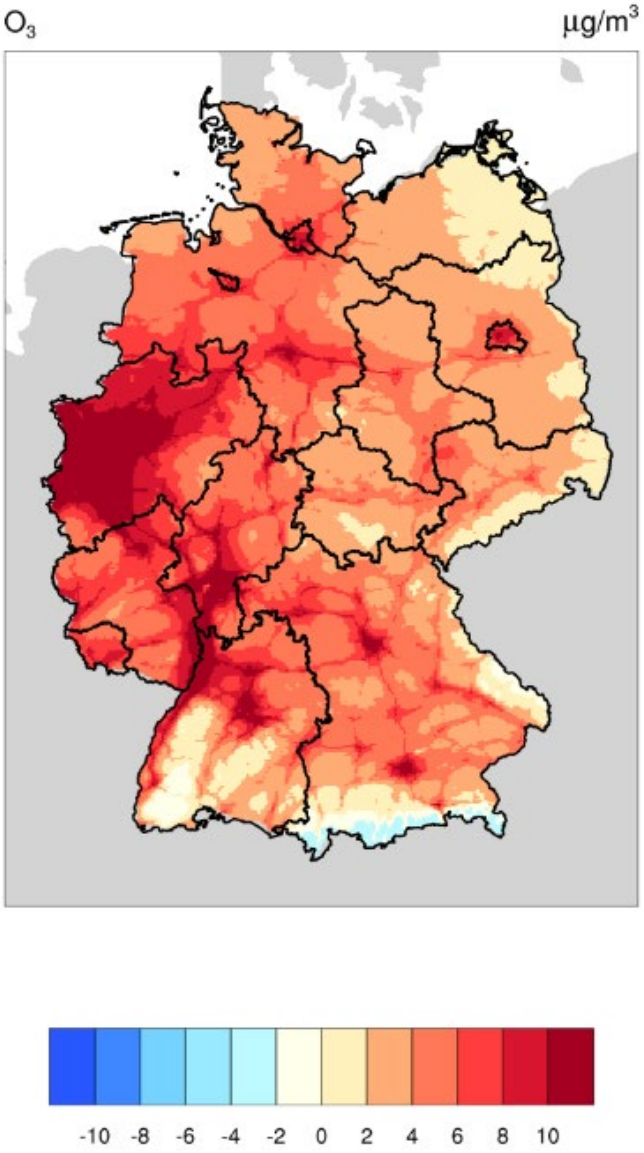
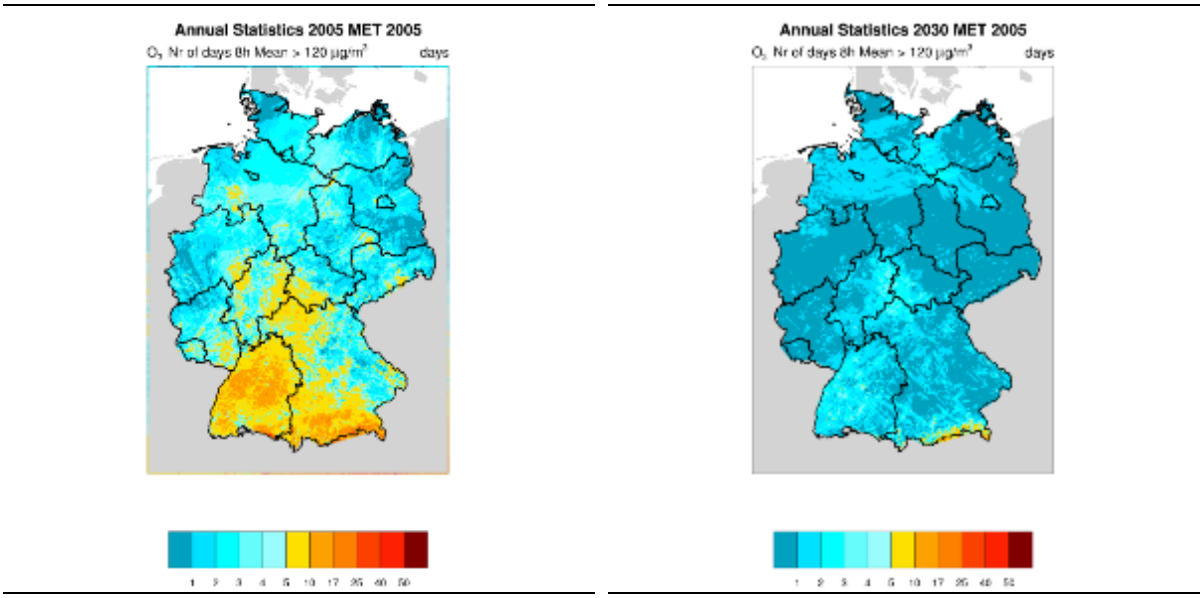


Abbildung 41: Ergebnis der EURAD-Modelläufe 2005 und WAM-2030 für die Anzahl der Überschreitungstage des O_3-Zielwertes unter gleichen meteorologischen Bedingungen



7.4 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 43: Modellergebnisse der trockenen und nassen Deposition im NEC-Compliance-Szenario (WAM) und Differenz gegenüber 2005

	2005	NEC-Compliance-Szenario 2030		
Trockene Deposition	**Mittlere Deposition**		**Absolute Differenz**	**Relative Differenz**
	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

8 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 Beurteilungssyteme 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): Politikszenarien 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" (TREMOD) 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.

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 mangement - Laying hens
			3B4gii	Manure mangement - Broilers
			3B4giii	Manure mangement - 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 3.1.1

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

NMVOC-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

NMVOC-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
NMVOC 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**

NH_3-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

SO_2-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

$PM_{2,5}$-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