

TEXTE

35/2014

Luftqualität 2020/2030: Weiterentwicklung von Prognosen für Luftschadstoffe unter Berücksichtigung von Klimastrategien

TEXTE 35/2014

Umweltforschungsplan des
Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit

Forschungskennzahl 3710 43 219
UBA-FB 001945

Luftqualität 2020/2030: Weiterentwicklung von Prognosen für Luftschadstoffe unter Berücksichtigung von Klimastrategien

von

Wolfram Jörß, Lukas Emele, Margarethe Scheffler, Vanessa Cook,
Öko-Institut e.V.- Berlin

Volker Handke, IZT, Berlin

Jochen Theloke, Balendra Thiruchittampalam, IER, Stuttgart

Frank Dünnebeil, Wolfram Knörr, Christoph Heidt, ifeu, Heidelberg

M. Jozwicka, J.J.P. Kuenen, H.A.C. Denier van der Gon, A.J.H. Visschedijk,
R.N. van Gijlswijk, TNO, Nederland

Bernhard Osterburg, Birgit Laggner, Dr. Rainer Stern, Thünen-Institut,
Hannover

mit einem Beitrag von

Johanna Appelhans, Umweltbundesamt

Koordination:

Wolfram Jörß, Öko-Institut e.V., Berlin

Im Auftrag des Umweltbundesamt

Impressum

Herausgeber:

Umweltbundesamt

Wörlitzer Platz 1

06844 Dessau-Roßlau

Tel.: 0340/2103-0

Telefax: 0340/2103 2285

info@umweltbundesamt.de

Internet: www.umweltbundesamt.de

<http://fuer-mensch-und-umwelt.de/>

www.facebook.com/umweltbundesamt.de

www.twitter.com/umweltbundesamt

Durchführung der Studie:

Öko-Institut e.V. - Institut für angewandte Ökologie, Berlin

IZT- Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung, Berlin

IER- Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Universität Stuttgart

IFEU- Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH

TNO - Department of Climate, Air and Sustainability, Nederland

Johann Heinrich von Thünen-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume,

Wald und Fischerei, Institut für Ländliche Räume und Institut für agrarrelevante

Klimaforschung, Hannover

Dr. Rainer Stern, Berlin

Abschlussdatum:

2014

Redaktion:

Fachgebiet II 4.1 Grundsatzfragen der Luftreinhaltung

Johanna Appelhans

Publikation als pdf:

<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/luftqualitaet-20202030-weiterentwicklung-von/>

ISSN 1862-4804

Das diesem Bericht zu Grunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit unter dem Förderkennzeichen 3710 43 219 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

Dessau-Roßlau, Juli 2014

Kurzbeschreibung

Ziel des Vorhabens LUFT 2030 war die Entwicklung aktualisierter Emissionsszenarien für die Schadstoffe NO_x , SO_2 , NMVOC, NH_3 , PM_{10} und $\text{PM}_{2,5}$ bis zum Jahr 2030 sowie, daraus abgeleitet, die Berechnung von Immissionsszenarien für Feinstaub und NO_2 . Als Grundlage für die Entwicklung von Emissionsszenarien für Deutschland waren dazu die Ergebnisse des vom UBA beauftragten Vorhabens „Politiksznarien für den Klimaschutz VI“ [Öko-Institut 2013] heranzuziehen. Für die immissionsseitige Bewertung der Emissionsszenarien wurde das im PAREST-Vorhaben [Bultjes et al. 2010] entwickelte Auswertinstrumentarium genutzt. Dazu gehören auch die räumliche Verteilung der deutschen Emissionen sowie die Berücksichtigung eines europäischen Emissionsszenarios. Basierend auf den Immissionsszenarien, die auf Jahresmittelwerte fokussieren, werden darüber hinaus Betrachtungen zu NO_2 - und PM_{10} -Grenzwertüberschreitungen an verkehrsnahen Stationen angestellt.

Abstract

The goal of the LUFT 2030 project was to develop updated emission scenarios for the pollutants NO_x , SO_2 , NMVOC, NH_3 , PM_{10} and $\text{PM}_{2,5}$ up to 2030 and, on this basis, to calculate air quality scenarios for fine particulate matter and NO_2 . The results of “Policy Scenarios for Climate Protection VI” (Oeko-Institut 2013), conducted on behalf of the German Federal Environment Agency, were taken as a basis for developing emission scenarios for Germany. For the air quality evaluation of the emission scenarios, the set of assessment tools developed within the PAREST project [Bultjes et al. 2010] were used. These include the spatial distribution of Germany’s emissions and take into account a European emission scenario. Based on the air quality scenarios that focus on annual mean values, incidents of NO_2 and PM_{10} limits being exceeded at roadside monitoring stations are also analysed.

Inhaltsverzeichnis

Berichtskennblatt	3
Report Cover Sheet.....	4
Kurzbeschreibung	5
Abstract.....	5
Abbildungsverzeichnis.....	10
Tabellenverzeichnis.....	17
Abkürzungen	26
1 Zusammenfassung	28
2 Summary.....	38
3 Emissionsszenarien für Deutschland	48
3.1 Einleitung	48
3.2 Übernahme der Basisjahr-Emissionen 2005-2010 aus dem ZSE	50
3.3 Szenarien für stationäre Feuerungsanlagen	54
3.3.1 Modellierungsansatz	54
3.3.2 Übersicht über die Aktivitätsszenarien.....	58
3.3.3 Übersicht über die Emissionsszenarien	60
3.4 Szenarien für Verkehr und Mobile Maschinen.....	67
3.4.1 Modellinstrumentarium für Verkehr und mobile Maschinen.....	67
3.4.2 Emissionen aus Verkehr und Mobilien Maschinen in den Basisjahren 2005 und 2010	72
3.4.3 Modellierung zukünftiger Emissionen aus Verkehr und Mobilien Maschinen.....	73
3.4.4 Ergebnisse der Emissionsszenarien für Verkehr und Mobile Maschinen.....	80
3.5 Szenarien für die Industrie.....	87
3.5.1 Modellierungsansatz	87
3.5.2 Übersicht über die Emissionsszenarien	88
3.6 Landwirtschaft	94
3.6.1 Modellierungsansatz	94
3.6.2 Übersicht über die Aktivitätsszenarien.....	96
3.6.3 Übersicht über die Emissionsszenarien	97
3.7 Szenarien für Lösemittel.....	103
3.7.1 Modellierungsansatz	103
3.7.2 Entwicklung von Vorschlägen für Minderungsmaßnahmen.....	105
3.7.3 Minderungsoptionen für NMVOC Emissionen aus der Lösemittelanwendung	107

3.7.4	Mit-Maßnahmenszenario für den Lösemittelsektor	128
3.8	Sektorübergreifende Emissionsszenarien für Deutschland	130
3.8.1	Übersicht.....	130
3.8.2	Das Aktuelle-Politik-Szenario (APS).....	131
3.8.3	Das Energiewendeszenario (EWS)	142
3.8.4	Das Aktuelle-Politik-Szenario mit zusätzlichen Luftreinhaltemaßnahmen (APS+)	155
3.8.5	Das Energiewendeszenario mit zusätzlichen Luftreinhaltemaßnahmen (EWS+).....	168
3.8.6	Das Energiewendeszenario mit zusätzlichen Maßnahmen nur in der Landwirtschaft (EWS-LaWi+)	181
3.8.7	Vergleich der deutschlandweiten Emissionsszenarien.....	194
4	Räumliche Verteilung der deutschen Emissionen.....	198
5	Gridded anthropogenic European emission data for the base year 2005 and projection years 2020, 2025 and 2030.....	213
6	Modellierung ausgewählter Szenarien mit Hilfe eines Chemie-Transport-Modells	214
6.1	Vorgehensweise	214
6.2	Für die Ausbreitungsrechnung ausgewählte Szenarien	214
6.3	Erstellung der Emissionsdaten für die Ausbreitungsrechnung	216
6.4	Auswertesystematik.....	216
6.5	Immissionsänderungen von 2005 bis 2030.....	217
6.5.1	Ausgangssituation: Aktuelle Politik-Szenario 2005.....	217
6.5.2	Das Aktuelle Politik Szenario APS und APS mit zusätzlichen Maßnahmen: 2020, 2025 und 2030	220
6.5.3	Das Energiewendeszenario EWS und EWS mit zusätzlichen Maßnahmen: 2020 und 2030.....	229
6.5.4	Aktuelle Politik- und Energiewende-Szenarien 2030 im Vergleich	236
6.5.5	Meteorologie 2003 als Proxy für ein sich erwärmendes Klima.....	245
6.5.6	Die Szenarien im Vergleich.....	250
6.5.7	Aktuelles Politik Szenario APS im Vergleich mit dem PAREST-Szenario CLE	261
6.6	Bestimmung der Luftqualität für die Bezugsjahre 2005, 2020, 2025 und 2030 auf Basis der OI-Methodik.....	271
6.6.1	Methodik	271
6.6.2	Luftqualitätsprognosen 2020 bis 2030: APS.....	272
6.6.3	Luftqualitätsprognosen 2020 und 2030: APS im Vergleich mit APS+, EWS, EWS-LaWi+, EWS+	277
6.7	Grenzwertbetrachtungen	286

6.7.1	Methodik	286
6.8	Hypothetische IIASA-Szenarien	303
7	Quellenverzeichnis.....	309
8	Anhang I / Annex I: Gridded anthropogenic European emission data for the base year 2005 and projection years 2020, 2025 and 2030.....	315
	Content.....	315
	List of tables	316
	List of figures	317
	Summary	318
8.1	Introduction	318
8.2	Approach	319
8.2.1	Domain of the study	320
8.2.2	Air pollutants and classification of sectors.....	322
8.3	Base year emissions for Europe	322
8.3.1	Selection of emission data.....	322
8.3.2	Comparison between PAREST and Luft 2030 base year.....	327
8.4	Emission projections for Europe.....	329
8.4.1	Chosen scenario.....	329
8.4.2	Results.....	331
8.5	Spatial distribution of the emissions.....	334
8.5.1	Gridding procedure.....	334
8.5.2	NO _x emissions	334
8.5.3	PM ₁₀ emissions.....	337
8.6	Conclusions.....	339
8.7	References.....	340
8.8	Appendices	341
8.8.1	Appendix A: Emission trends (Gg) in the European Domain per pollutant / country group / SNAP / year	341
8.8.2	Appendix B: National total emission data per year	345
8.8.3	Appendix C: European anthropogenic emission data for NO _x , SO ₂ , NMVOC, CH ₄ , NH ₃ , CO, PM ₁₀ and PM _{2.5} for the years 2005, 2020, 2025 and 2030 per country by source sector.....	350
9	Anhang II: Erzeugungsdaten für ausgewählte energieintensive Produkte.....	351
10	Anhang III: Modellierung mit Hilfe eines Chemie-Transport-Modells.....	354
10.1	Die RCG-Modellgebiete	354

10.2 Für die Ausbreitungsrechnung verwendete Emissionen in Deutschland:	
Referenzjahre 2005, 2020, 2025 und 2030	356
10.2.1 Emissionen 2005.....	356
10.2.2 Emissionen 2020.....	357
10.2.3 Emissionen 2025.....	367
10.2.4 Emissionen 2030.....	369

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1:	Emissionen im Aktuelle-Politik-Szenario (APS).....	31
Abbildung 1-2:	Räumliche Verteilung der PM _{2,5} -Emissionen im APS-Szenario für die Jahre 2005 und 2030.....	32
Abbildung 1-3:	Räumliche Verteilung der Differenz der europäischen PM ₁₀ Emissionen zwischen 2005 und 2030.....	33
Abbildung 1-4:	Zusätzliches relatives Minderungspotenzial der NO ₂ - und der PM ₁₀ -Jahresmittelwerte in 2020 im EWS und EWS+ bezogen auf das mit APS erreichbare Konzentrationsniveau.....	34
Abbildung 1-5:	Modellierte Änderung der Anzahl von Tagen mit Überschreitungen des PM ₁₀ -Kurzfristgrenzwerts für verkehrsnahen Stationen mit Grenzwertüberschreitungen im Jahre 2005.....	36
Figure 2-1:	Emissions in the Current Policy Scenario (APS).....	41
Figure 2-2:	Spatial distribution of PM _{2,5} emissions in the APS scenario for 2005 and 2030.....	42
Figure 2-3:	Spatial distribution of changes in European PM ₁₀ emissions between 2005 and 2030.....	43
Figure 2-4:	Additional relative reduction potential of annual mean levels of NO ₂ and PM ₁₀ in the EWS and EWS+ scenarios in 2020 based on the concentration level attainable with APS.	44
Figure 2-5:	Modelled change in number of days with exceeded short-range PM ₁₀ limit values at roadside measurement stations which recorded exceeded limit values in 2005.	46
Abbildung 3-1:	Emissionen aus SF-APS und SF-EWS	65
Abbildung 3-2:	Emissionen aus SF-APS+ und SF-EWS+.....	66
Abbildung 3-3:	Berechnungsschema "Straßenverkehr" in TREMOD	70
Abbildung 3-4:	SO ₂ -Emissionen von Verkehr und Mobilien Maschinen	81
Abbildung 3-5:	NO _x -Emissionen von Verkehr und Mobilien Maschinen	82
Abbildung 3-6:	NMVOC-Emissionen von Verkehr und Mobilien Maschinen	83
Abbildung 3-7:	NH ₃ -Emissionen von Verkehr und Mobilien Maschinen	84
Abbildung 3-8:	PM _{2,5} -und PM ₁₀ -Emissionen von Verkehr und Mobilien Maschinen	86
Abbildung 3-9:	Emissionen aus IN-APS und IN-EWS+.....	92
Abbildung 3-10:	Schema der Emissionsberechnung im Lösemittel-Inventar	104
Abbildung 3-11:	Emissionen im Aktuelle-Politik-Szenario (APS).....	131
Abbildung 3-12:	Emissionen im Energiewendeszenario (EWS).....	143
Abbildung 3-13:	Emissionen im Energiewendeszenario (APS+)	155
Abbildung 3-14:	Emissionen im Energiewendeszenario mit zusätzlichen Luftreinhaltemaßnahmen(EWS+)	168

Abbildung 3-15:	Emissionen im Energiewendeszenario mit zusätzlichen Maßnahmen nur in der Landwirtschaft (EWS-LAWI+)	181
Abbildung 3-16:	Vergleich der Emissionen im Aktuelle-Politik-Szenario (APS) und im Energiewende-Szenario (EWS), Energiebilanzprinzip	194
Abbildung 3-17:	Vergleich der Emissionen im Aktuelle-Politik-Szenario (APS) und im Aktuelle-Politik-Szenario mit zusätzlichen Luftreinhaltemaßnahmen (APS+), Energiebilanzprinzip	195
Abbildung 3-18:	Vergleich der Emissionen im Energiewendeszenario (EWS) und im Energiewendeszenario mit zusätzlichen Luftreinhaltemaßnahmen (EWS+), Energiebilanzprinzip	195
Abbildung 3-19:	Vergleich der Emissionen im Energiewendeszenario (EWS) und im Energiewendeszenario mit zusätzlichen Maßnahmen nur in der Landwirtschaft (EWS-LaWi+), Energiebilanzprinzip	196
Abbildung 3-20:	Vergleich der Emissionen im Energiewendeszenario (EWS) und Aktuelle-Politik-Szenario mit zusätzlichen Luftreinhaltemaßnahmen (APS+), Energiebilanzprinzip	197
Abbildung 4-1:	APS-Szenario 2005 PM ₁₀ -Emissionen	201
Abbildung 4-2:	APS-Szenario 2030 PM ₁₀ -Emissionen	202
Abbildung 4-3:	APS-Szenario 2005 PM _{2,5} -Emissionen	203
Abbildung 4-4:	APS-Szenario 2030 PM _{2,5} -Emissionen	204
Abbildung 4-5:	APS-Szenario 2005 NO _x -Emissionen	205
Abbildung 4-6:	APS-Szenario 2030 NO _x -Emissionen	206
Abbildung 4-7:	APS-Szenario 2005 NH ₃ -Emissionen	207
Abbildung 4-8:	APS-Szenario 2030 NH ₃ -Emissionen	208
Abbildung 4-9:	APS-Szenario 2005 SO ₂ -Emissionen	209
Abbildung 4-10:	APS-Szenario 2030 SO ₂ -Emissionen	210
Abbildung 4-11:	APS-Szenario 2005 NMVOC-Emissionen	211
Abbildung 4-12:	APS-Szenario 2030 NMVOC-Emissionen	212
Abbildung 6-1:	Bevölkerungsdichte in Einwohner/km ² in 4 Klassen. Zur Klassendefinition siehe Text. Die Auflösung entspricht der für die Ausbreitungsrechnungen verwendeten Auflösung: 0.0625° Breite, 0.125° Länge, circa 8 km x 7 km.....	217
Abbildung 6-2:	PM ₁₀ , PM _{2,5} - und NO ₂ -Jahresmittelwerte 2005 in µg/m ³ . Emissionsszenario APS 2005. Meteorologische Bedingungen 2005. RCG-Modellierung in einer Auflösung von 0.125° Länge und 0.0625° Breite.	218
Abbildung 6-3:	Bevölkerungsgewichtete PM ₁₀ , PM _{2,5} - und NO ₂ -Konzentrationen der Referenz APS 2005 für die 4 Bevölkerungsklassen, das Deutschlandmittel und das Mittel an den AEI-Stationen in µg/m ³ . Modellgebiet Deutschland.	219

Abbildung 6-4:	Bevölkerungsgewichtete PM ₁₀ -Konzentrationsminderungen von 2005 bis 2030 für die 4 Bevölkerungsklassen, das Deutschlandmittel und das Mittel an den AEI-Stationen in µg/m ³ (oben) und in % (unten) Emissionsreferenz APS. Modellgebiet Deutschland.	221
Abbildung 6-5:	Bevölkerungsgewichtete PM _{2,5} -Konzentrationsminderungen von 2005 bis 2030 für die 4 Bevölkerungsklassen, das Deutschlandmittel und das Mittel an den AEI-Stationen in µg/m ³ (oben) und in % (unten) Emissionsreferenz APS. Modellgebiet Deutschland.	222
Abbildung 6-6:	Bevölkerungsgewichtete NO ₂ -Konzentrationsminderungen von 2005 bis 2030 für die 4 Bevölkerungsklassen, das Deutschlandmittel und das Mittel an den AEI-Stationen in µg/m ³ (oben) und in % (unten) Emissionsreferenz APS. Modellgebiet Deutschland.	223
Abbildung 6-7:	Zusammenstellung der Emissionsabnahmen in kt/Jahr des Aktuelle Politik Szenarios APS für die Zeiträume 2005 bis 2020, 2020 bis 2025 und 2025 bis 2030.	224
Abbildung 6-8:	Bevölkerungsgewichtete PM ₁₀ -Konzentrationsminderungen von 2005 bis 2030 für die 4 Bevölkerungsklassen, das Deutschlandmittel und das Mittel an den AEI-Stationen in µg/m ³ (oben) und in % (unten) Emissionsreferenz APS+. Modellgebiet Deutschland.	226
Abbildung 6-9:	Bevölkerungsgewichtete PM _{2,5} -Konzentrationsminderungen von 2005 bis 2030 für die 4 Bevölkerungsklassen, das Deutschlandmittel und das Mittel an den AEI-Stationen in µg/m ³ (oben) und in % (unten) Emissionsreferenz APS+. Modellgebiet Deutschland.	227
Abbildung 6-10:	Bevölkerungsgewichtete NO ₂ -Konzentrationsminderungen von 2005 bis 2030 für die 4 Bevölkerungsklassen, das Deutschlandmittel und das Mittel an den AEI-Stationen in µg/m ³ (oben) und in % (unten). Emissionsreferenz APS+. Modellgebiet Deutschland.	228
Abbildung 6-11:	Bevölkerungsgewichtete PM ₁₀ -Konzentrationsminderungen von 2005 bis 2030 für die 4 Bevölkerungsklassen, das Deutschlandmittel und das Mittel an den AEI-Stationen in µg/m ³ (oben) und in % (unten) Emissionsreferenz EWS. Modellgebiet Deutschland.	230
Abbildung 6-12:	Bevölkerungsgewichtete PM ₁₀ -Konzentrationsminderungen von 2005 bis 2030 für die 4 Bevölkerungsklassen, das Deutschlandmittel und das Mittel an den AEI-Stationen in µg/m ³ (oben) und in % (unten) Emissionsreferenz EWS+. Modellgebiet Deutschland.	231
Abbildung 6-13:	Bevölkerungsgewichtete PM _{2,5} -Konzentrationsminderungen von 2005 bis 2030 für die 4 Bevölkerungsklassen, das Deutschlandmittel und das Mittel an den AEI-Stationen in µg/m ³	

	(oben) und in % (unten) Emissionsreferenz EWS. Modellgebiet Deutschland.	232
Abbildung 6-14:	Bevölkerungsgewichtete PM _{2,5} -Konzentrationsminderungen von 2005 bis 2030 für die 4 Bevölkerungsklassen, das Deutschlandmittel und das Mittel an den AEI-Stationen in µg/m ³ (oben) und in % (unten) Emissionsreferenz EWS+. Modellgebiet Deutschland.	233
Abbildung 6-15:	Bevölkerungsgewichtete NO ₂ -Konzentrationsminderungen von 2005 bis 2030 für die 4 Bevölkerungsklassen, das Deutschlandmittel und das Mittel an den AEI-Stationen in µg/m ³ (oben) und in % (unten) Emissionsreferenz EWS. Modellgebiet Deutschland.	234
Abbildung 6-16:	Bevölkerungsgewichtete NO ₂ -Konzentrationsminderungen von 2005 bis 2030 für die 4 Bevölkerungsklassen, das Deutschlandmittel und das Mittel an den AEI-Stationen in µg/m ³ (oben) und in % (unten) Emissionsreferenz EWS+. Modellgebiet Deutschland.	235
Abbildung 6-17:	Bevölkerungsgewichtete PM ₁₀ -, PM _{2,5} und NO ₂ - Konzentrationsminderungen von 2005 bis 2030 für die Bevölkerungsklasse 1 (ländliche Regionen) in µg/m ³ . Emissionsreferenz APS, APS+, EWS, EWS+ und EWS-LaWi+. Modellgebiet Deutschland.	237
Abbildung 6-18:	Bevölkerungsgewichtete PM ₁₀ -, PM _{2,5} und NO ₂ - Konzentrationsminderungen von 2005 bis 2030 für die Bevölkerungsklasse 4 (Ballungsräume) in µg/m ³ . Emissionsreferenz APS, APS+, EWS, EWS+ und EWS-LaWi+. Modellgebiet Deutschland.	239
Abbildung 6-19:	Bevölkerungsgewichtete PM ₁₀ -, PM _{2,5} und NO ₂ - Konzentrationsminderungen von 2005 bis 2030 im Mittel für Deutschland in µg/m ³ . Emissionsreferenz APS, APS+, EWS, EWS+ und EWS-LaWi+. Modellgebiet Deutschland.	240
Abbildung 6-20:	Bevölkerungsgewichtete PM ₁₀ -, PM _{2,5} - und NO ₂ - Konzentrationsminderungen von 2005 bis 2030 für die Bevölkerungsklasse 1 (ländliche Regionen) relativ zu der mit dem APS-Szenario erreichbaren Minderung (=100%). Emissionsreferenz APS, APS+, EWS, EWS+ und EWS-LaWi+. Modellgebiet Deutschland.	241
Abbildung 6-21:	Bevölkerungsgewichtete PM ₁₀ -, PM _{2,5} - und NO ₂ - Konzentrationsminderungen von 2005 bis 2030 für die Bevölkerungsklasse 4 (Ballungsgebiete) relativ zu der mit dem APS-Szenario erreichbaren Minderung (=100%). Emissionsreferenz APS, APS+, EWS, EWS+ und EWS-LaWi+. Modellgebiet Deutschland.	242
Abbildung 6-22:	Bevölkerungsgewichtete PM ₁₀ -, PM _{2,5} - und NO ₂ - Konzentrationsminderungen von 2005 bis 2030 im Mittel für Deutschland relativ zu der mit dem APS-Szenario erreichbaren	

	Minderung (=100%), Emissionsreferenz APS, APS+, EWS, EWS+ und EWS-LaWi+. Modellgebiet Deutschland.	243
Abbildung 6-23:	Bevölkerungsgewichtete PM ₁₀ -, PM _{2,5} - und NO ₂ -Konzentrationsminderungen von 2005 bis 2030 gemäß dem Aktuelle Politik Szenario (APS) in den 4 Bevölkerungsklassen und als Mittel über Deutschland. Zieljahr 2030 mit meteorologischen Bedingungen 2005 und 2003.....	246
Abbildung 6-24:	Bevölkerungsgewichtete PM ₁₀ -, PM _{2,5} - und NO ₂ -Konzentrationsminderungen von 2005 bis 2030 gemäß dem Energie Wende Szenario EWS+ in den 4 Bevölkerungsklassen und als Mittel über Deutschland. Zieljahr 2030 mit meteorologischen Bedingungen 2005 und 2003.....	247
Abbildung 6-25:	PM ₁₀ -, PM _{2,5} - und NO ₂ -Konzentrationsminderungen von 2005 bis 2030 unter den meteorologischen Bedingungen 2003 als Anteil der Minderungen unter den meteorologischen Bedingungen 2005 (für 2030). Aktuelles Politik Szenario (APS) in den 4 Bevölkerungsklassen und als Mittel über Deutschland und 2003.	248
Abbildung 6-26:	PM ₁₀ -, PM _{2,5} - und NO ₂ -Konzentrationsminderungen von 2005 bis 2030 unter den meteorologischen Bedingungen 2003 als Anteil der Minderungen unter den meteorologischen Bedingungen 2005 (für 2030). Aktuelles Politik Szenario (APS) in den 4 Bevölkerungsklassen und als Mittel über Deutschland und 2003.	249
Abbildung 6-27:	Emissionen 2005 und 2020 in Deutschland. Luft2030: In diesem Projekt verwendete Emissionen. PAREST: Im PAREST-Projekt verwendete Emissionen.....	263
Abbildung 6-28:	Absolute und relative Änderung der Emissionen in Deutschland von 2005 bis 2020. Luft2030: In diesem Projekt verwendete Emissionen. PAREST: Im PAREST-Projekt verwendete Emissionen.	264
Abbildung 6-29:	Unterschiede in den PM ₁₀ -Emissionen 2005 aufgeschlüsselt für die wichtigsten Verursachergruppen. Aufgetragen ist die Differenz zwischen den Datenbasen: Luft2030-PAREST. Negative Zahlen bedeuten geringere Emissionen in der Datenbasis Luft2030.....	265
Abbildung 6-30:	Bevölkerungsgewichtete NO ₂ - und PM ₁₀ -Konzentrationen der Referenz 2005 CLE aus PAREST, APS aus Luft2030) für die 4 Bevölkerungsklassen und das Deutschlandmittel.	266
Abbildung 6-31:	Bevölkerungsgewichtete absolute und relative NO ₂ -Konzentrationsminderungen von 2005 bis 2020. PAREST, CLE-Szenario und Luft2030, Aktuelles Politik Szenario APS.....	268
Abbildung 6-32:	Bevölkerungsgewichtete absolute und relative PM ₁₀ -Konzentrationsminderungen von 2005 bis 2020. PAREST, CLE-Szenario und Luft2030, Aktuelle Politik-Szenario APS.....	269
Abbildung 6-33:	Bevölkerungsgewichtete NO ₂ -, PM ₁₀ - und PM _{2,5} -Konzentrationen 2020. PAREST, CLE-Szenario und Luft2030, Aktuelles Politik Szenario APS.	270

Abbildung 6-34:	NO ₂ - Jahresmittelwerte 2005 bis 2030 abgeleitet mit der OI-Methodik und den RCG-Ergebnissen für das Aktuelle Politik-Szenario APS.	273
Abbildung 6-35:	Relative Minderung der NO ₂ -Jahresmittelwerte von 2005 bis 2020 (oben links), 2005 bis 2025 (oben rechts) und 2005 bis 2030 (unten Mitte) abgeleitet mit der OI-Methodik und den RCG-Ergebnissen für das Aktuelle Politik-Szenario APS.....	274
Abbildung 6-36:	PM ₁₀ - Jahresmittelwerte 2005 bis 2030 abgeleitet mit der OI-Methodik und den RCG-Ergebnissen für das Aktuelle Politik-Szenario APS.	275
Abbildung 6-37:	Relative Minderung der PM ₁₀ -Jahresmittelwerte von 2005 bis 2020 (oben links), 2005 bis 2025 (oben rechts) und 2005 bis 2030 (unten Mitte) abgeleitet mit der OI-Methodik und den RCG-Ergebnissen für das Aktuelle Politik-Szenario APS.....	276
Abbildung 6-38:	Zusätzliches absolutes Minderungspotenzial der NO ₂ -Jahresmittelwerte in 2020 bezogen auf das mit APS erreichbare Konzentrationsniveau. APS+ (oben links), EWS (oben rechts) und EWS+ (unten Mitte) abgeleitet mit der OI-Methodik und den RCG-Ergebnissen für die Szenarien APS, APS+, EWS und EWS+.....	278
Abbildung 6-39:	Zusätzliches relatives Minderungspotenzial der NO ₂ -Jahresmittelwerte in 2020 bezogen auf das mit APS erreichbare Konzentrationsniveau. APS+ (oben links), EWS (oben rechts) und EWS+ (unten Mitte) abgeleitet mit der OI-Methodik und den RCG-Ergebnissen für die Szenarien APS, APS+, EWS und EWS+	279
Abbildung 6-40:	Zusätzliches absolutes Minderungspotenzial der NO ₂ -Jahresmittelwerte in 2030 bezogen auf das mit APS erreichbare Konzentrationsniveau. APS+ (oben links), EWS (oben rechts) und EWS+ (unten Mitte) abgeleitet mit der OI-Methodik und den RCG-Ergebnissen für die Szenarien APS, APS+, EWS und EWS+	280
Abbildung 6-41:	Zusätzliches relatives Minderungspotenzial der NO ₂ -Jahresmittelwerte in 2030 bezogen auf das mit APS erreichbare Konzentrationsniveau. APS+ (oben links), EWS (oben rechts) und EWS+ (unten Mitte) abgeleitet mit der OI-Methodik und den RCG-Ergebnissen für die Szenarien APS, APS+, EWS und EWS+.....	281
Abbildung 6-42:	Zusätzliches absolutes Minderungspotenzial der PM ₁₀ -Jahresmittelwerte in 2020 bezogen auf das mit APS erreichbare Konzentrationsniveau. APS+ (oben links), EWS (oben rechts) und EWS+ (unten Mitte) abgeleitet mit der OI-Methodik und den RCG-Ergebnissen für die Szenarien APS, APS+, EWS und EWS+.....	282
Abbildung 6-43:	Zusätzliches relatives Minderungspotenzial der PM ₁₀ -Jahresmittelwerte in 2020 bezogen auf das mit APS erreichbare Konzentrationsniveau. APS+ (oben links), EWS (oben rechts) und EWS+ (unten Mitte) abgeleitet mit der OI-Methodik und den RCG-Ergebnissen für die Szenarien APS, APS+, EWS und EWS+.....	283

Abbildung 6-44:	Zusätzliches absolutes Minderungspotenzial der PM ₁₀ -Jahresmittelwerte in 2030 bezogen auf das mit APS erreichbare Konzentrationsniveau. APS+ (oben links), EWS (oben rechts), EWS+ (unten links) und EWS-LaWi+ (unten rechts) abgeleitet mit der OI-Methodik und den RCG-Ergebnissen für die Szenarien APS, APS+, EWS und EWS+ und EWS-LaWi+.	284
Abbildung 6-45:	Zusätzliches relatives Minderungspotenzial der PM ₁₀ -Jahresmittelwerte in 2030 bezogen auf das mit APS erreichbare Konzentrationsniveau. APS+ (oben links), EWS (oben rechts), EWS+ (unten links) und EWS-LaWi+ (unten rechts) abgeleitet mit der OI-Methodik und den RCG-Ergebnissen für die Szenarien APS, APS+, EWS und EWS+ und EWS-LaWi+.	285
Abbildung 6-46:	Verkehrsnahen Stationen mit mehr als 50 beobachteten Überschreitungen eines PM ₁₀ -Tagesmittelwerts von 50 µg/m ³ , 2005.	288
Abbildung 6-47:	Modellierte Änderung der Anzahl von Tagen mit Überschreitungen des PM ₁₀ -Kurzfristgrenzwerts für verkehrsnahen Stationen mit Grenzwertüberschreitungen im Jahre 2005.	289
Abbildung 6-48:	Modellierte Anzahl von Minderungstagen mit Überschreitungen des PM ₁₀ -Kurzfristgrenzwerts für verkehrsnahen Stationen.	290
Abbildung 6-49:	Modellierte Änderung der Anzahl von Tagen mit Überschreitungen des PM ₁₀ -Kurzfristgrenzwerts für verkehrsnahen Stationen mit Grenzwertüberschreitungen im Jahre 2005.	291
Abbildung 6-50:	Modellierte Anzahl von Minderungstagen mit Überschreitungen des PM ₁₀ -Kurzfristgrenzwerts durch die Abnahme des PM ₁₀ -Hintergrunds.	292
Abbildung 6-51:	Modellierte Anzahl von Minderungstagen mit Überschreitungen des PM ₁₀ -Kurzfristgrenzwerts durch die Abnahme der PM ₁₀ -Verkehrsemissionen.	292
Abbildung 6-52:	Bevölkerungsgewichtete PM ₁₀ -, PM _{2,5} - und NO ₂ -Konzentrationsminderungen von 2005 bis 2030.	307
Abbildung 6-53:	Über das EWS+ hinaus erreichbare relative PM ₁₀ -, PM _{2,5} - und NO ₂ -Immissionsminderung für das NEC-Szenario nach IIASA-MTFR und NEC-Szenario mit SO ₂ -Emission wie bei EWS+. Deutschland und vier Bevölkerungsklassen.	308
Abbildung 10-1:	RCG-Rechengebiet Nest 0 (N0): Europäischer Hintergrund, Auflösung circa 32x28 km ² , 0.25° Breite, 0.5° Länge, 82 x 125 Gitterzellen, Rechengebiet: -10° W bis 30° Ost, 35.25° N bis 66.0° N	354
Abbildung 10-2:	Nest 1 (N1) Deutschland, Auflösung circa 8 km x 7 km, 0.0625° Breite, 0.125° Länge (N0/4, N1/2), 82 x 126 Gitterzellen (schwarz) incl. Randreihen (rot), Rechengebiet: 5.5° O bis 15.5° O, 47.25° N bis 55.0° N	355

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1:	Übersicht der sektoralen Emissionsszenarien.....	48
Tabelle 3-2:	Übersicht der Emissionsmengen für das Jahr 2010 aus der ZSE-Submission 2012 (in Mg)	51
Tabelle 3-3:	Übersicht der Material- und Quellgruppenkategorien aus PSz VI	55
Tabelle 3-4:	Übersicht der PAREST Maßnahmen im Referenzfall von LUFT 2030	56
Tabelle 3-5:	Übersicht der PAREST Maßnahmen im Reduktionsfall von LUFT 2030	57
Tabelle 3-6:	Übersicht der Aktivitätsraten im SF-APS Szenario	58
Tabelle 3-7:	Übersicht der Aktivitätsraten im SF-EWS Szenario.....	58
Tabelle 3-8:	Brennstoffspezifische Differenz zwischen EWS und APS Szenarien	59
Tabelle 3-9:	Übersicht der Szenarien für stationären Feuerungen	60
Tabelle 3-10:	Übersicht der Emissionen im SF-APS-Szenario	61
Tabelle 3-11:	Übersicht der Emissionen im SF-EWS-Szenario.....	62
Tabelle 3-12:	Übersicht der Emissionen im SF-APS+-Szenario	63
Tabelle 3-13:	Übersicht der Emissionen im SF-EWS+-Szenario.....	64
Tabelle 3-14:	Differenz zwischen den Szenarien SF-APS und SF-EWS	65
Tabelle 3-15:	Differenz zwischen den Szenarien SF-APS+ und-SF EWS+	66
Tabelle 3-16:	Übersicht Berechnungsarten und relevante Kenngrößen	68
Tabelle 3-17:	Anpassung der CNG- & LPG-Kfz-Fahrleistungen im APS gegenüber TREMOD-Basis	75
Tabelle 3-18:	Annahmen und Ergebnisse zur Maßnahme „Strategie Elektromobilität“ – Entwicklung Bestand Elektrofahrzeuge in Politikszenerien VI	76
Tabelle 3-19:	Zuordnung der PSzVI- und TREMOD MM-Sektoren zur ZSE-Struktur.....	80
Tabelle 3-20:	Übersicht der PAREST Maßnahmen im Minderungsfall von LUFT 2030	88
Tabelle 3-21:	Übersicht über die industriellen Szenarien	88
Tabelle 3-22:	Differenz der Emissionen zwischen IN-EWS und IN-APS.....	89
Tabelle 3-23:	Übersicht der Emissionen im IN-APS-Szenario.....	90
Tabelle 3-24:	Übersicht der Emissionen im IN-EWS+-Szenario	91
Tabelle 3-25:	Emissionsdifferenzen zwischen den Szenarien IN-APS und IN-EWS+	92
Tabelle 3-26:	Übersicht über die für den Landwirtschaftssektor berechneten Szenarien	97
Tabelle 3-27:	Entwicklung ausgewählter Aktivitätsdaten	97

Tabelle 3-28:	Emissionen der Landwirtschaft und der Biogaserzeugung aus nachwachsenden Rohstoffen im Szenario LaWi-APS in Gg p.a.....	99
Tabelle 3-29:	Maßnahmen zur Minderung der NH ₃ -Emissionen im Szenario LaWi-APS+NH ₃	100
Tabelle 3-30:	Emissionen der Landwirtschaft und der Biogaserzeugung im Szenario LaWi-APS+NH ₃	101
Tabelle 3-31:	Emissionen der Landwirtschaft und der Biogaserzeugung im Szenario LaWi-APS+NH ₃ +KS in Gg p.a.	102
Tabelle 3-32:	Emissionen der Landwirtschaft und der Biogaserzeugung im Szenario LaWi-EWS in Gg p.a.	102
Tabelle 3-33:	Emissionen der Landwirtschaft und der Biogaserzeugung im Szenario LaWi-EWS+NH ₃ +KS in Gg p.a.	102
Tabelle 3-34:	Entwicklung der Emissionen aus der Lösemittelanwendung im Basisszenario bis 2035 in Deutschland differenziert nach Subsektoren.....	104
Tabelle 3-35:	Maßnahmenliste der identifizierten Minderungsoptionen für den Sektor Lösemittelanwendung	107
Tabelle 3-36:	Deodorantien und Antitranspirantien sowie die Auswirkung des vorgeschlagenen NMVOC – Limits (Decopaint review, 2009)	109
Tabelle 3-37:	Beispiele für Produktalternativen von Treibgassprays (BIPRO, 2002)	111
Tabelle 3-38:	CEPE Vorschlag zur Begrenzung der VOC-Gehalte in speziellen Schutzfarbsystemen.....	125
Tabelle 3-39:	Übersichtstabelle zur Wirksamkeit der betrachteten Maßnahmen im Sektor Lösemittelanwendung	128
Tabelle 3-40:	Entwicklung der Emissionen aus der Lösemittelanwendung im Mit-Maßnahmenszenario bis 2035 in Deutschland differenziert nach Subsektoren	129
Tabelle 3-41:	Sektorübergreifende Luft-2030-Szenarien 2005 - 2030 für Deutschland	130
Tabelle 3-42:	PM ₁₀ -Emissionen in den Jahren 2005–2030 im APS, Inlandsprinzip	132
Tabelle 3-43:	PM ₁₀ -Emissionen in den Jahren 2005–2030 im APS, Energiebilanzprinzip	133
Tabelle 3-44:	PM _{2,5} -Emissionen in den Jahren 2005–2030 im APS, Inlandsprinzip.....	134
Tabelle 3-45:	PM _{2,5} -Emissionen in den Jahren 2005–2030 im APS, Energiebilanzprinzip	134
Tabelle 3-46:	NO _x -Emissionen in den Jahren 2005–2030 im APS, Inlandsprinzip.....	135
Tabelle 3-47:	NO _x -Emissionen in den Jahren 2005–2030 im APS, Energiebilanzprinzip	136
Tabelle 3-48:	NH ₃ -Emissionen in den Jahren 2005–2030 im APS, Inlandsprinzip	137

Tabelle 3-49:	NH ₃ -Emissionen in den Jahren 2005–2030 im APS, Energiebilanzprinzip	138
Tabelle 3-50:	SO ₂ -Emissionen in den Jahren 2005–2030 im APS, Inlandsprinzip.....	139
Tabelle 3-51:	SO ₂ -Emissionen in den Jahren 2005–2030 im APS, Energiebilanzprinzip	140
Tabelle 3-52:	NMVOC-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im APS, Inlandsprinzip.....	141
Tabelle 3-53:	NMVOC-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im APS, Energiebilanzprinzip	142
Tabelle 3-54:	PM ₁₀ -Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS, Inlandsprinzip.....	143
Tabelle 3-55:	PM ₁₀ -Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS, Energiebilanzprinzip	144
Tabelle 3-56:	PM _{2,5} -Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS, Inlandsprinzip.....	145
Tabelle 3-57:	PM _{2,5} -Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS, Energiebilanzprinzip	146
Tabelle 3-58:	NO _x -Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS, Inlandsprinzip	147
Tabelle 3-59:	NO _x -Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS, Energiebilanzprinzip	148
Tabelle 3-60:	NH ₃ -Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS, Inlandsprinzip	149
Tabelle 3-61:	NH ₃ -Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS, Energiebilanzprinzip	150
Tabelle 3-62:	SO ₂ -Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS, Inlandsprinzip	151
Tabelle 3-63:	SO ₂ -Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS, Energiebilanzprinzip	152
Tabelle 3-64:	NMVOC-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS, Inlandsprinzip.....	153
Tabelle 3-65:	NMVOC-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS, Energiebilanzprinzip	154
Tabelle 3-66:	PM ₁₀ -Emissionen in den Jahren 2005–2030 im APS+, Inlandsprinzip.....	156
Tabelle 3-67:	PM ₁₀ -Emissionen in den Jahren 2005–2030 im APS+, Energiebilanzprinzip	157
Tabelle 3-68:	PM _{2,5} -Emissionen in den Jahren 2005–2030 im APS+, Inlandsprinzip.....	158
Tabelle 3-69:	PM _{2,5} -Emissionen in den Jahren 2005–2030 im APS+, Energiebilanzprinzip	159
Tabelle 3-70:	NO _x -Emissionen in den Jahren 2005–2030 im APS+, Inlandsprinzip.....	160

Tabelle 3-71:	NO _x -Emissionen in den Jahren 2005–2030 im APS+, Energiebilanzprinzip	161
Tabelle 3-72:	NH ₃ -Emissionen in den Jahren 2005–2030 im APS+, Inlandsprinzip	162
Tabelle 3-73:	NH ₃ -Emissionen in den Jahren 2005–2030 im APS+, Energiebilanzprinzip	163
Tabelle 3-74:	SO ₂ -Emissionen in den Jahren 2005–2030 im APS+, Inlandsprinzip.....	164
Tabelle 3-75:	SO ₂ -Emissionen in den Jahren 2005–2030 im APS+, Inlandsprinzip.....	165
Tabelle 3-76:	NM VOC-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im APS+, Inlandsprinzip.....	166
Tabelle 3-77:	NM VOC-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im APS+, Energiebilanzprinzip	167
Tabelle 3-78:	PM ₁₀ -Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS+, Inlandsprinzip.....	169
Tabelle 3-79:	PM ₁₀ -Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS+, Energiebilanzprinzip	170
Tabelle 3-80:	PM _{2,5} -Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS+, Inlandsprinzip.....	171
Tabelle 3-81:	PM _{2,5} -Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS+, Energiebilanzprinzip	172
Tabelle 3-82:	NO _x -Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS+, Inlandsprinzip.....	173
Tabelle 3-83:	NO _x -Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS+, Energiebilanzprinzip	174
Tabelle 3-84:	NH ₃ -Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS+, Inlandsprinzip.....	175
Tabelle 3-85:	NH ₃ -Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS+, Energiebilanzprinzip	176
Tabelle 3-86:	SO ₂ -Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS+, Inlandprinzip.....	177
Tabelle 3-87:	SO ₂ -Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS+, Energiebilanzprinzip	178
Tabelle 3-88:	NM VOC-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS+, Inlandsprinzip.....	179
Tabelle 3-89:	NM VOC-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS+, Energiebilanzprinzip	180
Tabelle 3-90:	PM ₁₀ -Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS-LAWI+, Inlandsprinzip.....	182
Tabelle 3-91:	PM ₁₀ -Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS-LAWI+, Energiebilanzprinzip	183
Tabelle 3-92:	PM _{2,5} -Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS-LAWI+, Inlandsprinzip.....	184

Tabelle 3-93:	PM _{2,5} -Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS-LAWI+, Energiebilanzprinzip	185
Tabelle 3-94:	NO _x -Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS-LAWI+, Inlandsprinzip.....	186
Tabelle 3-95:	NO _x -Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS-LAWI+, Energiebilanzprinzip	187
Tabelle 3-96:	NH ₃ -Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS-LAWI+, Inlandsprinzip.....	188
Tabelle 3-97:	NH ₃ -Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS-LAWI+, Energiebilanzprinzip	189
Tabelle 3-98:	SO ₂ -Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS-LAWI+, Inlandsprinzip.....	190
Tabelle 3-99:	SO ₂ -Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS-LAWI+, Energiebilanzprinzip	191
Tabelle 3-100:	NMVOC-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS-LAWI+, Inlandsprinzip.....	192
Tabelle 3-101:	NMVOC-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS-LAWI+, Energiebilanzprinzip	193
Tabelle 6-1:	Emissionsszenarien für die Ausbreitungsrechnungen durchgeführt wurden	215
Tabelle 6-2:	Relative (%) Effektivitätssteigerung des APS+ im Vergleich zu APS für 2020 und 2030 (zusätzlich erreichbare Minderung bezogen auf die APS-Minderung).....	225
Tabelle 6-3:	Relative (%) Effektivitätssteigerung des EWS+ im Vergleich zu EWS für 2020 und 2030 (zusätzlich erreichbare Minderung bezogen auf die EWS-Minderung).	229
Tabelle 6-4:	Mit verschiedenen Emissionsszenarien bis 2030 erreichbare relativen mittleren Emissionsabnahmen (in % bezogen auf APS 2005) in Deutschland. Die größten Abnahmen sind rot markiert. PMCO bezeichnet die PM-Grobfraktion zwischen 2,5 µm und 10 µm.	236
Tabelle 6-5:	Mit verschiedenen Emissionsszenarien von 2005 bis 2030 erreichbare absolute mittlere PM ₁₀₋ und PM _{2,5-} Konzentrationsabnahmen (µg/m ³) für 4 Bevölkerungsklassen, die AEI-Stationen und Deutschland gesamt.	244
Tabelle 6-6:	Mit verschiedenen Emissionsszenarien von 2005 bis 2030 erreichbare relative mittlere PM ₁₀₋ und PM _{2,5-} Konzentrationsabnahmen für 4 Bevölkerungsklassen, die AEI- Stationen und Deutschland gesamt.	244
Tabelle 6-7:	Mit verschiedenen Emissionsszenarien von 2005 bis 2030 erreichbare absolute mittlere NO ₂ -Konzentrationsabnahmen (µg/m ³) für 4 Bevölkerungsklassen, die AEI-Stationen und Deutschland gesamt.....	244

Tabelle 6-8:	Mit verschiedenen Emissionsszenarien von 2005 bis 2030 erreichbare relative mittlere NO ₂ -Konzentrationsabnahmen für 4 Bevölkerungsklassen, die AEI-Stationen und Deutschland gesamt.....	245
Tabelle 6-9:	Modellierte Jahresmittelwerte der PM ₁₀ -Konzentrationen für verschiedene Szenarien, Szenariojahre und Auswertungsklassen	251
Tabelle 6-10:	Differenz der modellierten Jahresmittelwerte der PM ₁₀ -Konzentrationen für verschiedene Szenarien, Szenariojahre und Auswertungsklassen im Vergleich zu den für 2005 modellierten Werten (in µg/m ³).....	251
Tabelle 6-11:	Differenz der modellierten Jahresmittelwerte der PM ₁₀ -Konzentrationen für verschiedene Szenarien, Szenariojahre und Auswertungsklassen im Vergleich zu den für 2005 modellierten Werten (in % von 2005).....	252
Tabelle 6-12:	Differenz der modellierten Jahresmittelwerte der PM ₁₀ -Konzentrationen für verschiedene Szenarien, Szenariojahre und Auswertungsklassen im Vergleich zu den für das APS im selben Szenariojahr modellierten Werten (in µg/m ³).....	252
Tabelle 6-13:	Differenz der modellierten Jahresmittelwerte der PM ₁₀ -Konzentrationen für verschiedene Szenarien, Szenariojahre und Auswertungsklassen im Vergleich zu den für das APS im selben Szenariojahr modellierten Werten (in % des APS-Szenariojahres).....	253
Tabelle 6-14:	Differenz der modellierten Jahresmittelwerte der PM ₁₀ -Konzentrationen für verschiedene Szenarien, Szenariojahre und Auswertungsklassen im Vergleich zu den für 2005 modellierten Werten, verglichen mit der für das APS im selben Szenariojahr berechneten Differenz (in µg/m ³)	253
Tabelle 6-15:	Differenz der modellierten Jahresmittelwerte der PM ₁₀ -Konzentrationen für verschiedene Szenarien, Szenariojahre und Auswertungsklassen im Vergleich zu den für 2005 modellierten Werten, verglichen mit der für das APS im selben Szenariojahr berechneten Differenz (in % der für das APS-Szenariojahr berechneten Differenz).....	254
Tabelle 6-16:	Modellierte Jahresmittelwerte der PM _{2,5} -Konzentrationen für verschiedene Szenarien, Szenariojahre und Auswertungsklassen	254
Tabelle 6-17:	Differenz der modellierten Jahresmittelwerte der PM _{2,5} -Konzentrationen für verschiedene Szenarien, Szenariojahre und Auswertungsklassen im Vergleich zu den für 2005 modellierten Werten (in µg/m ³).....	255
Tabelle 6-18:	Differenz der modellierten Jahresmittelwerte der PM _{2,5} -Konzentrationen für verschiedene Szenarien, Szenariojahre und Auswertungsklassen im Vergleich zu den für 2005 modellierten Werten (in % von 2005).....	255
Tabelle 6-19:	Differenz der modellierten Jahresmittelwerte der PM _{2,5} -Konzentrationen für verschiedene Szenarien, Szenariojahre und	

	Auswertungsklassen im Vergleich zu den für das APS im selben Szenariojahr modellierten Werten (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	256
Tabelle 6-20:	Differenz der modellierten Jahresmittelwerte der $\text{PM}_{2,5}$ -Konzentrationen für verschiedene Szenarien, Szenariojahre und Auswertungsklassen im Vergleich zu den für das APS im selben Szenariojahr modellierten Werten (in % des APS-Szenariojahres).....	256
Tabelle 6-21:	Differenz der modellierten Jahresmittelwerte der $\text{PM}_{2,5}$ -Konzentrationen für verschiedene Szenarien, Szenariojahre und Auswertungsklassen im Vergleich zu den für 2005 modellierten Werten, verglichen mit der für das APS im selben Szenariojahr berechneten Differenz (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	256
Tabelle 6-22:	Differenz der modellierten Jahresmittelwerte der $\text{PM}_{2,5}$ -Konzentrationen für verschiedene Szenarien, Szenariojahre und Auswertungsklassen im Vergleich zu den für 2005 modellierten Werten, verglichen mit der für das APS im selben Szenariojahr berechneten Differenz (in % der für das APS-Szenariojahr berechneten Differenz).....	257
Tabelle 6-23:	Modellierte Jahresmittelwerte der NO_2 -Konzentrationen für verschiedene Szenarien, Szenariojahre und Auswertungsklassen	257
Tabelle 6-24:	Differenz der modellierten Jahresmittelwerte der NO_2 -Konzentrationen für verschiedene Szenarien, Szenariojahre und Auswertungsklassen im Vergleich zu den für 2005 modellierten Werten (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	258
Tabelle 6-25:	Differenz der modellierten Jahresmittelwerte der NO_2 -Konzentrationen für verschiedene Szenarien, Szenariojahre und Auswertungsklassen im Vergleich zu den für 2005 modellierten Werten (in % von 2005).....	258
Tabelle 6-26:	Differenz der modellierten Jahresmittelwerte der NO_2 -Konzentrationen für verschiedene Szenarien, Szenariojahre und Auswertungsklassen im Vergleich zu den für das APS im selben Szenariojahr modellierten Werten (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	259
Tabelle 6-27:	Differenz der modellierten Jahresmittelwerte der NO_2 -Konzentrationen für verschiedene Szenarien, Szenariojahre und Auswertungsklassen im Vergleich zu den für das APS im selben Szenariojahr modellierten Werten (in % des APS-Szenariojahres).....	259
Tabelle 6-28:	Differenz der modellierten Jahresmittelwerte der NO_2 -Konzentrationen für verschiedene Szenarien, Szenariojahre und Auswertungsklassen im Vergleich zu den für 2005 modellierten Werten, verglichen mit der für das APS im selben Szenariojahr berechneten Differenz (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	259
Tabelle 6-29:	Differenz der modellierten Jahresmittelwerte der NO_2 -Konzentrationen für verschiedene Szenarien, Szenariojahre und Auswertungsklassen im Vergleich zu den für 2005 modellierten Werten, verglichen mit der für das APS im selben Szenariojahr	

	berechneten Differenz (in % der für das APS-Szenariojahr berechneten Differenz).....	260
Tabelle 6-30:	Anzahl der beobachteten PM ₁₀ -Überschreitungstage in 2005 für alle Stationen mit mehr als 35 Überschreitungstagen. Abgeschätzte Anzahl der PM ₁₀ -Überschreitungstage in 2020 und 2030 für unterschiedliche Emissionsszenarien.....	293
Tabelle 6-31:	Verkehrsnahen Stationen mit gemessenen PM ₁₀ -Jahresmittelwerten in 2005 von mehr als 40 µg/m ³ . Abgeschätzter PM ₁₀ -Jahresmittelwert in 2020 und 2030 für unterschiedliche Emissionsszenarien.	294
Tabelle 6-32:	NO ₂ -Jahresmittelwerte 2005 in µg/m ³ an Verkehrsstationen in Deutschland für Stationen, an denen im Jahre 2005 ein Jahresmittelwert von mehr als 40 µg/m ³ beobachtet wurde.....	297
Tabelle 6-33:	NO ₂ -Jahresmittelwerte 2005 in µg/m ³ an Verkehrsstationen in Deutschland für Stationen, an denen im Jahre 2005 ein Jahresmittelwert von mehr als 40 µg/m ³ beobachtet wurde.....	299
Tabelle 6-34:	Gemessene NO ₂ -Jahresmittelwerte 2005 in µg/m ³ an bayerischen Innenstadt-Stationen und abgeschätzte Werte für 2020 unter den Bedingungen des APS.....	302
Tabelle 6-35:	Berechnung der Differenz zwischen dem EWS+ nach dem Inlandsprinzip und dem EWS+ nach dem Energiebilanzprinzip (Emissionen in kt für 2030).....	304
Tabelle 6-36:	Umrechnung der GAINS-Daten (Emissionen in kt für 2030)	305
Tabelle 6-37:	Vergleich der EWS+-Daten nach dem Inlandsprinzip und der umgerechneten GAINS-Daten (Emissionen in kt für 2030).....	306
Tabelle 9-1:	Erzeugungsdaten für ausgewählte energieintensive Produkte/Prozesse	351
Tabelle 10-1:	Emissionen (t/Jahr) APS-Referenz 2005, Deutschland für 15 Verursachergruppen. Abgeleitet aus den von IER gelieferten Raster-Daten.....	356
Tabelle 10-2:	Emissionen (t/Jahr) APS-Referenz 2020, Deutschland für 15 Verursachergruppen. Abgeleitet aus den von IER gelieferten Raster-Daten.....	357
Tabelle 10-3:	Änderung (%) der Emissionen der APS-Referenz 2020 bezogen auf die APS-Referenz 2005, Deutschland.	358
Tabelle 10-4:	Emissionen (t/Jahr) APS+-Referenz 2020, Deutschland für 15 Verursachergruppen. Abgeleitet aus den von IER gelieferten Raster-Daten.....	359
Tabelle 10-5:	Änderung (%) der Emissionen der APS+-Referenz 2020 bezogen auf die APS-Referenz 2005, Deutschland.....	360
Tabelle 10-6:	Emissionen (t/Jahr) EWS-Referenz 2020, Deutschland für 15 Verursachergruppen. Abgeleitet aus den von IER gelieferten Raster-Daten.....	361

Tabelle 10-7:	Änderung (%) der Emissionen der EWS-Referenz 2020 bezogen auf die APS-Referenz 2005, Deutschland.....	362
Tabelle 10-8:	Emissionen (t/Jahr) EWS+-Referenz 2020, Deutschland für 15 Verursachergruppen. Abgeleitet aus den von IER gelieferten Raster-Daten.....	363
Tabelle 10-9:	Änderung (%) der Emissionen der EWS+-Referenz 2020 bezogen auf die APS-Referenz 2005, Deutschland.....	364
Tabelle 10-10:	Emissionen (t/Jahr) EWS-LAWI+-Referenz 2020, Deutschland für 15 Verursachergruppen. Abgeleitet aus den von IER gelieferten Raster-Daten.....	365
Tabelle 10-11:	Änderung (%) der Emissionen der EWS-LAWI+-Referenz 2020 bezogen auf die APS-Referenz 2005, Deutschland.....	366
Tabelle 10-12:	Emissionen (t/Jahr) APS-Referenz 2025, Deutschland für 15 Verursachergruppen. Abgeleitet aus den von IER gelieferten Raster-Daten.....	367
Tabelle 10-13:	Änderung (%) der Emissionen der APS-Referenz 2025 bezogen auf die APS-Referenz 2005, Deutschland.	368
Tabelle 10-14:	Emissionen (t/Jahr) APS-Referenz 2030, Deutschland für 15 Verursachergruppen. Abgeleitet aus den von IER gelieferten Raster-Daten.....	369
Tabelle 10-15:	Änderung (%) der Emissionen der APS-Referenz 2030 bezogen auf die APS-Referenz 2005, Deutschland.	370
Tabelle 10-16:	Emissionen (t/Jahr) APS+-Referenz 2030, Deutschland für 15 Verursachergruppen. Abgeleitet aus den von IER gelieferten Raster-Daten.....	371
Tabelle 10-17:	Änderung (%) der Emissionen der APS+-Referenz 2030 bezogen auf die APS-Referenz 2005, Deutschland.....	372
Tabelle 10-18:	Emissionen (t/Jahr) EWS-Referenz 2030, Deutschland für 15 Verursachergruppen. Abgeleitet aus den von IER gelieferten Raster-Daten.....	373
Tabelle 10-19:	Änderung (%) der Emissionen der EWS-Referenz 2030 bezogen auf die APS-Referenz 2005, Deutschland.....	374
Tabelle 10-20:	Emissionen (t/Jahr) EWS+-Referenz 2030, Deutschland für 15 Verursachergruppen. Abgeleitet aus den von IER gelieferten Raster-Daten.....	375
Tabelle 10-21:	Änderung (%) der Emissionen der EWS+-Referenz 2030 bezogen auf die APS-Referenz 2005, Deutschland.....	376
Tabelle 10-22:	Emissionen (t/Jahr) EWS-LAWI+-Referenz 2030, Deutschland für 15 Verursachergruppen. Abgeleitet aus den von IER gelieferten Raster-Daten.....	377
Tabelle 10-23:	Änderung (%) der Emissionen der EWS-LAWI+-Referenz 2030 bezogen auf die APS-Referenz 2005, Deutschland.....	378

Abkürzungen

APS:	Aktuelle Politik-Szenario
AR:	Aktivitätsrate
cc:	Climate Change
CNG:	engl. Compressed Natural Gas, Erdgas als Fahrzeugtreibstoff
CRF:	Common Reporting Format
EEA:	Europäische Umweltagentur
EF:	Emissionsfaktor
EB:	Energiebilanz
EM:	Emissionen
EWS:	Energiewende-Szenario
FAME:	engl. fatty acid methyl ester = Fettsäuremethylester
GAINS:	Greenhouse Gas and Air Pollution Interactions and Synergies
GAS-EM:	Kalkulationsprogramm für Emissionen aus der Landwirtschaft
GFA:	Großfeuerungsanlage
GHD:	Gewerbe, Handel, Dienstleistung
GuD:	Gas und Dampf
IIASA:	International Institute for Applied Systems Analysis
IKW:	Industriekraftwerk
IN:	Industrie,
LaWi:	Landwirtschaft
LM:	Lösemittel
LNF:	Leichte Nutzfahrzeuge
LPG:	engl. Liquefied Petroleum Gas, Flüssiggas
LTO:	Landing and Take-Off
MIV:	Motorisierter Individualverkehr
NEB:	Nicht Energiebilanz
NFR:	New Format for Reporting
NUTS:	Nomenclature of Units for Territorial Statistics
OI:	Optimale Interpolation
PAREST:	PARTicle REDuction STRategies, F&E Vorhaben des UBA
PRIMES:	Europäisches Modellierungs- und Simulationsmodell
PSz VI:	Politikszenerarien VI, F&E Vorhaben des UBA
RCG:	Transportmodell REM-CALGRID

SF:	Stationäre Feuerung
SF-APS:	Stationäre Feuerung – Aktuelle-Politik-Szenario
SF-EWS:	Stationäre Feuerung - Energiewendeszenario
SNAP:	Selected Nomenclature for Air Pollution
SNF:	Schwere Nutzfahrzeuge
TAN:	Total ammoniacal N (TAN): Ammonikalischer Gesamtstickstoff
TRAMPER:	Tropospheric Realtime Applied Procedures for Environmental Research
TREMOD MM:	Transport Emission Model Mobile Machinery
TREMOD:	Transport Emission Model
V_MM:	Verkehr und mobile Maschinen
Wt:	weight (engl.), Gewicht
ZSE:	Zentrales System Emissionen

1 Zusammenfassung

Der Zweck der vorliegenden Studie LUFT 2030 ist es, prospektiv die Effektivität von politischen Maßnahmen im Kontext des Klimaschutzes und der Luftreinhaltung zu untersuchen. Dies geschieht einerseits in Hinblick auf ihre Auswirkungen auf die Emissionen von Luftschadstoffen und andererseits in Hinblick auf die Veränderung der Immissionssituation.

Dazu wurden Aktualisierungen der nationalen und der europäischen Emissionsszenarien für die Schadstoffe NO_x , SO_2 , NMVOC, NH_3 , PM_{10} und $\text{PM}_{2,5}$ bis zum Jahr 2030 sowie deren räumlicher Verteilung vorgenommen und mit ihrer Hilfe örtlich aufgelöste nationale Immissionsszenarien für Feinstaub und NO_2 berechnet.

Emissionsszenarien

Bei der Entwicklung der Emissionsszenarien wurden fünf verschiedene Sektoren von Emissionsquellen unterschieden, deren zukünftige Emissionsentwicklung mit unterschiedlichen methodischen Ansätzen erarbeitet wurde. Bei diesen fünf Sektoren handelt es sich um die Bereiche:

- Stationäre Feuerung
- Verkehr und Mobile Maschinen
- Industrie und sonstige Quellgruppen
- Landwirtschaft
- Lösemittelanwendung

Für alle Sektoren wurden die Emissionsszenarien in größtmöglicher Konsistenz mit den Energie- und Treibhausgasemissionsszenarien der Studie „Politiksznarien für den Klimaschutz VI“ [Öko-Institut 2013] (PSz VI) entwickelt. Bei diesen Szenarien handelt es sich einerseits um das „Aktuelle Politik Szenario“ (APS), welches bereits beschlossene energie- und klimapolitische Maßnahmen abbildet, und andererseits um das „Energiewende-Szenario“ (EWS), welches weitgehende Klimaschutzmaßnahmen annimmt. Diese Szenariobezeichnungen werden in Luft 2030 für die Szenarien der Luftschadstoffemissionen an $\text{PM}_{2,5}$, PM_{10} , SO_2 , NO_x , NMVOC und NH_3 übernommen.

Eine wesentliche Nebenbedingung bei der Entwicklung der sektoralen Emissionsszenarien sowie der Berechnung der damit verknüpften Immissionssituationen war die Nutzung der vorhandenen Modellierungsansätze und Berechnungsverfahren, die im Vorgängerprojekt PAREST [Bultjes et al. 2010] entwickelt und erprobt wurden. Daher bestand der erste Arbeitsschritt im Vorhaben LUFT 2030 darin eine strukturelle Anpassung der aktuellen Emissionsinventare an die Zeitreihenstruktur im PAREST-Vorhaben vorzunehmen. Als aktuelles Emissionsinventar wurden die Daten der Submission 2012 genutzt, wie sie im ZSE (Zentrales System Emissionen, für die offizielle Emissionsberichterstattung genutzte Emissionsdatenbank des Umweltbundesamtes) hinterlegt sind.

Szenarien für stationäre Feuerungsanlagen

Wesentlich bei der Entwicklung der Emissionsszenarien für stationäre Feuerungsanlagen war die Übernahme der Aktivitätsszenarien aus PSz VI. Dies machte jedoch zunächst eine Zuordnung der Sektoren und Brennstoffe nötig, da sich sowohl die Emittenten- als auch die Brennstoffstruktur in PSz VI von der ZSE-Struktur maßgeblich unterscheidet. Dazu wurden alle relevanten Materialien und Quellgruppen im ZSE denjenigen übergeordneten Material- und Quellgruppenkategorien zugeordnet, zu denen in PSz VI spezifische Aussagen hinsichtlich der Entwicklung ihrer Einsatzmengen gemacht werden. Auf diese Weise konnten die Aktivitätsszena-

rien aus PSz VI, die aktuellen Emissionen aus der Submission 2012 sowie die Zeitreihenstruktur aus dem PAREST Vorhaben konsistent zusammengeführt werden.

Damit lagen entsprechend der beiden PSz VI-Szenarien „Aktuelle-Politik-Szenario“ (APS) und „Energiewende-Szenario“ (EWS), zwei Aktivitätsszenarien über die eingesetzten Energieträger vor. Für beide Aktivitätsszenarien, die sich ja im Wesentlichen in ihrer klimapolitischen Ambition unterscheiden, wurden im nächsten Arbeitsschritt je zwei Emissionsszenarien entwickelt. Dabei wurde jeweils als Referenzfall im Sinne eines „Business as usual“ der in PAREST für den Zeitraum bis 2020 entwickelte Datensatz an Emissionsfaktoren genutzt und bis 2030 fortgeschrieben. Zusätzlich wurde auf der Grundlage von in PAREST identifizierten möglichen zusätzlichen Luftreinhaltemaßnahmen jeweils ein Reduktionsszenario für Luftschadstoffe entwickelt. Im Ergebnis lassen sich dadurch vier unterschiedliche Emissionsszenarien für die stationäre Feuerungen unterscheiden (APS und EWS, jeweils mit und ohne zusätzliche Luftreinhaltemaßnahmen).

Verkehr und mobile Maschinen

Zur Entwicklung der Emissionsszenarien für den Sektor Verkehr und mobile Maschinen wurde das Emissionsmodell TREMOD (Transport Emission Model) bzw. TREMOD MM des Umweltbundesamtes genutzt. Für beiden Sektoren wurde mit Hilfe dieser Modelle Emissionsszenarien entworfen, die aktivitätsseitig das APS und das EWS aus PSz VI aufgreifen. Zusätzliche Luftreinhaltemaßnahmen wurden für Verkehr und mobile Maschinen nicht berücksichtigt.

Insbesondere im Mobilitätsbereich ist eine Unterscheidung zwischen zwei Bilanzierungsansätzen entscheidend. Zum einen das sogenannte Inlandsprinzip, welches nur die Emissionen innerhalb der Landesgrenze von Deutschland umfasst und zum anderen das „Energiebilanzprinzip“, nach dem die Emissionen aus der Verbrennung der in Deutschland abgesetzten Treibstoffe berechnet werden und welches für die internationale Berichterstattung und den Nachweis der Einhaltung der internationaler Abkommen zur Luftreinhaltung verwendet wird. Je nach Berechnungsprinzip sind unterschiedliche Aktivitätsraten relevant. In LUFT 2030 wurden Emissionsszenarien nach beiden Prinzipien erstellt, als Input in die Immissionsmodellierung wurden die Emissionen nach Inlandsprinzip benutzt.

Industrie und sonstige Quellgruppen

Um auch die prozessbedingten Emissionen in die Aktivitätsszenarien zu integrieren, wurden aus PSz VI Wachstumsraten der einzelnen industriellen Branchen entnommen und die ZSE-Aktivitätsraten für 2010 mit entsprechenden prozentualen Auf- oder Abschlägen für die Prognosejahre fortgeschrieben. Je nach Verfügbarkeit wurden dazu detaillierte quellgruppenspezifische oder branchenübergreifende Wachstumsraten zu Grunde gelegt. Einen Überblick über die angenommenen Wachstumsraten gibt Anhang II. Für die Entwicklung der Energieeinsätze in den industriellen Prozessfeuerungen wurden identische Wachstumsraten zugrunde gelegt.

Ähnlich wie bei stationären Feuerungsanlagen wurden auch für die Industrie vier Szenarien entwickelt die sich in Bezug auf die Energieszenarien aus PSz VI und in der Berücksichtigung zusätzlicher Luftreinhaltemaßnahmen unterscheiden.

Landwirtschaft

Für den Sektor Landwirtschaft erfolgte die Entwicklung der Emissionsszenarien auf Grundlage des Modells GAS-EM des Thünen-Instituts für Agrarklimaschutz. Dieses Modell bildet gasförmige Emissionen der deutschen Landwirtschaft ab und wird für die Erfüllung internationaler Berichterstattungsverpflichtungen im Bereich der Treibhausgasemissionen und der Emission reaktiver Gase wie Ammoniak eingesetzt. In Bezug auf die Landwirtschaft unterscheiden sich die Energieszenarien APS und EWS aus PSz VI insbesondere hinsichtlich der Biogasproduktion.

Aufbauend auf den Szenarien APS und EWS werden für die Emissionsszenarien in der Landwirtschaft der Referenzfall („Business as usual“), die Ammoniakemissionsminderung (+NH₃) und der Klimaschutz (+KS) unterschieden.

Lösemittelanwendung

Die Emissionsszenarien für den Sektor Lösemittelanwendung wurden mit dem Lösemittelmodell des Umweltbundesamtes entwickelt, welches im Rahmen früherer Forschungsvorhaben entwickelt worden ist. Modellgemäß erfolgte die Emissionsberechnungen auf Basis eines produktbezogenen Ansatzes, der „Herstellung“ lösemittelhaltiger Güter und „Verbrauch“ d.h. Anwendung lösemittelhaltiger Güter bilanziert. Als Datengrundlage der Emissionsszenarien dienen zum einen die sozioökonomische Entwicklung der einzelnen lösemittelrelevanten Sektoren und zum anderen technische Entwicklungen zur Effizienzsteigerungen mit einer Reduzierung des spezifischen Lösemittelleinsatzes. Im Sektor Lösemittelanwendung besteht kein Bezug den Energieszenarien APS und EWS aus PSz VI, deshalb werden die Lösemittelszenarien auch nicht hiernach unterschieden. Stattdessen wurden ein Lösemittel-Referenzszenario „LM“ (Fortschreibung der PAREST-Ergebnisse bis 2030) sowie ein Maßnahmenzenario „LM+“ entwickelt, welches auf in PAREST identifizierten zusätzlichen Minderungsmaßnahmen basiert.

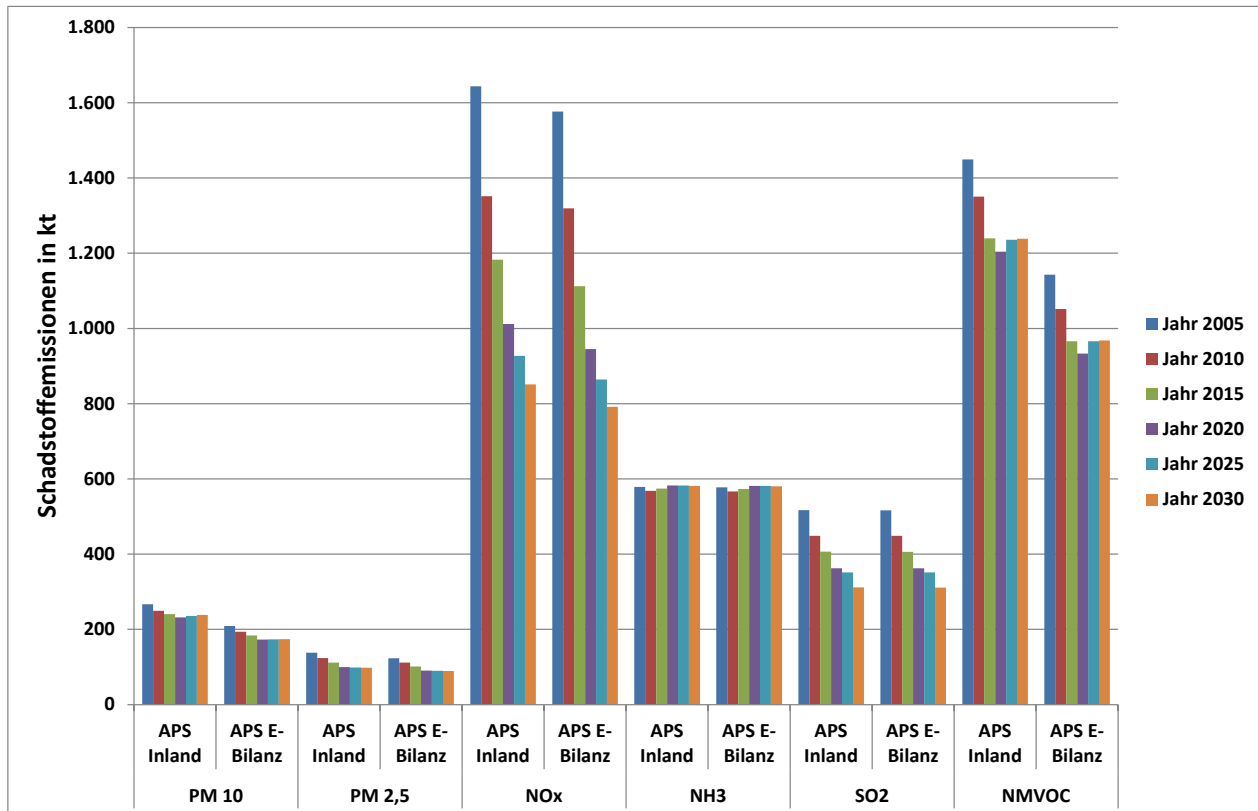
Sektorübergreifende Emissionsszenarien für Deutschland

Basierend auf den sektoralen Emissionsszenarien und in Anlehnung an die Nomenklatur aus PSz VI wurden fünf sektorübergreifende Emissionsszenarien für Luftschadstoffe definiert:

- das Aktuelle-Politik-Szenario (APS)
- das Energiewendeszenario (EWS)
- das Aktuelle-Politik-Szenario mit zusätzlichen Luftreinhaltemaßnahmen (APS+)
- das Energiewendeszenario mit zusätzlichen Luftreinhaltemaßnahmen (EWS+)
- das Energiewendeszenario mit zusätzlichen Maßnahmen nur in der Landwirtschaft (EWS-LaWi+)

Für jedes dieser Szenarien wurden die Emissionen 2005-2030 für die betrachteten Schadstoffe PM₁₀, PM_{2,5}, SO₂, NO_x, NMVOC und NH₃ berechnet. Dabei wird zwischen dem beiden Bilanzprinzipien, Inlandsprinzip und Energiebilanzprinzip, unterschieden. Abbildung 1-1 zeigt die Entwicklung der Emissionen im APS:

Abbildung 1-1: Emissionen im Aktuelle-Politik-Szenario (APS)



Folgende wesentliche Ergebnisse zum Vergleich der sektorübergreifenden Emissionsszenarien lassen sich aufzählen:

- Gegenüber dem APS können im EWS deutliche Emissionsreduktionen insbesondere bei NO_x und SO₂ erzielt werden. Dies ist im Wesentlichen auf den im EWS im Vergleich zum APS deutlich geringeren Verbrauch an Kohle, Öl und Gas in stationären Feuerungen zurückzuführen. Die Veränderungen bei den übrigen Luftschadstoffen hingegen sind nur sehr gering.
- Die zusätzlichen Luftreinhaltemaßnahmen im APS+ führen zu einer Reduktion der Emissionen von NH₃ (Landwirtschaft), NMVOC (Lösemittel), NO_x und SO₂ (stationäre Feuerung und Industrie). Die Veränderungen der primären PM-Emissionen sind sehr gering.
- Zusätzliche Luftreinhalte-Maßnahmen in der Landwirtschaft führen zu einer deutlichen Reduktion der NH₃-Emissionen (ab 2020 um ca. -20 % gegenüber dem EWS-Szenario), wohingegen die Emissionen der übrigen Luftschadstoffe unverändert bleiben.
- Ein Vergleich von Energiewendeszenario (EWS) und Aktuelle-Politik-Szenario mit zusätzlichen Luftreinhaltemaßnahmen (APS+) (Energiebilanzprinzip) zeigt, dass im APS+ niedrigere Emissionen von NH₃ und NMVOC, aber höhere Emissionen von SO₂ (mit Ausnahme von 2015) und NO_x als im EWS auftreten. Die Unterschiede bei den PM-Emissionen sind wiederum nur sehr gering.

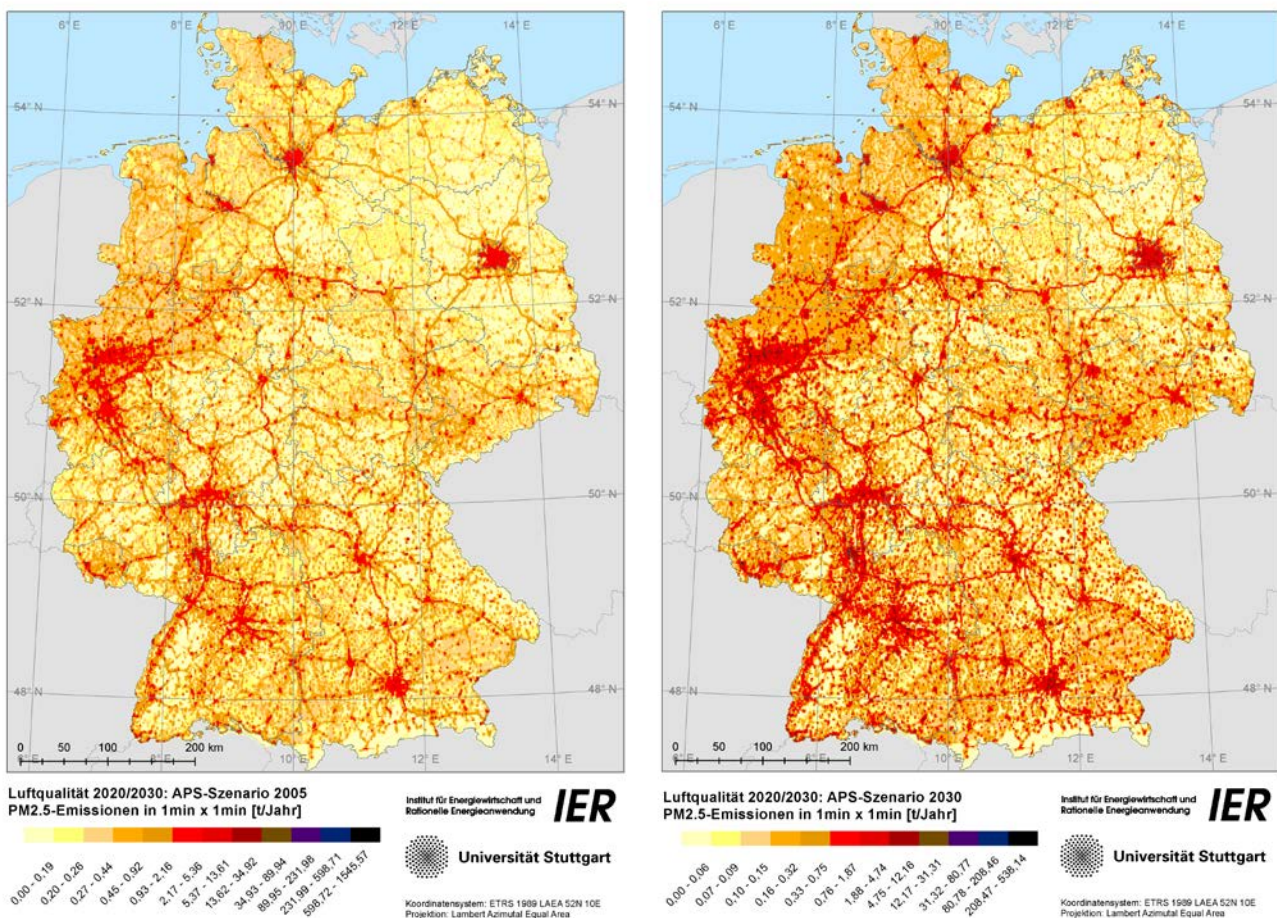
Räumliche Verteilung der Emissionen

Für die räumliche Verteilung wurde ein im PAREST-Vorhaben entwickeltes Vorgehen genutzt. Dabei werden in einem Top-Down-Ansatz jährliche nationale Emissionen mit Hilfe von regionalen und rasterbasierten Indikatoren auf ein Zielgitter mit einer mittleren Zellenfläche von 2,16 km² disaggregiert.

Die räumliche Verteilung erfolgte in zwei Teilschritten: Eine Verteilung auf administrativer Ebene (Kreis oder Gemeinde) und eine Verteilung auf die Gitterzellen mit Hilfe georeferenzierter Verteilparameter. Darüber hinaus erfolgt bei der Umsetzung der Gitterverteilung eine räumliche Ausdehnung der sektorspezifischen Emissionen gemäß Quellgruppentyp. Unterschieden werden dabei: Punkt-, Linien- und Flächenquellen.

Abbildung 1-2 visualisiert das Ergebnis der Berechnungen zur räumlichen Verteilung am Beispiel der PM_{2,5} Emissionen für das APS Szenario in den Jahren 2005 (links) und 2030 (rechts):

Abbildung 1-2: Räumliche Verteilung der PM_{2,5}-Emissionen im APS-Szenario für die Jahre 2005 und 2030



Europäische Emissionsszenarien

Die Entwicklung der europaweiten Emissionen an Luftschadstoffen geht als Randbedingung in die Immissionsmodellierungen mit ein. Dazu wurde in LUFT 2030 ein europäisches Emissionsszenario für alle Länder außer Deutschland entwickelt welches einheitlich auf alle deutschen Emissionsszenarien angewandt wurde. Die Dokumentation dieser europäischen Szenarioentwicklung ist als Anhang I in englischer Sprache dem Projektbericht von LUFT 2030 beigefügt.

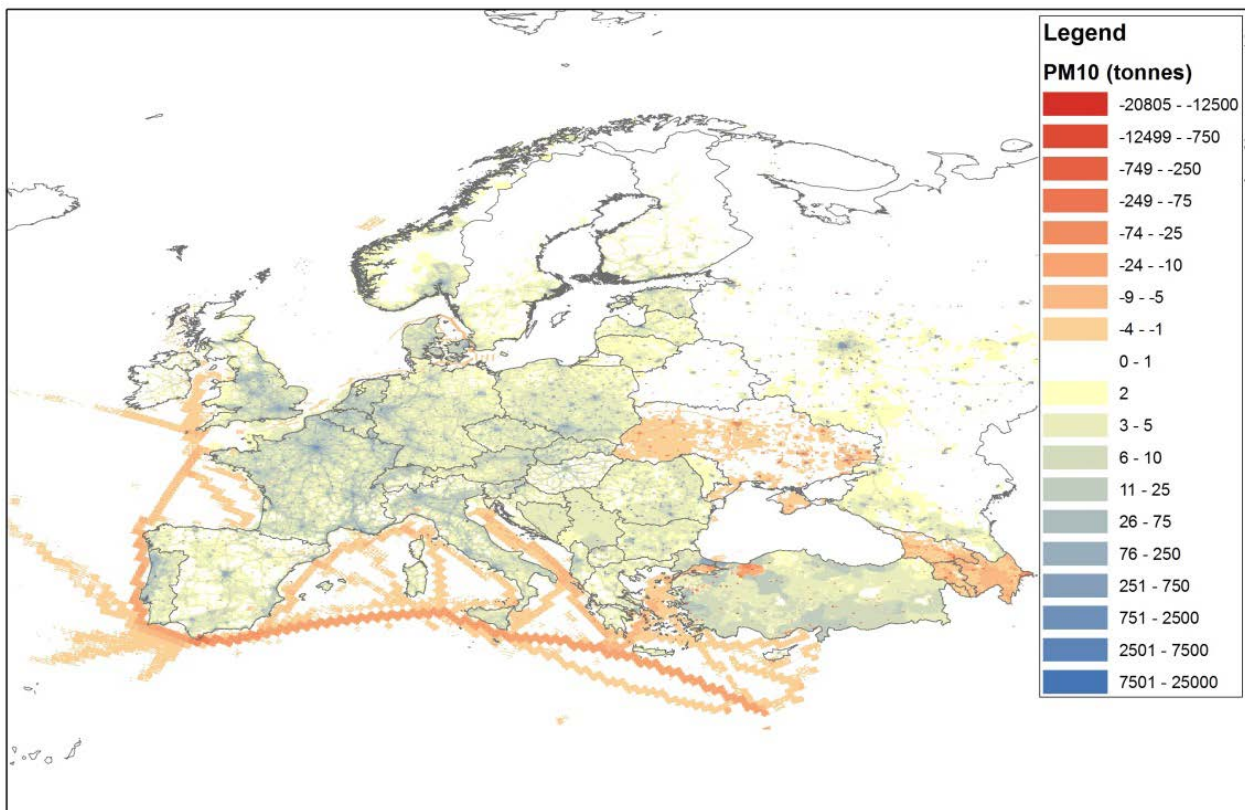
Für das Basisjahr 2005 sind die offiziell gemeldeten Emissionsdaten von WebDab (CEIP_NFR09) und der EEA verwendet worden. Die wesentliche Datenquelle für die Emissionsprojektionen war das Szenario „GOTH_PRIMESBL2009_July2011“ des IASA GAINS Modells.

Die europäischen Emissionen wurden mit Hilfe eines ebenfalls im PAREST Vorhaben entwickelten Verteilungsalgorithmus räumlich verteilt. Genutzt wurde dazu ein Gitternetz mit 1/8° geo-

grafischer Länge und $1/16^\circ$ geografischer Breite. Dies entspricht im Mittel einer Zellfläche von 7 - 8 km².

Abbildung 1-3 zeigt am Beispiel PM₁₀ die Veränderungen der europäischen Emissionssituation. Dargestellt ist die Differenz der PM₁₀ Emissionen zwischen dem Basisjahr 2005 und dem Prognosejahr 2030 in Mg pro Gitterzelle. Negative Differenzen entsprechen einer Zunahme der Emissionen

Abbildung 1-3: Räumliche Verteilung der Differenz der europäischen PM₁₀ Emissionen zwischen 2005 und 2030



Immissionsszenarien – Jahresmittelwerte der Immissionskonzentration

Die immissionsseitigen Auswirkungen der verschiedenen Emissionsszenarien wurden mit Ausbreitungsrechnungen auf der Basis des Chemie-Aerosol-Transportmodells REM-CALGRID (RCG-Modell) [Stern, 2003; 2004] bestimmt. Dieses Modell wurde bereits im Rahmen des PAREST-Projekts für Szenarioberechnungen eingesetzt. Die meteorologischen Daten für das RCG-Modell beruhen auf dem diagnostischen Analysesystem TRAMPER. Dieses System erzeugt auf der Basis einer Optimalen Interpolation von Beobachtungen alle vom RCG-Modell benötigten meteorologischen Eingangsdaten. Alle Berechnungen wurden in stündlicher Auflösung für das meteorologische Bezugsjahr 2005 und für ausgewählte Szenarien für das Berichtsjahr 2003 durchgeführt.

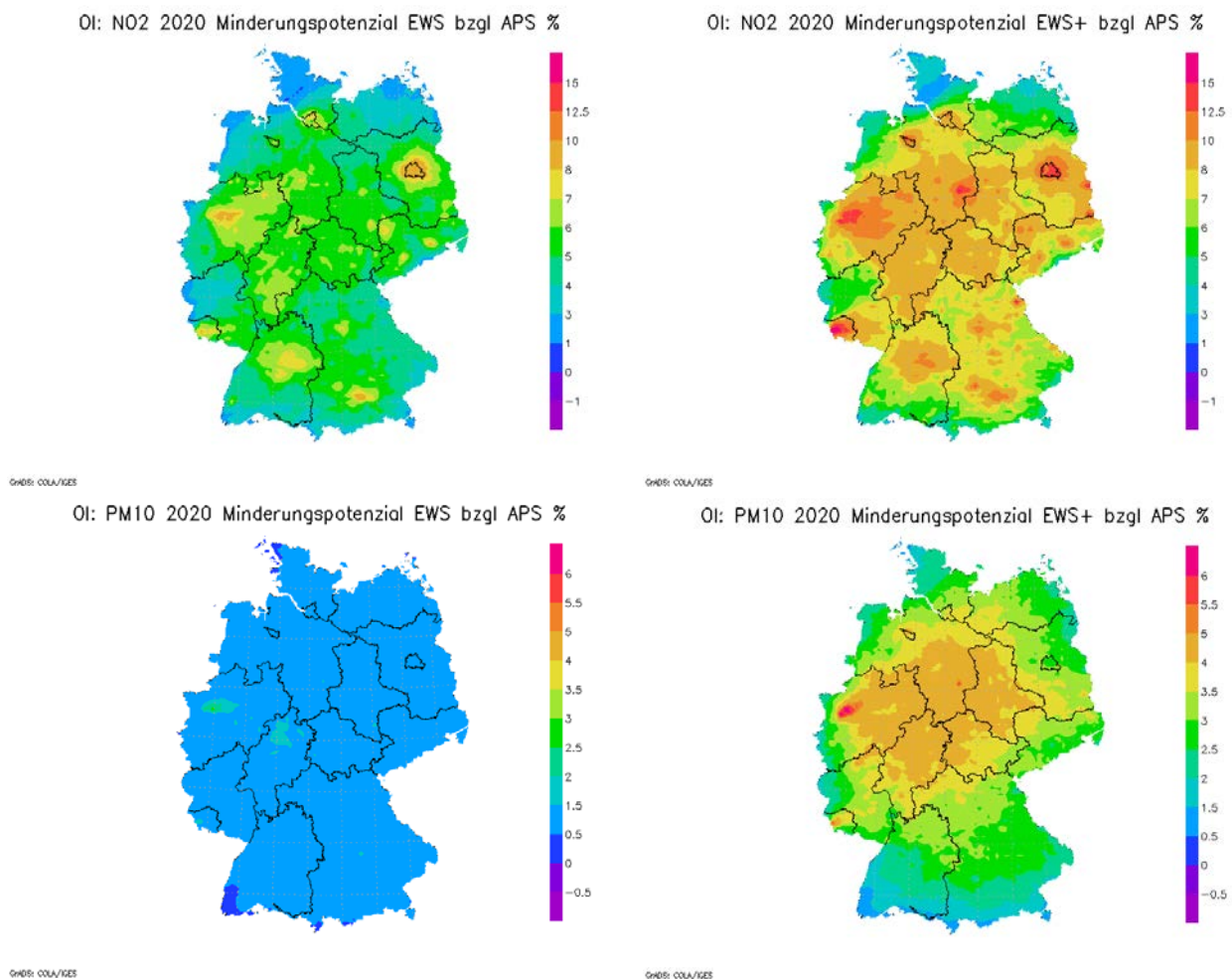
Folgende Szenarien wurden für die Ausbreitungsrechnungen ausgewählt:

- Das Aktuelle Politik-Szenario (APS) wurde für die Jahre 2005, 2015, 2020, 2025 und 2030 gerechnet.
- Das APS wurde für die Prognosejahre 2020 und 2030 mit weiteren Maßnahmen kombiniert und unter der Bezeichnung APS+ gerechnet.

- Um die Effekte einer möglichen Temperaturerhöhung aufgrund des Klimawandels zu untersuchen, wurde das APS 2030 zusätzlich noch mit Meteorologiedaten des Jahres 2003 gerechnet (APS_{CC} 2030). Das Jahr 2003 war ein immissionsklimatologisch ungünstiges Jahr, gekennzeichnet durch starke Temperaturschwankungen und eine große Hitzeperiode im Sommer.
- Das Energiewende-Szenario (EWS) wurde für die Jahre 2020 und 2030 berechnet.
- Auch auf das EWS werden für die Jahre 2020 und 2030 zusätzliche Maßnahmen aufgesetzt und unter der Bezeichnung EWS+ gerechnet.
- Um die Effekte einer möglichen Temperaturerhöhung aufgrund des Klimawandels zu untersuchen, wurde das EWS+ 2030 zusätzlich noch mit Meteorologiedaten des Jahres 2003 gerechnet (EWS_{CC} 2030).
- Zusätzlich wurde das EWS noch mit weiteren Maßnahmen nur im Sektor Landwirtschaft (Maßnahmen zur NH₃-Minderung und zusätzliche Klimaschutzmaßnahmen in der Landwirtschaft) kombiniert und unter der Bezeichnung EWS-LaWi+ für das Jahr 2030 gerechnet.

Abbildung 1-4 zeigt beispielhaft vier Ergebnisse der Ausbreitungsrechnung. Dargestellt sind die zusätzlichen relativen Minderungspotentiale der Jahresmittelwerte der NO₂ Emissionen (oben) und der PM₁₀ Emissionen (unten) der Szenarien EWS (links) und EWS+(rechts)im Vergleich zum APS Szenario.

Abbildung 1-4:Zusätzliches relatives Minderungspotenzial der NO₂- und der PM₁₀-Jahresmittelwerte in 2020 im EWS und EWS+ bezogen auf das mit APS erreichbare Konzentrationsniveau.



Die mit der Referenzmeteorologie 2005 berechneten Reduktionen der Jahresmittelkonzentrationen von 2005 bis 2030 liegen im mit der Bevölkerungsdichte gewichteten Mittel für PM_{10} im APS bei ca. 23% und bei ca. 26% im schärfsten berechneten Minderungsszenario, dem EWS+. Für $PM_{2,5}$ sind diese prozentualen Konzentrationsreduktionen etwas stärker bei ca. 29% (APS) bis 33% (EWS+). Für NO_2 sind die Reduktionsraten mit 50% (APS) bis 55% (EWS+) deutlich höher.

Die Spannbreite der Immissionskonzentrationen zwischen den Szenarienfamilien APS bis EWS+ (d.h. der Immissionseffekt der gegenüber dem APS zusätzlichen Emissionsminderungsmaßnahmen) ist begrenzt auf eine Größenordnung von 5% bei den PM-Fraktionen und ca. 15% bei NO_2 . Bezogen auf die Immissionsreduktion gegenüber 2005 beträgt die Spanne zwischen APS & EWS+ aber ca. 15% sowohl für die PM-Fraktionen als auch für NO_2 .

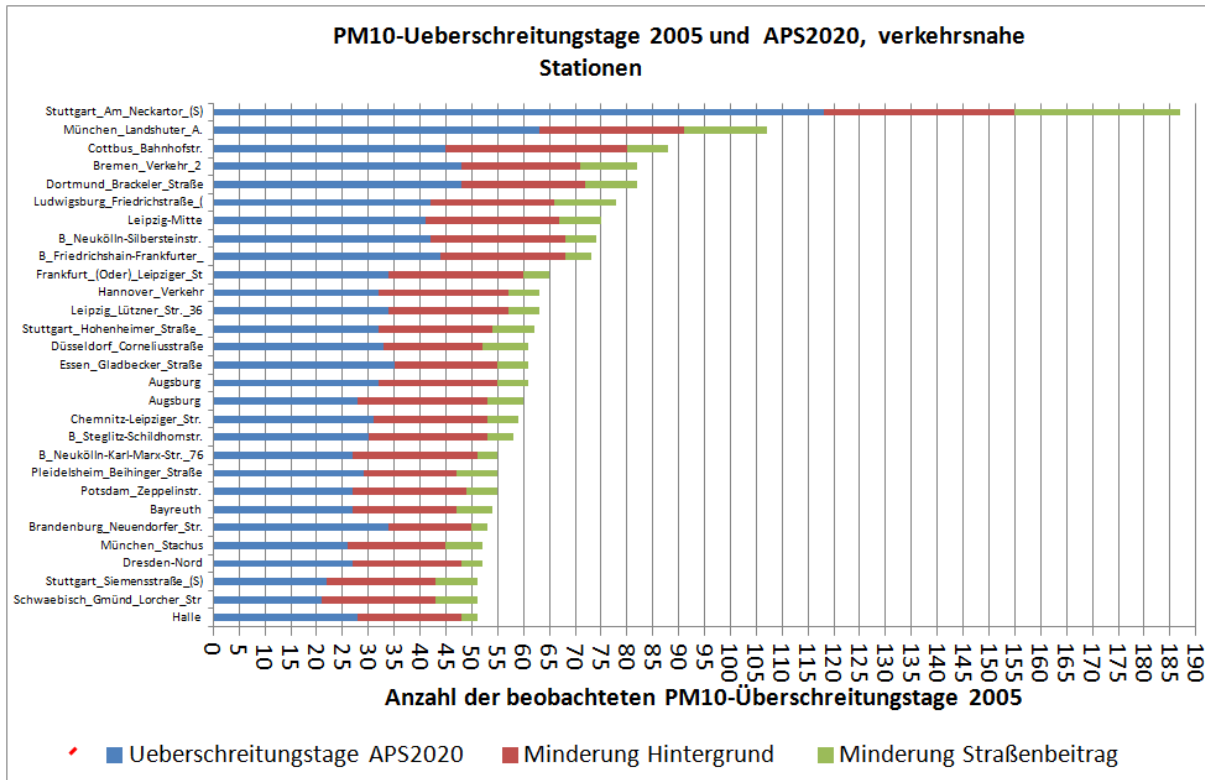
Der Einfluss der alternativen Meteorologie (MET2003) auf die Immissionskonzentrationen 2030 liegt in den gerechneten Beispielen bei ca. 5-10%, wobei die Sensitivität von PM_{10} über $PM_{2,5}$ zu NO_2 tendenziell zunimmt. Bezogen auf die Immissionsreduktion gegenüber 2005 liegt die Sensitivität hingegen bei einer Größenordnung von 15% für die PM-Fraktionen und knapp 10% für NO_2 . Die Sensitivität der Immissionsergebnisse auf die in der Modellierung genutzte Meteorologie liegt also in derselben Größenordnung wie die Effekte der in den Emissionsszenarien zusätzlich zum APS angenommenen Maßnahmen.

Diese zusammenfassende Auswertung fokussiert auf die gewichteten Mittelwerte für Deutschland. Die genannten Kennzahlen streuen allerdings zwischen den verschiedenen Auswerteklassen welche die Fläche Deutschlands entlang der Bevölkerungsdichte in vier Kategorien einteilen. Die Intensität der Streuung, d.h. die Abhängigkeit der Ergebnisse von der Auswertungsklasse nimmt dabei ebenfalls von PM_{10} über $PM_{2,5}$ zu NO_2 tendenziell zu.

Immissionsszenarien – Grenzwertbetrachtungen PM_{10}

Mit Hilfe eines Screening Modells wurde eine Abschätzung vorgenommen, ob im Jahre 2005 an straßennahen Verkehrsstationen beobachtete NO_2 - und PM_{10} -Grenzwertverletzungen auch unter den zukünftigen Emissionsbedingungen noch auftreten würden. Abbildung 1-5 zeigt die für das Referenzjahr 2020 ermittelte Anzahl von Überschreitungstagen an allen verkehrsnahen Stationen, an denen im Jahre 2005 mehr als 50 Überschreitungstage beobachtet wurden. Die Grafik zeigt die beobachtete Anzahl von Überschreitungstagen im Jahr 2005 und die modellierte Abnahme der Überschreitungstage unterteilt in den Beitrag aus der Minderung des Hintergrunds und der Minderung der Zusatzbelastung.

Abbildung 1-5: Modellierte Änderung der Anzahl von Tagen mit Überschreitungen des PM₁₀-Kurzfristgrenzwerts für verkehrsnahen Stationen mit Grenzwertüberschreitungen im Jahre 2005.



Der gesamte Balken (blau+braun+grün) gibt die Anzahl der im Jahre 2005 beobachteten Überschreitungstage an. Der blaue Anteil kennzeichnet die Anzahl von Überschreitungstagen für das Zieljahr 2020 (Emissionsreferenz APS 2020). Meteorologisches Referenzjahr 2005. Alle Stationen mit mehr als 50 Überschreitungstagen in 2005.

Auf Basis der verwendeten Emissionsentwicklung APS 2020 muss auch im Jahre 2020 an denjenigen neun Stationen noch mit mehr als 35 Überschreitungen des PM₁₀-Kurzfristgrenzwerts zu rechnen ist, an denen im Jahre 2005 mehr als 60 bis 65 Überschreitungstage beobachtet wurden.

Auch im Jahre 2030 muss unter den Bedingungen des APS in etwa mit derselben Anzahl von Stationen wie im Jahre 2020 gerechnet werden, an denen an mehr als 35 Tagen der Kurzfrist-Grenzwert überschritten wird. Ursache dafür ist die Zunahme der verkehrsbedingten PM₁₀-Emissionen ab 2020 (um circa 5% von 2020 nach 2025, um circa 9% von 2020 nach 2030), die auf eine Zunahme der Verkehrsbewegungen und der damit verbundenen Zunahme der verkehrsbedingten Aufwirbelungs- und Abriebemissionen zurückzuführen ist. Dadurch erhöht sich die Anzahl der Überschreitungstage aus dem Beitrag der verkehrsbedingten Emissionen von 2020 nach 2030, obwohl der PM₁₀-Hintergrund und die dadurch verursachte Anzahl von Überschreitungstagen absinken. Insgesamt kommt es damit entweder zu nur geringen Änderungen der Anzahl von Überschreitungstagen von 2020 nach 2030 oder sogar zu einer Zunahme der Überschreitungstage.

Immissionsszenarien – Grenzwertbetrachtungen NO₂

Die Grenzwertüberschreitungen der NO₂-Jahresmittelwerte wurden entsprechend der Vorgehensweise für PM₁₀ für die Emissionsreferenzjahre 2020, 2025 und 2030 und das meteorologische Referenzjahr 2005 abgeschätzt. Es wurden 101 verkehrsnahen Stationen betrachtet, an denen im Jahre 2005 eine Überschreitung des NO₂-Grenzwertes für den Jahresmittelwert (Messung > 40,5 µg/m³) gemessen wurde.

Die prognostizierten Emissionsminderungen führen zu einer starken Abnahme der NO₂-Jahresmittelwerte an Verkehrsstationen. Unter den Emissionsbedingungen des APS und den meteorologischen Bedingungen 2005 muss im Jahre 2020 noch mit großer Wahrscheinlichkeit an mindestens vier Stationen mit einer Überschreitung des Grenzwerts von 40 µg/m³ gerechnet werden. Bei Berücksichtigung eines Unsicherheitsbereiches von 5 µg/m³ sind noch 11 weitere Stationen von Grenzwertverletzungen bedroht. Mit zunehmender NO_x-Emissionsminderung sinkt die Anzahl der Stationen, an denen noch mit Grenzwertverletzungen gerechnet werden muss. Im Jahre 2030 liegen für das APS nur noch eine Münchner Station (Landshuter Allee) im Überschreitungsbereich und eine andere Münchner Station (Stachus) im gefährdeten Konzentrationsbereich.

2 Summary

The goal of the LUFT 2030 research project is to project and evaluate the effectiveness of policy measures relating to climate protection and air pollution control. The evaluation examines the effects of these measures on air pollutant emissions and the change in the air quality in Germany.

Updates were conducted for the national and European emission scenarios for the pollutants NO_x, SO₂, NMVOC, NH₃, PM₁₀ and PM_{2,5} up to 2030 and their geographical distribution. With the help of these updates, spatially resolved national air quality scenarios were calculated for fine particulate matter and NO₂.

Emission scenarios

Five different emission sectors were distinguished in the development of emission scenarios. The future emission development of the sources was determined using various methodological approaches. The five different emission sources are:

- stationary combustion
- road transport and mobile machinery
- industry and other source categories
- agriculture
- solvent use.

For all sectors, emission scenarios were developed in the greatest possible consistency with the energy and greenhouse gas emission scenarios of the “Policy Scenarios for Climate Protection VI” project [Oeko-Institut 2013] (PSz VI). The two policy scenarios used in the latter project are the Current Policy Scenario (APS), which reflects energy and climate measures that have already been decided, and the *Energiewende* scenario (EWS), which assumes additional climate protection measures. The names of these scenarios are adopted for the air quality scenarios of PM_{2,5}, PM₁₀, SO₂, NO_x, NMVOC and NH₃ in the Luft 2030 project.

Existing modelling approaches and calculation methods developed and tested in the PAREST project [Bultjes et al. 2010] were used in the development of the sectoral emission scenarios and the calculation of the related air quality. As a result the first task in the LUFT 2030 research project was to adapt the current emission inventories to the time series structure used in the PAREST project. The data of Submission 2012 – as found in the Central System of Emissions (ZSE), the German Federal Environment Agency’s database used for official emissions reporting - were taken as the current emission inventory.

Scenarios for stationary combustion

The adoption of the activity scenarios from PSz VI was crucial in the development of emission scenarios for stationary combustion. First of all, however, it was necessary to categorize the sectors and fuels since both the emitter and fuel structure in PSz VI differs considerably from the ZSE structure. All relevant materials and source categories in the ZSE were organized into the more general material and source categories, on which specific statements are made in PSz VI on the development of the quantities used. In this way, it was possible to combine consistently the activity scenarios of PSz VI, the current emissions specified in Submission 2012 and the time series of the PAREST project.

This resulted – in keeping with both the PSz VI scenarios, the Current Policy Scenario (APS) and the *Energiewende* Scenario (EWS) – in two activity scenarios on the energy sources used. In the

next step, two emission scenarios were developed for each of the activity scenarios, which essentially differ in terms of their degree of climate policy ambition. For each scenario, the data set developed in PAREST for the years up to 2020 was used as a “business-as-usual” reference and was continued up to 2030. In addition, based on the possible additional air pollution control measures identified in the PAREST project, an emission reduction scenario for air pollutants was developed in each case. As a result, therefore, it was possible to distinguish four different emission scenarios for the stationary combustion (APS and EWS, in both cases with and without additional air pollution control measures).

Road transport and mobile machinery

To develop the emission scenarios for road transport and mobile machinery, the German Federal Environment Agency’s emission model TREMOD (Transport Emission Model) and TREMOD MM was used. Emission scenarios were elaborated for both sectors using these models; in terms of the measures covered, the scenarios are based on the APS and the EWS from PSz VI. Additional air pollution control measures were not taken into account for transport and mobile machinery.

It is crucial to distinguish between two calculation principles in this context, particularly in the mobility sectors. On the one hand, there is the so-called domestic principle, which only incorporates the emissions within the geographical borders of Germany. On the other hand, there is the energy balance principle, according to which the emissions from the burning of fuels sold in Germany are calculated and which is used for international emissions reporting and proof of compliance with international agreements on air pollution control. Different activity data apply depending on the calculation principle used. In the LUFT 2030 project, emission scenarios were developed based on both principles; for input in the air quality modelling, the domestic principle was used to calculate the emissions.

Industry and other source categories

In order to integrate the process-related emissions in the activity scenarios, the growth rates of the different industrial sectors were taken from PSZ VI and the ZSE activity data for 2010 were extended with corresponding percentage additions and deductions for the projection years. Depending on their availability, detailed source category-specific growth rates or growth rates covering all industries were used as a basis. An overview of the growth rate assumptions can be found in Annex II of this report. For the development of energy use in industrial combustion and processes, identical growth rates were taken as a basis.

Similar to the case of stationary combustion, four scenarios were also developed for industry, which differ with regards to the PSz VI energy scenarios and in terms of whether additional air pollution control measures are considered.

Agriculture

For the agricultural sector the emission scenarios were developed using the Institute of Climate-Smart Agriculture’s GAS-EM model. This model shows the gaseous emissions of Germany’s agricultural sector and is used in the fulfilment of international reporting obligations for GHG emissions and the emissions of reactive gases like ammonia. The APS and EWS energy scenarios of PSz VI differ for the agricultural sector, particularly as regards biogas production. Building upon the APS and EWS scenarios, the reference case (“business as usual”), the reduction in ammonia emissions (+NH₃) and climate protection (+KS) were determined for the emission scenarios in the agricultural sector.

Solvent use

The emission scenarios for solvent use were elaborated using the German Federal Environment Agency's solvent model, which was developed within the scope of earlier research projects. In accordance with the model, the emissions were calculated using a product-related approach which encompasses both the "production" of solvent-containing products and their "consumption", i.e. the use of solvent-containing products. The socio-economic development of the different solvent-relevant sectors and the technical developments resulting in efficiency improvements with a reduction of specific solvent use served as the data basis for the emission scenarios. Solvent use is not included in the energy scenarios APS and EWS of the PSz VI project; therefore there is no distinction in this respect in the solvent-based scenarios. Instead, a reference scenario for solvents ("LM") (which extends the PAREST results up to 2030) and a measures scenario ("LM+") were developed, which is based on additional emission reduction measures identified in the PAREST project.

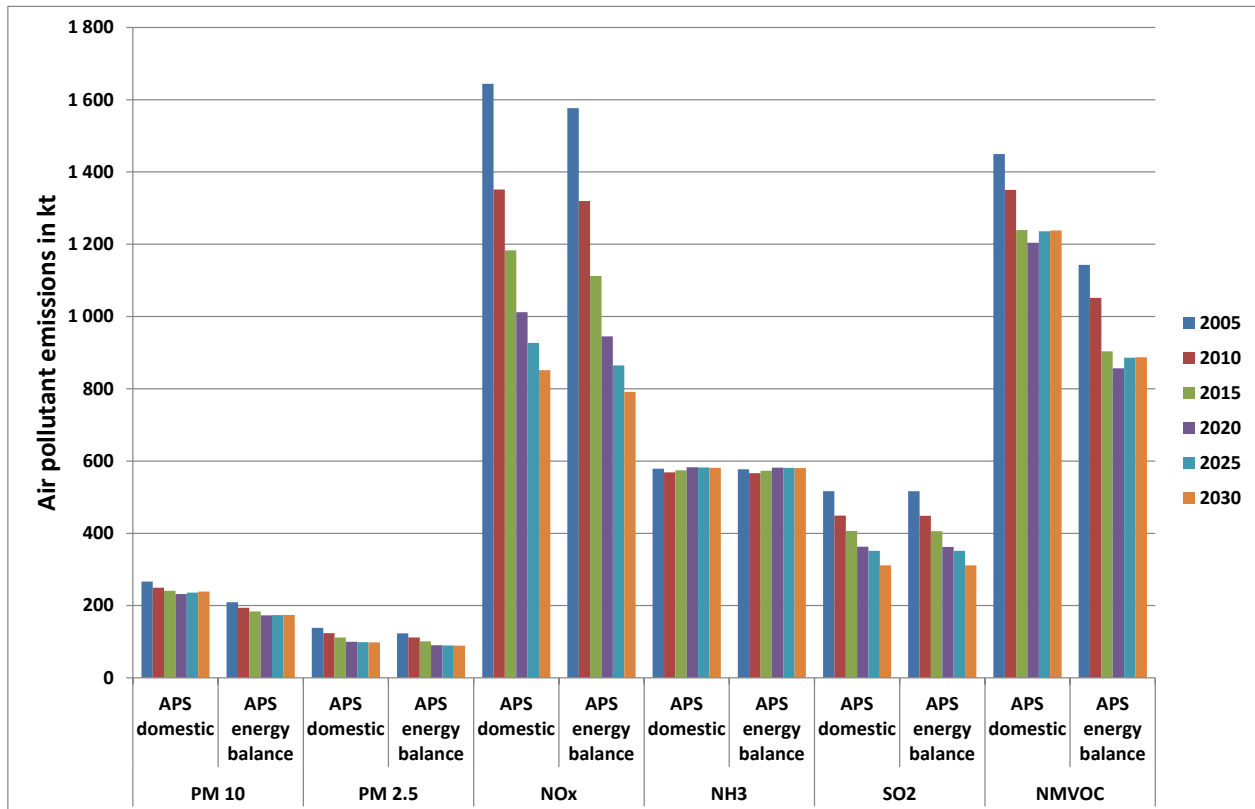
Cross-sectoral emission scenarios for Germany

Based on the sectoral emission scenarios and the nomenclature used in PSz VI, five cross-sectoral emission scenarios were determined for air pollutants:

- Current Policy Scenario (APS)
- *Energiewende* Scenario (EWS)
- Current Policy Scenario with additional air pollution control measures (APS+)
- *Energiewende* Scenario with additional air pollution control measures (EWS+)
- *Energiewende* Scenario with additional measures only in agriculture (EWS-LaWi+).

For each of these scenarios the 2005-2030 emissions were calculated for the pollutants considered: PM₁₀, PM_{2.5}, SO₂, NO_x, NMVOC and NH₃. Two calculation principles are used in this process: the domestic principle and the energy balance principle. Abbildung 1-1 shows the development of emissions in the APS scenario:

Figure 2-1: Emissions in the Current Policy Scenario (APS)



The main results from the comparison of cross-sectoral emission scenarios can be summarised as follows:

- Compared to the APS, significant emission reductions can be achieved in the EWS, particularly in the case of NO_x and SO₂ emissions. This can, for the most part, be traced back to the significantly lower use of coal, oil and gas in stationary combustion in the EWS compared to the APS. In contrast, the changes with regard to the remaining air pollutants are very low.
- The additional air pollution control measures in the APS+ scenario result in a reduction of emissions of NH₃ (agriculture), NMVOC (solvent use), NO_x and SO₂ (stationary combustion and industry). The changes in primary PM emissions are very low.
- Additional air pollution control measures in agriculture lead to a significant reduction of NH₃ emissions (from 2020 they decrease by approx. 20 % compared to the EWS scenario), whereas the emissions of the remaining air pollutants remain unchanged.
- A comparison of the *Energiewende* scenario (EWS) and the Current Policy Scenario with additional air pollution control measures (APS+) (energy balance principle) shows that the emissions of NH₃ and NMVOC are lower, but the emissions of SO₂ (with the exception of 2015) and NO_x are higher in the APS+ compared to the EWS. The differences in the PM emissions are, in turn, very low.

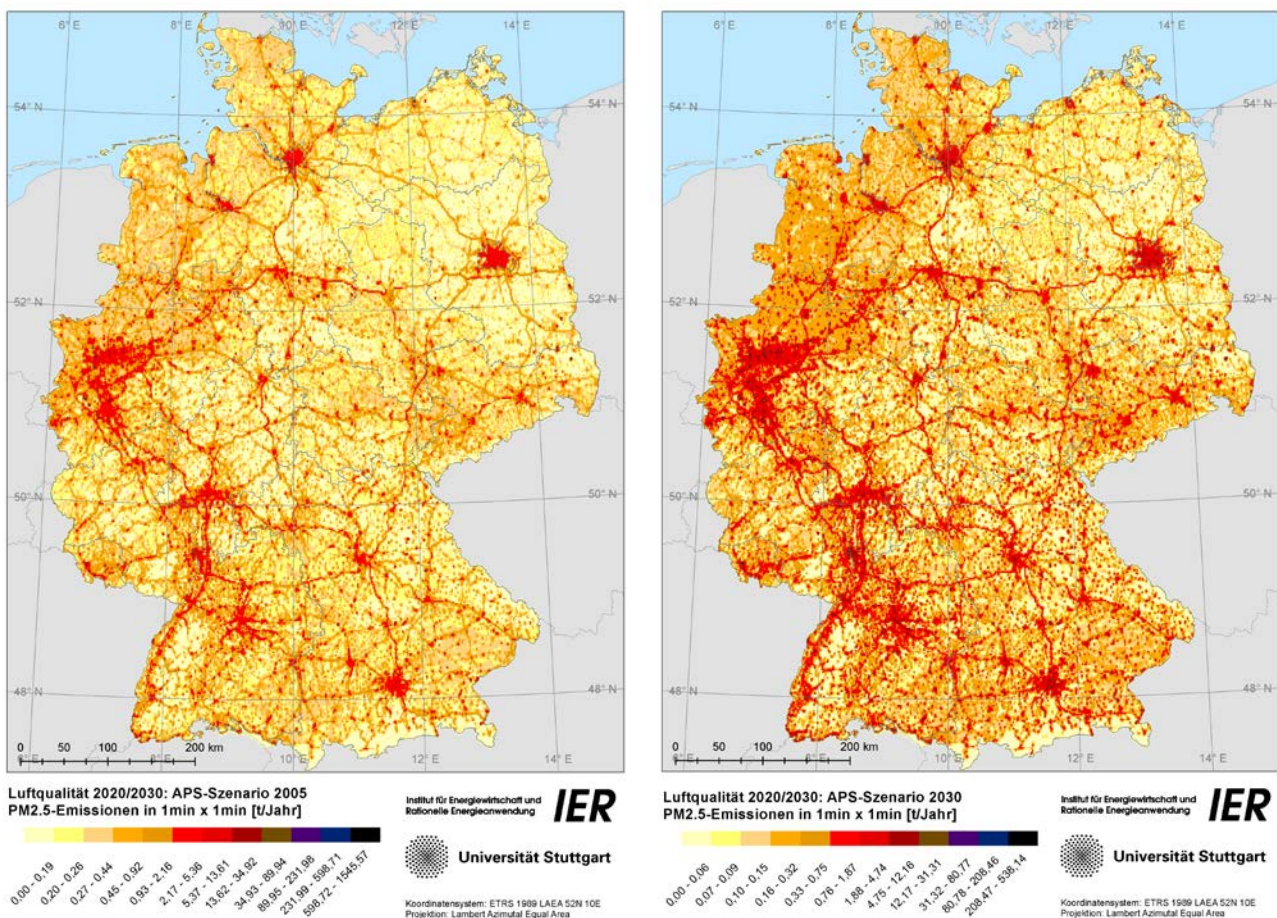
Spatial distribution of emissions

The methodology developed in the PAREST project was used to undertake the spatial distribution. Using a top-down approach, the annual national emissions were disaggregated with the help of regional and grid-based indicators onto a grid with a average cell surface of 2.16 km².

The spatial distribution was undertaken in two steps: The emissions were distributed on the administrative level (district or borough) and among the grid cells with the help of geo-referenced distribution parameters. Furthermore, during the grid distribution, sector-specific emissions were spatially expanded according to type of source category. Point, line and area sources are distinguished.

Abbildung 1-2 maps the result of the spatial distribution calculations using the example of PM_{2,5} emissions for the APS scenario in 2005 (left) and 2030 (right):

Figure 2-2: Spatial distribution of PM_{2,5} emissions in the APS scenario for 2005 and 2030



European emission scenarios

The development of the Europe-wide emissions of air pollutants is included in the air quality modelling as a boundary condition. In the LUFT 2030 research project a European emission scenario for all countries except Germany was developed, which was applied uniformly to all German emission scenarios. The European scenario development is documented in English in Annex I of this report.

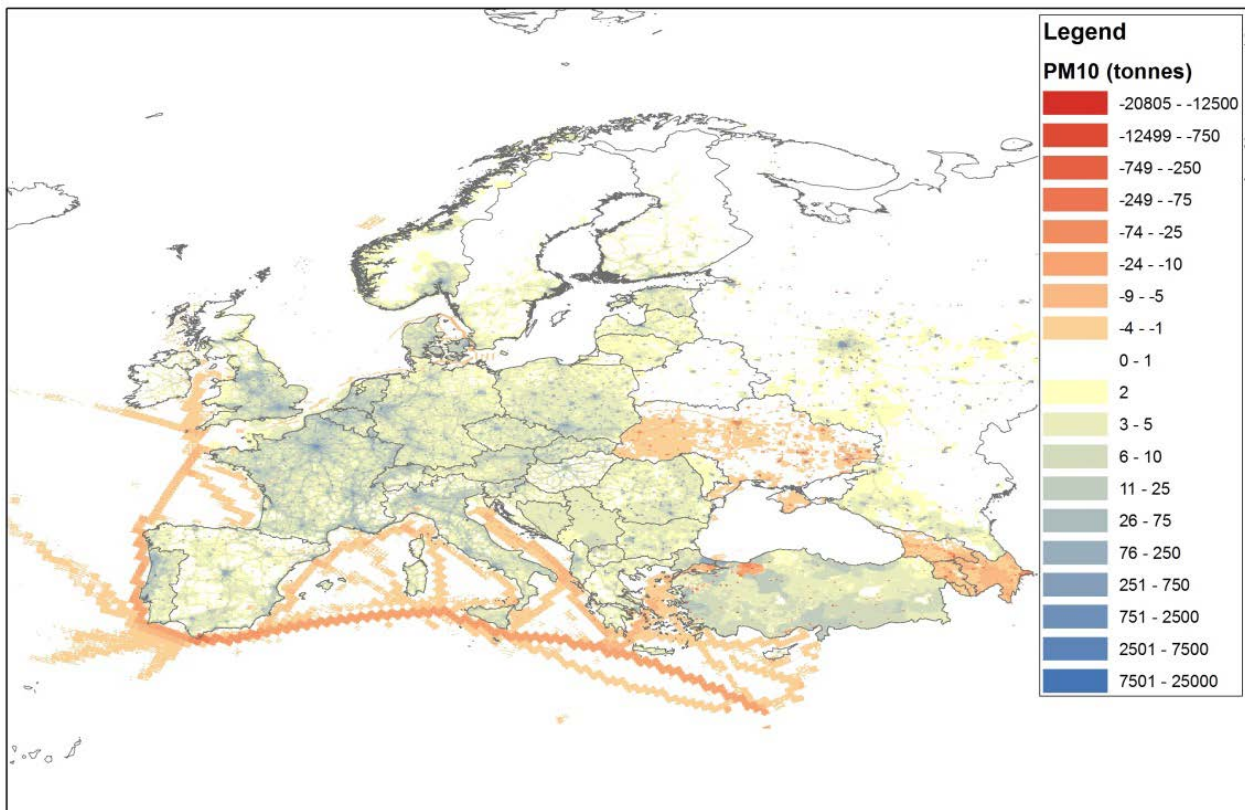
For the base year (2005) the officially reported emission data of WebDab (CEIP_NFR09) and the EEA were used. The key data source for the emission projections was the “GOTH_PRIMESBL2009_July2011” scenario of the IIASA GAINS model.

The European emissions were spatially distributed with the help of a distribution algorithm that was also developed within the scope of the PAREST project. For this purpose, a grid with a

1/8° geographic longitude and a 1/16° geographic latitude was used. On average this corresponds to a cell area of 7 - 8 km².

Using PM₁₀ emissions as an example, Abbildung 1-3 shows the changes of the European emissions. The difference between the PM₁₀ emissions of the base year (2005) and the projection year (2030) is shown in Mg per grid cell. Negative differences indicate an increase in emissions.

Figure 2-3: Spatial distribution of changes in European PM₁₀ emissions between 2005 and 2030



Air quality scenarios – annual mean levels of concentrations

The air quality-related effects of the different emission scenarios were determined using the dispersion calculations based on the chemical transport model REM-CALGRID (RCG model) [Stern, 2003; 2004]. This model has already been utilized within the scope of the PAREST project for scenario calculations. The meteorological data for the RCG model are based on the TRAMPER diagnostic analysis system. Using an optimal interpolation of observations, this system generates all meteorological input data needed by the RCG model. All calculations were carried out in hourly resolution for the meteorological base year (2005) and in the case of selected scenarios for the 2003 reporting year.

The following scenarios were chosen for the dispersal calculations:

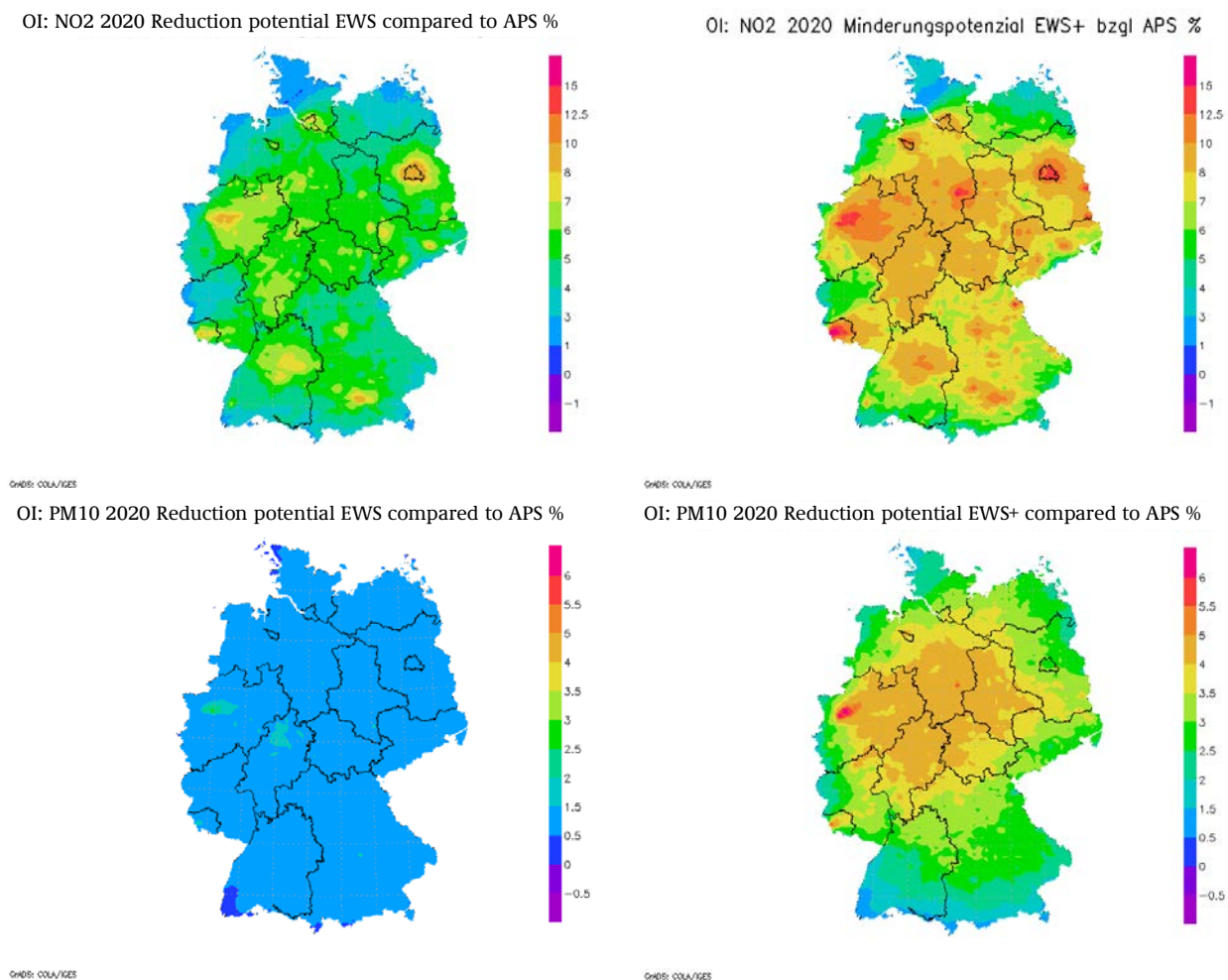
- The Current Policy Scenario (APS) was calculated for the years of 2005, 2015, 2020, 2025 and 2030.
- The APS was combined with additional measures for the projection years of 2020 and 2030 and calculated under the scenario name APS+.
- In order to examine the effects of a possible temperature increase due to climate change, the APS 2030 was also calculated using meteorological data from 2003 (APS_{CC} 2030). The year 2003 was unfavourable in terms of the climatic conditions for air quality as it was

marked by strong temperature fluctuations and a long period of hot weather in the summer.

- The *Energiewende* scenario (EWS) was calculated for the years 2020 and 2030.
- Further measures were added to the EWS for the years 2020 and 2030 and calculated under the scenario name EWS+.
- In order to examine the effects of a possible temperature increase resulting from climate change, the EWS+ 2030 was also calculated using meteorological data from 2003 (*EWS+_{cc} 2030*).
- Furthermore, the EWS was also combined with additional measures in the agricultural sector only (measures for reducing NH₃ as well as other climate protection measures in agriculture) and calculated for 2030 under the scenario name EWS-LaWi+.

Abbildung 1-4 shows four results of the dispersion calculation as an example. The additional relative reduction potentials in 2020 of the annual mean levels of NO₂ emissions (top) and the PM₁₀ emissions (bottom) of EWS (left) and EWS+(right) scenarios are shown compared to the APS scenario.

Figure 2-4: Additional relative reduction potential of annual mean levels of NO₂ and PM₁₀ in the EWS and EWS+ scenarios in 2020 based on the concentration level attainable with APS.



The reductions in the annual mean concentrations of 2005 to 2030, which were calculated using the meteorological data of 2005 as the reference, amount – in an average and weighted to

population density - to approx. 23% for PM₁₀ in the APS and approx. 26% in the most far-reaching reduction scenario that was calculated, the EWS+. For PM_{2,5} the percentage reductions of the concentrations are slightly greater, amounting to approx. 29% (APS) and 33% (EWS+). For NO₂ the reduction percentages are significantly higher, from 50% (APS) to 55% (EWS+).

The spread of the concentrations in the scenario results for APS to EWS+ (i.e. the effect on air quality of the emission reduction measures that are additional to the APS) is 5% in the case of the PM fractions and approx. 15% in the case of NO₂. However, when related to the air quality reduction compared to 2005, the spread between APS & EWS+ amounts to approx. 15%, both in the case of the PM fractions and NO₂.

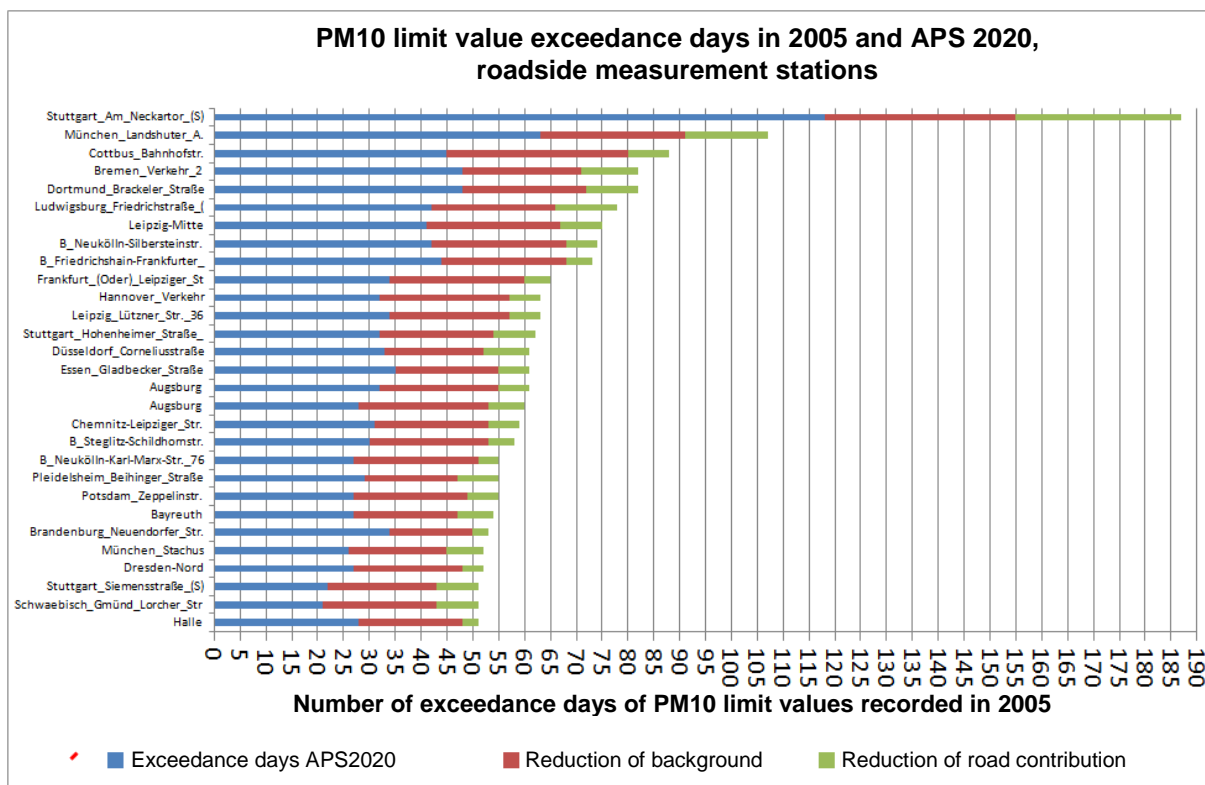
The influence of alternative meteorology (MET2003) on the air quality concentrations in 2030 amounts to approx. 5-10% in the calculated examples, while the sensitivity tends to increase from PM₁₀ to PM_{2,5} to NO₂. However, related to the air quality reduction compared to 2005, the sensitivity amounts to 15% for the PM fractions and approx. 10% for NO₂. The sensitivity of the results to the meteorological data used in the modelling is thus of the same level as the effects of the measures assumed in addition to APS in the emission scenarios.

This summary evaluation focuses on the weighted averages for Germany. The stated amounts are distributed, however, among the different evaluation categories, which divide the surface area of Germany in accordance with the population density into four categories. The intensity of the distribution, i.e. the dependence of the results on the evaluation category, likewise tends to increase from PM₁₀ to PM_{2,5} to NO₂.

Air quality scenarios – PM₁₀ limit values

With the help of a screening model it was estimated whether the limit values for NO₂ and PM₁₀ – which were exceeded in 2005 at roadside traffic stations – would also be exceeded under future emission conditions. Abbildung 1-5 shows the number of days in 2020 on which the limit values are exceeded at every roadside monitoring station at which more than 50 days of exceeded limit values were recorded in 2005. The graph shows the recorded number of days on which the limit values were exceeded in 2005 and the modelled decrease of days on which the limit values are exceeded, sub-divided into the contribution of the reduction of the PM₁₀ background and the reduction of the additional load.

Figure 2-5: Modelled change in number of days with exceeded short-range PM₁₀ limit values at roadside measurement stations which recorded exceeded limit values in 2005.



The total bar (blue+brown+green) constitutes the number of days on which limit values were exceeded in 2005. The blue portion represents the number of days on which limit values are exceeded in 2020 (emission reference: APS 2020). Meteorological reference year: 2005. All stations shown had more than 50 days on which exceeded limit values were recorded in 2005.

Based on the emission development used for APS 2020, it is to be expected that on more than 35 days the short-range limit values for PM₁₀ will be exceeded in 2020 at the nine measurement stations at which exceeded limit values were recorded in 2005 on more than 60 to 65 days.

Under the conditions of the APS and at almost the same number of monitoring stations as in 2020, it should also be expected in 2030 that on more than 35 days the short-range limit value will be exceeded. This is caused by the traffic-related PM₁₀ emissions increasing from 2020 onwards (amounting to an increase of approx. 5% from 2020 to 2025 and approx. 9% from 2020 to 2030), which is to be traced back to the increase in vehicle movements and the associated increase in traffic-related resuspension and abrasion emissions. In terms of the contribution of the traffic-related emissions, the number of days on which the limit values are exceeded also increases from 2020 to 2030, although the PM₁₀ background and the number of days of exceeded limit values decrease. Overall there are either only low changes in the number of days on which the limit values are exceeded from 2020 to 2030 or even an increase in the days on which exceeded limit values are recorded.

Air quality scenarios – NO₂ limit values

The approach used for PM₁₀ was also used to estimate how often the NO₂ limit value for annual mean levels is exceeded in the emission reference years of 2020, 2025 and 2030 using 2005 as the meteorological reference year. 101 roadside measurement stations were taken into consideration at which the NO₂ limit value for annual mean levels was exceeded in 2005 (measurement > 40.5 µg/m³).

The projected emission reductions lead to a strong decrease in the annual mean levels of NO_2 at the traffic measurement stations. Under the emission conditions of APS and the meteorological conditions of 2005, it is expected that with still greater probability the limit value of $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ will be exceeded at (at least) four measurement stations in 2020. If an uncertainty range of $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ is applied, 11 additional measurement stations are at risk of exceeding the limit values. With an increasing reduction in NO_x emissions, the number of measurement stations at which the limit values are expected to be exceeded decreases. In the case of the APS the limit value is exceeded only at one measurement station in Munich (Landshuter Allee) and is at risk of being exceeded at another Munich measurement station (Stachus).

3 Emissionsszenarien für Deutschland

3.1 Einleitung

Die Emissionsszenarien in „LUFT 2030“ wurden in größtmöglicher Konsistenz mit den Energie- und Treibhausgasemissionsszenarien der Studie „Politiksznarien für den Klimaschutz VI“ [Öko-Institut 2013] (PSz VI) entwickelt. Bei diesen Energieszenarien handelt es sich einerseits um das „Aktuelle Politik Szenario“ (APS), welches bereits beschlossene energie- und klimapolitische Maßnahmen abbildet, und andererseits um das „Energiewende-Szenario“ (EWS), welches weitgehende Klimaschutzmaßnahmen annimmt. Diese Szenariobezeichnungen werden in Luft 2030 für die Szenarien der Luftschadstoffemissionen an PM_{2,5}, PM₁₀, SO₂, NO_x, NMVOC und NH₃ übernommen.

Die Emissionsszenarien in LUFT 2030 wurden für fünf verschiedene Sektoren mit verschiedenen methodischen Ansätzen entwickelt. Diese werden in den folgenden Kapiteln vorgestellt:

- Stationäre Feuerung
- Verkehr und Mobile Maschinen
- Industrie und sonstige Quellgruppen
- Lösemittelanwendung
- Landwirtschaft

In den einzelnen sektoralen Modellierungen wurden für die Adaption von APS und EWS die bereits beschlossenen auf Luftschadstoffemissionen einwirkenden Maßnahmen berücksichtigt, Details sind in den sektoralen Kapiteln dokumentiert. Zusätzlich wurden in mehreren Sektoren weitere auf Luftschadstoffe gerichtete Maßnahmen betrachtet. Emissionsszenarien aus der Kombination dieser zusätzlichen Maßnahmen mit den Energieszenarien werden mit den Kürzeln APS+ und EWS+ (und ggf. sektoralen Spezifizierungen, um welche Maßnahmen es sich handelt) bezeichnet. Einen Überblick über die sektoralen Emissionsszenarien liefert Tabelle 3-1:

Tabelle 3-1: Übersicht der sektoralen Emissionsszenarien

sektorale Szenarien 2005 - 2030				
Nr.	Sektor	Aktivitätsraten basierend auf...	Emissionsfaktoren basierend auf...	Kürzel sektorales EM-Szenario
SF-1	stationäre Feuerung	APS (Aktuelle-Politik-Szenario) aus PSz VI	beschlossene Maßnahmen, auf Basis von PAREST	SF-APS
SF-2	stationäre Feuerung	EWS (Energiewende-Szenario) aus PSz VI	beschlossene Maßnahmen, auf Basis von PAREST	SF-EWS
SF-3	stationäre Feuerung	APS (Aktuelle-Politik-Szenario) aus PSz VI	Mit zusätzlichen Minderungsmaßnahmen aus PAREST	SF-APS+
SF-4	stationäre Feuerung	EWS (Energiewende-Szenario) aus PSz VI	Mit zusätzlichen Minderungsmaßnahmen aus PAREST	SF-EWS+
V-1	Verkehr / mobile Maschinen	APS (Aktuelle-Politik-Szenario) aus PSz VI (Mobile Maschinen bei Inland aus TREMOD MM)	aus TREMOD/ TREMOD MM	V_MM-APS
V-2	Verkehr / mobile Maschinen	EWS (Energiewende-Szenario) aus PSz VI (Mobile Maschinen bei	aus TREMOD/ TREMOD MM	V_MM-EWS

sektorale Szenarien 2005 - 2030				
Nr.	Sektor	Aktivitätsraten basierend auf...	Emissionsfaktoren basierend auf...	Kürzel sektorales EM-Szenario
		Inland aus TREMOD MM)		
I-1	Industrie	teilw. in Anlehnung an APS (Aktuelle-Politik-Szenario) aus PSz VI, teilweise generische Projektion des IZT	beschlossene Maßnahmen, auf Basis von PAREST	IN-APS
I-2	Industrie	teilw. in Anlehnung an EWS (Energiewende-Szenario) aus PSz VI, teilweise generische Projektion des IZT	beschlossene Maßnahmen, auf Basis von PAREST	IN-EWS
I-3	Industrie	teilw. in Anlehnung an APS (Aktuelle-Politik-Szenario) aus PSz VI, teilweise generische Projektion des IZT	Mit zusätzlichen Minderungsmaßnahmen aus PAREST	IN-APS+
I-4	Industrie	teilw. in Anlehnung an EWS (Energiewende-Szenario) aus PSz VI, teilweise generische Projektion des IZT	Mit zusätzlichen Minderungsmaßnahmen aus PAREST	IN-EWS+
Lö-1	Lösemittel	teilweise in Anlehnung an PSz VI-Rahmendaten (unabhängig von APS/EWS)	beschlossene Maßnahmen, abgebildet im Lösemittelmodell	LM-REF
Lö-2	Lösemittel	teilweise in Anlehnung an PSz VI-Rahmendaten (unabhängig von APS/EWS)	zusätzliche Maßnahmen, abgebildet im Lösemittelmodell	LM+
LaWi-1	Landwirtschaft	teilw. in Anlehnung an APS (Aktuelle-Politik-Szenario) aus PSz VI, teilweise generische Projektion des Thünen-Instituts	beschlossene Maßnahme (aus GASEM)	LaWi-APS
LaWi-2	Landwirtschaft	teilw. in Anlehnung an EWS (Energiewende-Szenario) aus PSz VI, teilweise generische Projektion des Thünen-Instituts	beschlossene Maßnahme (aus GASEM)	LaWi-EWS
LaWi-3	Landwirtschaft	teilw. in Anlehnung an APS (Aktuelle-Politik-Szenario) aus PSz VI, teilweise generische Projektion des Thünen-Instituts	zusätzliche Ammoniakminderung	LaWi-APS+NH ₃
LaWi-4	Landwirtschaft	teilw. in Anlehnung an EWS (Energiewende-Szenario) aus PSz VI, teilweise generische Projektion des Thünen-Instituts	zusätzliche Ammoniakminderung und landwirtschaftlicher Klimaschutz	LaWi-EWS+NH ₃ +KS
LaWi-5	Landwirtschaft	teilw. in Anlehnung an APS (Aktuelle-Politik-Szenario) aus PSz VI, teilweise generische Projektion des Thünen-Instituts	zusätzliche Ammoniakminderung und landwirtschaftlicher Klimaschutz	LaWi-APS+NH ₃ +KS

Gemäß der im PAREST-Vorhaben¹ entwickelten Methodik werden auch in LUFT 2030 zwei parallele Datensätze gehalten,

- einmal gemäß Energiebilanzprinzip, wie es für die internationale Emissionsberichterstattung und auch zur Überprüfung der Einhaltung der NEC-Richtlinie benutzt wird und
- einmal gemäß Inlandsprinzip, welches die tatsächlich in Deutschland auftretenden Emissionen schärfer erfasst.

Unterschiede zwischen Energiebilanz- und Inlandsprinzip treten insbesondere in den Sektoren Verkehr und Mobile Maschinen auf (vgl. weitere Erläuterungen dort). Zusätzlich wurden im Inlandsprinzip Schätzungen zu NMVOC-Emissionen der Landwirtschaft aus PAREST (vgl. [Bultjes et al. 2010]) übernommen und fortgeschrieben. Im Energiebilanzprinzip werden mangels genügend belastbarer Methoden keine NMVOC-Emissionen mehr berechnet.

3.2 Übernahme der Basisjahr-Emissionen 2005-2010 aus dem ZSE

Zielsetzung des Arbeitsschrittes war es, die Emissionen für die Jahre 2005 und 2010, wie sie im ZSE² hinterlegt sind und wie sie mit der Submission 2012 auch offiziell berichtet wurden, für das Vorhaben LUFT 2030 verfügbar und nutzbar zu machen. Dazu mussten sie in die Zeitreihenstruktur des PAREST Vorhabens überführt werden.

Hintergrund dieser Zielsetzung war es einerseits die bestehenden Schnittstellen der weiteren Modellkette (örtliche Verteilung der Emissionen, Ausbreitungsrechnung und örtliche Verteilung der Immissionen) zu nutzen und andererseits die Datenbasis aus dem PAREST-Vorhaben zu überprüfen und hinsichtlich neuer Wissensbestände im UBA zu aktualisieren. Ausgangslage dieses Arbeitsschrittes war zunächst die Datenbasis im ZSE wie sie am 3. März 2012 unter dem Datenbanknamen „ZSE Submission 2012“ fixiert wurde.

Aus dieser Datenbasis wurden für die Schadstoffe SO₂, NO_x, NMVOC, NH₃ sowie PM₁₀ und PM_{2,5} die Zeitreihen der Emissionen entnommen. Insgesamt wurden 4.069 Zeitreihen für Quellgruppen aus den CRF/NFR-Kategorien³ 1A bis 1B, 2 bis 4 und 6 erfasst. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick für das Jahr 2010.

¹ PAREST: PArticle REduction STRategies F & E Vorhaben des Umweltbundesamts, FKZ 206 43 200/01: „Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung“ Abschlussbericht: [UBA 2012]

² Zentrales System Emissionen, zur Emissionsberichterstattung genutzte Emissionsdatenbank des Umweltbundesamtes

³ CRF: Common Reporting Format (IPCC, Treibhausgase) und NFR: New Format for Reporting (UN/ECE Luftschadstoffe) sind im Wesentlichen identisch.

Tabelle 3-2: Übersicht der Emissionsmengen für das Jahr 2010 aus der ZSE-Submission 2012 (in Mg)

CRF/NFR-Code	PM _{2,5}	PM ₁₀	SO ₂	NO _x	NH ₃	NMVOG
1 A 1	10.049	11.353	236.118	300.068	2.488	14.732
1 A 2	2.857	3.264	44.437	83.304	948	4.991
1 A 3	26.059	35.089	1.489	595.691	14.990	128.856
1 A 4	39.744	41.824	66.955	134.697	2.657	65.097
1 A 5	152	152	262	6.096	32	2,528
1 B 1	306	474	33	0	0	784
1 B 2	0	0	15.385	6.707	0	80.609
2 A	2.875	6.903	19.703	37.307	3.420	3.608
2 B	329	524	27.621	28.257	7.906	4.916
2 C	2.854	4.886	35.348	21.941	103	4.491
2 D	918	1.445	1.209	1.617	0	21.129
2 G	8.191	37.979	0	0	0	0
3	10.342	10.342	0	0	1.733	719.666
4 B	5.373	19.872	0	1.530	442.268	0
4 D	717	18.648	0	102.111	71.189	0
6 C	7	9	23	132	0	6
Summe	110.771	192.763	448.584	1.319.458	547.733	1.051.414

Quelle: UBA: ZSE Submission 2012

Die erfassten Zeitreihen aus der Submission 2012 wurden im nächsten Schritt der Zeitreihenstruktur aus dem PAREST-Vorhaben angepasst. Da im PAREST-Vorhaben lediglich 3.276 Zeitreihen genutzt wurden, waren bei der Anpassung zahlreiche Zeitreihen aus der Submission 2012 zusammenzufassen.

Maßgeblich für die Zusammenfassung der Zeitreihen war es, die Verteilung der Emissionsmengen hinsichtlich der CRF-Kategorien, der Quellgruppen und bezüglich der Brennstoffe so weit wie sinnvoll möglich, beizubehalten.

Zu diesem Zweck wurden die Zeitreihen der Submission 2012 zunächst umfangreich indiziert. Dazu zählte die vollständige und differenzierte Zuordnung zu den CRF Kategorien sowie zu den SNAP Codes⁴ und – soweit möglich – zu den sogenannten Strukturelementen wie sie während des PAREST-Vorhabens im ZSE noch eingesetzt wurden. Mit Hilfe dieser Indizierungen sowie unter Zuhilfenahme der ZSE-internen ID Codes konnten zunächst alle Zeitreihen aus der Submission 2012 identifiziert werden, welche bereits im PAREST-Vorhaben benutzt wurden und diesen eindeutig zugeordnet werden. Weitere Zeitreihen der Submission 2012 konnten den PAREST-Zeitreihen durch eine detaillierte Analyse der Ausprägungen der ZSE- Deskriptoren zugeordnet werden. Maßgeblich waren dabei die Ausprägungen in den Dimensionen Quellgruppe, Material, Produkt, Technik, Betriebsstätte, Verwendungsart und Maßnahme.

⁴ SNAP: Selected Nomenclature for Air Pollution, im Rahmen von Modellierungen gebräuchliches Kodierungssystem für emissionsverursachende technische Prozesse und Verfahren

Bei der Zuordnung wurde allerdings auch deutlich, dass einige im PAREST-Vorhaben noch vorhandene Zeitreihen in der Submission 2012 nicht mehr genutzt werden: Dazu zählten insbesondere geografische Spezifikationen von Braunkohlesorten, Produktdifferenzierungen im Bereich Nahrungs- und Genussmittel, quellgruppenspezifische Brennstoffdifferenzierungen, Unterscheidungen hinsichtlich Energiebilanz und Nicht-Energiebilanz sowie bestimmte Tierarten. Insgesamt wurden 49 derartige PAREST-Zeitserien nicht genutzt.

Bei denjenigen Zeitserien der Submission 2012, welche gegenüber dem PAERST-Vorhaben neu und entsprechend zusammen zu fassen waren, gab es zahlreiche, die zwar angelegt waren, die aber über keine Emissionen verfügten oder den Eintrag „Included elsewhere (IE)“ besaßen.

Bei denjenigen „neuen“ Zeitserien, welche auch Emissionen enthielten, handelte es sich überwiegend entweder um gänzlich neue Quellgruppen und Brennstoffe oder um Differenzierungen von Brennstoffen, Technik und Betriebsstätten u.a.

Wesentliche und emissionsrelevante „neue“ Zeitserien waren:

- Einsatz von Ottokraftstoff (Bio) im Straßenverkehr
- Einsatz von Biodiesel in der übrigen Küsten- und Binnenschifffahrt und in Schienenfahrzeugen
- Eigenverbrauch der Klärwerke
- Einspeisung in das öffentliche Netz
- Klärschlamm-Monoverbrennung
- Diffuse Emissionen bei der Herstellung von Steinkohlenkoks, Roheisen und Stahl
- Neue Tierart „Esel und Maultiere“
- Wärmeerzeugung in Dieselmotoren der öffentlichen Kraftwerke
- Wärmeerzeugung in Gasmaschinen der IKW⁵ des verarbeitenden Gewerbes und des übrigen Bergbaus
- Einsatz von Deponiegas, Klärgas zur Wärmeerzeugung in Gasmaschinen der IKW des verarbeitenden Gewerbes und des übrigen Bergbaus
- Einsatz von Sonstige Gasen zur Stromerzeugung in GFA der übrigen Industriekraftwerke
- Gas- und Dampfturbinen zur Stromerzeugung in GFA⁶ der GuD⁷-Anlagen der übrigen Industriekraftwerke
- Einsatz von Heizöl leicht zur Stromerzeugung in GFA der Gasturbinen der übrigen Industriekraftwerke und zur Stromerzeugung in Gasturbinen (TA Luft) der übrigen Industriekraftwerke
- Einsatz von Biogas und von Grubengas zur Stromerzeugung in Gasmaschinen der Öffentlichen Kraftwerke
- Mitverbrennung von Klärschlamm in Grubenkraftwerken, öffentlichen Fernheizwerken und in öffentlichen Kraftwerken

⁵ Industriekraftwerk

⁶ Großfeuerungsanlage

⁷ Gas und Dampf

- NEB⁸ bei Gasturbinen (TA Luft) in Erdgasverdichterstationen
- Einsatz von Petrolkoks bei der Herstellung von Kalk
- Einsatz von Erdgas im Straßenverkehr (PKW)

Wesentliches Kriterium für die Zusammenfassung war eine weitgehende Beibehaltung der Quellgruppen, um den Fehler bei der örtlichen Verteilung möglichst klein zu halten. Ein besonderes Augenmerk galt den Brennstoffen. In der Regel sind die Brennstoffkategorien in der ZSE Submission 2012 differenzierter als im PAREST Vorhaben. Daher mussten in einigen Quellgruppen Brennstoffe wieder zusammengefasst werden.

So wurde beispielsweise Klärschlamm in OEKW17⁹ dem Material „Hausmüll/Siedlungsabfall biogen“ und in UIKW17¹⁰ dem Material „Industriemüll biogen“ zugewiesen oder „Grubengas“ zu „Deponiegas“ und „Biogas“ zu „Klärgas“ zusammengefasst. Um die Fehler bei der Emissionsberechnung zu minimieren, wurde in diesem Prozess auf größtmögliche Ähnlichkeit der Brennstoffe geachtet.

Nachdem die Zuordnung und die Zusammenfassung der Zeitreihen aus der Submission 2012 hergestellt worden war, wurden verschiedene Überprüfungsrechnungen durchgeführt, um sicherzustellen, dass die Emissionsmengen hinsichtlich der CRF-Kategorien der Quellgruppen weiterhin mit der entsprechenden Verteilung in der Submission 2012 übereinstimmen.

Jede Zeitreihe in dieser neuen Struktur wurde zudem mit einem eindeutigen Code versehen um eine analoge Vorgehensweise bei der Umstrukturierung der Zeitreihen für die Aktivitätsraten bzw. der Emissionsfaktoren zu ermöglichen.

Zudem wurden aufbauend auf den bereits bekannten Brennstoff- und Quellgruppenkategorien in Politikscenarien VI alle umstrukturierten Zeitreihen mit analogen Kategorien indiziert, um die Entwicklung der Emissionsszenarien gemäß Politikscenarien VI vorzubereiten.

⁸ Nicht Energiebilanz

⁹ Stromerzeugung in Müllverbrennungsanlagen der Öffentlichen Kraftwerke

¹⁰ Stromerzeugung in Müllverbrennungsanlagen der übrigen Industriekraftwerke

3.3 Szenarien für stationäre Feuerungsanlagen

3.3.1 Modellierungsansatz

Den stationären Feuerungsanlagen wurden folgende Quellgruppen der CRF/NFR-Systematik zugeordnet:

- 1 A Verbrennung von Brennstoffen
 - 1.A.1 a Öffentliche Elektrizitäts- und Wärmeversorgung
 - 1.A.1.b Mineralörraffinerien
 - 1.A.1.c Herstellung von festen Brennstoffen und sonstige Energieerzeugung
 - 1.A.2 Verarbeitendes Gewerbe
 - 1.A.3.e Gasturbinen (TA Luft u. GFA) in Erdgasverdichterstationen

Für die Quellgruppen 1.A.4 und 1.A.5 wurden folgende Sub-Quellgruppen als stationäre Emissionsquellen angenommen:

- 1.A.4 Sonstige: Haushalte, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen; Land- und Forstwirtschaft sowie Fischerei
 - 1.A.4.a Wärmeerzeugung in TA Luft-Anlagen der übrigen Kleinverbraucher
 - 1.A.4.a Wärmeerzeugung in KFA der übrigen Kleinverbraucher
 - 1.A.4.b Wärmeerzeugung in KFA der Haushalte
 - 1.A.4.c Wärmeerzeugung in KFA der Landwirtschaft und Gärtnereien
 - 1.A.4.c Wärmeerzeugung in TA Luft-Anlagen der Landwirtschaft und Gärtnereien
- 1.A.5.a Wärmeerzeugung in KFA der militärischen Dienststellen
 - 1.A.5 Andere Bereiche
- 1.A.5.a Wärmeerzeugung in TA Luft-Anlagen der militärischen Dienststellen

Darüber hinaus wurde für die Brennstoffe Benzin und Diesel ein stationärer „Restverbrauch“ für die Sub-Quellgruppen:

- 1 A 4 c Forstwirtschaftlicher Verkehr (off road)¹¹,
- 1.A.4.c Hochseefischerei¹²,
- 1.A.4.c Landwirtschaftlicher Verkehr¹¹
- 1.A.5.b Militärischer Verkehr (off road)

angenommen.

Integration der Aktivitätsraten aus Politikszenerarien VI (PSz VI)

¹¹ Nur Energiemengen zugeordnet. Die Emissionen werden im Kap. 3.4 mit den mobilen Maschinen berücksichtigt.

¹² Die auf hoher See auftretenden Emissionen werden nur im Energiebilanzprinzip, aber nicht im Inlandprinzip berücksichtigt.

Um die Aktivitätsszenarien aus PSz VI nutzen zu können, war zunächst eine Kompilation der Sektoren und Brennstoffe nötig. Dazu wurden zum einen alle relevanten Materialien im ZSE, insgesamt 25 übergeordneten Materialkategorien zugeordnet, zu denen PSz VI spezifische Aussagen hinsichtlich der Entwicklung ihrer Einsatzmengen macht. Zum anderen wurden die relevanten Quellgruppen im ZSE ebenfalls übergeordneten Kategorien zugewiesen, zu denen PSz VI wiederum spezifische Aussagen hinsichtlich der eingesetzten Brennstoffe in diesen Quellgruppenkategorien macht. Insgesamt wurden alle ZSE Quellgruppen 14 Quellgruppenkategorien zugeordnet.

Tabelle 3-3: Übersicht der Material- und Quellgruppenkategorien aus PSz VI

PSz VI Quellgruppenkategorien	PSz VI Materialkategorien
1. GHD	1. Andere Mineralölprodukte
2. Haushalte	2. Benzin
3. IKW	3. Biogas
4. Industrie	4. Biomasse
5. ÖffHW	5. Braunkohlen
6. ÖffKW	6. Braunkohlenprodukte
7. RaffKW	7. Diesel
8. RaffWERz	8. Erdgas
9. SVerkehrBau	9. Erneuerbare
10. SVerkehrPipe	10. FAME ¹³
11. ÜbrUmKW	11. Feste Biomasse
12. ÜbrUmWERz	12. Flugtreibstoff
13. Verkehr	13. Gichtgas
14. none	14. Heizöl leicht
	15. Heizöl schwer
	16. Kerosin
	17. Kokerei-/Stadtgas
	18. LPG
	19. Müll
	20. Öl
	21. Raffineriegas
	22. Stadtgas
	23. Steinkohlen
	24. Steinkohlenkoks
	25. None

Für jede Quellgruppenkategorie wurde in Anlehnung an die in PAREST entwickelte Methode (vgl. [Jörß und Degel 2010]) die prozentualen Anteile der ZSE Materialien an der zugehörigen PSzVI-Materialkategorie bestimmt. Mit Hilfe dieses prozentualen Verteilschlüssels wurden alle Brennstoffeinsätze aus PSz VI auf die Zeitreihen verteilt. Da für einige, insbesondere industrielle Quellgruppen, Vertraulichkeit der Daten gilt, waren deren Aktivitätsraten im ZSE nicht quantifiziert. Um für diese Quellgruppen dennoch eine Verteilung durchzuführen, wurden die entsprechenden Aktivitätsraten aus dem PAREST-Referenzszenario (vgl. [Jörß et al. 2010]) entnommen, die prozentualen Anteile der zugehörigen Brennstoffe in der jeweiligen Quellgruppe be-

¹³ FAME von engl. fatty acid methyl ester = Fettsäuremethylester

stimmt und in den Verteilschlüssel integriert. Im Ergebnis lagen entsprechend den beiden PSz VI-Szenarien „Aktuelle-Politik-Szenario“ (APS) und „Energiewende-Szenario“ (EWS), zwei Aktivitätsszenarien über die eingesetzten Energieträger vor.

Dynamisierung der Emissionsfaktoren im Referenzfall

Die Dynamisierung der Emissionsfaktoren erfolgte in zwei Stufen. Zunächst wurden anhand der Entwicklung der Emissionsfaktoren im Referenzszenario des PAREST Vorhabens prozentuale Veränderungsfaktoren bestimmt und diese Faktoren für die Jahre 2015 und 2020 in den LUFT 2030-Referenzfall integriert. Für die Jahre 2025 und 2030 wurden die 2020er Emissionsfaktoren konstant fortgeschrieben. In einem weiteren Schritt wurden die Maßnahmen aus dem PAREST Vorhaben (vgl. [Theloke et al. 2010]) hinsichtlich ihres aktuellen Umsetzungsstandes analysiert. Maßnahmen, die im PAREST Vorhaben hinsichtlich des damaligen Referenzszenarios noch als zusätzliche Maßnahmen aufgeführt wurden, inzwischen jedoch in Kraft getreten sind, wurden in Form von entsprechend geminderten Emissionsfaktoren in den LUFT 2030-Referenzfall integriert. Durch diese Integration konnten Maßnahmen, die im Rahmen des PAREST Vorhabens hinsichtlich ihrer Minderungswirkung bereits in Abstimmung mit dem UBA quantifiziert worden waren, berücksichtigt werden.

Folgende Maßnahmen aus dem PAREST Vorhaben wurden im LUFT 2030-Referenzfall berücksichtigt:

Tabelle 3-4: Übersicht der PAREST Maßnahmen im Referenzfall von LUFT 2030

PAREST Maßnahmen (Referenzfall)	
Kürzel	Name
G_REF_A	Verschärfung des NO _x -Emissionsgrenzwertes für kohlegefeuerten Großfeuerungsanlagen > 50 MW im Rahmen der Novellierung der 13. BImSchV
G_REF_B	Absenkung des NO _x -Grenzwertes für erdgasbefeuerte Gasturbinen > 50 MW im Rahmen der Novellierung der 13. BImSchV (vom 27.01.2009)
P_REF_C	Absenkung des NO _x -Emissionsgrenzwertes für Neuanlagen und wesentlich geänderte Anlagen zur Herstellung von Zement im Rahmen der novellierten 17. BImSchV
K001	Verschärfung der Emissionsgrenzwerte für NO _x bei gasbefeuerten Kleinf Feuerungsanlagen im Rahmen der geplanten Novellierung der 1. BImSchV
K003	Verschärfung der Emissionsgrenzwerte für Staub bei Kleinf Feuerungsanlagen mit festen Brennstoffen im Rahmen der geplanten Novellierung der 1. BImSchV
K004	Verschärfung der Emissionsgrenzwerte für NO _x bei ölbefeuerten Kleinf Feuerungsanlagen im Rahmen der geplanten Novellierung der 1. BImSchV

Kürzel aus (Theloke et al. 2010)

Die mit diesen Maßnahmen einhergehenden reduzierten Emissionsfaktoren wurden in die Szenarien SF-APS¹⁴ und SF-EWS¹⁵ integriert und für die Jahre 2025 und 2030 fortgeschrieben.

¹⁴ SF-APS: Stationäre Feuerung – Aktuelle-Politik-Szenario

¹⁵ SF-EWS: Stationäre Feuerung - Energiewendeszenario

Im Ergebnis liegen für die stationären Feuerungsanlagen hinsichtlich der Aktivitätsraten zwei sektorale Szenarien vor. Zum einen ein Szenario basierend auf den Aktivitätsraten aus dem „Aktuelle-Politik-Szenario“ in PSzVI und den Emissionsfaktoren aus dem PAREST Referenzszenario sowie den bereits umgesetzten PAREST Maßnahmen (SF-APS).

Zum anderen ein „Energiewende-Szenario“ basierend auf den Aktivitätsraten aus dem gleichnamigen Szenario in PSzVI und ebenfalls den Emissionsfaktoren aus dem PAREST Referenzszenario sowie den bereits umgesetzten PAREST Maßnahmen (SF-EWS).

Minderungsszenarien

Als untere Abschätzung wurde ein maximal machbarer Reduktionsfall entwickelt, welcher auf einer zusätzlichen Reduktion der Emissionsfaktoren basiert. Dazu wurden diejenigen in PAREST identifizierten und beschriebenen Maßnahmen, welche einen maximalen Minderungseffekt gegenüber dem Referenzfall haben, identifiziert und die entsprechend reduzierten Emissionsfaktoren für die Jahre 2015 und 2020 integriert sowie für die Jahre 2025 und 2030 konstant fortgeschrieben. Die Aktivitätsraten blieben unverändert.

Folgende Maßnahmen aus dem PAREST-Vorhaben wurden im maximal machbaren Reduktionsfall von LUFT 2030 berücksichtigt:

Tabelle 3-5: Übersicht der PAREST Maßnahmen im Reduktionsfall von LUFT 2030

PAREST Maßnahmen (Maximaler Reduktionsfall)	
Kürzel	Name
G 003	Vorschläge des UBA zur Verschärfung des NO _x -Emissionsgrenzwertes bei kohlegefeuerten Großfeuerungsanlagen 50-100 MW im Rahmen der geplanten Novellierung der IED-Richtlinie.
G 004	Vorschläge des UBA zur Verschärfung des NO _x -Emissionsgrenzwertes bei kohlegefeuerten Großfeuerungsanlagen > 100 MW im Rahmen der geplanten Novellierung der IED-Richtlinie.
G 009	Absenkung des Staub-Emissionsgrenzwertes von 20 mg/Nm ³ auf 10 mg/Nm ³ im Tagesmittel sowohl für bestehende als auch für neue kohlegefeuerten Großfeuerungsanlagen > 50 MW FWL
G 012	Vorschläge des UBA zur Verschärfung des SO ₂ -Emissionsgrenzwertes bei kohlegefeuerten Großfeuerungsanlagen 50-100 MW im Rahmen der geplanten Novellierung der IED-Richtlinie.
G 013	Vorschläge des UBA zur Verschärfung des SO ₂ -Emissionsgrenzwertes bei kohlegefeuerten Großfeuerungsanlagen > 100 MW im Rahmen der geplanten Novellierung der IED-Richtlinie.
G 014	Verschärfung des N-Emissionsgrenzwertes für Erdgaskesself Feuerungen > 50 MW im Rahmen der geplanten Novellierung der IED-Richtlinie
G 015	Absenkung des NO _x -Emissionsgrenzwertes auf 20 mg/Nm ³ im Jahresmittel für Erdgaskesself Feuerungen > 50 MW
G 017	Vorschläge des UBA zur Verschärfung des NO _x -Emissionsgrenzwertes für erdgasgefeuerte Gasturbinen > 50 MW im Rahmen der geplanten Novellierung der IED-Richtlinie
G 019	Vorschläge des UBA zur Verschärfung des SO ₂ -Emissionsgrenzwertes bei Ölkesself Feuerungen > 50 MW im Rahmen der geplanten Novellierung der IED-Richtlinie
K 002	Verschärfung der Emissionsgrenzwerte für NO _x bei gasbefeuelten Kleinf Feuerungsanlagen im Rahmen der geplanten Ökodesign-Richtlinie
K 005	Verschärfung der Emissionsgrenzwerte für NO _x bei ölbefeuelten Kleinf Feuerungsanlagen im Rahmen der geplanten Ökodesign-Richtlinie

Kürzel aus (Theloke et al. 2010)

Wie der Tabelle 3-5 entnommen werden kann, wirken die Minderungsmaßnahmen insbesondere auf die Emissionsfaktoren für NO_x. Des Weiteren wirken die Maßnahmen auf die Emissionsfaktoren für SO₂ und Feinstaub.

Im Ergebnis liegen für die stationären Feuerungsanlagen zwei weitere sektorale Szenarien für den maximalen Minderungsfall vor. Seitens der Emissionsfaktoren basieren beide auf den geminderten Emissionsfaktoren der PAREST-Maßnahmen wie sie in Tabelle 3-5 aufgeführt sind. Seitens der Aktivitätsraten basieren die Szenarien zum einen auf dem „Aktuelle-Politik-Szenario“ aus PSzVI (SF-APS+) und zum anderen auf dem „Energiewende-Szenario“ aus PSzVI (SF-EWS+).

3.3.2 Übersicht über die Aktivitätsszenarien

Die folgende Tabelle stellt das Aktivitätsszenario für die stationären Feuerungsanlagen gemäß dem „*Aktuelle Politik Szenario*“ aus PSzVI dar:

Tabelle 3-6: Übersicht der Aktivitätsraten im SF-APS Szenario

PJ	2015	2020	2025	2030
1 A 1	4.086	3.708	3.564	2.964
1 A 2	1.894	1.930	1.910	1.910
1 A 3 e	52	52	52	52
1 A 4	2.418	2.664	2.530	2.394
1 A 5	21	19	18	16

Die folgende Tabelle stellt das Aktivitätsszenario für die stationären Feuerungsanlagen gemäß dem „*Energiewende Szenario*“ aus PSzVI dar:

Tabelle 3-7: Übersicht der Aktivitätsraten im SF-EWS Szenario

PJ	2015	2020	2025	2030
1 A 1	3.796	3.202	2.847	2.251
1 A 2	1.852	1.853	1.800	1.785
1 A 3 e	55	53	51	49
1 A 4	1.445	1.279	1.071	864
1 A 5	20	18	15	12

Die brennstoffspezifische Entwicklung der Aktivitätsraten im APS und im EWS weisen sowohl Gemeinsamkeiten als auch Unterschiede auf. Beide Szenarien gehen von erheblichen Zunahmen bei den biogenen Energieträgern Biogas, Biomasse und Biodiesel (FAME) sowie den Brennstoffen Diesel, Gichtgas, Müll und Raffineriegas aus. Reduzierte Einsatzmengen werden dagegen bei den Energieträgern Benzin und Kerosin, Öl, anderen Mineralölprodukten und LPG prognostiziert. Unterschiedliche Entwicklungen werden bei den Kohlen angenommen. Während im APS Szenario die Stein- und Braunkohlen moderat ansteigen, werden im EWS erhebliche Reduktionen unterstellt.

Die folgende Tabelle stellt die unterschiedlichen Einsätze der Energieträger im APS und im EWS dar. Dargestellt ist die Differenz zwischen EWS und APS über alle PSz VI-Quellgruppenkategorien (vgl.: Tabelle 3-3) in den Prognosejahren in PJ. Nicht berücksichtigt

sind die Energieträger Umwelt-, Nah- und Fernwärme, Strom, Solarenergie und erneuerbare Energien.

Tabelle 3-8: Brennstoffspezifische Differenz zwischen EWS und APS Szenarien

Brennstoffspezifische Differenz zwischen EWS und APS in PJ				
Energieträger	2015	2020	2025	2030
Erdgas	-65,43	-186,65	-316,16	-412,68
Heizöl leicht	-55,92	-149,51	-280,52	-407,26
Steinkohlen	-271,07	-408,72	-495,44	-340,40
Braunkohlen	-45,04	-132,67	-217,19	-273,50
Diesel	-12,66	-56,04	-130,63	-210,48
Öl	-6,01	-14,14	-43,92	-82,37
FAME	-1,56	-8,68	-19,90	-31,93
Benzin	-6,84	-51,91	-46,74	-29,87
Raffineriegas	-4,99	-13,25	-22,95	-28,84
Müll	2,27	-5,01	-11,85	-23,55
Gichtgas	-13,53	-15,02	-16,17	-16,86
Biomasse	4,24	7,13	4,68	-15,40
Kokerei-/Stadtgas	-10,23	-11,10	-11,75	-12,24
Kerosin	-1,57	-2,48	-4,42	-6,93
Braunkohlenprodukte	-0,80	-2,08	-3,79	-5,45
(Bio-) Ethanol	-0,54	-5,85	-5,32	-3,56
LPG	-0,31	-1,59	-1,51	-0,62
Biokraftstoffe	-0,01	-0,03	-0,18	-0,50
Flugtreibstoff	-0,04	-0,12	-0,24	-0,35
Sonstige Gase	-0,25	-0,23	-0,22	-0,30
Heizöl schwer	0,00	-0,01	-0,01	-0,02
Andere Mineralölprodukte	0,00	0,00	0,00	0,00
Bio-Kerosin	0,00	0,53	2,60	5,25
Biogas	9,08	40,57	44,51	10,02
Feste Biomasse	18,95	43,90	72,62	99,68

3.3.3 Übersicht über die Emissionsszenarien

Wie in Kapitel 3.3.1 beschrieben, umfasste die Entwicklung der Emissionsszenarien einerseits die Integration der Aktivitätsraten aus PSZ VI mit Hilfe von Kompilationen bei Quellgruppen und Energieträgern (vgl. Tabelle 3-3) und andererseits eine Dynamisierung von Emissionsfaktoren wie sie im PAREST-Vorhaben für die Jahre 2015 und 2020 im Referenzfall modelliert wurden.

Zusätzlich wurden Änderungen bei denjenigen Emissionsfaktoren vorgenommen, welche im PAREST-Vorhaben von zusätzlichen Minderungsmaßnahmen betroffen waren, die inzwischen jedoch vollzogen wurden (vgl. Tabelle 3-4) und daher in LUFT 2030 in den Referenzfall integriert wurden.

Die folgende Tabelle zeigt die vier Szenarien für die stationären Feuerungen und ihre zugrundeliegenden Datenbasen:

Tabelle 3-9: Übersicht der Szenarien für stationären Feuerungen

Szenarienbezeichnung	Aktivitätsraten	Emissionsfaktoren
SF-APS	APS aus PSz VI	EF Dynamik lt. PAREST Referenzfall EF Minderung lt. PAREST Maßnahmen die inzwischen in Kraft sind (Tabelle 3-4)
SF-EWS	EWS aus PSz VI	EF Dynamik lt. PAREST Referenzfall EF Minderung lt. PAREST Maßnahmen die inzwischen in Kraft sind (Tabelle 3-4)
SF-APS+	APS aus PSz VI	EF Minderung lt. PAREST Maßnahmen mit maximaler Reduktionswirkung (Tabelle 3-5)
SF-EWS+	EWS aus PSz VI	EF Minderung lt. PAREST Maßnahmen mit maximaler Reduktionswirkung (Tabelle 3-5)

3.3.3.1 Feuerungsemissionen im APS-Szenario

Die folgende Tabelle stellt die Emissionen aus den stationären Feuerungen im APS-Szenario dar:

Tabelle 3-10: Übersicht der Emissionen im SF-APS-Szenario

SF-APS [EM in kt]					
Schadstoff	Quellgruppe	2015	2020	2025	2030
SO ₂	1 A 1	208,97	176,56	169,96	135,50
	1 A 2	34,14	31,31	32,37	31,55
	1 A 3	0,01	0,01	0,01	0,01
	1 A 4	61,43	52,23	46,19	40,38
	1 A 5	0,28	0,25	0,22	0,19
NO _x	1 A 1	285,14	258,41	248,47	209,78
	1 A 2	99,16	105,01	106,72	109,08
	1 A 3	2,14	2,14	2,14	2,14
	1 A 4	84,82	88,43	85,72	82,96
	1 A 5	6,57	6,07	5,37	4,62
NMVOC	1 A 1	14,90	15,41	15,30	13,93
	1 A 2	10,91	12,22	12,50	12,79
	1 A 3	0,00	0,00	0,00	0,00
	1 A 4	47,53	49,54	53,20	56,82
	1 A 5	2,82	2,61	2,29	1,95
NH ₃	1 A 1	2,66	2,44	2,32	2,09
	1 A 2	1,39	1,46	1,52	1,60
	1 A 3	0,00	0,00	0,00	0,00
	1 A 4	2,33	2,16	1,93	1,70
	1 A 5	0,03	0,03	0,03	0,02
PM 2,5	1 A 1	9,24	8,41	8,21	6,81
	1 A 2	7,56	8,56	8,82	9,06
	1 A 3	0,01	0,01	0,01	0,01
	1 A 4	27,47	21,82	23,25	24,68
	1 A 5	0,14	0,13	0,12	0,11
PM 10	1 A 1	10,46	9,53	9,30	7,73
	1 A 2	8,51	9,63	9,93	10,19
	1 A 3	0,01	0,01	0,01	0,01
	1 A 4	29,76	23,64	25,18	26,71
	1 A 5	0,14	0,13	0,12	0,11

3.3.3.2 Feuerungsemissionen im EWS-Szenario

Die folgende Tabelle stellt die Emissionen aus den stationären Feuerungen im EWS-Szenario dar:

Tabelle 3-11: Übersicht der Emissionen im SF-EWS-Szenario

SF EWS [EM in kt]					
Schadstoff	Quellgruppe	2015	2020	2025	2030
SO ₂	1 A 1	189,12	141,41	117,73	79,43
	1 A 2	30,20	25,60	22,98	19,24
	1 A 3	0,01	0,01	0,01	0,01
	1 A 4	57,31	42,68	29,02	15,82
	1 A 5	0,26	0,21	0,14	0,08
NO _x	1 A 1	266,13	224,98	199,22	156,63
	1 A 2	97,88	102,84	102,23	101,29
	1 A 3	2.461	2.381	2.127	1.834
	1 A 4	63,38	57,59	52,98	48,37
	1 A 5	6,48	5,82	4,88	3,96
NMVOC	1 A 1	14,00	13,97	12,99	11,01
	1 A 2	10,97	12,32	12,39	12,16
	1 A 3	0,00	0,00	0,00	0,00
	1 A 4	48,95	53,27	59,79	66,13
	1 A 5	2,79	2,51	2,10	1,69
NH ₃	1 A 1	2,58	2,24	1,99	1,70
	1 A 2	1,37	1,42	1,43	1,45
	1 A 3	0,00	0,00	0,00	0,00
	1 A 4	2,05	1,61	1,07	0,55
	1 A 5	0,03	0,03	0,02	0,02
PM 2,5	1 A 1	8,41	7,01	6,13	4,56
	1 A 2	7,60	8,64	8,74	8,54
	1 A 3	0,01	0,01	0,01	0,01
	1 A 4	28,65	23,59	26,14	28,62
	1 A 5	0,14	0,13	0,11	0,10
PM 10	1 A 1	9,47	7,89	6,91	5,15
	1 A 2	8,56	9,73	9,84	9,62
	1 A 3	0,01	0,01	0,01	0,01
	1 A 4	31,06	25,58	28,34	31,01
	1 A 5	0,14	0,13	0,11	0,10

3.3.3.3 Feuerungsemissionen im SF-APS+-Szenario

Das Szenario SF-APS+ setzt sich zusammen aus den Aktivitätsraten gemäß dem SF-APS-Szenario. Für die Emissionsfaktoren wurde ein anderes Szenario genutzt. Dabei wurden all diejenigen Minderungsmaßnahmen aus dem PAREST-Vorhaben berücksichtigt, welche einerseits den höchsten Minderungseffekt besitzen und andererseits noch nicht in Kraft gesetzt sind (vgl.: Tabelle 3-5).

Die folgende Tabelle stellt die Emissionen aus den stationären Feuerungen im SF-APS+-Szenario dar:

Tabelle 3-12: Übersicht der Emissionen im SF-APS+-Szenario

SF APS+ [EM in kt]					
Schadstoff	Quellgruppe	2015	2020	2025	2030
SO ₂	1 A 1	200,49	131,20	128,78	107,09
	1 A 2	33,52	28,49	29,65	29,79
	1 A 3	0,01	0,01	0,01	0,01
	1 A 4	61,43	52,23	46,19	40,38
	1 A 5	0,28	0,25	0,22	0,19
NO _x	1 A 1	283,71	242,92	233,44	195,00
	1 A 2	101,04	101,80	103,81	104,59
	1 A 3	1,07	0,38	0,38	0,38
	1 A 4	82,33	81,83	79,74	77,62
	1 A 5	6,56	6,06	5,35	4,61
NMVOC	1 A 1	14,90	15,41	15,30	13,93
	1 A 2	10,91	12,22	12,50	12,79
	1 A 3	4	4	4	4
	1 A 4	47,53	49,54	53,20	56,82
	1 A 5	2,82	2,61	2,29	1,95
NH ₃	1 A 1	2,66	2,44	2,32	2,09
	1 A 2	1,39	1,46	1,52	1,60
	1 A 3	0,00	0,00	0,00	0,00
	1 A 4	2,33	2,16	1,93	1,70
	1 A 5	0,03	0,03	0,03	0,02
PM 2,5	1 A 1	9,24	6,50	6,41	5,62
	1 A 2	7,53	8,48	8,75	9,01
	1 A 3	0,01	0,01	0,01	0,01
	1 A 4	27,47	21,82	23,25	24,68
	1 A 5	10,45	7,31	7,20	6,34
PM 10	1 A 1	8,48	9,55	9,85	10,14
	1 A 2	8,48	9,55	9,85	10,14
	1 A 3	0,01	0,01	0,01	0,01
	1 A 4	29,76	23,64	25,18	26,71
	1 A 5	0,14	0,13	0,12	0,11

3.3.3.4 Feuerungsemissionen im SF-EWS+-Szenario

Das Szenario SF-EWS+ setzt sich zusammen aus dem Aktivitätsraten gemäß EWS-Szenario. Für die Emissionsfaktoren wurde ein anderes Szenario genutzt. Dabei wurden all diejenigen Minderungsmaßnahmen aus dem PAREST Vorhaben berücksichtigt, welche einerseits den höchsten Minderungseffekt besitzen und andererseits noch nicht in Kraft gesetzt sind (vgl.: Tabelle 3-5).

Im Vergleich zum APS+-Szenario sind also andere Aktivitätsraten genutzt worden (EWS-AR aus PSZVI) während die Emissionsfaktoren mit denen im APS+-Szenario identisch sind. Das EWS+-Szenario stellt also ein Minimalszenario mit den insgesamt geringsten Emissionen dar. Die folgende Tabelle stellt die Emissionen aus den stationären Feuerungen im SF-EWS+-Szenario dar:

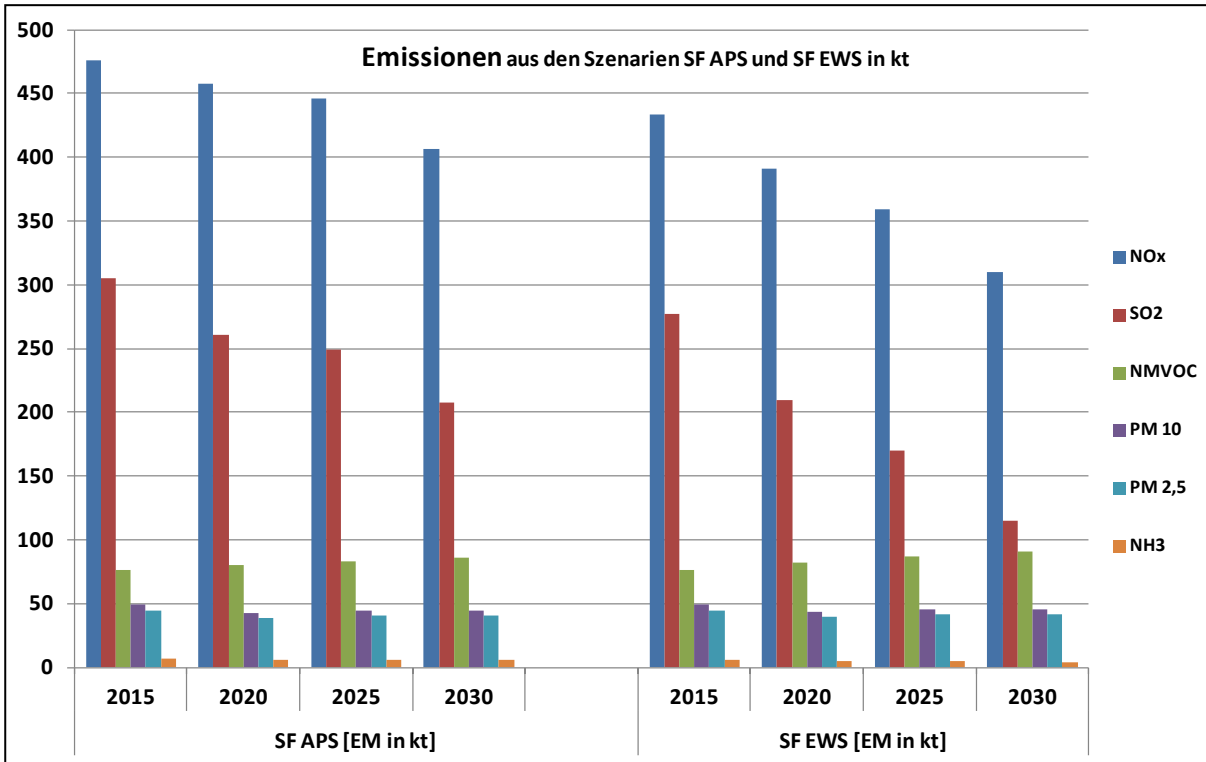
Tabelle 3-13: Übersicht der Emissionen im SF-EWS+-Szenario

SF-EWS+ [EM in kt]					
Schadstoff	Quellgruppe	2015	2020	2025	2030
SO ₂	1 A 1	180,84	105,13	89,25	63,13
	1 A 2	29,73	23,63	21,35	18,32
	1 A 3	0,01	0,01	0,01	0,01
	1 A 4	57,32	42,68	29,03	15,82
	1 A 5	0,26	0,21	0,14	0,08
NO _x	1 A 1	264,83	209,62	184,68	142,87
	1 A 2	98,58	97,98	97,39	95,65
	1 A 3	1,23	0,42	0,38	0,32
	1 A 4	61,38	54,31	50,96	47,57
	1 A 5	6,47	5,81	4,87	3,96
NMVOC	1 A 1	14,00	13,97	12,99	11,01
	1 A 2	10,97	12,32	12,39	12,16
	1 A 3	0,00	0,00	0,00	0,00
	1 A 4	48,96	53,28	59,80	66,14
	1 A 5	2,79	2,51	2,10	1,69
NH ₃	1 A 1	2,58	2,24	1,99	1,70
	1 A 2	1,37	1,42	1,43	1,45
	1 A 3	0,00	0,00	0,00	0,00
	1 A 4	2,06	1,61	1,08	0,55
	1 A 5	0,03	0,03	0,02	0,02
PM 2,5	1 A 1	8,41	5,62	5,00	3,92
	1 A 2	7,58	8,59	8,70	8,52
	1 A 3	0,01	0,01	0,01	0,01
	1 A 4	28,65	23,60	26,14	28,62
	1 A 5	0,14	0,13	0,11	0,10
PM 10	1 A 1	9,47	6,29	5,60	4,40
	1 A 2	8,53	9,67	9,79	9,59
	1 A 3	0,01	0,01	0,01	0,01
	1 A 4	31,06	25,58	28,34	31,01
	1 A 5	0,14	0,13	0,11	0,10

3.3.3.5 Vergleich der Emissionsszenarien für stationäre Feuerungsanlagen

Die folgende Abbildung stellt die Emissionen aus stationären Feuerungsanlagen gemäß den Szenarien SF-APS und SF-EWS grafisch gegenüber:

Abbildung 3-1: Emissionen aus SF-APS und SF-EWS



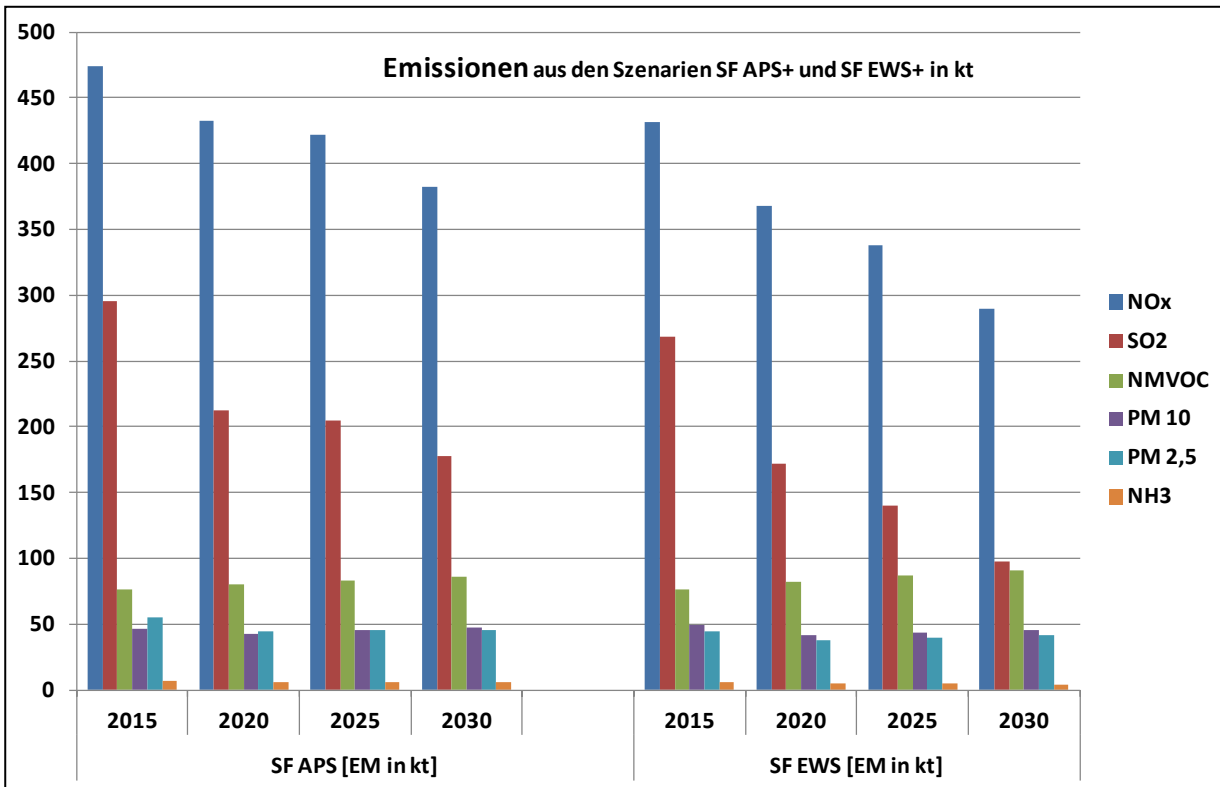
Die folgende Tabelle zeigt die Differenz zwischen den Szenarien SF-APS und SF-EWS

Tabelle 3-14: Differenz zwischen den Szenarien SF-APS und SF-EWS

Differenz der Szenarien SF EWS - SF APS [EM in kt]				
	2015	2020	2025	2030
NO _x	-41,82	-66,70	-86,96	-96,19
SO ₂	-27,93	-50,46	-78,87	-93,05
NMVOC	0,54	2,28	3,98	5,50
PM 10	0,36	0,39	0,66	1,13
PM 2,5	0,40	0,45	0,72	1,16
NH ₃	-0,37	-0,79	-1,27	-1,70

Die folgende Abbildung stellt die Emissionen aus stationären Feuerungsanlagen gemäß der Szenarien SF-APS+ und SF-EWS+ grafisch gegenüber:

Abbildung 3-2: Emissionen aus SF-APS+ und SF-EWS+



Die folgende Tabelle zeigt die Differenz zwischen den Szenarien SF-APS+ und SF-EWS+

Tabelle 3-15: Differenz zwischen den Szenarien SF-APS+ und-SF EWS+

Differenz SF-EWS+ und SF-APS+ [EM in kt]				
	2015	2020	2025	2030
NO _x	-42,37	-64,88	-84,44	-91,79
SO ₂	-27,58	-40,51	-65,08	-80,09
NMVOC	0,55	2,29	3,98	5,51
PM 10	2,33	-1,19	-1,16	-2,00
PM 2,5	-9,92	-6,19	-5,65	-4,50
NH ₃	-0,37	-0,79	-1,27	-1,70

3.4 Szenarien für Verkehr und Mobile Maschinen

Der ZSE-Sektor Verkehr umfasst alle Verkehrsmittel des motorisierten Personen- und Güterverkehrs auf den Verkehrsträgern Straße, Schiene, Binnenwasserstraßen und Luft. Außerdem werden in diesem Kapitel mobile Arbeitsmaschinen in den Bereichen Bau-, Land- und Forstwirtschaft, im Hobby- und Gartenbereich sowie Sport- und Fahrgastschiffe betrachtet, die im ZSE Teil anderer Sektoren sind bzw. teilweise auch gar nicht enthalten sind.

Abgrenzungsprinzipien für Emissionen aus dem Verkehr

Verkehrsaktivitäten und damit verbundene Energieverbräuche und Umweltwirkungen können nach verschiedenen Methoden abgegrenzt und einem Land zugerechnet werden. Wesentliche Abgrenzungsprinzipien sind (vgl. auch [Öko-Institut 2011]):

- Das *Inländerprinzip* bezieht sich ausschließlich auf den Verkehr der Einwohner Deutschlands, unabhängig davon, ob diese Fahrten im Inland oder im Ausland durchführen.
- Das *Inlandsprinzip* erfasst gebietsbezogen alle Verkehre und deren Energieverbräuche innerhalb eines Landes, unabhängig davon, durch wen die Fahrten erfolgen.
- Mit dem *Energiebilanzprinzip* werden alle Verkehre erfasst, die mit den laut Energiestatistik in Deutschland abgesetzten Energiemengen erfolgen. Würde der in Deutschland getankte Kraftstoff vollständig innerhalb der Landesgrenzen verfahren und gleichzeitig kein Kraftstoff von außerhalb verwendet, wäre der Verbrauch nach Energiebilanz identisch zum Inlandsverbrauch. In der Realität kommt es aber im grenzüberschreitenden Verkehr durch die Kraftstoffmengen in den Fahrzeugtanks zu einem Kraftstoff-„Import“ bzw. -„Export“ und somit zu Unterschieden des statistischen Energieverbrauchs vom Inlandsverbrauch. Signifikant sind v.a. die Abweichungen beim Dieserverbrauch im Straßen- und Binnenschiffverkehr (vgl. [IFEU 2012, S. 19-22]).

Im Projekt „LUFT 2030“ wurden Emissionsszenarien nach Inlands- und Energiebilanzprinzip berechnet:

- nach dem Energiebilanzprinzip, wie es für die internationale Emissionsberichterstattung und auch zur Überprüfung der Einhaltung der NEC-Richtlinie benutzt wird
- Die Emissionen des Inlandsprinzips werden für die räumliche Verteilung und die Ausbreitungsrechnungen benutzt. Dabei werden auch zusätzliche Emissionsquellen (u.a. Emissionen aus der Wiederaufwirbelung) einbezogen, die nicht Bestandteil der nationalen Emissionsinventare, aber für die Luftqualität relevant sind.

3.4.1 Modellinstrumentarium für Verkehr und mobile Maschinen

3.4.1.1 Das Modell TREMOD

Die nationalen Emissionen des Verkehrs werden in Deutschland mit dem Emissionsmodell TREMOD (Transport Emission Model) des Umweltbundesamtes berechnet. Grundlagen der Emissionsberechnungen für alle Verkehrsträger in TREMOD sind umfangreiche nationale und internationale Datenquellen zu den Aktivitätsdaten (Fahrzeugbestände, Fahr- & Verkehrsleistungen, Kraftstoffabsatz) und spezifischen Verbrauchs- und Emissionsfaktoren. TREMOD ist eng verknüpft mit dem „Handbuch Emissionsfaktoren für den Straßenverkehr“ (HBEFA, Version 3.1), welches die komplexe europaweite Datenbasis der Emissionsmessungen aufbereitet und repräsentative Emissionsfaktoren für alle Fahrzeugkategorien sowohl in hoher Auflösung für rele-

vante Fahrzeugschichten und Verkehrssituationen als auch aggregiert (z.B. mittlerer Emissionsfaktor für Pkw in Deutschland im Jahr 2010) bereit stellt [INFRAS 2010].

TREMOD berechnet die Emissionen des Verkehrs aufgrund detaillierter Informationen zu den Verkehrsaktivitäten und dem Emissionsverhalten der einzelnen Verkehrsträger. Grundsätzlich werden Ergebnisse in zwei methodischen Abgrenzungen produziert:

- Energieverbrauch und Emissionen im Inland: Die Inlandsemissionen werden grundsätzlich Bottom-Up auf Basis der im Inland erbrachten Fahr- und Verkehrsleistungen berechnet.
- Energieverbrauch und Emissionen für die Emissionsberichterstattung: Die Emissionen für die nationale Emissionsberichterstattung (z.B. nationaler Treibhausgasinventarbericht) werden für den Sektor „Verkehr“, analog zu den anderen Sektoren, auf Basis des inländischen Kraftstoffabsatzes bzw. Stromverbrauchs berechnet. Die hierfür relevante Größe ist der in den Energiebilanzen aufgeführte Endenergieverbrauch des Sektors „Verkehr“. Der Gesamtenergieverbrauch nach Energiebilanz wird auf die Fahrzeugkategorien sowie weitere Unterteilungen entsprechend der UBA-Emissionsdatenbank (ZSE) mit Hilfe von Korrekturfaktoren auf Basis der differenzierten Inlandsberechnung herunter gebrochen (=Top-Down-Berechnung). Anschließend werden mit den jeweiligen Emissionsfaktoren nationale Emissionsangaben in ZSE-Differenzierung, d.h. nach Energiebilanzprinzip, berechnet (Details s. [IFEU 2012]).

Je nach Berechnungsart (Abgrenzung) sind unterschiedliche Aktivitätsraten relevant, die mit den entsprechenden Emissionsfaktoren verknüpft werden. Für die Differenzierung des Verkehrs in Teilergebnisse (z.B. beim Straßenverkehr: Emissionen je Fahrzeugschicht oder Straßenkategorie) werden weitere Kennzahlen benötigt. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über Aktivitätsraten, Emissionsfaktoren und die für die weitere Differenzierung benötigten Kennzahlen.

Tabelle 3-16: Übersicht Berechnungsarten und relevante Kenngrößen

Sektor/Parameter	Verkehr im Inland	Verkehr im nationalen Inventarbericht
Straßenverkehr		
Aktivitätsrate	Gesamtfahrleistungen pro Bezugsjahr	Kraftstoffabsatz lt. Energiebilanz
Emissionsfaktor	Masse der Abgasemission je Kilometer	Masse der Abgasemission je MJ Kraftstoff
Weitere Kennzahlen	Bestandsverteilung nach emissionsrelevanten Fahrzeugschichten, spezifische Fahrleistungen der Fahrzeugschichten, Abstellvorgänge, Fahrtweitenverteilungen, Aufteilung der Fahrleistungen nach Straßenkategorien und Verkehrssituationen, spezifischer Energieverbrauch je Fahrzeug-km u.a.	
Schieneverkehr		
Aktivitätsrate	Kraftstoffverbrauch der Eisenbahnunternehmen	Kraftstoffabsatz lt. Energiebilanz
Emissionsfaktor	Masse der Abgasemission je MJ Kraftstoff	Masse der Abgasemission je MJ Kraftstoff
Weitere Kennzahlen	Anteil Dieseltraktion an der Betriebsleistung, spezifischer Energieverbrauch je Betriebsleistungskilometer u.a.	
Binnenschifffahrt		
Aktivitätsrate	Verkehrsleistung (Tonnen-km)	Kraftstoffabsatz lt. Energiebilanz
Emissionsfaktor	Masse der Abgasemission je MJ Kraftstoff	Masse der Abgasemission je MJ Kraftstoff
Weitere Kennzahlen	Spezifischer Energieverbrauch je Tonnen-km	-

Sektor/Parameter	Verkehr im Inland	Verkehr im nationalen Inventarbericht
Flugverkehr		
Aktivitätsrate	Anzahl Starts Flugentfernung	Kraftstoffabsatz lt. Energiebilanz Anteil nationaler Verkehr nach Eurocontrol
Emissionsfaktor	Masse der Abgasemissionen je MJ Kraftstoff (differenziert)	Masse der Abgasemissionen je MJ Kraftstoff (aggregiert, gewichtet)
Weitere Kennzahlen	Spezifischer Energieverbrauch - je Start-/Landezyklus (LTO) - je Flugzeug-km (Reiseflug)	

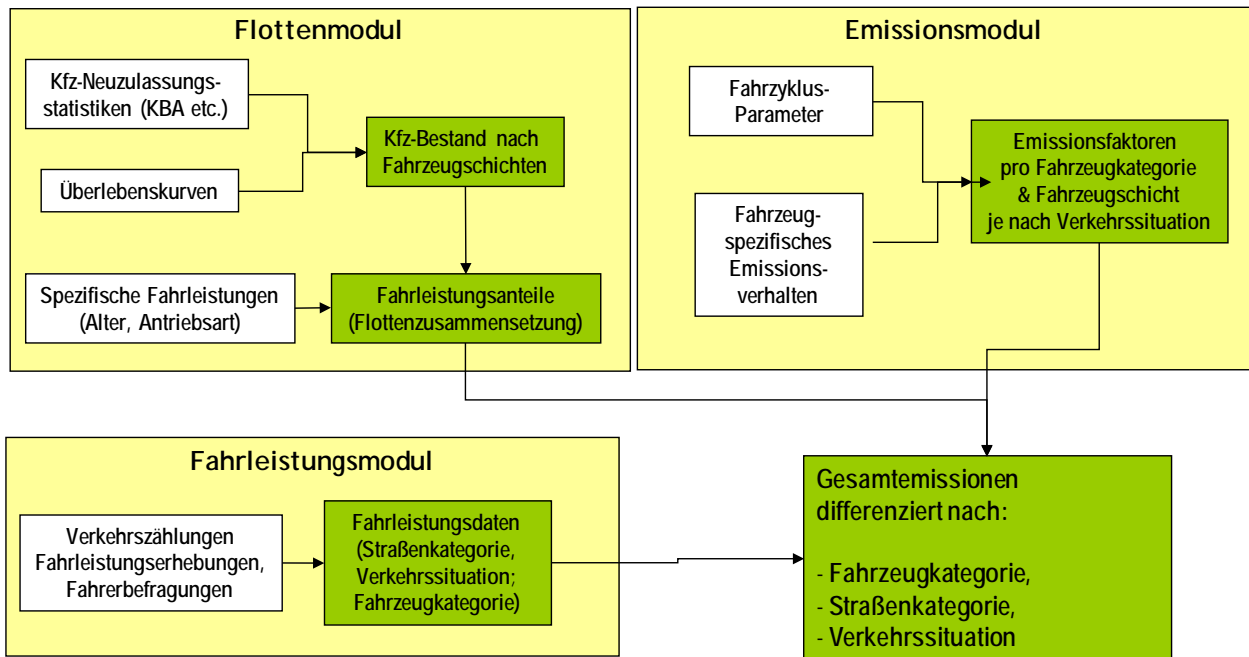
Die Berechnung der Emissionen unterscheidet sich im Differenzierungsgrad und in der grundsätzlichen Methodik zwischen den Verkehrsträgern. Während beim Straßenverkehr differenzierte und auf umfangreichen Untersuchungen beruhende Emissionsfaktoren, bezogen auf die Verkehrsaktivität, verwendet werden, sind es beim Schienenverkehr und der Binnenschifffahrt kraftstoffbezogene Emissionsfaktoren, die aus Emissionsmessungen der Motoren abgeleitet werden.

Beispielhaft ist in der folgenden Abbildung der Berechnungsablauf für den Straßenverkehr dargestellt. Das Berechnungsschema besteht aus folgenden Elementen:

- **Flottenmodul:** Der differenzierte Fahrzeugbestand aus der KBA-Statistik (Realbestand) oder der mittels eines Umschichtungsmodells aus Neuzulassungen und Überlebenskurven berechnete Bestand (Szenarien) wird mit Kennzahlen zur mittleren Fahrleistung der verschiedenen Fahrzeugschichten verknüpft. Man erhält so eine differenzierte jährliche Fahrleistungsverteilung der Fahrzeugflotte für jede Fahrzeugkategorie.
- **Fahrleistungsmodul:** Die jährlichen Gesamtfahrleistungen je Fahrzeugkategorie werden mit geeigneten empirischen Informationen oder Annahmen auf die Straßenkategorien herunter gebrochen und innerhalb jeder Straßenkategorie weiter auf die Verkehrssituationen, für die die Emissionsfaktoren vorliegen.
- **Emissionsmodul:** Im Emissionsmodul werden die Emissionsfaktoren aus dem HBEFA so aufbereitet, dass sie mit den differenzierten Fahrleistungen aus dem Fahrleistungsmodul und Fahrleistungsanteilen der Flotte aus dem Flottenmodul verknüpft werden können.

Durch Verknüpfung aller Informationen ergeben sich die jährlichen Gesamtemissionen sowohl aggregiert als auch in hoher Differenzierung.

Abbildung 3-3: Berechnungsschema "Straßenverkehr" in TREMOD



3.4.1.2 Das Modell TREMOD MM (Mobile Machinery)

Im Rahmen des UBA-Projektes „Entwicklung eines Modells zur Berechnung der Luftschadstoffemissionen und des Kraftstoffverbrauchs von Verbrennungsmotoren in mobilen Geräten und Maschinen“¹⁶, wurde von IFEU das Modell „TREMOD MM“ (TREMOD Mobile Machinery) entwickelt und im Jahr 2009 umfassend aktualisiert [IFEU 2004, IFEU 2009]. Mit diesem Modell können detaillierte Berechnungen der Emissionen von mobilen Geräten und Maschinen in Deutschland für den Zeitraum 1980-2020 durchgeführt werden.

Unter Mobile Maschinen fallen Maschinen und Geräte der Sektoren Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Bauwirtschaft und Industrie, die Fahrgast- und Freizeitschiffahrt sowie Geräte im Hobby- und Gartenbereich. Innerhalb der Teilsektoren erfolgt in TREMOD MM eine Untergliederung in einzelne Schichten, die nach Maschinentyp, Kraftstoffart, Motorleistung, Alter und Emissionsstandard differenzieren. Für jede Schicht wird ein spezifisches Nutzungs- und Emissionsverhalten berücksichtigt. Somit ist es möglich, die Emissionen für verschiedene Szenarien in hohem Detaillierungsgrad zu berechnen. Neben direkten Abgasemissionen werden in TREMOD MM auch Emissionen durch Betankungs- und Verdunstungsverluste berechnet.

Eine umfassende Aktualisierung des Modells TREMOD MM wird derzeit in einem Vorhaben des Umweltbundesamtes bis zum Herbst 2013 vorgenommen, wobei insbesondere für den Sektor Bauwirtschaft die Datenlage entscheidend verbessert werden soll. Zudem wird der mögliche Betrachtungszeitraum für Szenarien bis zum Jahr 2030 erweitert.

Methodik

Berechnungsgrundlage von TREMOD MM ist ein Bottom-up-Ansatz gemäß der sogenannten Bestandsmethode mit nachstehender Formel:

$$E_A = Anz \times P \times Z \times LF \times EF$$

¹⁶ UFOPLAN 299 45 113

wobei:

- EA Abgas Emissionen einer Schicht (z.B. Traktoren, Diesel, 37-75 kW; Baujahr 1990) im Bezugsjahr
- Anz Anzahl/Bestand von Geräten/Maschinen/Fahrzeugen
- P Mittlere Nennleistung (für diese Schicht)
- Z Zahl der spezifischen Betriebsstunden pro Jahr
- LF typischer mittlerer Lastfaktor (<1)
- EF Emissionsfaktor (g/kWh)

Die Emissionsberechnung gemäß Bestandsmethode erfolgt gesondert für jede einzelne Schicht, was zur Folge hat, dass sehr differenzierte Eingangsdaten benötigt werden. Die wichtigsten Datenquellen werden im folgenden Absatz aufgezeigt, eine ausführlichere Beschreibung kann den Endberichten zu TREMOD-MM [IFEU 2004, 2009] entnommen werden.

Datenquellen

Die Datengrundlagen für das Modell leiten sich aus verschiedenen Quellen ab: Bestandsdaten liegen z.B. über Erhebungen des KBA (landwirtschaftliche Zugmaschinen) und der statistischen Jahrbücher (Baumaschinen) vor. Weitere Bestände, speziell im Garten- und Hobbybereich, mussten auf Basis von Verkaufszahlen und mittleren Lebenszeiten abgeschätzt werden.

Soweit keine Bestandsdaten für bestimmte Bezugsjahre vorlagen, wurden die zuletzt erhobenen Daten auf Basis von Neuzulassungsdaten oder auslaufender Trends fortgeschrieben. Nutzungsstunden wurden beispielsweise über Daten von Gebrauchtbörsen ermittelt. Weitere Eingangsdaten, darunter vor allem Lastfaktoren, Alters- und kW-Klassenverteilungen wurden aus Literaturangaben verwandter Modelle der Schweiz [BAFU 2008] sowie den USA¹⁷ zusammengestellt oder mittels Expertenbefragungen ergänzt, sofern keine statistischen Erhebungen verfügbar waren.

Für Emissionsfaktoren bis zur Euro-Stufe II (Grenzwertstufe nach Richtlinie 97/68/EC) konnte auf einen Pool aus umfangreichen Messdaten zurückgegriffen werden. Emissionsfaktoren ab Stufe IIIA, also für neuere Geräte, wurden auf Basis der Grenzwertgesetzgebung und Expertenbefragungen abgeleitet. Neben den hieraus ermittelten Basis-Emissionsfaktoren berücksichtigt das Modell altersabhängige Verschlechterungsfaktoren sowie transiente Anpassungsfaktoren, die das Emissionsverhalten im realen Betrieb abbilden sollen.

3.4.1.3 Abrieb und Aufwirbelung aus dem Straßenverkehr

Neben PM-Emissionen aus dem Auspuff ist der Straßenverkehr auch für PM-Emissionen aus Reifen-, Bremsen- und Straßenabrieb sowie für die Wiederaufwirbelung von Straßenstaub verantwortlich. Die Abriebemissionen werden mit Hilfe der Fahrleistungen aus TREMOD und zeitlich konstanter Emissionsfaktoren aus dem ZSE berechnet, die nach verschiedenen Fahrzeugtypen sowie den PM-Fraktionen PM_{2,5} und PM₁₀ differenziert sind.

Die Wiederaufwirbelung wird international nicht berichtet und deshalb im Energiebilanzprinzip nicht berechnet. Im Inlandsprinzip werden Aufwirbelungsemissionen für PM_{2,5} und PM₁₀ berech-

¹⁷ Weitere Informationen zum NONROAD-Modell der US EPA unter: <http://www.epa.gov/otaq/nonrdmdl.htm>

net. Dazu werden – differenziert nach Fahrzeugtypen – die Fahrleistungen mit Emissionsfaktoren multipliziert, die in PAREST [Bultjes et al. 2010] auf der Basis von [TNO 2009] entwickelt worden sind.

3.4.1.4 Internationaler Schiffsverkehr

Anders als die Binnenschifffahrt wird der internationale Schiffsverkehr in der internationalen Emissionsberichterstattung nicht in nationale Emissionsmengen eingerechnet, sondern unter “international Bunkers” bilanziert, unabhängig davon, wo die Emissionen stattfinden. Für Analysen der Immissionssituation in Deutschland werden jedoch auch Angaben zu den Emissionen des internationalen Schiffsverkehrs auf Binnenwasserstraßen benötigt, da sie lokal an ausgewählten Wasserstraßen nennenswert zur Luftbelastung beitragen können. Hierzu wurde bereits im vorangegangenen Vorhaben PAREST der internationale Schiffsverkehr auf Binnenwasserstraßen bilanziert (vgl. [UBA 2012 S. 22f]. Im laufenden Vorhaben „Luft 2030“ wurden im Inlandsprinzip Aktivitätsraten und Emissionsfaktoren internationaler Binnenschiffe direkt aus PAREST übernommen und konstant bis 2030 fortgeschrieben.

3.4.2 Emissionen aus Verkehr und Mobilien Maschinen in den Basisjahren 2005 und 2010

3.4.2.1 Straßen-, Schienen-, Wasser- und Luftverkehr

Für LUFT 2030 wurden Aktivitätsraten und nationale Emissionen der Luftschadstoffe SO_2 , NO_x , NMVOC, NH_3 sowie Abgaspartikel (Teil von PM_{10} und $\text{PM}_{2,5}$) aus dem nationalen Verkehr benötigt. Ergänzend wurden Partikelemissionen durch Abrieb und Aufwirbelung aus dem Straßenverkehr benötigt sowie Emissionen von internationalen Seeschiffen auf Binnenwasserstraßen. Emissionen aus Aufwirbelung sowie Emissionen internationaler Seeschiffe sind wichtige Einflussgrößen in den räumlich aufgelösten Immissionsszenarien, sie wurden nach dem Inlandsprinzip berechnet. Alle anderen Emissionen aus dem Verkehr wurden sowohl nach dem Inlandsprinzip als auch nach dem Energiebilanzprinzip ermittelt, da sie für die Immissionsszenarien ebenso wie für emissionsbezogene nationale Fragestellungen (z.B. NEC-Weiterentwicklung) relevant sind.

Abgasbedingte Emissionen

Emissionsdatensätze für abgasbedingte Emissionen aus dem nationalen Verkehr für die Jahre 2005 und 2010 wurden mit dem Modell TREMOD ermittelt, welches Grundlage für die nationale Emissionsberichterstattung der Bundesregierung ist und in Kap. 3.4.1.1 näher beschrieben wird.

In TREMOD werden nationale Emissionsdaten nach folgendem Vorgehen ermittelt:

- *Inlandsprinzip*: Mit einer Bottom-up-Berechnung werden anhand der Fahrleistungen der Verkehrsmittel und entsprechender Emissionsfaktoren Energieverbräuche sowie Emissionen von Treibhausgasen und Luftschadstoffen für den Verkehr in Deutschland berechnet. Die Berechnung berücksichtigt dabei die wesentlichen emissionsrelevanten Einflüsse der Fahrzeuge (fahrleistungsgewichtete Flottenzusammensetzung nach Fahrzeuggruppen mit unterschiedlichem Emissionsverhalten) sowie Anteile verschiedener Verkehrssituationen an der Fahrleistung.
- *Energiebilanzprinzip*: Anders als im stationären Bereich ist im Verkehr der Ort des Verbrauchs nicht identisch mit dem Ort der Energieaufnahme. Außerdem treten zeitliche Differenzen auf, z.B. wenn zum Jahresende aufgrund angekündigter Preissteigerungen die Fahrzeugtanks gefüllt werden. Daher kommt es zu Differenzen zwischen den Absatzzahlen nach der Energiebilanz und der im Inland verbrauchten Energie (vgl. Erläu-

terungen in Kap. 3.4.1.1). Da für die nationale Emissionsberichterstattung das Energie- und Treibhausgasinventar nach den Absatzzahlen der Energiebilanz bestimmt wird, werden für diesen Zweck die Inlandsergebnisse von TREMOD an die Absatzzahlen der Energiebilanz angepasst.

Die aus TREMOD nach dem Energiebilanzprinzip ermittelten Emissionsdaten decken sich im Wesentlichen mit den Angaben in der ZSE Submission 2012, da die ZSE-Daten überwiegend direkt aus TREMOD übernommen werden. Folgende Abweichungen sind zu beachten:

- In den vergangenen Jahren haben Emissionsmessungen gezeigt, dass auch moderne Otto-Kfz relevante Mengen an Abgaspartikeln emittieren. Diese aktuellen Erkenntnisse sind in TREMOD bereits implementiert. In der ZSE-Submission 2012 sind noch keine Partikelemissionen von Otto-Kfz enthalten, werden jedoch ab der Submission 2013 aufgenommen.
- Emissionen aus dem Flugverkehr werden in der nationalen Emissionsberichterstattung über den Kraftstoffabsatz nationaler Flüge ermittelt. Die ZSE-Emissionsdaten zum nationalen Flugverkehr werden derzeit außerhalb von TREMOD ermittelt und decken sich nicht mit den TREMOD-Werten. Für eine bestmögliche Kompatibilität mit dem ZSE 2012 wurden daher in den Emissionsdatensätzen nach dem Energiebilanzprinzip die Angaben zum Flugverkehr direkt aus dem ZSE übernommen. Beim Inlandsprinzip sind dagegen Angaben zu den bodennahen Emissionen des Flugverkehrs unabhängig von seiner Herkunft erforderlich. Deshalb wurden hier Emissionen von nationalen und internationalen Flügen während der Start- und Landephase (LTO, bis 914m Höhe) auf Flughäfen in Deutschland einbezogen, nicht jedoch die Emissionen in Reiseflughöhe (Cruise).

Die Emissionen aus Abrieb und Aufwirbelung aus dem Straßenverkehr sowie aus dem internationalen Schiffsverkehr auf Binnenwasserstraßen wurden wie in den Kapiteln 3.4.1.3 und 3.4.1.4 beschrieben berechnet.

3.4.2.2 Mobile Maschinen

Aktivitätsraten und nationale Emissionen der Luftschadstoffe SO₂, NO_x, NMVOC, NH₃ sowie Abgaspartikel (als Teil von PM₁₀ und PM_{2,5}) aus mobilen Maschinen wurden für die Jahre 2005 und 2010 nach dem Inlandsprinzip mit dem Modell TREMOD MM, Version 2.11 [IFEU 2010], berechnet (Modellerläuterung vgl. Kap. 3.4.1.2).

Eine Energiebilanzkorrektur (analog TREMOD) wird in TREMOD MM für mobile Maschinen nicht vorgenommen. Für LUFT 2030 benötigte Emissionsdatensätze von Mobilien Maschinen 2005 und 2010 nach dem Energiebilanzprinzip wurden daher direkt aus dem ZSE übernommen.

3.4.3 Modellierung zukünftiger Emissionen aus Verkehr und Mobilien Maschinen

Ausgehend von den Basisjahren 2005 und 2010 wurden zukünftige Emissionen aus dem Verkehr in 5-Jahres-Schritten bis zum Jahr 2030 modelliert. Dabei kam das gleiche Modellinstrumentarium zum Einsatz wie bei den Basisjahren (vgl. Kap. 3.4.1). Wie bereits bei den Basisjahren wurden zwei parallele Emissionsdatensätze nach dem Inlandsprinzip sowie dem Energiebilanzprinzip ermittelt.

Ziel der Emissionsszenarien ist die Abschätzung von Auswirkungen unterschiedlicher nationaler Klimaschutzstrategien auf Luftschadstoffemissionen und Luftqualität. Zentrale Grundlage der Szenarien im Verkehr sind daher analog zu den stationären Sektoren die Anfang 2013 vom

UBA veröffentlichten Politikszenerarien VI [Öko-Institut 2013] mit dem „Aktuelle-Politik-Szenario APS“ und dem „Energiewende-Szenario EWS“.

3.4.3.1 Verkehr und Mobile Maschinen in den Politikszenerarien VI

Die Modellierung des Verkehrs erfolgte in den Politikszenerarien VI mit dem Modell ASTRA von Fraunhofer ISI. Für die Modellierungen wurden verkehrliche & energetische Ausgangsdaten aus den Modellversionen TREMOD 5.1 (Stand 2010) und 5.24 (Stand 2011) sowie aus dem ZSE (Basisjahr 2009) übernommen. Fahr- und Verkehrsleistungen bis zum Jahr 2030 im APS entsprechen den Werten der verwendeten TREMOD-Version. Die Kfz-Flottenzusammensetzungen sowie die Effizienz der Fahrzeuge wurden als Basis ebenfalls aus TREMOD übernommen, jedoch wurden in den Modellierungen in Politikszenerarien VI verschiedene Anpassungen vorgenommen.

Hauptanpassungen im APS der Politikszenerarien VI gegenüber den zugrunde liegenden TREMOD-Versionen betreffen folgende Bereiche:

- In den Flotten von Pkw und leichten Nutzfahrzeugen gibt es zukünftig steigende Anteile von Elektrofahrzeugen (batterieelektrische und Plug-In-Hybrid-Fahrzeuge), die auf einem eigenen Modell von Fraunhofer ISI basieren (vgl. [UBA 2013, S. 87].
- Kraftstoffverbräuche von CNG und LPG¹⁸ im Verkehr wurden aus den vorhergehenden Politikszenerarien V [Öko-Institut 2009] entnommen. Anschließend wurden Anpassungen der aus TREMOD übernommenen Benzin- und Dieserverbräuche vorgenommen, wo in der für PSzVI verwendeten Version der Gasverbrauch im Kfz-Verkehr noch nicht gesondert ausgewiesen wird [UBA 2013, S. 85].
- Zusätzliche Maßnahmen im Flugverkehr führen zu einer Erhöhung der Energieeffizienz, haben jedoch in Summe keine Auswirkungen auf die Höhe der Verkehrsleistungen [UBA 2013, S. 79].

Änderungen im EWS der Politikszenerarien VI gegenüber APS sind:

- Zusätzliche Effizienzverbesserungen der Kraftfahrzeuge (Pkw, LNF, Lkw) führen zu einem verringerten Kraftstoffverbrauch im Straßenverkehr. Dabei werden keine Änderungen der Flottenzusammensetzungen (Benzin, Diesel, Elektro, ...) gegenüber dem APS angegeben.
- ÖPNV-fördernde Maßnahmen führen zu einer deutlichen Zunahme des Busverkehrs und zu einer Verlagerung von MIV¹⁹-Fahrten. Die MIV-Verringerung insgesamt ist gegenüber dem APS dennoch sehr gering, da die geringeren spezifischen Verbräuche im EWS und entsprechend verringerte Pkw-Kosten zu Rebound-Effekten (höhere Pkw-Nutzung) führen²⁰.

Mobile Maschinen werden in den Politikszenerarien VI nicht erläutert. Die einzigen Informationen im Bericht sind die Ergebnistabellen der sektorbezogenen Endenergieverbräuche. Dabei werden nur Verbräuche der Bauwirtschaft separat ausgewiesen. Andere Mobile Maschinen (Land- und Forstwirtschaft, Haushalts- und Gartengeräte) sind nur implizit in den Sektoren GHD bzw. private Haushalte enthalten.

¹⁸ LPG = Liquefied Petroleum Gas (Flüssiggas), CNG = Compressed Natural Gas

¹⁹ MIV = Motorisierter Individualverkehr (motorisierte Zweiräder und Pkw)

²⁰ Persönliche Mitteilung durch W. Schade (Fraunhofer ISI)

3.4.3.2 Emissionsszenarien für Straßen-, Schienen-, Wasser- und Luftverkehr

Die Politikszzenarien VI bauen hauptsächlich auf dem TREMOD-Basisszenario der Version 5.1 vom 26.03.2010 auf. In dieser Version (und damit in Politikszzenarien VI) liegen Realdaten nur bis zum Jahr 2009 zugrunde, die Jahre 2010-2030 sind Szenariendaten. Im Rahmen von LUFT 2030 wurden allerdings Realdaten bis zum Jahr 2010 zugrunde gelegt (abgestimmt mit der ZSE-Submission 2012). Infolgedessen gibt es beim Jahr 2010 leichte Abweichungen zwischen Politikszzenarien VI und LUFT 2030.

Die Szenarien APS und EWS aus Politikszzenarien VI wurden für LUFT 2030 mit der aktuellsten TREMOD-Version 5.32 (Stand 30.09.2012) nachmodelliert. Diese Version enthält für das Realjahr 2010 geringfügige Anpassungen gegenüber der ZSE-Submission 2011 (basierend auf TREMOD 5.24 von 2011). Sie berücksichtigt dafür jedoch zusätzlich Fahrzeuge mit CNG- und LPG-Betrieb sowie die neuesten Trends der technologischen Entwicklung bis 2011, was z.B. Relevanz für zukünftige Kfz-Flottenzusammensetzungen (Dieselanteile, Emissionsstandards) in den Szenarien hat. Die darauf aufbauende Szenarienenwicklung ist damit eine gute aktuelle Grundlage für die Nachbildung der Politikszzenarien APS und EWS und die Berechnung der entsprechenden Luftschadstoffemissionen aus dem Verkehr.

Straßenverkehr im Aktuelle-Politik-Szenario (APS)

Die Annahmen zur Verkehrs- und Fahrleistungsentwicklung im APS der Politikszzenarien VI [UBA 2013, S. 78] decken sich mit denen des aktuellen TREMOD-Basisszenarios. Änderungen gegenüber dem TREMOD-Basisszenario ergeben sich im APS vor allem durch die Einführung der Elektromobilität auf der Straße und verschiedenen Maßnahmen im Luftverkehr (vgl. Kap. 3.4.3.1). Diese Änderungen wurden in TREMOD durch entsprechende Anpassungen des TREMOD-Basisszenarios nachvollzogen²¹. Eine wichtige Kontrollgröße waren hierbei die in den Politikszzenarien berechneten Energieverbrauchsmengen nach Energieträgern im Verkehr [UBA 2013, S. 79].

In Einzelnen wurden die nachfolgend beschriebenen Anpassungen vorgenommen.

Anpassung der Fahrleistung von CNG- und LPG-Kfz: Gegenüber dem Basisszenario in TREMOD 5.32 waren Anpassungen der Fahrleistung von CNG- und LPG-Fahrzeugen notwendig, da der Energieverbrauch bei diesen Energieträgern im APS der Politikszzenarien VI höher liegt als im TREMOD-Basisszenario. Die Fahrleistungen wurden, entsprechend der Differenz beim jeweiligen Gesamtenergieverbrauch in den Jahren 2015, 2020, 2025 und 2030 proportional hochgesetzt (siehe folgende Tabelle). Die bei CNG- und LPG-Kfz erhöhte Fahrleistung musste anschließend bei den Otto- und Diesel-Pkw abgezogen werden. Details hierzu sind im nachfolgenden Abschnitt Elektromobilität dargestellt.

Tabelle 3-17: Anpassung der CNG- & LPG-Kfz-Fahrleistungen im APS gegenüber TREMOD-Basis

		2015	2020	2025	2030
FL-Korrektur LPG (PSz APS/TREMOD)	PKW	103%	100%	139%	198%
FL-Korrektur CNG (PSz APS/TREMOD)	PKW	233%	381%	484%	469%
FL-Zunahme LPG (Mrd. km)	PKW	0,2	0,0	1,2	2,2

²¹ Andere, speziell für die Berechnung von Luftschadstoffemissionen relevante Annahmen (z.B. Emissionsverhalten der Neuzulassungen) wurden bei der Nachmodellierung der Szenarien für LUFT 2030 nicht gegenüber dem TREMOD-Basisszenario geändert. Sie können der TREMOD-Dokumentation entnommen werden [IFEU 2012].

FL-Zunahme CNG (Mrd. km)	PKW	2,3	4,9	6,5	6,2
Zusammen (Mrd. km)	PKW	2,5	4,9	7,7	8,4
FL-Zunahme LPG (Mrd. km)	LNF	0,004	0,000	0,039	0,091
FL-Zunahme CNG (Mrd. km)	LNF	0,38	0,79	1,1	1,0
Zusammen	LNF	0,38	0,79	1,1	1,1

Anpassungen Elektromobilität Straße: Die Annahmen zur Einführung der Elektromobilität auf der Straße sind im Bericht der Politikszenerien dokumentiert (siehe Tabelle 3-18).

Diese Annahmen wurden wie folgt in TREMOD übernommen:

- Die Fahrleistung der Elektrofahrzeuge wird von den konventionellen Pkw und LNF abgezogen. Dabei werden bei Pkw ausschließlich Euro-6-Kfz, bei LNF Euro-5 und Euro-6-Kfz ersetzt.
- Bei den Pkw werden Benzin- und Diesel-Pkw in folgendem Verhältnis ersetzt:
 - 2015 und 2020: Otto zu Diesel 40% zu 60%
 - 2025: 32% zu 68%
 - 2030: 33% zu 67%

Das gleiche Verhältnis wurde auch für den Ersatz von Benzin- und Diesel-Pkw durch die erhöhten Fahrleistungen von CNG- und LPG-Pkw angewandt.

- Bei LNF werden ausschließlich Diesel-Kfz ersetzt.

Tabelle 3-18: Annahmen und Ergebnisse zur Maßnahme „Strategie Elektromobilität“ - Entwicklung Bestand Elektrofahrzeuge in Politikszenerien VI

		2010	2015	2020	2025	2030
		[1000 PKW]				
PKW klein	BEV	0	168,8	380,1	776,8	1595,7
	PHEV	0	0,3	2,3	11	49,4
PKW mittel	BEV	0	0	0,5	27,6	772,9
	PHEV	0	167,7	483	1285,4	2331,2
PKW groß	BEV	0	0	0,1	5,9	124,1
	PHEV	0	4,3	85	388	830,5
LNF	BEV	0	0	0	0	0
	PHEV	0	18	50,1	131,3	300,2
PKW elektrisch	Mrd. Fz-km	0	5,4	14,7	37,8	84,8
LNF elektrisch	Mrd. Fz-km	0	0,3	0,9	2,4	5,4
PKW	PJ	0	2,9	7,4	15,1	28,1
LNF	PJ	0	0,3	0,9	2,3	5,1

		2010	2015	2020	2025	2030
		[1000 PKW]				
Gesamt Stromverbrauch Straße	PJ	0	3,2	8,4	17,4	33,2

Quelle: (UBA 2013, S. 87)

Mit den gewählten Annahmen wurde das APS mit TREMOD nachmodelliert. Die Nachmodellierung erfolgte zunächst nach dem *Energiebilanzprinzip*, auf dem die Ergebnisse der Politikszenerien VI beruhen. Im Ergebnis wird der in Politikszenerien VI angegebene Verbrauch von Otto-Kraftstoff für das APS gut abgebildet. Beim Dieselkraftstoff ergeben die TREMOD-Berechnungen dagegen einen höheren Verbrauch von bis zu 8% im Jahr 2030 (allerdings liegt die Abweichung bereits im Basisjahr 2010 bei 5%). Deshalb wurden die für LUFT 2030 modellierten Dieserverbräuche der Szenarienjahre 2015-2030 nach unten an die Werte des APS aus Politikszenerien VI angeglichen und alle Emissionsergebnisse für Diesel-Kfz proportional abgesenkt. Ausgehend vom fertigen APS nach dem Energiebilanzprinzip wurde die Szenarienergebnisse nach dem *Inlandsprinzip* mit den aktuellen Energiebilanz-Korrekturfaktoren aus TREMOD (vgl. Kap. 3.4.1.1) berechnet.

Straßenverkehr im Energiewende-Szenario (EWS)

Das EWS der Politikszenerien VI berücksichtigt gegenüber dem APS im Wesentlichen weitere Maßnahmen zur Steigerung der fahrzeugspezifischen Energieeffizienz bei Pkw, LNF, SNF und Flugzeugen, weiterhin eine Erhöhung der Lkw Maut sowie Verbesserungen im Öffentlichen Verkehr zur Verlagerung von Pkw-Fahrten. Diese Maßnahmen führen in den Politikszenerien VI zu zusätzlichen Minderungen der Kraftstoffverbräuche und der direkten Treibhausgasemissionen aus dem Verkehr [UBA 2013, S. 97].

Steigerungen der fahrzeugspezifischen Energieeffizienz führen nicht automatisch zu einer Minderung der spezifischen Luftschadstoffemissionen, da diese vorrangig von der Abgasnachbehandlungstechnik beeinflusst werden. Da in den Politikszenerien VI keine zusätzlichen Emissionsanforderungen (z.B. neue Grenzwertstufe) oder Nachrüstung von Abgasminderungstechnik angegeben sind, wurde in der Nachmodellierung des EWS für LUFT 2030 davon ausgegangen, dass sich die Kfz-spezifischen Luftschadstoffemissionen durch effizienzsteigernde Maßnahmen nicht ändern. Einzige Ausnahme sind die Emissionen von SO₂, die direkt mit dem Kraftstoffverbrauch korreliert sind und im EWS proportional zum Kraftstoffverbrauch gegenüber dem APS sinken.

Für die Nachmodellierung der Fahrleistungsänderungen im EWS von LUFT 2030 wurden von Fraunhofer ISI interne Daten der Politikszenerien VI zur Änderung der Fahrleistungen im Straßen- und Schienenverkehr infolge der zusätzlichen Maßnahmen im EWS zur Verfügung gestellt. Folgende Fahrleistungseffekte treten im EWS bis 2030 gegenüber dem APS auf²²:

- Der Busverkehr nimmt im Nahbereich (<40km) deutlich zu
- Der Pkw-Verkehr nimmt im Nahbereich ab, im Fernbereich zu.
- Der Eisenbahnverkehr nimmt im Nah- und Fernbereich ab

²² Mail von W. Schade (Fraunhofer ISI) vom 06.02.2013

- Der Verkehr mit schweren Nutzfahrzeugen nimmt leicht ab (< 1%)
- Der Verkehr mit leichten Nutzfahrzeugen nimmt im Nahbereich leicht ab (-0,2%), im Fernbereich etwas zu (+0,1%)

Die geringen Änderungen der Fahrleistungen im Straßenverkehr werden seitens Fraunhofer ISI durch Rebound-Effekte erklärt: Höhere Fahrzeugeffizienz führt zu mehr Fahrleistung bei gleichbleibenden Kosten, Verlagerung von Bahn- und Flugverkehr auf Pkw. Die Maßnahmen zur Verbesserung im Öffentlichen Verkehr verringern den Rebound-Effekt beim Pkw-Verkehr und verhindern einen Anstieg des Modal-Split-Anteils von Pkw.

Daraus wurden in TREMOD für das EWS von LUFT 2030 Fahrleistungsänderungen gegenüber dem APS wie folgt abgeleitet:

- Geringe Fahrleistungsänderungen bei Pkw, LNF und SNF, Verschiebung bei Pkw und LNF von Innerortsstraßen auf Außerortsstraßen.
- Starke Zunahme der Fahrleistung bei Bussen, am höchsten im Innerortsbereich.

Diese Fahrleistungsänderungen wirken sich sowohl auf Energieverbräuche als auch Luftschadstoffemissionen aller in LUFT 2030 betrachteten Komponenten aus.

Die Nachmodellierung des EWS für LUFT 2030 erfolgte wie beim APS zunächst nach dem *Energiebilanzprinzip*. Im ersten Schritt wurden nur die Fahrleistungsänderungen übernommen und daraus resultierende Energieverbräuche und Luftschadstoffemissionen berechnet. Damit bleibt beim Energieverbrauch zunächst eine Differenz zu den Ergebnissen des EWS in Politikscenarien VI [UBA 2013, S. 94] bestehen. Diese wurde den Maßnahmen zur Steigerung der fahrzeugspezifischen Energieeffizienz zugeschrieben, die sich ausschließlich auf Kraftstoffverbrauch und damit korrelierte SO₂-Emissionen auswirken. Dementsprechend wurden anschließend die Kraftstoffverbräuche im nachmodellierten EWS zu den EWS-Ergebnissen von Politikscenarien VI angeglichen und die SO₂-Emissionen um den gleichen Prozentsatz reduziert. Ausgehend vom fertigen EWS nach Energiebilanzprinzip erfolgte wie bereits im APS die Ermittlung der Szenarienergebnisse nach *Inlandsprinzip* mit den entsprechenden Korrekturfaktoren aus TREMOD.

Flugverkehr im APS und EWS

Beim Flugverkehr wurde der Energieverbrauch auf die im Bericht der Politikscenarien VI dokumentierten Energiedaten abgeglichen, die aufgrund der Maßnahmen in beiden Szenarien niedriger sind als im TREMOD-Basisszenario. Bei den Luftschadstoffemissionen wird angenommen, dass deren Minderung gegenüber dem TREMOD-Basisszenario nur halb so hoch ist wie beim Energieverbrauch. Die Effizienzgewinne führen also im Flugverkehr auch zu einer Reduzierung der Luftschadstoffemissionen, aber nicht im gleichen Maß wie beim Energieverbrauch.

Bahn- und Binnenschiffsverkehr im APS und EWS

Beim Bahnverkehr entspricht das APS der Politikscenarien VI dem TREMOD-Basisszenario. Beim EWS wird eine leichte Minderung von Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen aufgrund der abnehmenden Fahrleistungen angenommen. Diese Minderung wurde entsprechend für das EWS von LUFT 2030 mit TREMOD für die Luftschadstoffemissionen nachgebildet.

Für die Binnenschifffahrt wurden in Politikscenarien VI keine zusätzlichen Maßnahmen unterstellt. Die Ergebnisse für Binnenschiffe entsprechen daher in APS und EWS dem TREMOD-Basisszenario, dessen Ergebnisse dementsprechend direkt für LUFT 2030 verwendet wurden.

3.4.3.3 Emissionsszenarien für Mobile Maschinen

Mobile Maschinen werden in den Politikszenerarien VI nicht erläutert. Die einzigen Informationen im Bericht sind die Ergebnistabellen der sektorbezogenen Endenergieverbräuche. Dabei werden nur Verbräuche der Bauwirtschaft separat ausgewiesen. Andere Mobile Maschinen (Land- und Forstwirtschaft, Haushalts- und Gartengeräte) sind nur implizit in den Sektoren GHD bzw. private Haushalte enthalten. Unterschiede zwischen APS und EWS in den Politikszenerarien VI sind sehr gering und betreffen ausschließlich die Land- und Forstwirtschaft als Teil des Sektors GHD.

Emissionsszenarien nach dem Energiebilanzprinzip

Die Aktivitätsraten (d.h. Energieverbräuche) von Mobilien Maschinen in der UBA-Emissionsdatenbank ZSE weichen stark von den tatsächlichen Energieverbräuchen mobiler Maschinen in Deutschland ab. Sie werden bisher nicht mit dem Modell TREMOD MM ermittelt. Emissionsfaktoren wurden bereits teilweise aus TREMOD MM ins ZSE übernommen, jedoch noch nicht durchgängig. Auch die Zuordnungen und Untergliederungen von Mobilien Maschinen sind in ZSE und TREMOD MM uneinheitlich. Die Emissionsszenarien für Mobile Maschinen nach dem Energiebilanzprinzip konnten demnach nicht mit TREMOD MM modelliert werden. Daher wurde folgender vereinfachter Ansatz verwendet.

Zukünftige Aktivitätsraten wurden ausgehend von den Energieverbräuchen Mobiler Maschinen laut ZSE im Basisjahr 2010 abgeleitet:

- Für die *Bauwirtschaft* wurden zukünftige Benzin- und Dieserverbräuche direkt aus Politikszenerarien VI übernommen (Bauwirtschaftlicher Sonderverkehr [UBA 2013, S. 250]). LPG-getriebene Maschinen (v.a. Gabelstapler) wurden nicht betrachtet, da weder im ZSE noch in den Politikszenerarien ein Verbrauch von LPG in der Bauwirtschaft ausgewiesen wird.
- Für *Land- und Forstwirtschaft* wurden zunächst deren prozentualen Anteile an den Benzin- und Dieserverbräuchen des Sektors GHD für das Jahr 2010 im ZSE ermittelt. Diese prozentualen Anteile wurden anschließend auf die Benzin- und Dieserverbräuche des GHD-Sektors zukünftiger Jahre in den Politikszenerarien (APS und EWS) angewandt und so die anteiligen Aktivitätsraten für Mobile Maschinen in Land- und Forstwirtschaft abgeleitet.
- Mobile Maschinen mit Otto-Motor in *Haushalten* sind in den Politikszenerarien VI ab 2015 nicht mehr enthalten (kein Energieverbrauch entsprechender Mineralölprodukte in den entsprechenden Tabellen [UBA 2013, S. 247]). Dementsprechend wurde auch in LUFT 2030 im Energiebilanzprinzip dieser Sektor ab 2015 nicht betrachtet.

Die zukünftigen Emissionsfaktoren wurden auf Basis von TREMOD MM abgeleitet. Hierfür wurden die Sektoren in TREMOD MM entsprechend der ZSE-Struktur aggregiert (vgl. Tabelle 3-19).

Und anhand der über die jeweiligen Sektoren summierten Schadstoffemissionen und des Energieverbrauchs verbrauchsabhängige Emissionsfaktoren (z.B. in t/TJ) pro ZSE-Sektor berechnet. Eine Unterscheidung der Emissionsfaktoren zwischen APS und EWS wurde nicht vorgenommen, da anhand von Politikszenerarien VI keinerlei Maßnahmen mit Relevanz für die Luftreinhaltung angenommen werden können. Die abgeleiteten Emissionsfaktoren wurden mit den Aktivitätsraten verknüpft, um die Emissionen pro ZSE-Sektor und Bezugsjahr zu ermitteln.

Tabelle 3-19: Zuordnung der PSzVI- und TREMOD MM-Sektoren zur ZSE-Struktur

ZSE-Sektor	PSzVI (Aktivitätsraten)	TREMOD-MM (Emissionsfaktoren)
Haushalte mobil, Otto	Nicht enthalten	Garten und Hobby, 2-Takt; Garten und Hobby, 4-Takt
Bauwirtschaft, Diesel	„Bauwirtschaftlicher Sonderverkehr“	Bauwirtschaft/Industrie, Diesel
Bauwirtschaft, Otto	„Bauwirtschaftlicher Sonderverkehr“	Bauwirtschaft/Industrie, Otto
Land- + forstwirtschaftlicher Verkehr, Diesel	Anteil an „Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“ basierend auf ZSE-Basisjahr 2010	Landwirtschaft, Diesel Forstwirtschaft, Diesel
Land-+ forstwirtschaftlicher Verkehr, Otto	Anteil an „Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“ basierend auf ZSE-Basisjahr 2010	Forstwirtschaft, Otto

Emissionsszenarien nach dem Inlandsprinzip

Die Emissionen Mobiler Maschinen, wie sie in der Emissionsdatenbank ZSE erfasst sind, weichen von den Inlandsemissionen deutlich ab. Neben abweichenden Aktivitätsraten und Emissionsfaktoren sind einige Teilbereiche mobiler Maschinen im ZSE gar nicht erfasst, insb. LPG-betriebene Baumaschinen (v.a. Gabelstapler) sowie Sportboote und Fahrgastschiffe. Ausgehend von den ZSE-Basisdaten sind damit auch die Politikszenerarien VI keine geeignete Grundlage für die räumliche Verteilung der Emissionen von Mobilien Maschinen im Inland und darauf aufbauende Ausbreitungsrechnungen.

Die Emissionsdaten zukünftiger Jahre nach dem Inlandsprinzip wurden bis zum Jahr 2020 direkt aus dem Modell TREMOD MM übernommen. Für das LUFT2030-Vorhaben wurden die Emissionsszenarien bis 2030 erweitert.

- Eingangsdaten, welche die *Maschinenaktivität* beschreiben, z.B. Betriebsstunden und Lastfaktoren, wurden in den Emissionsszenarien konstant angenommen. Bei den *Bestandszahlen* wurde i.d.R. zunächst ausgehend von den letzten Realjahren eine Abschwächung vergangener Entwicklungstrends (z.B. leichte Bestandszunahme) mit in späteren Jahren konstant bleibendem Bestand angenommen.
- Für einzelne Schichten wurden ergänzend *spezielle Trends* abgebildet, z.B. eine Zunahme der Nennleistung bei landwirtschaftlichen Zugmaschinen oder eine Verdrängung von 2-Takt- zugunsten von 4-Takt-Motoren bei Geräten mit Benzinantrieb (IFEU 2004, 2009).
- Der wesentliche Einfluss für die zukünftigen Emissionen ergibt sich durch eine *Reduktion der spezifischen Emissionsfaktoren* in den Teilsektoren. Diese folgt aus der Erneuerung der Maschinenbestände mit sukzessiver Umschichtung von älteren zu neueren Baujahren und damit strengeren Emissionsgrenzwertstufen (derzeit Stufe IV ab Baujahr 2014).

Ein Unterschied zwischen APS- und EWS Szenario wurde für Mobile Maschinen auch beim Inlandsprinzip nicht betrachtet.

3.4.4 Ergebnisse der Emissionsszenarien für Verkehr und Mobile Maschinen

Die Emissionen der betrachteten Luftschadstoffe wurden für die Basisjahre 2005 und 2010 sowie in den Szenarien bis 2030 in 5-Jahres-Schritten berechnet. Im Verkehr wurden insgesamt 4 Datensätze modelliert: APS und EWS jeweils nach dem Energiebilanzprinzip und nach dem Inlandsprinzip.

Unterschiede der Szenarienergebnisse im Verkehr bestehen v.a. zwischen Energiebilanz- und Inlandsprinzip (vgl. Erläuterungen der vorherigen Abschnitte). Dagegen gibt es nur geringe Unterschiede zwischen den Szenarien APS und EWS, da sich die zusätzlichen Klimastrategien im EWS der zugrunde liegenden Politikszenerarien VI nur wenig auf die Luftschadstoffemissionen auswirken. In den nachfolgenden Darstellungen sind daher die Szenarienergebnisse des APS nach Energiebilanz und Inlandsprinzip gegenübergestellt. Die zusätzlichen Emissionsminderungen im EWS sind nur für das Jahr 2030 zusätzlich in den Abbildungen mit enthalten.

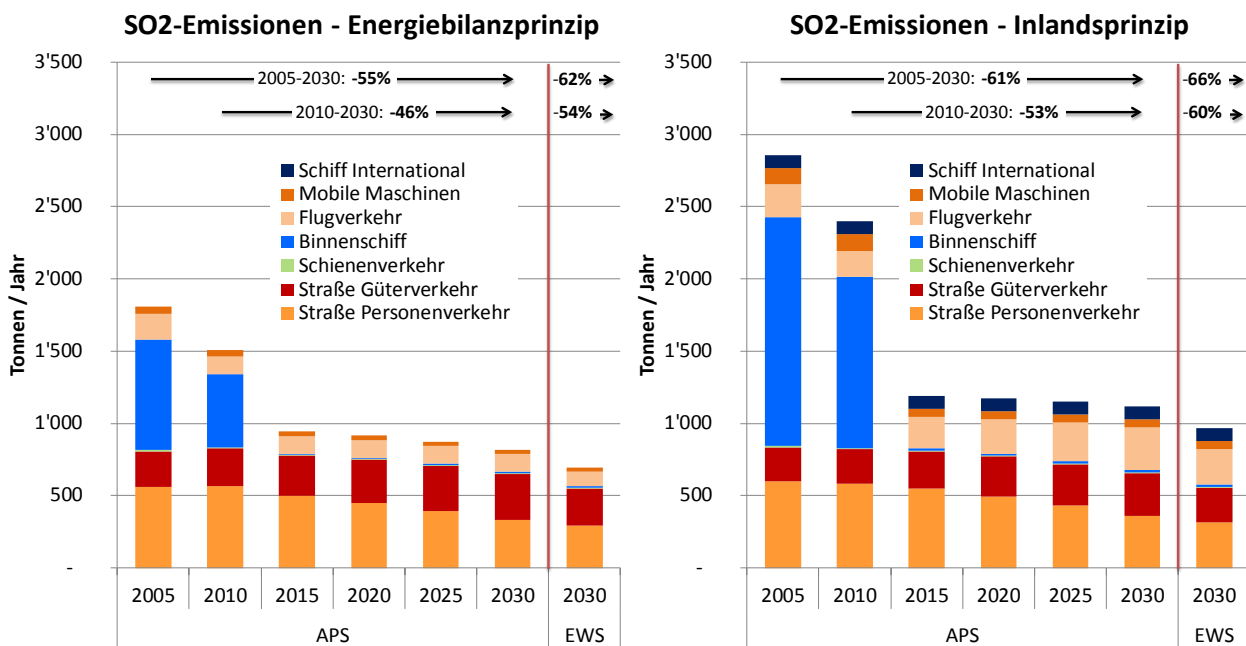
3.4.4.1 SO₂-Emissionen

In den Basisjahren 2005 und 2010 wurden die SO₂-Emissionen vom Binnenschiffverkehr dominiert, wo bis 2010 deutlich höhere Schwefelmengen im Kraftstoff zulässig waren als im Straßenverkehr. Im Vergleich zwischen Energiebilanz- und Inlandsprinzip ist der 2-3x höhere Kraftstoffverbrauch von Binnenschiffen im Inland gegenüber dem Kraftstoffabsatz laut Energiebilanz deutlich erkennbar.

Nach 2010 sind kaum noch Emissionen aus der Binnenschiffahrt im Diagramm zu erkennen, da ab 2011 bei Binnenschiffen ebenfalls Diesel mit stark reduziertem Schwefelgehalt eingesetzt wird. Ab 2015 korreliert die Entwicklung der SO₂-Emissionen und die Verteilung nach Verkehrsmitteln daher mit der Entwicklung der Kraftstoffverbräuche im Verkehr. Unterschiede zwischen Energiebilanz- und Inlandsprinzip sind ebenfalls durch die unterschiedlichen Kraftstoffverbräuche der Verkehrsträger je nach Abgrenzungsprinzip bedingt. Im Inlandsprinzip sind zusätzlich noch Emissionen internationaler Seeschiffe auf Binnenwasserstraßen deutlich erkennbar, wo auch zukünftig deutlich höhere Schwefelgehalte im Treibstoff angenommen werden als im nationalen Verkehr.

Im APS sinken die SO₂-Emissionen des Verkehrs von 2010 bis 2030 um 46% (Energiebilanzprinzip) bzw. 53% (Inlandsprinzip). Die Minderungen im EWS sind deutlich höher (54% bzw. 60%), was auf die zusätzlichen Kraftstoffeinsparungen in diesem Szenario zurückzuführen ist.

Abbildung 3-4: SO₂-Emissionen von Verkehr und Mobilien Maschinen

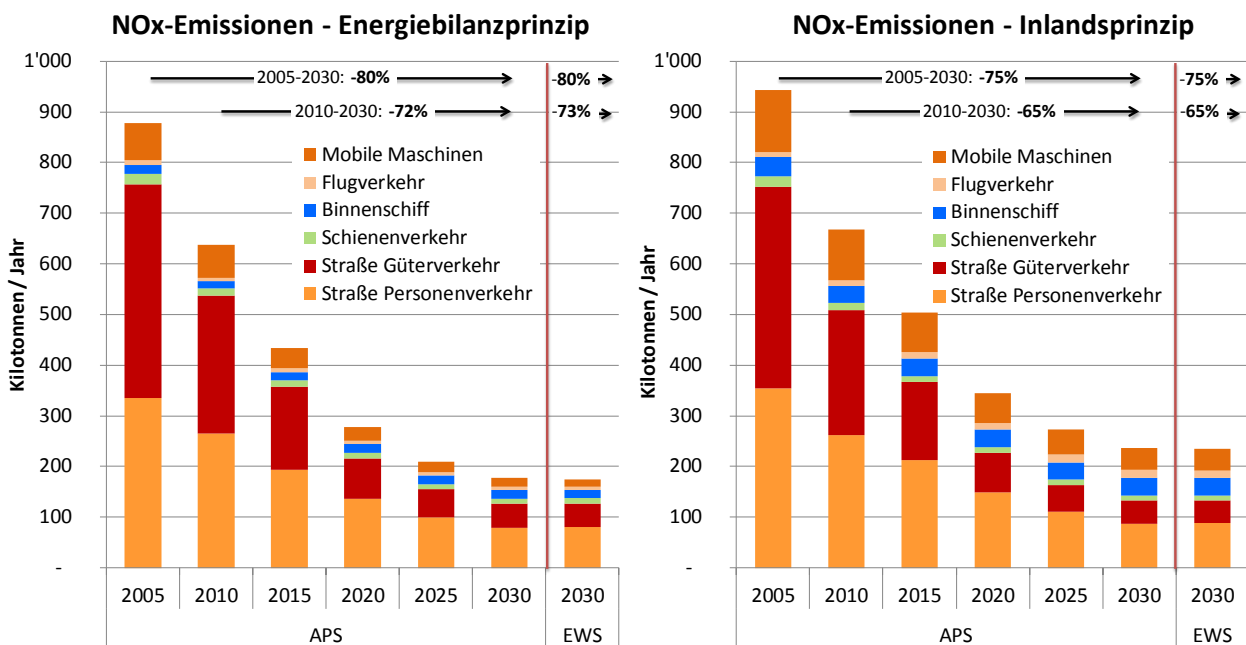


3.4.4.2 NO_x-Emissionen

Die NO_x-Emissionen sind in den Basisjahren 2005 und 2010 durch Fahrzeuge mit Dieselmotor dominiert, die höhere spezifische Emissionen haben als Otto-Kfz. Die größten Beiträge kommen aus dem Straßengüterverkehr. Auch die Emissionsbeiträge aus Mobilien Maschinen sind in den Abbildungen gut erkennbar. Die Summe der Emissionen ist in Abgrenzung nach dem Energiebilanzprinzip etwas niedriger als nach dem Inlandsprinzip, was hauptsächlich auf die Energiebilanzkorrektur bei Binnenschiffen und Mobilien Maschinen zurückzuführen ist.

Im Szenario von 2010 bis 2030 sinken die NO_x-Emissionen aus dem Verkehr im APS um 72% (Energiebilanz) bzw. 65% (Inlandsprinzip). Im EWS gibt es nur geringfügige Unterschiede gegenüber dem APS, da die zusätzlichen Klimaschutzmaßnahmen im EWS überwiegend keine zusätzliche Minderung der Luftschadstoffemissionen bewirken.

Abbildung 3-5: NO_x-Emissionen von Verkehr und Mobilien Maschinen



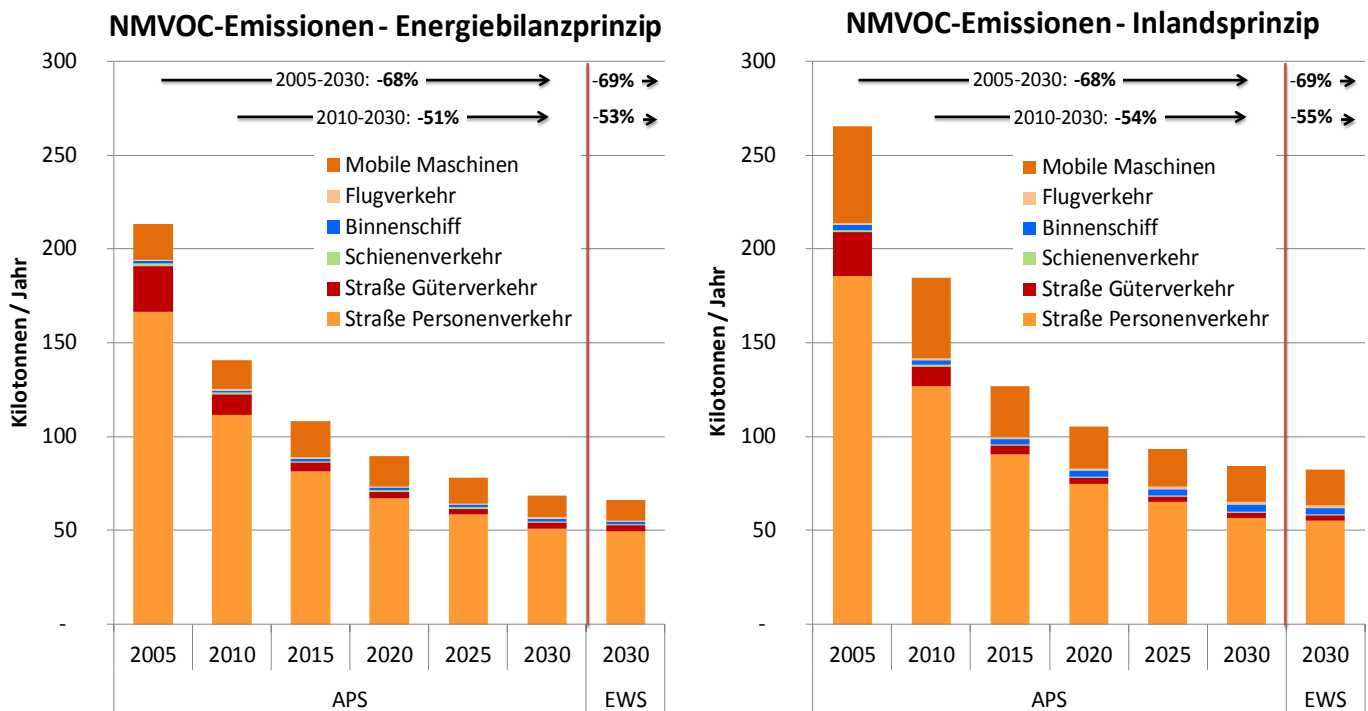
3.4.4.3 NMVOC-Emissionen

Die NMVOC-Emissionen aus dem Verkehr sind durch Emissionen von Otto-Kfz (inkl. Verdunstung) dominiert. Auch Mobile Maschinen mit Ottomotor haben relevante Emissionsbeiträge.

Die Emissionen nach dem Energiebilanzprinzip sind deutlich niedriger als nach dem Inlandsprinzip. Dies ist einerseits auf die Energiebilanzkorrektur bei Ottokraftstoffen im Straßenverkehr zurückzuführen, andererseits auf die erheblichen Unterschiede der Energieverbräuche mobiler Maschinen nach der Energiebilanz (ZSE) gegenüber den Inlandsverbräuchen (TREMOMM).

Im Szenario von 2010 bis 2030 sinken die NMVOC-Emissionen aus dem Verkehr im APS um 51% (Energiebilanz) bzw. 54% (Inlandsprinzip). Im EWS gibt es nur geringfügige Unterschiede gegenüber dem APS, da die zusätzlichen Klimaschutzmaßnahmen im EWS überwiegend keine zusätzliche Minderung der Luftschadstoffemissionen bewirken.

Abbildung 3-6: NMVOC-Emissionen von Verkehr und Mobilien Maschinen

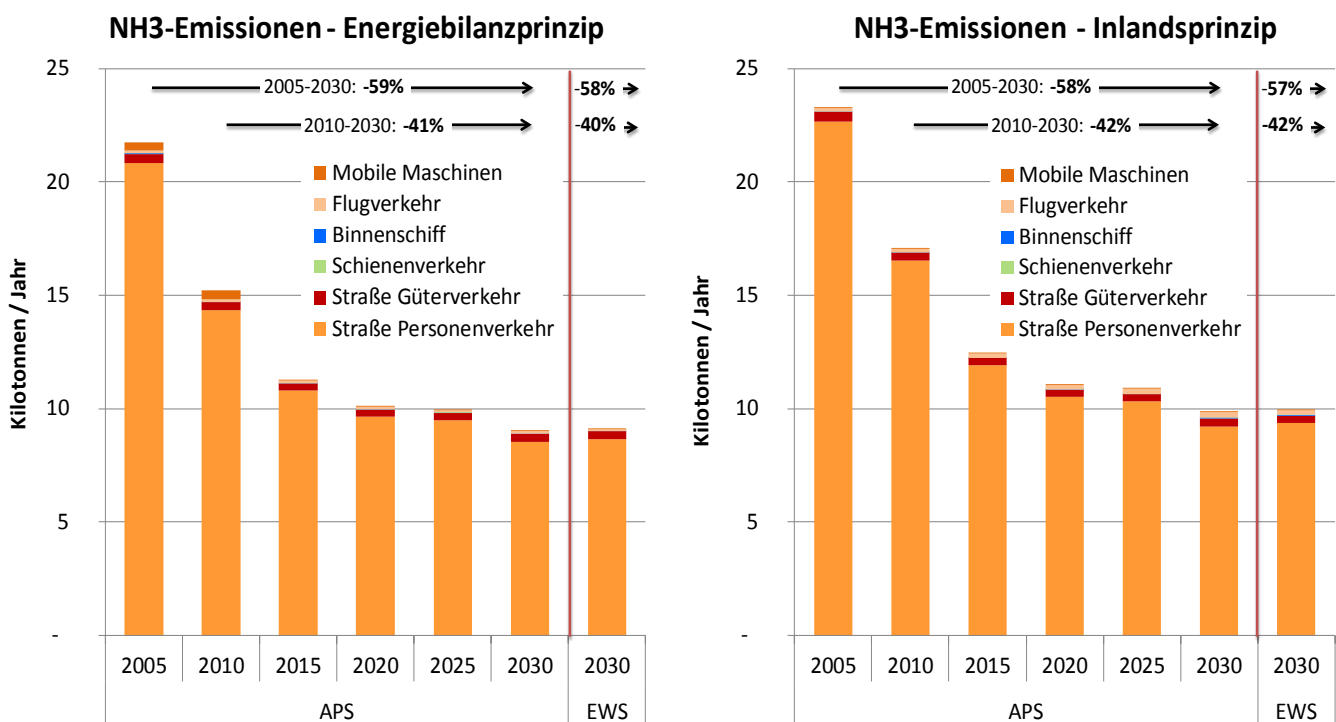


3.4.4.4 NH₃-Emissionen

Hauptverursacher von NH₃-Emissionen aus dem Verkehr ist mit ca. 95% der Straßenpersonenverkehr, im Wesentlichen durch Otto-Pkw. Dementsprechend sind auch Unterschiede zwischen Energiebilanz- und Inlandsprinzip sowie die zukünftigen Emissionsminderungen (2010-2030 um 41-42%) durch entsprechende Unterschiede bei den Szenariogrundlagen für Otto-Pkw bedingt.

Insgesamt trug der Verkehrssektor im Jahr 2010 weniger als 5% zu den gesamten nationalen NH₃-Emissionen bei, so dass auch zukünftige Emissionsminderungen im Verkehr nur geringe Bedeutung für die Entwicklung der Gesamtemissionen in Deutschland haben.

Abbildung 3-7: NH₃-Emissionen von Verkehr und Mobilien Maschinen



3.4.4.5 PM_{2,5}- und PM₁₀-Emissionen

Die Entwicklung von Partikelemissionen aus dem Verkehr muss differenziert für Partikel aus Abgas sowie aus Abrieb und Aufwirbelung betrachtet werden.

Abgaspartikel sind durchgängig PM₁, und damit vollständig Bestandteil sowohl von PM_{2,5} als auch PM₁₀. Sie stammen hauptsächlich aus Diesel-Kfz. Die Emissionen nach dem Energiebilanzprinzip sind deutlich niedriger als nach dem Inlandsprinzip. Das ist im Wesentlichen auf die relativ hohen Anteile von Mobilien Maschinen zurückzuführen, bei denen bisher kaum Dieselpartikelfilter eingesetzt werden. Zwischen 2010 und 2030 sinken die Emissionen von Abgaspartikeln um ca. 80%, wesentlich bedingt durch starke spezifische Emissionsminderungen zukünftiger Kfz und Mobiler Maschinen.

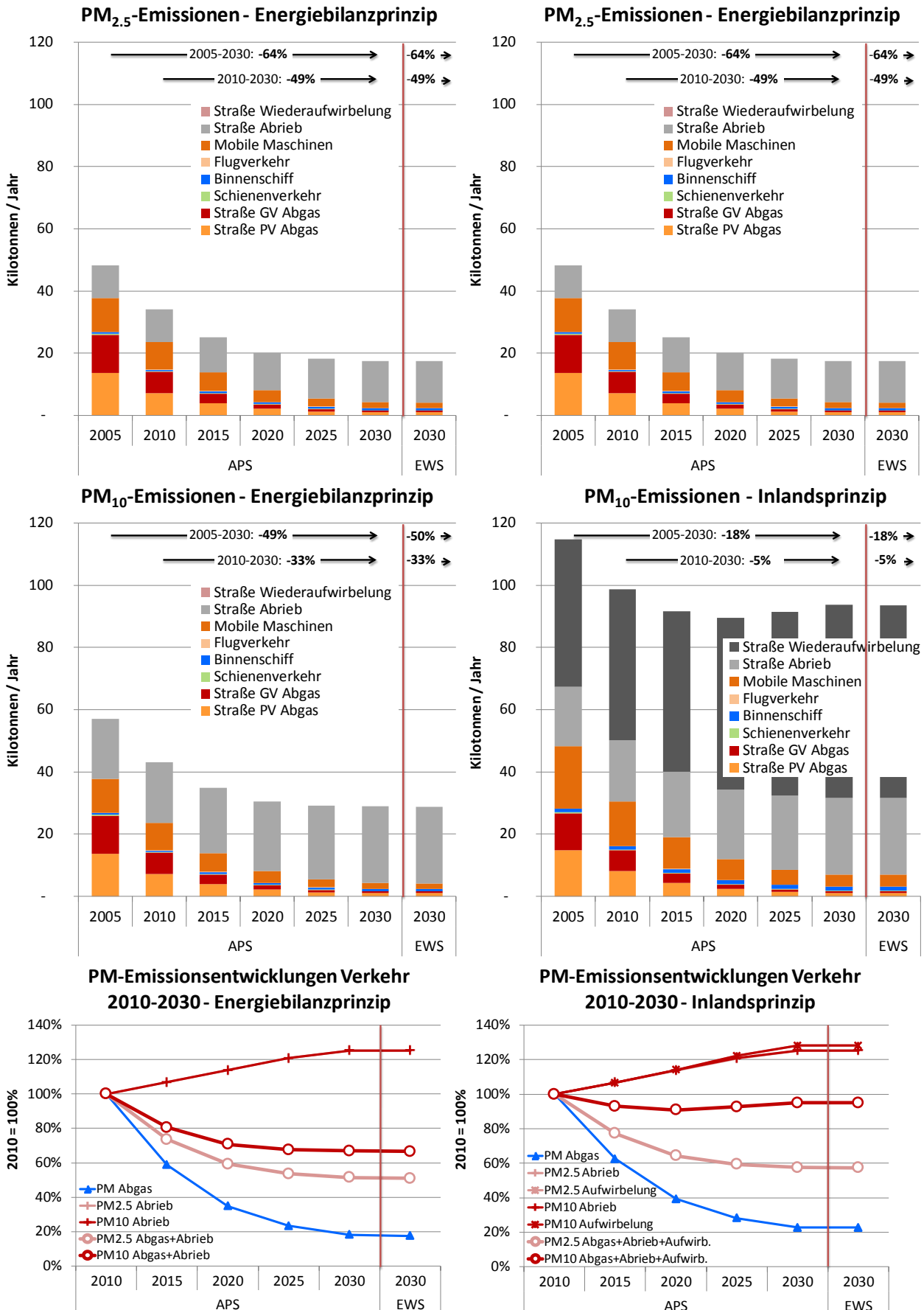
Abrieb und Aufwirbelung von Partikeln aus dem Straßenverkehr liegen sowohl im Größenbereich <2,5µm (PM_{2,5}) als auch im Größenbereich >2,5-10 µm. Insbesondere die PM₁₀-Emissionen durch Aufwirbelung liegen größtenteils im Bereich >2,5µm. Die Höhe der modellierten Emissionen aus Abrieb und Aufwirbelung hängt allein von den Fahrleistungen ab. Da diese in den Szenarien zukünftig weiter ansteigen, steigen zukünftig auch die Emissionen aus Abrieb und Aufwirbelung: Abriebemissionen steigen von 2010 bis 2030 um 25%, Aufwirbelungsemissionen um 28% an.

Durch die unterschiedlichen Emissionsentwicklungen von Abgaspartikeln gegenüber Partikeln aus Abrieb und Aufwirbelung ändern sich deren Anteile an den gesamten PM_{2,5}- und PM₁₀-Emissionen deutlich.

- Beim Energiebilanzprinzip wurden nur Abgas und Abrieb betrachtet. Der Emissionsanteil aus dem Abrieb steigt von 2010 bis 2030 bei PM_{2,5} von 22% auf 76%, bei PM₁₀ von 34% auf 85%.
- Beim Inlandsprinzip sind auch Aufwirbelungsemissionen enthalten. Der Anteil von Abrieb und Aufwirbelung steigt von 2010 bis 2030 von 24% auf 74% (PM_{2,5}) bzw. von 58% auf 93% (PM₁₀).

Die gesamten PM_{2,5}-Emissionen sinken nach dem Energiebilanzprinzip 2010-2030 um 49%, die PM₁₀-Emissionen nur um 33%. Nach dem Inlandsprinzip sinken die PM_{2,5}-Emissionen immer noch um 43%, dagegen nehmen die PM₁₀-Emissionen um nur 5% ab.

Abbildung 3-8: PM_{2,5}- und PM₁₀-Emissionen von Verkehr und Mobilen Maschinen



3.5 Szenarien für die Industrie

3.5.1 Modellierungsansatz

Die sektorspezifischen Szenarien für die Industrie umfassen die folgenden Quellgruppen (CRF/NFR Codes):

- 2 Industrieprozesse
 - 2.A Mineralische Produkte
 - 2.B Chemische Industrie
 - 2.C Metallproduktion
 - 2. D Andere Produktionen
 - 2. G Schüttgut

Zusätzlich wurden auch die Quellgruppen

- 1.B Diffuse Emissionen aus Brennstoffen
 - 1.B.1 Feste Brennstoffe
 - 1.B.2 Öl und Gas

sowie

- D Andere Produktverwendung: Sonstige
- C Abfallentsorgung

dem industriellen Sektor zugeordnet.

Um auch die prozessbedingten Emissionen in die Aktivitätsszenarien zu integrieren, wurden aus PSZ VI Wachstumsraten der einzelnen industriellen Branchen entnommen und die ZSE-Aktivitätsraten für 2010 mit entsprechenden prozentualen Auf- oder Abschlägen für die Prognosejahre fortgeschrieben.

Je nach Verfügbarkeit wurden dazu detaillierte quellgruppenspezifische Wachstumsraten z.B. für Elektro- und Walzstahl, Sinter, Kokereien, u.a. oder branchenspezifische Wachstumsraten z.B. für Nahrungsmittel, Chemie oder Eisen- und Stahl, u.a. genutzt. Eine Unterscheidung der Aktivitätsraten zwischen „Aktuelle Politik Szenario“ und einem „Energiewende Szenario“ wurde mit Ausnahmen von Kokereien (CRF/NFR 1B) nicht vorgenommen

Eine Übersicht der genutzten Wachstumsraten kann dem Anhang II entnommen werden.

Für die Entwicklung der Energieeinsätze in den industriellen Prozessfeuerungen wurden identische Wachstumsraten angenommen. Zugrunde gelegt wurde dabei, dass sich die Energieeinsätze analog zur Produktionsentwicklung verhalten. Eine eventuelle Steigerung der Energieproduktivität wurde daher nicht berücksichtigt.

Als untere Abschätzung wurde analog zu den stationären Feuerungen ein maximal machbares Reduktionszenario entwickelt, welches ebenfalls auf einer Reduktion der Emissionsfaktoren basiert. Dazu wurden diejenigen PAREST-Maßnahmen (vgl. [Theloke et al. 2010]), welche einen maximalen Minderungseffekt gegenüber dem Referenzfall haben, identifiziert und die entsprechend reduzierten Emissionsfaktoren für die Jahre 2015 und 2020 integriert sowie für die Jahre 2025 und 2030 konstant fortgeschrieben.

Die folgende Tabelle zeigt diese Minderungsmaßnahmen im Überblick:

Tabelle 3-20: Übersicht der PAREST Maßnahmen im Minderungsfall von LUFT 2030

PAREST Maßnahmen (Maximaler Reduktionsfall)	
Kürzel	Name
P 002	Absenkung des NO _x -Emissionswertes auf < 500 mg/Nm ³ für Anlagen zur Herstellung von Glas
P 003	Absenkung des NO _x -Emissionswertes auf < 100 mg/Nm ³ für Sinteranlagen
P 004	Absenkung des NO _x -Emissionswertes auf < 200 mg/Nm ³ für Anlagen zur Herstellung von Walzstahl
P 005	Absenkung des SO ₂ -Emissionswertes auf < 100 mg/N m ³ für Sinteranlagen
P 006	Reduktion der SO ₂ -Emissionen bei der Schwefelsäureherstellung durch sekundäre Abgasreinigungseinrichtungen bei Doppelkontaktanlagen
P 007	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für Staub auf 10 mg/N m ³ für alle Anlagen zur Herstellung von Zement
P 008	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für Staub auf < 10 mg/N m ³ für alle Anlagen zur Herstellung von Glas
P 009	Absenkung des Emissionswertes für Staub auf < 10 mg/N m ³ für Sinteranlagen
P 010	Absenkung des NH ₃ -Emissionsgrenzwertes auf < 45 mg/N m ³ für alle Anlagen zur Herstellung von stickstoffhaltigen Düngemitteln

Kürzel aus (Theloke et al. 2010)

Eine Unterscheidung dieser geminderten Emissionsfaktoren zwischen dem „Aktuelle Politik Szenario“ und einem „Energiewende Szenario“ wurde nicht vorgenommen.

3.5.2 Übersicht über die Emissionsszenarien

Für die industriellen Sektorszenarien ergeben sich im Grundsatz lediglich zwei unterschiedliche Szenarien. Ein Referenzfall mit den Szenarien IN-APS und IN-EWS sowie ein Minderungsfall mit den Szenarien IN-APS+ und IN-EWS+ (s. Tabelle 3-21). Die Szenarien IN-APS und IN-EWS einerseits sowie IN-APS+ und IN-EWS+ andererseits unterscheiden sich nur unwesentlich.

Die Unterschiede sind auf geringeren Einsatzmengen von Braun- und Steinkohlen in Kokereien in der Quellgruppe 1 B 1 b zurückzuführen. Im IN-EWS und im IN-EWS+-Szenario werden entsprechend PSz VI geringere Einsatzmengen angenommen.

Tabelle 3-22 stellt die Differenz der Emissionen dar, welche sich aus diesen unterschiedlichen Einsatzmengen ergeben.

Tabelle 3-21: Übersicht über die industriellen Szenarien

Szenarienbezeichnung	Aktivitätsraten	Emissionsfaktoren
IN-APS	Fortschreibung aus ZSE 2012 mit industriellen Wachstumsraten lt. PSZ VI (vgl. Anhang II)	EF Dynamik lt. PAREST Referenzfall
IN-EWS	Fortschreibung aus ZSE 2012 mit industriellen Wachstumsraten lt. PSZ VI (vgl. Anhang II)	EF Dynamik lt. PAREST Referenzfall
IN-APS+	Fortschreibung aus ZSE 2012 mit industriellen Wachstumsraten lt. PSZ VI (vgl. Anhang II)	EF Minderung lt. PAREST Maßnahmen mit maximalen Reduktionswirkung (Tabelle 3-20)
IN-EWS+	Fortschreibung aus ZSE 2012 mit industriellen Wachstumsra-	EF Minderung lt. PAREST Maß-

	ten lt. PSZ VI (vgl. Anhang II)	nahmen mit maximalen Reduktionswirkung (Tabelle 3-20)
--	---------------------------------	---

Tabelle 3-22: Differenz der Emissionen zwischen IN-EWS und IN-APS

Differenz zwischen IN-EWS und IN-APS in Mg					
Quellgruppe	Schadstoff	2015	2020	2025	2030
1 B 1	SO ₂	-0,98	-1,99	-1,64	-1,30
	NO _x	0,00	0,00	0,00	0,00
	NMVOG	-23,53	-47,77	-39,45	-31,13
	NH ₃	0,00	0,00	0,00	0,00
	PM _{2,5}	-0,96	-1,94	-1,51	-1,07
	PM ₁₀	-1,05	-2,14	-1,41	-0,67
	6 C	-0,98	-1,99	-1,64	-1,30

3.5.2.1 Industrie-Emissionen im APS und im EWS-Szenario

Da die emissionsseitigen Differenzen zwischen den Szenarien IN-APS und IN-EWS als auch zwischen IN-APS+ und IN-EWS+ relativ gering sind (vgl. Tabelle 3-22), werden im Weiteren als obere Grenze das Szenario IN-APS sowie das Szenario IN-EWS+ als untere Grenze dargestellt.

Die folgende Tabelle stellt die Emissionen aus dem industriellen Sektor für das Szenario IN-APS dar:

Tabelle 3-23: Übersicht der Emissionen im IN-APS-Szenario

IN-APS [EM in kt]					
Schadstoff	Quellgruppe	2015	2020	2025	2030
SO ₂	1 B 1	0,03	0,03	0,03	0,03
	1 B 2	16,89	17,80	18,82	19,96
	2 A	20,21	20,74	20,78	20,81
	2 B	30,06	31,93	32,69	33,45
	2 C	31,95	29,23	28,08	26,93
	2 D	1,32	1,44	1,45	1,47
	6 C	0,03	0,03	0,03	0,03
NO _x	1 B 2	6,71	6,71	6,71	6,71
	2 A	35,80	36,58	36,30	36,03
	2 B	30,30	32,28	32,97	33,66
	2 C	18,99	16,77	16,01	15,25
	2 D	1,76	1,92	1,94	1,96
	6 C	0,14	0,15	0,15	0,15
NMVOC	1 B 1	0,81	0,83	0,82	0,82
	1 B 2	81,68	81,67	81,67	81,67
	2 A	3,72	3,84	3,83	3,81
	2 B	5,49	5,96	6,17	6,38
	2 C	3,12	2,42	2,29	2,16
	2 D	22,53	24,04	23,92	23,80
	6 C	0,01	0,01	0,01	0,01
NH ₃	2 A	3,39	3,38	3,34	3,30
	2 B	9,10	9,83	10,12	10,41
	2 C	0,10	0,08	0,08	0,08
	3D	1,73	1,73	1,73	1,73
PM 2,5	1 B 1	0,22	0,22	0,22	0,22
	2 A	2,88	2,89	2,84	2,78
	2 B	0,37	0,39	0,40	0,41
	2 C	2,66	2,51	2,39	2,27
	2 D	0,94	0,95	0,95	0,95
	2 G	8,30	8,41	8,52	8,64
	3 D	10,34	10,11	10,11	10,11
	6 C	0,01	0,01	0,01	0,01
PM 10	1 B 1	0,32	0,32	0,32	0,32
	2 A	6,91	6,91	6,85	6,79
	2 B	0,58	0,62	0,63	0,65
	2 C	4,57	4,30	4,08	3,87
	2 D	1,48	1,51	1,51	1,50
	2 G	38,57	39,18	39,80	40,43
	3 D	10,34	10,11	10,11	10,11
	6 C	0,01	0,01	0,01	0,01

3.5.2.2 Industrie-Emissionen im IN-EWS+-Szenario

Die folgende Tabelle stellt die Emissionen aus dem industriellen Sektor für das Szenario IN-EWS+ dar:

Tabelle 3-24: Übersicht der Emissionen im IN-EWS+-Szenario

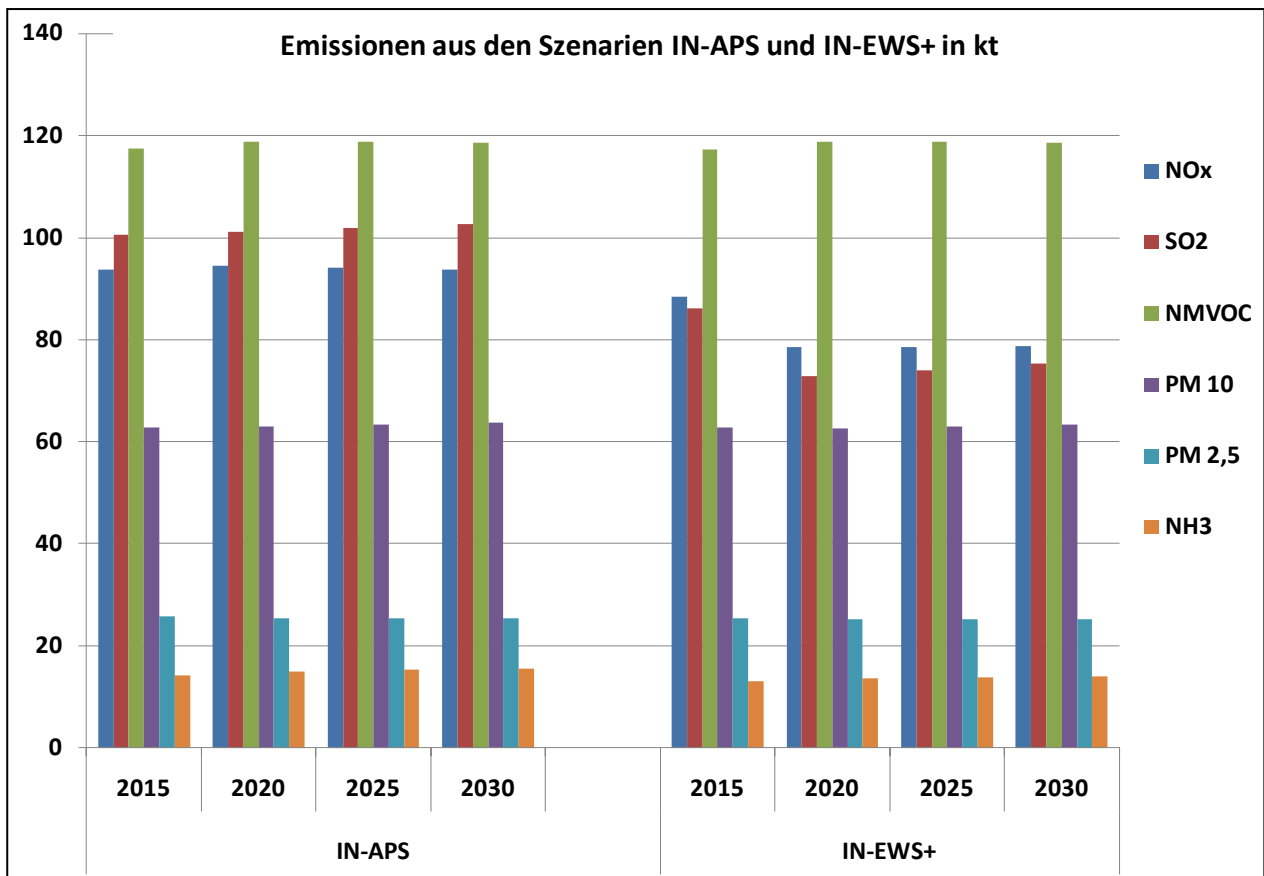
IN-EWS+ [EM in kt]					
Schadstoff	Quellgruppe	2015	2020	2025	2030
SO ₂	1 B 1	0,03	0,03	0,03	0,03
	1 B 2	16,89	17,80	18,82	19,96
	2 A	20,21	20,74	20,78	20,81
	2 B	15,68	16,40	16,69	16,99
	2 C	31,95	16,42	16,23	16,04
	2 D	1,32	1,44	1,45	1,47
	6 C	0,03	0,03	0,03	0,03
NO _x	1 B 2	6,71	6,71	6,71	6,71
	2 A	30,60	31,10	30,68	30,27
	2 B	30,30	32,28	32,97	33,66
	2 C	18,99	6,31	6,12	5,94
	2 D	1,76	1,92	1,94	1,96
	6 C	0,14	0,15	0,15	0,15
NMVOC	1 B 1	0,78	0,78	0,78	0,78
	1 B 2	81,68	81,67	81,67	81,67
	2 A	3,72	3,84	3,83	3,81
	2 B	5,49	5,96	6,17	6,38
	2 C	3,12	2,42	2,29	2,16
	2 D	22,53	24,04	23,92	23,80
	6 C	0,01	0,01	0,01	0,01
NH ₃	2 A	3,39	3,38	3,34	3,30
	2 B	7,83	8,46	8,71	8,96
	2 C	0,10	0,08	0,08	0,08
	3D	1,73	1,73	1,73	1,73
PM 2,5	1 B 1	0,22	0,22	0,22	0,22
	2 A	2,66	2,67	2,62	2,57
	2 B	0,37	0,39	0,40	0,41
	2 C	2,66	2,51	2,39	2,27
	2 D	0,94	0,95	0,95	0,95
	2 G	8,30	8,41	8,52	8,64
	3 D	10,34	10,11	10,11	10,11
	6 C	0,01	0,01	0,01	0,01
PM 10	1 B 1	0,32	0,32	0,32	0,32
	2 A	6,82	6,83	6,77	6,71
	2 B	0,58	0,62	0,63	0,65
	2 C	4,57	4,08	3,88	3,68
	2 D	1,48	1,51	1,51	1,50

2 G	38,57	39,18	39,80	40,43
3 D	10,34	10,11	10,11	10,11
6 C	111,91	104,34	106,87	108,51

3.5.2.3 Vergleich der Emissionsszenarien für den industriellen Sektor

Die folgende Abbildung stellt die Emissionen aus dem industriellen Sektor gemäß der Szenarien IN-APS und IN-EWS + grafisch gegenüber:

Abbildung 3-9: Emissionen aus IN-APS und IN-EWS+



Die folgende Tabelle zeigt die emissionsseitigen Differenzen zwischen den Szenarien IM-APS und IM-EWS+

Tabelle 3-25: Emissionsdifferenzen zwischen den Szenarien IN-APS und IN-EWS+

Differenz zwischen IM-EWS+ und IM-APS [in kt]				
	2015	2020	2025	2030
SO ₂	-14,38	-28,34	-27,85	-27,35
NO _x	-5,20	-15,95	-15,51	-15,07
NH ₃	-1,27	-1,37	-1,41	-1,45
PM 10	-0,08	-0,31	-0,29	-0,27
PM 2,5	-0,22	-0,23	-0,22	-0,21
NMVOC	-0,02	-0,05	-0,04	-0,03

Wie Tabelle 3-25 zu entnehmen ist, unterscheiden sich die Szenarien IN-APS und IN-EWS+ insbesondere hinsichtlich der SO₂- und der NO_x-Emissionen. Dies ist auf die angenommene Absenkung der NO_x-Emissionswerte bei der Herstellung von Glas und Walzstahl sowie bei Sinteranlagen (vgl. Tabelle 3-20) und auf die angenommene Absenkung des SO₂-Emissionswertes bei Sinteranlagen und bei der Schwefelsäureherstellung zurückzuführen.

Die Absenkung der Emissionsgrenzwerte für Feinstaub und NH₃ wirkt sich dagegen nur moderat mindernd auf die Emissionen aus.

3.6 Landwirtschaft

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Szenarioanalysen zur Entwicklung der Emissionen des Agrarsektors sowie der eng mit der Landwirtschaft verbundenen Biogasproduktion vorgestellt. Im Mittelpunkt stehen die Ammoniakemissionen sowie Wechselwirkungen zwischen Ammoniak- und Treibhausgasemissionen (Methan und Lachgas).

3.6.1 Modellierungsansatz

Die Berechnung der Emissionen erfolgte auf Grundlage des Modells GAS-EM des Thünen-Instituts für Agrarklimaschutz. Dieses Modell bildet gasförmige Emissionen der deutschen Landwirtschaft ab und wird für die Erfüllung internationaler Berichterstattungsverpflichtungen im Bereich der Treibhausgasemissionen und der Emission reaktiver Gase wie Ammoniak eingesetzt. Methodische Grundlagen sowie die Annahmen zur Fortschreibung der Aktivitätsdaten bis zum Jahr 2020 sind in Haenel et al. (2012) dokumentiert.

Im Modell GAS-EM werden die internationalen Anforderungen an die Erstellung von Emissionsinventaren im Rahmen des Genfer Luftreinhalteabkommen (Convention on Long-range Transboundary Air Pollution, CLRTAP) und der Klimarahmenkonvention (UNFCCC) berücksichtigt, namentlich das Emission Inventory Guidebook (EMEP/EEA) aus dem Jahr 2009 für reaktive Gase und Stäube sowie die Guidelines und Good Practice Guidance des IPCC für Treibhausgase. Da für NMVOC keine belastbaren E-Faktoren vorliegen, werden diese Emissionen derzeit nicht berichtet. Bei den Angaben aus älteren Berichten dürfte es sich um Überschätzungen handeln (Haenel et al., 2012). Da NMVOC-Emissionen aus der Landwirtschaft im Projekt berücksichtigt werden sollen, werden Angaben aus dem PAREST-Projekt herangezogen (Annahme: konstant 255 Gg NMVOC in allen abgebildeten Jahren).

Zur Abbildung der Treibhausgasemissionen der CRF-Quellgruppe 4 (Landwirtschaft) sind die folgenden Teil-Quellgruppen relevant:

- A: Fermentation: verdauungsbedingte CH₄-Emissionen,
- B: Düngewirtschaft: CH₄- und N₂O-Emissionen aus der Wirtschaftsdüngerlagerung,
- D: Landwirtschaftliche Böden: N₂O-Emissionen aus der Düngung, aus der Umsetzung von Ernterückständen, aus gasförmigen N-Verlusten sowie N-Austrägen ins Grund- und Oberflächenwasser. Hinzu kommen N₂O-Emissionen aus der Mineralisierung von Mooreböden.

Für die Teil-Quellgruppen 4 C. Reisanbau, 4 E. Brandrodung, 4 F. Verbrennen von Ernterückständen auf der Fläche sowie 4 G. Andere werden in Deutschland keine Emissionen berichtet.

Im Mittelpunkt der Betrachtungen stehen die Ammoniakemissionen, da in Deutschland die Landwirtschaft über 90 % dieser Emissionen verursacht. Die Emissionen stammen vor allem aus der Tierhaltung, daneben auch aus der Stickstoff-Mineraldüngung (Rösemann et al., 2013). Zusätzlich nimmt die Entwicklung der energetischen Nutzung von Biomasse Einfluss auf die Höhe der Emissionen. Hier ist vor allem die Ausweitung der Biogasproduktion relevant, da diese durch die Gärrestlagerung und Ausbringung auf die Ammoniakemissionen hat. Die Emissionen aus der Vergärung nachwachsender Rohstoffe sowie der Lagerung und Ausbringung der resultierenden Gärresten werden derzeit noch nicht in der Emissionsberichterstattung abgebildet, sollen aber ab der Berichterstattung 2015 in die Emissionsangaben aufgenommen werden. Inwieweit diese Emissionen direkt dem Agrarsektor zugeschrieben werden sollen, ist derzeit noch nicht geklärt. Deshalb werden die Emissionen, die auf die Biogasproduktion aus pflanzlichen Substraten zurückgehen, im Folgenden immer gesondert ausgewiesen. Die Auswirkungen des Einsatzes von Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft in Biogasanlagen spiegeln sich dagegen

in den Emissionen des Agrarsektors wider. Die Auswirkungen werden seit der Berichterstattung 2013 in der deutschen Emissionsberichterstattung abgebildet (Rösemann et al., 2013).

Die Berechnung der Emissionen aus der Biogasproduktion erfolgt auf Basis der folgenden Annahmen:

- Ableitung der Stickstoffmenge aus Gärsubstraten pflanzlicher Herkunft, die aus eigens angebauten Energiepflanzen wie Silomais stammen und in Biogasanlagen durch Vergärung zu „Wirtschaftsdüngern pflanzlicher Herkunft“ umgewandelt werden. Die Flächenumfänge für die Gärsubstratproduktion werden anhand von Methoden abgeschätzt, die am Thünen-Institut zur Analyse der Biogaserzeugung in Deutschland und den Wirkungen des EEG entwickelt worden sind (vgl. Scholwin et al., 2011). Diese berücksichtigen als Eingangsdaten neben der Entwicklung der Silomaisfläche und der Biogasproduktion auch den Futterbedarf in der Tierhaltung. Demnach wurden im Jahr 2010 etwa 800.000 Hektar Fläche für die Gärsubstratproduktion eingesetzt, vor allem für Silomaisanbau. Unter der Annahme, dass Silomais als Gärsubstrat eingesetzt wird, wird die Gesamt-N-Menge auf Basis eines Durchschnittsertrags von 45 t/ha Grünmais und einem Standard-Stickstoffgehalt von 3,8 kg N/t Frischmasse²³ geschätzt. Für die Jahre nach 2010 werden die Flächen und Mengen proportional zur Entwicklung der Energienutzung aus Biogas fortgeschrieben.
- Für die Berechnung der NH₃-Emissionen wird von einem TAN-Gehalt des Gärrestes von 67 % vom Gesamt-Stickstoff ausgegangen (entsprechend dem Vorgehen in Rösemann et al., 2013). TAN bedeutet „total ammoniacal nitrogen“, dabei handelt es sich um den Anteil der gesamten Stickstoffs in Wirtschaftsdüngern, aus dem Ammoniakemissionen erfolgen.
- Der E-Faktor für NH₃-Emissionen aus offenen Gärrestlagern wird mit 4,5 % vom TAN (in NH₃-N von TAN-N) berechnet (entsprechend dem E-Faktor für Rindergülle mit natürlicher Schwimmdecke, vgl. Rösemann et al., 2013). Der E-Faktor der Ausbringung wird mit 15 % vom verbleibenden TAN nach Lagerung angesetzt, (dies entspricht in etwa den Emissionswerten von Schweinegülle). Aus geschlossenen Gärrestlagern erfolgen den Annahmen nach keine NH₃-Emissionen.
- Der Anteil nicht gasdicht gelagerter Gärreste aus Biogasanlagen wird mit 51% angenommen (Rösemann et al., 2013, S. 93, Tabelle 3.8 für das Jahr 2011).
- Aus Gärresten pflanzlicher Herkunft erfolgen zusätzlich auch Emissionen von CH₄ und N₂O. Methanemissionen treten in erster Linie aus nicht gasdichten Lagern auf, andere Emissionen z.B. aufgrund von Leckagen spielen eine untergeordnete Rolle. Auf Grundlage der Untersuchungen von Liebetrau et al. (2011) wird für nicht gasdichte Lagerung ein CH₄-Verlust von 3,49% der gesamten Methanproduktion angenommen. Bei gasdichter Lagerung liegt der Methanschlupf annahmengenmäßig nur noch bei 0,5 %. Für N₂O-N wird in Anlehnung an Rösemann et al. (2013) ein pauschaler Wert von 0,10 % vom Gesamt-N in den Gärresten angenommen. Hinzu kommen Emissionen aus gasförmigen N-Verlusten und N-Auswaschung nach Ausbringung der Gärreste. Emissionen aus der Biogaserzeugung, die bei der Verbrennung von Biogas oder der Einspeisung in das Gasnetz entstehen, werden in den hier vorgestellten Berechnungen nicht berücksichtigt.

²³ vgl. Anlage 1 zur Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung - DüV), Düngeverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 27. Februar 2007 (BGBl. I S. 221)

- Emissionen aus Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft, der in Biogasanlagen verwertet wird, werden anhand der von Rösemann et al. (2013, S. 92 ff) beschriebenen E-Faktoren abgeschätzt. Durch die Verwertung in Biogasanlagen gehen die CH₄- und die N₂O-Emissionen aus der Wirtschaftsdüngerlagerung deutlich zurück. Im Fall von Rindergülle wird darüber hinaus angenommen, dass sich auch die NH₃-Emissionen vermindern, da die vergorene, dünnflüssigere Gülle schneller in den Boden eindringt.
- Durch die Verwendung von Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft können Gärsubstrate pflanzlicher Herkunft ersetzt werden. Für die Berechnung der Substitution von Silomais durch Gülle werden Angaben zum Mengenanfall und zur potentiellen Stromproduktion aus Angaben der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe herangezogen (FNR, 2010 und 2011). Bei Ausdehnung des Einsatzes tierischer Wirtschaftsdünger werden der Einsatz pflanzlicher Gärsubstrate und die damit verbundenen N-Mengen in „Wirtschaftsdüngern pflanzlicher Herkunft“ entsprechend reduziert.

Die beschriebenen Annahmen erlauben eine erste Abschätzung der Größenordnungen der Emissionswirkungen, die von der Biogaserzeugung in Deutschland ausgehen. Da die Methoden derzeit noch weiterentwickelt werden, sind die vorgestellten Ergebnisse für Emissionen aus der Biogaserzeugung als erste Anhaltspunkte zu verstehen. Zu berücksichtigen ist ferner, dass es sich bei vielen Eingangsdaten für die Berechnung (z.B. Anteil gasdichter Lager und Zusammensetzung der Gärsubstrate) um Schätzungen und nicht um statistisch erhobene Daten handelt. Die berechneten Emissionsumfänge können sich daher im Zuge der methodischen Weiterentwicklung und der Verbesserung der Datengrundlagen noch verändern.

3.6.2 Übersicht über die Aktivitätsszenarien

Aktivitätsdaten für den Agrarsektor werden anhand der Projektionen des Thünen-Instituts für das Jahr 2020 fortgeschrieben (Haenel et al, 2012; Rösemann et al., 2013). Für die Jahre nach 2020 werden vereinfachend keine Veränderungen der Umfänge angenommen. Bezüglich der Ertragsentwicklung ist auch nach dem Jahr 2020 mit weiter steigenden Ernteerträgen wichtiger Kulturpflanzen wie Weizen und Raps zu rechnen. Steigende Erträge wirken sich auf den Stickstoff-Düngungsbedarf und den N-Umsatz aus, was Einfluss auf die berechneten NH₃- und N₂O-Emissionen hat. Wenn jedoch gleichzeitig die Ausnutzung des gedüngten Stickstoffs weiter steigt, wird dieser Mehrbedarf an Stickstoff kompensiert, und die N-Düngung steigt nicht weiter an. Aufgrund der Unsicherheiten, welcher dieser Effekte überwiegt, wird nach dem Jahr 2020 keine Veränderung in den Aktivitätsdaten der Grundscenarien angenommen.

Bezüglich der Stickstoff-Umsätze in Biogasanlagen werden die in Abschnitt 2.6.1 erläuterten Annahmen genutzt. Die Mengenumsätze werden proportional zur Entwicklung der Energieumsätze aus Biogas fortgeschrieben, wie sie im Projekt Politiksznarien VI für die Szenarien APS und EWS angegeben werden. Die Szenarien APS und EWS unterscheiden sich bezüglich des Umfangs der Biogasproduktion, was in den Szenarioanalysen für den Agrarsektor berücksichtigt wird. Die Politiksznarien VI gehen bis zum Jahr 2020 von einem deutlichen Ausbau der Biogasproduktion aus, danach gibt es nur noch geringe Veränderungen. Deshalb werden für die Zeit nach dem Jahr 2020 keine wesentlichen Veränderungen der Biogasproduktion angenommen. Der leichte Anstieg der energetischen Nutzung im Szenario APS kann Annahmen gemäß durch bessere Wirkungsgrade und ohne Erhöhung des Umsatzes an Gärsubstraten erreicht werden. Im Szenario EWS sinkt die Biogasproduktion im Jahr 2030 gegenüber 2020 und 2025 leicht ab.

3.6.3 Übersicht über die Emissionsszenarien

Für die Landwirtschaft werden aufbauend auf die Szenarien APS und EWS die folgenden Szenarien berechnet:

- Referenz: Dieses „Business as usual“ Szenario beschreibt die Weiterentwicklung des Sektors unter Fortschreibung der bestehenden Rahmenbedingungen und der Umsetzung heute implementierter und bereits beschlossener Maßnahmen.
- Ammoniakemissionsminderung (+NH₃): Aufbauend auf das Referenzszenario werden zusätzliche Maßnahmen zur Minderung der Ammoniakemissionen untersucht und die Wirkungen auf die Ammoniak- und die Treibhausgasemissionen dargestellt. Als Minderungsmaßnahmen untersucht werden die unverzügliche Einarbeitung von Mist nach Ausbringung, die Abdeckung von Schweinegüllelagern, N-angepasste Fütterung und Abluftreinigung in der Schweinehaltung sowie emissionsarme Gülleausbringungsverfahren.
- Klimaschutz (+KS): Aufbauend auf das Szenario zu Ammoniakemissionsminderungsmaßnahmen werden in diesem Szenario zusätzlich die Wirkungen von Klimaschutzmaßnahmen in der Biogasproduktion (verstärkte Nutzung von tierischen Ausscheidungen in Höhe von 65 % des Wirtschaftsdüngeraufkommens (ohne Weide) bei Rindern und 70 % bei Schweinen; gasdichte Lagerung der Gärreste) und eine weitere Steigerung der Stickstoffausnutzung betrachtet.

Die untersuchten Szenariokombinationen, für die im Folgenden die Ergebnisse dargestellt werden, und die zugehörigen Kurzbezeichnungen sind der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen.

Tabelle 3-26: Übersicht über die für den Landwirtschaftssektor berechneten Szenarien

Politikszzenarien	Referenz	Klimaschutz
Landwirtschaftsszenarien	APS	EWS
Referenz	LaWi-APS	LaWi-EWS
NH ₃ -Minderung	LaWi-APS+NH ₃	-
NH ₃ -Minderung plus Klimaschutz	LaWi-APS+NH ₃ +KS	LaWi-EWS+NH ₃ +KS

In Tabelle 3-27 werden wichtige Aktivitätsdaten, die die Höhe der Ammoniak-, Methan- und Lachgasemissionen bestimmen, ausgewiesen. Die zugrunde liegenden Annahmen zur Entwicklung der Aktivitätsdaten sind in Haenel et al. (2012) dokumentiert. Während die Rinder- und Schafbestände bis zum Jahr 2020 als weiter rückläufig angenommen werden, bleiben die Schweine- und Pferdebestände etwa konstant und der Geflügelbestand dehnt sich um etwa 10 % aus.

Tabelle 3-27: Entwicklung ausgewählter Aktivitätsdaten

Jahr	Szenario	2005	2010	2020	2025	2030
		Tierbestände (Stallplätze) in 1000 Stück				
Milchkühe	Alle	4.236,4	4.183,1	3.813,3	3.813,3	3.813,3
Rinder ohne Milchkühe	Alle	8.799,2	8.626,4	7.346,3	7.346,3	7.346,3
Schweine (ohne Saugferkel)	Alle	22.742,8	22.244,4	22.856,5	22.856,5	22.856,5

Schafe	Alle	2.643,1	2.088,5	1.999,6	1.999,6	1.999,6
Pferde	Alle	499,9	461,8	461,8	461,8	461,8
Geflügel	Alle	120.561,0	128.899,8	130.765,8	130.765,8	130.765,8
		Stickstoff-Zufuhr in Gg Rein-N a ⁻¹				
Stickstoff-Mineraldünger	alle außer "...+KS"	1.778,4	1.569,0	1.839,1	1.839,1	1.839,1
darunter Harnstoff (rein)	alle außer "...+KS"	261,6	280,0	411,9	411,9	411,9
darunter Ammonium-nitrat-Harnstoff-Lösung	alle außer "+KS"	237,9	187,5	353,1	353,1	353,1
Stickstoff-Mineraldünger	"... +KS"	1.778,4	1.569,0	1.720,0	1.720,0	1.720,0
Von Leguminosen fixierter Stickstoff	Alle	94,7	77,0	75,4	75,4	75,4
N in Ernterückständen	Alle	890,9	905,5	982,8	982,8	982,8
Tierhaltung, ausgeschiedenes N	Alle	1.283,1	1.261,3	1.197,8	1.197,8	1.197,8
Stickstoff aus Gärresten pflanzlicher Herkunft	LaWi-APS / +NH ₃	30,8	136,8	205,2	205,2	205,2
	LaWi-APS+NH ₃ +KS	30,8	136,8	136,4	136,4	136,4
	LaWi-EWS / +NH ₃	30,8	136,8	239,4	239,4	222,3
	LaWi-EWS+NH ₃ +KS	30,8	136,8	159,1	159,1	159,1

Die Stickstoff-Mineraldüngung nimmt aufgrund steigender Erträge gegenüber 2010 etwas zu, und der Anteil von Harnstoff und Ammonium-Harnstoff-Lösung steigt den Annahmen zufolge an. Harnstoffhaltige Düngemittel führen zu erhöhten NH₃-Emissionen aus der Mineraldüngung (siehe EMEP-Emissionsfaktoren, Rösemann et al, 2013, Tab. 10.3). Ihr Anteil am gesamten N-Mineraldünger hängt von den Preisrelationen zwischen den verschiedenen Düngemitteln ab. Diese Annahme einer starken Ausdehnung berücksichtigt, dass es kurzfristig zu hohen Anteilen von Harnstoffdüngern und damit zu hohen NH₃-Emissionen kommen kann. Dies war in der Vergangenheit zu beobachten, etwa im Jahr 2009, als die NH₃-Emissionen trotz vergleichsweise geringer Höhe der N-Mineraldüngung von nur 1550 Gg N aufgrund des hohen Anteils an Harnstoff mit über 78 Gg NH₃ im Vergleich zu den Vorjahren sehr hoch ausfielen. Die Annahmen für das Jahr 2020 führen zu NH₃-Emissionen von über 90 Gg. In den Szenarien mit zusätzlichem Klimaschutz LaWi-APS+NH₃+KS und LaWi-EWS+NH₃+KS wird von einer reduzierten N-Mineraldüngermenge ausgegangen. Im Jahr 2030 ist diese geringe N-Menge bei voraussichtlich weiter steigenden Erträgen nur bei sehr hohen N-Ausnutzungsgraden möglich.

Verbunden mit dem Rückgang der Rinderbestände ist auch eine Verringerung der Stickstoffmenge aus tierischen Ausscheidungen. Im Szenario LaWi-APS wird diese Verringerung durch die Zunahme der „Wirtschaftsdünger pflanzlicher Herkunft“, also Gärresten aus der Biogasproduktion, die nicht aus der Tierhaltung stammen, kompensiert. Im Szenario LaWi-EWS kommt es zu einer leichten Ausdehnung des gesamten Wirtschaftsdüngeraufkommens einschließlich Gärresten. In den Szenarien mit zusätzlichen Klimaschutzmaßnahmen werden pflanzliche

Gärsubstrate durch Gülle ersetzt. Dadurch nehmen die Emissionen aus Wirtschaftsdünger insgesamt etwas ab.

3.6.3.1 Landwirtschaftsemissionen im Szenario LaWi-APS

Die Ammoniakemissionen im Agrarsektor weisen ohne Berücksichtigung der Biogaserzeugung aus nachwachsenden Rohstoffen ebenso wie die Staub- und Methanemissionen einen leicht abnehmenden Trend auf. Grund ist in erster Linie der Rückgang des Rinderbestands. Die NO_x - und die Lachgasemissionen steigen dagegen im Vergleich zu 2010 aufgrund etwas zunehmender N-Düngung leicht an. Mit Berücksichtigung der expandierenden Biogaserzeugung aus nachwachsenden Rohstoffen steigen die Ammoniakemissionen von 2010 bis 2020 leicht (um 3 %) und die Lachgasemissionen deutlicher an (um 7 %). Mit einer NH_3 -Emission in Höhe von 522 Gg im Jahr 2020 allein aus der Landwirtschaft und ohne Anrechnung der Emissionen aus der Biogaserzeugung ist die Einhaltung der NEC-Richtlinie nicht gesichert, da NH_3 -Freisetzungen aus anderen Quellen nicht vollständig vermieden werden können. Die Emissionsobergrenze gemäß NEC-Richtlinie von 550 Gg NH_3 p. a. kann demnach nur durch Umsetzung zusätzlicher Minderungsmaßnahmen künftig sicher unterschritten werden.

Tabelle 3-28: Emissionen der Landwirtschaft und der Biogaserzeugung aus nachwachsenden Rohstoffen im Szenario LaWi-APS in Gg p.a.

Schadstoff	Quellgruppe	2005	2010	2015	2020	2025	2030
NH_3	4 B Wirtschaftsdünger	456,6	442,3	432,5	422,3	422,3	422,3
NH_3	4 D Böden	74,5	71,2	84,8	99,8	99,8	99,8
NH_3	<i>Biogaserzeugung</i>	<i>4,2</i>	<i>18,9</i>	<i>23,9</i>	<i>28,3</i>	<i>28,3</i>	<i>28,3</i>
NH_3	Summe	535,3	532,3	541,2	550,4	550,4	550,4
NO_x	4 B Wirtschaftsdünger	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4
NO_x	4 D Böden	111,0	102,1	106,4	110,7	110,7	110,7
NO_x	Biogaserzeugung	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>	<i>0,01</i>	<i>0,01</i>	<i>0,01</i>	<i>0,01</i>
NO_x	Summe	112,5	103,6	107,9	112,2	112,2	112,2
PM 10	4 B Wirtschaftsdünger	18,5	19,9	19,8	19,7	19,7	19,7
PM 10	4 D Böden	18,7	18,6	17,8	16,9	16,9	16,9
PM 10	Summe	37,2	38,5	37,6	36,6	36,6	36,6
PM 2,5	4 B Wirtschaftsdünger	5,2	5,4	5,2	5,1	5,1	5,1
PM 2,5	4 D Böden	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
PM 2,5	Summe	5,9	6,1	5,9	5,8	5,8	5,8
<i>NM VOC</i>	<i>Summe</i>	<i>254,7</i>	<i>254,7</i>	<i>254,7</i>	<i>254,7</i>	<i>254,7</i>	<i>254,7</i>
N_2O	4 B Wirtschaftsdünger	7,2	7,3	7,1	6,9	6,9	6,9
N_2O	4 D Böden	133,9	127,0	131,0	135,0	135,0	135,0
N_2O	<i>Gärrestausbringung</i>	<i>1,0</i>	<i>4,5</i>	<i>5,7</i>	<i>6,8</i>	<i>6,8</i>	<i>6,8</i>
N_2O	Summe	142,2	138,8	143,8	148,7	148,7	148,7
CH_4	4 A Verdauung	975,2	965,6	925,0	883,0	883,0	883,0
CH_4	4 B Wirtschaftsdünger	267,8	265,4	257,2	249,0	249,0	249,0
CH_4	<i>Biogaserzeugung</i>	<i>11,0</i>	<i>48,9</i>	<i>62,1</i>	<i>73,4</i>	<i>73,4</i>	<i>73,4</i>

Schadstoff	Quellgruppe	2005	2010	2015	2020	2025	2030
CH ₄	Summe	1254,0	1279,9	1244,3	1205,4	1205,4	1205,4

3.6.3.2 Landwirtschaftsemissionen im Szenario LaWi-APS+NH₃

In diesem Szenario werden zusätzliche Maßnahmen zur Minderung der Ammoniakemissionen untersucht. Diese dienen dazu, dass die Emissionsobergrenze gemäß NEC-Richtlinie mit höherer Sicherheit unterschritten werden kann. In der folgenden Tabelle werden die einzelnen Maßnahmen und ihre Minderungspotentiale ausgewiesen. Während einige Maßnahmen wie die unverzügliche Einarbeitung von Mist und die Abdeckung von Schweinegüllelagern kurzfristig umgesetzt werden können, erfordern die emissionsarme Gülleausbringung oder Abluftreinigungsanlagen Investitionen, so dass erst nach einer Übergangszeit eine höhere Verbreitung verbesserter Technologien erreicht wird. Beispielsweise wurden im Jahr 2010 weniger als 15 % der Flüssigmistausbringung auf Grünland mit emissionsarmer Technik vorgenommen (Statistisches Bundesamt, 2011), eine Erhöhung dieses Anteils macht also erhebliche Investitionen und bei Berücksichtigung der Investitionszyklen entsprechende Übergangszeiten von ca. 10 Jahren erforderlich.

Bei der Verbreitung von Abluftreinigungsanlagen in der Schweinehaltung wird von einer Umsetzung in großen Tierbeständen ausgegangen, die nach Bundes-Immissionsschutzgesetz genehmigungspflichtig sind. Im Jahr 2020 werden den Annahmen zufolge ca. 20 % des gesamten Schweinebestandes in nach BImSchG genehmigungspflichtigen Beständen gehalten. Tatsächlich wird seit Anfang 2013 in Nordrhein-Westfalen und Niedersachsen für große Schweinehaltungsanlagen (über 2.000 Mastschweine, über 750 Sauen oder über 6.000 Ferkelplätze) der Einbau von Abluftreinigungsanlagen vorgeschrieben, dafür sind Übergangsfristen vorgesehen. Einige der Maßnahmen lassen sich ggf. nicht vollständig und nicht mit ausreichender Sicherheit umsetzen, z. B. die unverzüglich Einarbeitung von Festmist (viele betroffene Kleinbetriebe) oder die N-angepasste Fütterung von Schweinen (schwer kontrollierbar). Der tatsächlich erreichbare Minderungseffekt kann deshalb etwas geringer ausfallen.

Tabelle 3-29: Maßnahmen zur Minderung der NH₃-Emissionen im Szenario LaWi-APS+NH₃

NH ₃ -Minderungsmaßnahmen	Gg NH ₃ p.a.
1. Einarbeitung von Geflügelmist (und Trockenkot) innerhalb von 4 h	12,13
2. Abdeckung von Schweinegüllelagern mit Schwimmfolie	4,26
3. N-angepasste Fütterung bei Mastschweinen und Sauen (50 % aller Schweinebestände)	3,69
4. Gülleausbringung mit Schleppschlauch auf bewachsenen Ackerflächen	11,16
5. Gülleausbringung mit Schleppschuh auf Grünland	33,31
6. Festmist < 4h (ohne Geflügelmist und Trockenkot)	4,19
7. Abluftreinigung in 20% aller Schweinebestände	7,7
Summe NH₃ Emissionsminderung	76,4

In der Tabelle 3-30 wird die Entwicklung der Emissionen von Ammoniak, Methan und Lachgas dargestellt. Die Ammoniakemissionen aus der Landwirtschaft zuzüglich der Biogaserzeugung aus nachwachsenden Rohstoffen gehen auf unter 475 Gg p.a. zurück. Die Wirkungen einer optimierten Gärrestausrückführung sind dabei noch nicht berücksichtigt, da die Emissionen aus Gärresten pflanzlicher Herkunft separat auf Grundlage pauschaler E-Faktoren berechnet wurden.

Ein weiteres Potential liegt in der Reduzierung der Ammoniakemissionen aus der Mineraldüngung. Eine Einschränkung der Harnstoffdünger ist am EU-Binnenmarkt nicht umsetzbar. Der Einsatz von Urease-Hemmstoffen in Harnstoffdüngern sowie die unmittelbare Einarbeitung kann die NH_3 -Emissionen deutlich senken, allerdings besteht hier noch Forschungsbedarf zu den E-Faktoren und zur Umsetzbarkeit dieser Option. Angesichts des zusätzlichen Minderungspotentials bei Harnstoffdüngern im zweistelligen Gg-Bereich sollten diese Optionen geprüft und Wissenslücken geschlossen werden.

Tabelle 3-30: Emissionen der Landwirtschaft und der Biogaserzeugung im Szenario LaWi-APS+ NH_3

Schadstoff	Quellgruppe	2005	2010	2015	2020	2025	2030
NH_3	4 Landwirtschaft	531,0	513,5	479,6	445,8	445,8	445,8
NH_3	Biogaserzeugung	4,2	18,9	23,9	28,3	28,3	28,3
NH_3	Summe	535,3	532,3	503,5	474,1	474,1	474,1
N_2O	Summe	142,2	138,8	143,8	148,7	148,7	148,7
CH_4	Summe	1.254,0	1.279,9	1.249,8	1.217,9	1.217,9	1.217,9

3.6.3.3 Landwirtschaftsemissionen im Szenario LaWi-APS+ NH_3 +KS

In diesem Szenario wird für die Biogasproduktion von grundsätzlich gasdichter Lagerung der Gärreste und einem stark erhöhten Anteil von Gülle- und Gärrestnutzung in Biogasanlagen ausgegangen. Dadurch wird die Nutzung von pflanzlichen Gärsubstraten um etwa ein Drittel reduziert. Von diesen Maßnahmen gehen drei NH_3 -Minderungseffekte aus: Die gasdichte Lagerung von Gärresten einschließlich der in Biogasanlagen verwerteten Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft reduziert die Ammoniakemissionen aus der Lagerung, die Substitution pflanzlicher Gärreste durch Gülle verringert die Wirtschaftsdüngermenge pflanzlicher Herkunft und deren Emissionen, und die vergorene Rindergülle weist verringerte E-Faktoren für Ammoniak auf. Zusammen mit den im vorherigen Abschnitt beschriebenen NH_3 -Minderungsmaßnahmen werden die NH_3 -Emissionen auf unter 450 Gg p.a. gesenkt. Dabei wird davon ausgegangen, dass die Maßnahmenwirkungen addiert werden können und sich nicht gegenseitig teilweise aufheben. Tatsächlich könnte die Gesamtwirkung aber durch nicht-additive Wirkungen etwas geringer ausfallen.

Durch die beschriebenen Maßnahmen können neben den Ammoniakemissionen gleichzeitig auch die Methan- und Lachgasemissionen aus der Wirtschaftsdüngerlagerung deutlich gesenkt werden. Die Methanemissionen der Landwirtschaft werden dadurch von 2010 auf 2020 um über 15 % gesenkt. Die Lachgasemissionen sinken dagegen aufgrund der hohen Bedeutung düngungsbedingter Emissionen prozentual nur leicht. Die grundsätzlich gasdichte Lagerung von Biogas-Gärresten und die verstärkte Nutzung von Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft, vor allem Gülle mit ihren erhöhten Methanemissionen bei konventioneller Lagerung, weist somit erhebliche Synergieeffekte zwischen Ammoniakemissionsminderung und Klimaschutz auf.

Tabelle 3-31: Emissionen der Landwirtschaft und der Biogaserzeugung im Szenario LaWi-APS+NH₃+KS in Gg p.a.

Schadstoff	Quellgruppe	2005	2010	2015	2020	2025	2030
NH ₃	4 Landwirtschaft	531,0	513,5	472,5	431,5	431,5	431,5
NH ₃	Biogaserzeugung	3,8	16,7	16,7	16,6	16,6	16,6
NH ₃	Summe	534,8	530,2	489,1	448,1	448,1	448,1
N ₂ O	Summe	141,9	138,4	139,7	141,0	141,0	141,0
CH ₄	Summe	1.235,3	1.242,7	1.125,3	1.008,0	1.008,0	1.008,0

3.6.3.4 Landwirtschaftsemissionen im Szenario LaWi-EWS

Das Szenario LaWi-EWS weist eine erhöhte Biogaserzeugung auf, weshalb die NH₃-, die CH₄- und N₂O-Emissionen um bis zu 1 % über denen im Szenario LaWi-APS liegen.

Tabelle 3-32: Emissionen der Landwirtschaft und der Biogaserzeugung im Szenario LaWi-EWS in Gg p.a.

Schadstoff	Quellgruppe	2005	2010	2015	2020	2025	2030
NH ₃	4 Landwirtschaft	531,0	513,5	517,3	522,1	522,1	522,1
NH ₃	Biogaserzeugung	4,2	18,9	24,8	33,0	33,0	30,7
NH ₃	Summe	535,3	532,3	542,0	555,1	555,1	552,8
N ₂ O	Summe	142,2	138,8	144,0	149,8	149,8	149,3
CH ₄	Summe	1.254,0	1.279,9	1.246,4	1.217,6	1.217,6	1.211,5

3.6.3.5 Landwirtschaftsemissionen im Szenario LaWi-EWS+NH₃+KS

Die berechneten Emissionen sind mit denen im Szenario LaWi-APS+NH₃+KS vergleichbar, liegen aber aufgrund der erhöhten Biogaserzeugung etwas höher.

Tabelle 3-33: Emissionen der Landwirtschaft und der Biogaserzeugung im Szenario LaWi-EWS+NH₃+KS in Gg p.a.

Schadstoff	Quellgruppe	2005	2010	2015	2020	2025	2030
NH ₃	4 Landwirtschaft	531,0	513,5	472,5	431,5	431,5	431,5
NH ₃	Biogaserzeugung	3,8	16,7	18,1	19,4	19,4	19,4
NH ₃	Summe	534,8	530,2	490,5	450,9	450,9	450,9
N ₂ O	Summe	141,9	138,4	140,1	141,8	141,8	141,8
CH ₄	Summe	1.227,5	1.207,8	1.109,1	1.010,3	1.010,3	1.010,3

3.7 Szenarien für Lösemittel

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Szenarioanalysen zur Entwicklung der Emissionen im Lösemittelsektor vorgestellt. Die Szenarien wurden mit dem Lösemittelmodells des Umweltbundesamtes („UBA-Lösemittelmodell“²⁴) berechnet, welches im Rahmen verschiedener UFOPLAN-Vorhaben^{25,26,27,28} entwickelt worden war.

3.7.1 Modellierungsansatz

Auf Grundlage des Lösemittelmodells des Umweltbundesamtes wurde zunächst für die Jahre 2015, 2020, 2025, 2030 und 2035 ein Basisszenario erstellt. Das Lösemittelmodell dient dem Umweltbundesamt zur Bereitstellung von NMVOC-Daten aus der Lösemittelanwendung („Solvent Use“). Es unterscheidet verschiedene Quellgruppen für die internationalen Berichtspflichten, z.B.:

- Kyoto-Protokoll (UNFCCC, IPCC) => NMVOC als Vorläufersubstanzen für das Treibhausgas Ozon
- Convention on Long Range Transboundary Air Pollution (UN/ECE) => Nationale Emissionshöchstgrenzen zur Vermeidung von Ozonbildung, Eutrophierung und Versauerung
- NEC-Richtlinie (EU) => Nationale Emissionshöchstgrenzen zur Vermeidung von Ozonbildung, Eutrophierung und Versauerung

Emissionsberechnungen im deutschen Lösemittelinventar erfolgen auf Basis eines produktbezogenen Ansatzes, der in Abbildung 3-10 in der Kombination der Kategorien „Herstellung“ lösemittelhaltiger Güter und „Verbrauch“ d.h. Anwendung lösemittelhaltiger Güter, schematisch dargestellt ist.

²⁴ Dokumentiert in: J. Theloke, NMVOC-Emissionen aus der Lösemittelanwendung und Möglichkeiten zu ihrer Minderung. Fortschritt-Berichte VDI Reihe 15 Nr. 252. Düsseldorf: VDI-Verlag, (Dissertation), 2005

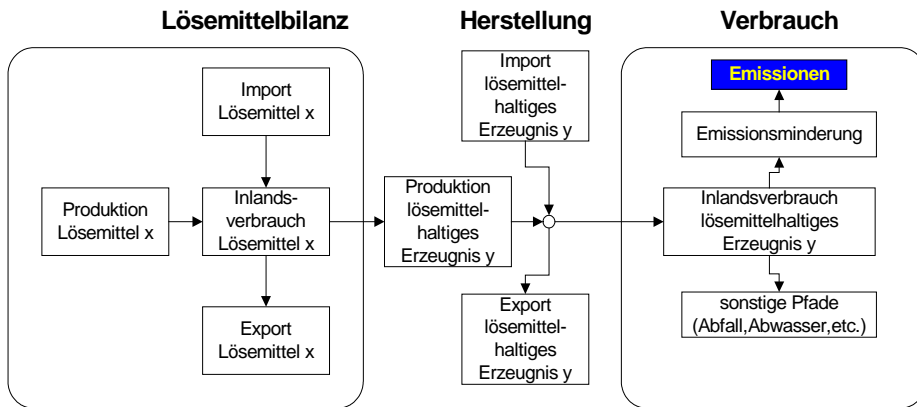
²⁵ Ermittlung der Lösemittel-Emissionen 1994 in Deutschland und Methoden zur Fortschreibung, (UFOPLAN-Vorhaben FKZ 295 42 628)

²⁶ Emissionsdaten für flüchtige organische Verbindungen aus der Lösemittelverwendung – Methodenevaluierung, Datenerhebung und Prognosen" (UFOPLAN-Vorhaben FKZ 201 43 306)

²⁷ Erhebung von Inventargasen –Evaluierung und Aktualisierung der Erhebungsmethodik für flüchtige organische Verbindungen ohne Methan (NMVOC) aus der Lösemittelverwendung (UFOPLAN-Vorhaben FKZ 3707 42 103/03)

²⁸ Überprüfung der Deutschen Methodik zur Berechnung der NMVOC Emissionen aus der Lösemittelanwendung und die Bewertung der Auswirkungen von Minderungsoptionen im Europäischen Kontext (UFOPLAN-Vorhaben FKZ 360 16 032)

Abbildung 3-10: Schema der Emissionsberechnung im Lösemittel-Inventar



$$\text{Emission} = \text{Inlandsverbrauch} \times \text{Lösemittelgehalt} \times \text{Emissionsfaktor}$$

Die Datenermittlung des Lösemittelmodells basiert weitgehend auf öffentlich zugänglichen Daten. Auf Basis von Produktions- und Außenhandelsmengen lösemittelhaltiger Produkte ergibt sich jeweils der anwendungsspezifische Inlandsverbrauch lösemittelhaltiger Güter.

Mit Hilfe von weiteren Informationen über den Lösemittelgehalt der erzeugten Produkte und den Einsatz von Verdünnern bei der Anwendung sowie einer Zuordnung zu Anwendungsbereichen ergibt sich der Lösemittelverbrauch in einzelnen Tätigkeiten. Schließlich wird für die einzelnen Subkategorien ein Emissionsfaktor abgeschätzt.

Grundlage des Basisszenarios für die Jahre 2015, 2020, 2025 und 2030 war zum einen die sozioökonomische Entwicklung der einzelnen lösemittelrelevanten Sektoren (mehr als 100) und zum anderen wurden technische Entwicklungen in Gestalt von Effizienzsteigerungen, d.h. Reduzierung des spezifischen Lösemiteleinsatzes berücksichtigt. Beide Effekte lassen sich im Modell voneinander unterscheiden. Die Annahmen über die Entwicklung sozioökonomischer Indikatoren wurden konsistent mit dem Energierferenzszenario auf Basis von Politikszenerarien VI (PSz VI) [Öko-Institut 2013] angenommen. Dies betraf letztlich jedoch nur die in PSz VI angenommene Bevölkerungsentwicklung. Darüber hinaus gehende sozioökonomische Indikatoren, hier insbesondere sektorspezifische Umsatzentwicklungen, wurden dem PROGNOS Deutschland-Report [PROGNOS, 2010] entnommen. Die Prognosefaktoren für die Marktentwicklung bestehen dabei zum einen aus Daten zur Prognose der grundlegenden wirtschaftlichen Entwicklung in den einzelnen Wirtschaftssektoren und zum anderen aus Informationen darüber, wie stark diese allgemeine Wirtschaftsentwicklung in einem Sektor zu einer sektorspezifischen Steigerung des Mengendurchsatzes an (lösemittelhaltigen) Produkten führt. Die Erstellung des Basisszenarios wurde in enger Abstimmung mit der zuständigen Fachabteilung des Umweltbundesamtes durchgeführt. Die Ergebnisse des Basisszenarios sind in Tabelle 3-34 dargestellt.

Tabelle 3-34: Entwicklung der Emissionen aus der Lösemittelanwendung im Basisszenario bis 2035 in Deutschland differenziert nach Subsektoren

	Basis-Szenario (CLE)				
2011	2015	2020	2025	2030	2035
Menge [t]	Menge [t]	Menge [t]	Menge [t]	Menge [t]	Menge [t]
Anwendung von Dekorativen Farben und Lacken					
96.478	95.084	95.588	87.417	80.563	74.681

Anwendung von Industrielacken					
141.498	136.681	139.488	134.223	134.876	141.128
Andere Anwendungen von Farben und Lacken					
16.322	16.063	16.551	15.862	15.896	16.540
Entfettung					
39.043	38.364	35.076	42.307	44.788	47.271
Chemische Reinigung					
1.182	766	701	821	830	835
Herstellung von Lösemittelhaltigen Produkten					
53.993	50.900	49.073	53.913	56.177	56.498
Druck					
102.791	90.283	82.887	98.323	103.477	107.277
Häusliche Anwendung lösemittelhaltiger Produkte					
106.273	110.909	111.074	117.910	119.438	120.625
Andere Anwendungen von Lösemitteln					
134.520	125.364	114.888	134.806	139.181	142.655
692.100	664.416	645.326	685.582	695.226	707.511

Danach ist die Entwicklung der Emissionen bis 2020 voraussichtlich leicht rückläufig, in allen Bereichen der Lösemittelanwendung, außer im Sektor „Häusliche Anwendung lösemittelhaltiger Produkte“. Zum einen wirken hier noch die Umsetzung von 31. BImSchV [31. BImSchV, 2001] und der Decopaint Directive [DECOPAINT, 2004], [ChemVOCGFarbV, 2004] nach, deren Umsetzung eigentlich bis 2010 vollständig abgeschlossen wurde. Teilweise werden jedoch im Modell technische Entwicklungen angenommen, die durch die Implementierung dieser Maßnahmen angestoßen wurden. Dieser Effekt wird im Modell durch Effizienzsteigerungen auf subsektoraler Ebene abgebildet. Nach 2020 ist die Menge der Emissionen im Lösemittelsektor ausschließlich durch die sozioökonomische Entwicklung getrieben. Da zurzeit die weitere Entwicklung gesetzlicher Maßnahmen nicht vorgesehen ist, ist mit einer Zunahme der Emissionen bis 2035 zu rechnen, sodass im Jahr 2035 voraussichtlich etwa so viel NMVOC aus der Lösemittelanwendung emittiert werden wie im Jahr 2011 ($D \sim 2\%$).

3.7.2 Entwicklung von Vorschlägen für Minderungsmaßnahmen

Um im Rahmen des Projektes für den Lösemittelsektor ein Alternativszenario auf der Basis von konkreten Maßnahmen zu entwickeln, wurde in Abstimmung mit dem Umweltbundesamt eine umfassende Liste von Minderungsmaßnahmen für diesen Sektor entwickelt. Die identifizierten Minderungsmaßnahmen werden im Folgenden auf Grundlage eines einheitlichen Templates beschrieben, insbesondere hinsichtlich

- Ihrer Minderungspotenziale in zukünftigen Jahren über die bestehende Gesetzgebung hinaus,
- Ihrer Kosten,
- Ihrer Umsetzungshemmnisse und
- Ihrer Möglichkeiten zur Implementierung sowie
- Ihrer Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (z.B. Klimaschutz)
- Identifizierung der ausgewählten Maßnahmen

Bei der Identifizierung der Maßnahmen wurde insbesondere auf [Theloke et al., 2010], [Theloke et al. 2007], [Theloke, 2005], [Decopaint review, 2009] und [Road markings, 2011] zurückgegriffen.

3.7.2.1 Charakterisierung der ausgewählten Maßnahmen

Die Lösemittelanwendung ist in Deutschland auf der einen Seite von anlagenbezogenen gesetzlichen Maßnahmen betroffen, deren Implementierung bei der Berechnung des Basisszenarios berücksichtigt wurde. Diese basieren alle auf Verordnungen des Bundesimmissionsschutzgesetzes.

Es handelt sich dabei insbesondere um die

- 2. Bundesimmissionsschutzverordnung [2. BImSchV, 2001],
- 4. Bundesimmissionsschutzverordnung [4. BImSchV, 2010],
- 31. Bundesimmissionsschutzverordnung [31. BImSchV., 2001].

Zum anderen wurde bis 2010 die produktbezogene „Chemikalienrechtliche Verordnung zur Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen (VOC) durch Beschränkung des Inverkehrbringens lösemittelhaltiger Farben und Lacke“ [ChemVOCFarbV, 2004] umgesetzt. Hierbei handelt es sich um die nationale Implementierung der DECOPAINT-Richtlinie (2004/42/EC). Zusätzlich wurde die IPPC-Direktive (1996/61/EC)²⁹ der EU für „Oberflächenbehandlungen unter Verwendung von Lösemitteln“ umgesetzt, die in Deutschland unter dem Begriff IVU-Richtlinie bekannt ist. Dies betrifft jedoch nur Anlagen mit Verbrauchskapazitäten von mehr als 150 kg pro Stunde oder 200 t Lösemittel pro Jahr. Potenzielle Minderungsmöglichkeiten werden in diesem Kapitel in die folgenden beiden Kategorien eingeteilt:

- Produktbezogene Maßnahmen
- Anlagenbezogene Maßnahmen

Bei produktbezogenen Maßnahmen, sogenannten Primärmaßnahmen, werden lösemittelärmere Produkte eingesetzt und damit Emissionen vermieden. Beispiele für produktbezogene Maßnahmen sind der Einsatz von Pulverlacken, Wasserlacken, High-Solids oder höhersiedenden Reinigungsmitteln sowie der Einsatz von wässrigen Reinigungssystemen. Für anlagenbezogene Anwendungen besteht bereits eine Anzahl von gesetzlichen Regelungen. Diese sind meist an Tätigkeitsdefinitionen und Schwellenwerte gebunden, bei deren Überschreitung die entsprechenden Anlagen bestimmte Grenzwerte einhalten müssen. Anlagenbezogene Maßnahmen, die über die bisherigen gesetzlichen Maßnahmen hinausgehen, betreffen daher Anlagen und Tätigkeiten, die von den bisherigen Tätigkeitsdefinitionen noch nicht betroffen sind (z. B. der Bogenoffsetdruck) oder Anlagen, die unterhalb entsprechender Schwellenwerte liegen (z. B. Oberflächenreinigungsanlagen mit einem Jahresverbrauchs von weniger als 1 t Lösemittel). Schwellenwerte sind entweder über den Verbrauch von Lösemitteln oder lösemittelhaltigen Produkten in einem definierten Zeitraum (pro Stunde, Tag oder Jahr) oder über die Anlagenkapazitäten definiert. Durch die ChemVOC-FarbV [ChemVOCFarbV, 2004] wurden erstmals, auf der Grundlage produktbezogener Regelungen, gesetzlich maximale Lösemittelgehalte für verschiedene,

²⁹ Council Directive 66/61/EC of 24. September 1996, concerning integrated pollution prevention and control, Office Journal of the European Communities, No. L257/26, 1996

insbesondere im Maler- und Lackiererhandwerk sowie im Do-It Yourself (DIY)-Bereich eingesetzte, Farb- und Lacksysteme vorgeschrieben.

3.7.2.2 Bewertung der identifizierten Minderungspotenziale

Zur Bewertung der identifizierten Minderungspotenziale wird zunächst das Potenzial in Bezug auf das in Abbildung 1 dargestellte Basisszenario quantifiziert. Anschließend werden potenzielle andere Umweltauswirkungen betrachtet, wie z. B. der vermehrte CO₂-Ausstoß einer nicht autotherm betriebenen thermischen Nachverbrennung. Darüber hinaus werden soweit möglich die zu erwartenden Minderungskosten in Euro pro vermiedener Tonne NMVOC quantifiziert, um kosteneffektive Minderungsmaßnahmen identifizieren zu können.

3.7.3 Minderungsoptionen für NMVOC Emissionen aus der Lösemittelanwendung

Ungefähr die Hälfte der Lösemittlemissionen wird durch „übrige Lösemittelverwendungen“ verursacht. Hierunter fallen z.B. die häusliche Anwendung lösemittelhaltiger Produkte, Druckanwendungen, Klebstoffanwendungen, Anwendung von Holzschutzmitteln usw. Einen wesentlichen Anteil von etwa 40% haben die NMVOC-Emissionen aus der Lackierung. Eher vernachlässigbar ist der Anteil der NMVOC-Emissionen (etwa 10%) aus der Entfettung, der chemischen Reinigung und der Herstellung und Anwendung von chemischen Produkten. Hierbei muss bemerkt werden, dass bei der Herstellung chemischer Produkte nur Kunststoffaufschäumprozesse betrachtet werden. Darüber hinaus wird in dieser Quellgruppe die Herstellung lösemittelhaltiger Produkte betrachtet. In

Tabelle 3-35 sind die im Folgenden detaillierter charakterisierten Maßnahmen aufgeführt. Wenn im Folgenden im Zusammenhang mit Vorschlägen zur Maßnahmenimplementierung eine Modifikation der 31. BImSchV vorgeschlagen ist, ist dies gleichzusetzen mit einer Änderung der Nationalen Umsetzung der Industrieemissionsrichtlinie³⁰ für den Lösemittelsektor.

Tabelle 3-35: Maßnahmenliste der identifizierten Minderungsoptionen für den Sektor Lösemittelanwendung

ID-Nr.	Subsektor	Maßnahme
L 001	Anwendung von Deodorantien/ Antitranspirantien	Begrenzung des NMVOC Gehaltes auf 10%- auch für Toiletten- und Rasierwässer sowie sonstige Ausweichprodukte => Substitutionsprodukte (Cremes, Roller, Sticks) werden gefördert und betroffene Produkte verschwinden vom Markt. 20% des Marktvolumens verschwinden ganz.
L 002	NMVOC Emissionen aus Haarsprays	Begrenzung des maximalen NMVOC Gehaltes auf 90%
L 003	Bogenoffsetdruck	Erweiterung der 31. BImSchV auf den mittel- und großformatigen Bogenoffsetdruck im Sinne einer Bilanzierungspflicht. Einführung einer Dynamisierungsklausel in die 31. BImSchV
L 004	Oberflächenreinigungsprozesse	Absenkung des Schwellenwertes der 31. BImSchV

³⁰ DIRECTIVE 2010/75/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control)

ID-Nr.	Subsektor	Maßnahme
L 005	Anwendung von Farben und Lacken im Maschinenbau	Absenkung des Schwellenwertes der 31. BImSchV
L 006	Anwendung von Farben und Lacken im Innenausbau und Schreinerhandwerk	Absenkung des Schwellenwertes der 31. BImSchV
L 007	Siebdruck	Erweiterung der 31. BImSchV.
L 008	Anwendung von Holzschutzmitteln	Absenkung des Schwellenwertes der 31. BImSchV
L 009a	Herstellung von lösemittelhaltigen Produkten - pharmazeutische Produkte	Absenkung von Schwellenwerten der 31. BImSchV
L 009b	Herstellung von lösemittelhaltigen Produkten - Farben & Lacke (inkl. Druckfarben)	Absenkung von Schwellenwerten der 31. BImSchV
L 009c	Herstellung von lösemittelhaltigen Produkten - Sonstige	Absenkung von Schwellenwerten der 31. BImSchV
L 010	Straßenmarkierungsfarben	Erweiterung der Decopaint Richtlinie (2004/42/EC)
L 011	Fahrzeugreparaturlackierung	Erweiterung der Decopaint Richtlinie (2004/42/EC); Umkategorisierung
L 012	Innenfarben	Erweiterung der Decopaint Richtlinie (2004/42/EC); Verschärfung der Limits für Innenfarben
L 013	Holzfarben	Erweiterung der Decopaint Richtlinie (2004/42/EC) auf alle Holzfarbsysteme
L 014	Schutzfarben	Erweiterung der Decopaint Richtlinie (2004/42/EC) auf alle Schutzfarbensysteme
L 015	Bodenklebstoffe	Erweiterung der Decopaint Richtlinie (2004/42/EC)
L016	Glas- und Fensterreiniger	Erweiterung der Decopaint Richtlinie (2004/42/EC)
L 017	Verpackungsflexodruck	Absenkung des Schwellenwertes der 31. BImSchV

In den folgenden Abschnitten werden die Maßnahmen jeweils detailliert beschrieben und im Hinblick auf Umsetz- und Implementierbarkeit sowie Kosten und Minderungspotenziale analysiert.

3.7.3.1 Reduktion der NMVOC-Emissionen bei der Anwendung von Deodorantien & Antitranspirantien (L001)

L 001a
<p>Kurzbeschreibung</p> <p>Auf Basis von [Decopaint review, 2009] wird bei dieser Maßnahme der VOC-Gehalt von Deodorantien und Antitranspirantien auf 10 % beschränkt. Die Folge ist, dass keine Produkte auf der Basis von Aerosolsprays mehr auf den Markt gebracht werden könnten, da diese Produktkategorie weitaus höhere VOC-Gehalte aufweist. Es würden also nur noch Roller und Cremes verfügbar sein. In</p> <p>Tabelle 3-36 sind die auf dem Europäischen Markt verfügbaren Produktformate dargestellt.</p> <p>Minderungspotenzial</p> <p>Um das Minderungspotenzial dieser Maßnahme zu quantifizieren, wird auf Basis von [Decopaint review, 2009] angenommen, dass 80% der aerosolbasierten Produkte durch die entsprechenden Alternativen substituiert werden und ein Teil der Verbraucher auf diese Produktkategorie ganz verzichtet, so dass das Marktvolumen insgesamt um 20% reduziert wird. Zusätzlich wird angenom-</p>

<p>men, dass stark lösemittelhaltige Ersatzoptionen, wie z.B. Rasier- und Toilettenwässer ebenfalls nicht mehr verfügbar sind, da Ihr VOC Gehalt ebenfalls so beschränkt wird, dass sie aus dem Markt verschwinden. Insgesamt wurde im Rahmen von [Decopaint review, 2009] ein Minderungspotenzial von 90% gegenüber dem Basisszenario quantifiziert. Dies entspricht für das Referenzjahr 2020 einer Minderung um 15 316 t NMVOC Emissionen.</p>	
<p>Ansatz Die Maßnahme lässt sich durch den Erlass einer europaweiten produktbezogenen Regelung zur Begrenzung des NMVOC-Gehaltes in Deodorantien & Antitranspirantien umsetzen. Um konkrete Minderungsmaßnahmen abzuleiten, ist es zunächst notwendig, eine Produktkategorisierung entsprechend der Herangehensweise bei der Ausgestaltung der EG-Decopaint-Richtlinie vorzunehmen. Auf dieser Basis könnten dann produktspezifische Absenkungen der VOC-Gehalte gegenüber den auf dem Markt befindlichen Produkten für die Umsetzung in einer produktbezogenen Regelung erarbeitet werden. Dazu bedarf es auch einer genaueren Untersuchung der einzelnen Produktkategorien im Hinblick auf die Erschließung von spezifischen Minderungspotenzialen. Eine weitere Möglichkeit zur Emissionsminderung könnte das Labelling von Produkten anhand ihres NMVOC-Gehaltes bieten. Das Labelling ist allerdings mit einem vernachlässigbaren Minderungspotenziale verbunden [Decopaint review, 2009].</p>	
L 001a	
<p>Umsetzungshorizont Umsetzung möglich bis: 2010 <input type="checkbox"/> 2015 <input type="checkbox"/> 2020 <input checked="" type="checkbox"/> Wenn die Arbeiten für eine produktbezogene Regelung unmittelbar und mit hoher Priorität begonnen werden, ist das Jahr 2020 als Umsetzungshorizont realistisch.</p>	
<p>Kosten Die Kosten dieser Maßnahme lassen sich schwer abschätzen. Es fallen Kosten für zusätzliche Produktionskapazitäten zur Herstellung der alternativen Produkte, Entwicklungskosten und Kapitalkosten durch vorzeitige Abschreibung an. In [Decopaint review, 2009] wurde abgeschätzt, dass die Investitions- und Kapitalkosten im Jahr 2014 etwa 10 bis 40% der jährlichen Verkaufseinnahmen der Deodorant-Hersteller entsprechen. Dazu kommen noch die Entwicklungskosten. Bei der Bewertung der Entwicklungskosten ist allerdings zu berücksichtigen, dass angenommen wird, dass jährlich etwa 24% der Produkte durch neue Formulierungen ersetzt werden. Daher können Entwicklungskosten höchstens teilweise dieser Maßnahmen zugeordnet werden.</p>	
<p>Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz) keine</p>	

Tabelle 3-36: Deodorantien und Antitranspirantien sowie die Auswirkung des vorgeschlagenen NMVOC - Limits (Decopaint review, 2009)

Produktformat	Verkaufte Einheiten 2007 (EU27)	Marktanteil [%]	NMVOC-Gehalt [%]	Anteil der Produkte, die mit Maßnahme L001 übereinstimmen [%]	Als Deodorant verfügbar	Als Antitranspirant verfügbar
Aerosolspray (Deodorant)	549.228.000	25	97	0	Ja	-
Aerosolspray (Antitranspirant)	67.127.900	30	95	0	-	Ja
Roller (Alkoholbasiert)	52.204.500	2	40-70	0	Selten	Ja
Roller (Emulsionsbasiert)	467.808.000	21	3-10	98	Nein	Ja
Stift	314.673.000	14	35-50 (Antitranspirant)	0	Selten	Ja
Pumpsystem	152.808.000	7	<90	0	Ja	Ja

Cremes/Gels	<1% Marktanteil	1	3-10	n/a	-	-
-------------	-----------------	---	------	-----	---	---

3.7.3.2 Reduktion der NMVOC-Emissionen aus Aerosolspray-Anwendungen für Haarsprays

L 002	
Kurzbeschreibung	Aerosolsprays werden bei einer Vielzahl von Anwendungen eingesetzt. Minderungspotenziale sind hier für den Einsatz von Aerosolsprays als Haarsprays identifizierbar [Decopaint review, 2009], [Theloke et al., 2010]. Die Maßnahme besteht darin, einen maximalen NMVOC-Gehalt von 90% für Haarsprays festzulegen.
Minderungspotenzial	Durch die beschriebenen Maßnahmen lassen sich etwa 5% der NMVOC-Emissionen gegenüber dem Referenzszenario 2020 vermeiden. Dies entspricht für das Referenzjahr 2020 einer Minderung von 2 081 t NMVOC-Emissionen gegenüber dem Basisszenario.
Ansatz	Die Maßnahme lässt sich durch den Erlass einer europaweiten produktbezogenen Regelung zur Begrenzung des NMVOC-Gehaltes in Aerosolsprays umsetzen. Um konkrete Minderungsmaßnahmen abzuleiten, ist es zunächst notwendig, eine Produktkategorisierung entsprechend der Herangehensweise bei der Ausgestaltung der EG-Decopaint-Richtlinie vorzunehmen. Auf dieser Basis könnten dann produktspezifische Absenkungen der VOC-Gehalte gegenüber den auf dem Markt befindlichen Produkten für die Umsetzung in einer produktbezogenen Regelung erarbeitet werden. Dazu bedarf es auch einer genaueren Untersuchung der einzelnen Produktkategorien im Hinblick auf die Erschließung von spezifischen Minderungspotenzialen.
Umsetzungshorizont	Umsetzung möglich bis: 2010 <input type="checkbox"/> 2015 <input checked="" type="checkbox"/> 2020 <input type="checkbox"/> Wenn die Arbeiten für eine produktbezogene Regelung unmittelbar und mit hoher Priorität begonnen werden, ist das Jahr 2015 als Umsetzungshorizont realistisch.
Kosten	Auf der Basis verfügbarer Studien [BIPRO, 2002] lassen sich für die Optionen „Pumpsprays“ und „Verwendung von Druckgasen“ Kosten von etwa 500 €/t geminderter NMVOC-Emissionen grob schätzen. Kosten für die Option „Verwendung alternativer NMVOC-freier oder NMVOC-armer Produkte“ lassen sich nicht schätzen, da es keine guten Informationsgrundlagen gibt. Methodisch sind die Kosten der Substitution von Aerosolsprays durch Produktalternativen schwer zu schätzen. Bei der Schätzung der Kosten werden nur die zusätzlichen Produktionskosten berücksichtigt und nicht die Kosten für Entwicklung, Marketing, Vertrieb und Investitionen zur Installation neuer Produktionsanlagen.
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz)	Keine

Da die Anwendung von Aerosolsprays in Körperpflegeprodukten praktisch nicht von der 31. BImSchV sowie von der ChemVOC-FarbV [ChemVOCFarbV, 2004] erfasst wird, ist zu erwarten, dass im Jahr 2020 in Deutschland etwa 42 000 t NMVOC aus der Anwendung von Haarsprays emittiert werden.

Es gibt folgende technische Optionen bzw. Produktalternativen, um Emissionen aus Aerosolsprays zu mindern [BIPRO, 2002]:

- Einsatz von Pumpsprays
- Einsatz von komprimierten Gasen (Luft, Stickstoff, CO₂, N₂O)
- Verwendung alternativer NMVOC-freier oder NMVOC-armer Produkte

Bei Pumpsprays steht der Inhalt der Dose nicht unter Druck. Das Produkt entweicht der Dose durch Pumpen mittels eines Knopfes. Treibgase werden nicht eingesetzt. Teilweise sind nach wie vor Alkohole als Lösemittel notwendig. Zurzeit stehen vor allem für Körperpflegeprodukte Pumpsprays auf dem Markt zur Verfügung. Dabei handelt es sich vor allem um Haarsprays, Haarschäume und Deodorants. Darüber hinaus gibt es auch für Raumsprays, Bad- und Küchen-

reiniger und Enteisungsmittel sowie zu einem kleinen Teil Möbelpflegemittel Pumpspray-Systeme.

Beim Einsatz von komprimierten Gasen in Spraydosen werden keine unter Druck flüssigen Kohlenwasserstoffe als Treibgase verwendet, sondern komprimierte Gase (Kohlendioxid, Lachgas, Stickstoff oder Luft) eingesetzt. Kohlendioxid liegt dabei unter Druck teilweise in flüssiger Form vor. Nach Öffnen des Ventils wird das flüssige Produkt aus der Spraydose getrieben. Da der Druck im Laufe der Zeit abnimmt, bleibt meist ein Rest in der Spraydose zurück. Komprimierte Gase werden entweder in Einkammersystemen oder in Zweikammersystemen eingesetzt. In Zweikammersystemen enthält die eine Kammer ausschließlich das Produkt und die andere Kammer das komprimierte Gas. Der Vorteil eines Zweikammersystems ist, dass kaum Produktreste in der Spraydose zurückbleiben. Typische Anwendungen für den Einsatz komprimierter Gase in Spraydosen sind Möbelpflegemittel, Lebensmittelprodukte, Insektizide und Rasiergels, sowie zu einem kleinen Teil Haarsprays und Deodorants.

Produktalternativen enthalten häufig noch zu einem kleinen Anteil NMVOC, da meist Lösemittel notwendig sind, um die Wirkstoffe in Lösung zu bringen. Jedoch ist durch die Vermeidung von organischen Treibgasen auch hier ein erhebliches Minderungspotenzial vorhanden. In Tabelle 3-37 sind auf dem Markt erhältliche Produkte für verschiedene Anwendungsbereiche aufgeführt.

Es gibt zwei wesentliche technische Vorteile von Pumpsprays. Zum einen eröffnen sie die Möglichkeit nachfüllbarer Systeme und zum anderen können kleinere Dosen verwendet werden. Beides führt zu weniger Materialverbrauch. Nachteilhaft ist, dass größere Tropfen der Dose entweichen und die Tröpfchenverteilung nicht konstant ist. Ein Nachteil ist auch, dass der verwendete Wirkstoff häufig nur in organischen Lösemitteln löslich ist und dies manchmal einen höheren Lösemittelbedarf nach sich zieht als die "Treibgaslösung". Insgesamt wird jedoch weniger Menge NMVOC pro Menge Wirkstoff verwendet.

Im professionellen Bereich (z. B. im Friseurgewerbe) zieht der Einsatz von Pumpsprays eine starke Umstellung der Arbeitsabläufe nach sich. Vom Handling her sind Pumpsprays hier unbequemer. Ein weiteres Problem ist die Korrosionsgefahr der bisher verwendeten Dosenmaterialien aufgrund des wachsenden Wasseranteils in der Dose. Dies kann in Einzelfällen zu der Notwendigkeit führen, ein korrosionsbeständiges Dosenmaterial zu verwenden. Darüber hinaus sind auch produktspezifische Nachteile zu berücksichtigen. Bis jetzt erreichen Pump-Haarsprays nicht die Qualität von Haarsprays auf Treibgasbasis.

Tabelle 3-37: Beispiele für Produktalternativen von Treibgassprays (BIPRO, 2002)

Anwendungsbereich	Produktalternativen
Haarschäume	Flüssigkeiten mit weniger VOC-Gehalt
Deodorantien, Körperpflegesprays	Roller, Stifte, Puder, Cremes
Antitranspirantien	Roller, Stifte, Puder, Cremes
Rasierschäume	Seifen, Cremes, Gels mit weniger NMVOC Gehalt
Insektizide	Cremes, Öle
Teppichschäume	Flüssigkeiten, Pulver
Fleckenreiniger	Puder, Pasten, Flüssigkeiten
Raumsprays	Gels, Puder, Kristalle

Der höhere Wassergehalt von Pump-Haarsprays führt dazu, dass die Trockenzeit der Frisur häufig sehr lang ist und dies kann dazu führen, dass die eigentlich zu fixierende Frisur in sich zusammenfällt. Damit ist die Funktion des Haarsprays nicht mehr gegeben.

Die Reduktion des NMVOC-Gehaltes bei Pumpspray-Deodorants führt meist zu der Notwendigkeit einer Neuformulierung des Wirkstoffes, da ansonsten Löslichkeitsprobleme auftreten. Zurzeit werden neue Pumpsysteme entwickelt, die die erwähnten technischen Probleme überwinden sollen.

Nach Einschätzung von Vertretern der Aerosolsprays produzierenden Industrie können Minderungskosten von etwa 500 € pro vermiedene Tonne NMVOC grob abgeschätzt werden [BIPRO, 2002].

Diese Abschätzung ist mit großen Unsicherheiten behaftet und berücksichtigt nur die zusätzlichen Produktionskosten und beinhaltet nicht Kosten für Entwicklung, Marketing, Vertrieb und Investitionen zur Installation neuer Produktionsanlagen.

Aufgrund des abnehmenden Druckes über die Lebenszeit ist der Ausfluss bei Spraydosen mit komprimierten Gasen nicht konstant. Die Spraydosen werden aufgrund dessen auch häufig nicht vollständig entleert. Durch die geringen Wandstärken der Spraydosen ist der maximale eingesetzte Druck häufig limitiert. Da das Treibgas häufig auch Lösemittelfunktion hatte, ist oft eine größere Lösemittelmenge notwendig. Insgesamt ist jedoch eine Verminderung der eingesetzten NMVOC zu erwarten bei einer vollständigen Substitution des Treibgases, da auf jeden Fall nicht so viel mehr Lösemittel eingesetzt werden muss, wie Treibgas vermieden wird.

Die Luftqualität wird durch die vollständige Substitution des Treibgaseinsatzes verbessert. Allerdings muss auch das Treibhausgaspotenzial der als Treibgasersatz eingesetzten druckerzeugenden Komponente N₂O berücksichtigt werden.

Auf der einen Seite kosten die verwendeten Gase (N₂, CO₂, N₂O, Luft) weniger als die als Treibgase verwendeten Kohlenwasserstoffe. Andererseits wächst die verwendete Materialmenge an, aufgrund der Notwendigkeit zur Verwendung größerer Dosen, insbesondere bei 2-Kammer-Systemen, und dickerer Wandstärken, aufgrund des höheren Druckes. Dies führt zu einer Erhöhung der Kosten. Nach Einschätzung von Vertretern der Aerosolsprays produzierenden Industrie können auch für diese Alternative Minderungskosten von etwa 500 € pro vermiedene Tonne NMVOC grob abgeschätzt werden [BIPRO, 2002]. Diese Abschätzung ist mit großen Unsicherheiten behaftet und berücksichtigt nur die zusätzlichen Produktionskosten und beinhaltet nicht Kosten für Entwicklung, Marketing, Vertrieb und Investitionen zur Installation neuer Produktionsanlagen.

Die Bewertung von Produktalternativen ist schwierig, da es sich um völlig andere Produkte handelt, bei denen nicht nur die "Sprayfunktion" substituiert wurde. Die Option „Produktalternativen“ lässt sich nicht für alle Anwendungsbereiche von Treibgassprays einsetzen (z. B. Haarsprays), teilweise gibt es Qualitätsverluste bei der Verwendung von Schäumen. Auch ist manchmal eine Verminderung der Duftfunktion festzustellen und es gibt mit manchen Produkten hygienische Probleme (z. B. Deo-Roller). Auf jeden Fall führt die Verwendung von Produktalternativen zu einer Verbesserung der Luftqualität aufgrund des völligen Verzichts auf Treibgase und Lösemittel. Eine Abschätzung der Vermeidungskosten ist nicht möglich. Aufgrund von [BIPRO, 2002] wird davon ausgegangen, dass diese Maßnahme kostenneutral ist.

Es ist allerdings zu berücksichtigen, dass diese Minderung nur unter großen Anstrengungen zu erreichen ist und teilweise auch eine Verschlechterung der Handhabung und Qualität der Produkte zu erwarten ist.

3.7.3.3 Reduktion der NMVOC-Emissionen im Bogenoffsetdruck

		L 003
Kurzbeschreibung		
<p>Im Basisszenario werden von Bogenoffsetdruckanwendungen etwa 54 % der von der 31. BImSchV nicht erfassten Emissionen aus dem druckindustriellen Bereich verursacht [Theloke, 2005]. Nach Schätzung des Bundesverbandes Druck und Medien e.V. (BVDM) sind in Deutschland in etwa 11.000 Bogen-Offset-betrieben etwa 25.000 Maschinen mit 37.000 Druckwerken installiert. Ungefähr zwei Drittel dieser Bogen-Offsetmaschinen haben ein Format kleiner 72 x 104 cm. Es lassen sich Emissionsminderungen ins-besondere durch eine Kombination folgender Maßnahmen erreichen:</p> <p>Umstellung auf höher siedende Reinigungsmittel Reduzierung des Isopropanol-Anteils im Wischwasser Sorgfältigere Handhabung Digitaldruck</p> <p>Es muss bei der Konkretisierung der Maßnahmen zwischen mittel- und großformatigem Bogenoffsetdruck auf der einen Seite und kleinformatigem Bogenoffsetdruck auf der anderen Seite unterschieden werden, aufgrund sehr unterschiedlicher technischer und organisatorischer Randbedingungen. Durch die Kombination dieser Maßnahmen lassen sich bis 2020 etwa 70% (8 303 t) der NMVOC-Emissionen aus dem Bogenoffsetdruck vermeiden.</p>		
Ansatz		
<p>Erweiterung der erfassten Quellgruppen der 31. BImSchV [31. BImSchV, 2001] auf den mittel- und großformatigen Bogenoffsetdruck im Sinne einer Bilanzierungspflicht über die eingesetzten NMVOC-haltigen Produkte und die resultierenden Emissionen, um die Datengrundlage zur Festlegung von Grenzwerten für die Emissionen zu erhalten (keine Abgasgrenzwerte, sondern z. B. Emissionswerte bezogen auf Druckfarbeneinsatz). In einem zweiten Schritte sollte die Einführung einer Dynamisierungsklausel in die 31. BImSchV auf Grundlage der BVT-Dokumente für den Heatset-Offsetdruck oder in Form eines nationalen Planes in Analogie zu Art. 6 der EG-Lösemittelrichtlinie (1999/13/EG) angestrebt werden.</p>		
Umsetzungshorizont		
Umsetzung möglich bis: 2010 <input type="checkbox"/> 2015 <input checked="" type="checkbox"/> 2020 <input type="checkbox"/>		
Kosten		
<p>Auf der Basis verfügbarer Studien [Jepsen et al., 1999] lassen sich Kosten in einer Bandbreite von -1.560 bis 636.000 €/t NMVOC (gemindert) grob schätzen. Die Maßnahmen sind zum Teil mit erheblichen Kosteneinsparungen verbunden, da weniger Isopropanol und weniger Reinigungsmittel eingesetzt werden. Als Umsetzungsproblem ist insbesondere der teilweise hohe Investitionskostenbedarf zu benennen der vielfach auch bei Neuanlagen entsteht, da die großen Maschinenhersteller bislang keine direkte Erstausrüstung mit Drittanbieter-Produkten ermöglichen. Den Kosten stehen jedoch in der Produktionspraxis neben der Isopropanol- und Reinigereinsparung zum Teil weitere Vorteile wie ein geringerer Makulaturanfall, geringere Andruckzeiten und eine einfachere Wischwassersystemreinigung gegenüber. Aufgrund der teilweise hohen Investitionskosten dieser Maßnahmen sollten geeignete Finanzierungsinstrumente geprüft werden, ins-besondere zur Finanzierung der angebotenen z.B. Isopropanol einsparenden Zusatzeinrichtungen.</p>		
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz)		
Mit Digitaldruck bedrucktes Papier ist mit den derzeitigen Papier-Recyclingmethoden nicht wieder verwertbar.		

3.7.3.4 Reduktion der Emissionen aus Oberflächenreinigungsprozessen

L 004	
Kurzbeschreibung	<p>Oberflächenreinigungsprozesse umfassen eine Vielzahl von sehr unterschiedlichen Anwendungsbereichen. Darunter fallen die industrielle Metallentfettung mit Kohlenwasserstoffen, die Anwendung von Verdunstungssprays in Kfz-Reparaturwerkstätten, Reinigungsprozesse bei der Fertigung elektronischer Komponenten, in der Feinmechanik, bei der Herstellung von 2-Komponentenkunststoffen und 1-Komponentendichtstoffen sowie beim Produktfinishing, die Entwachsung von Fahrzeugen und die Entfernung von Farben und Lacken (z.B. Abbeizprozesse). Für diese Anwendungen stehen eine große Anzahl von verschiedenen Möglichkeiten zur Reduktion von NMVOC-Emissionen zur Verfügung, z.B. der Einsatz wässriger Reinigungssysteme und -techniken, die Anwendung höher siedender Kohlenwasserstoffe, der Einsatz sekundärer Abluftreinigungstechniken, sowie die Optimierung von Reinigungsprozessen, usw. [Theloke, 2005]. Ein Teil der Quellgruppe ist bisher schon von der 31. BImSchV erfasst. Eine weitergehende Erfassung der Quellgruppe durch Absenkung der Schwellenwerte oder durch die Erweiterung der 31. BImSchV auf bisher nicht erfasste Anwendungsbereiche ist bislang nicht geplant.</p>
Minderungspotenzial	<p>Insgesamt können für diese Quellgruppe zusätzliche Minderungspotenziale bis 2020 in Höhe von 20% (6 126 t) gegenüber dem Basisszenario identifiziert werden.</p>
Ansatz	<p>Dieses Potenzial ist durch eine Senkung der Schwellenwerte in bereits von der 31. BImSchV erfassten Anwendungsbereichen bzw. durch eine Erweiterung der erfassten Quellgruppen der 31. BImSchV erschließbar.</p>
Umsetzungshorizont	<p>Umsetzung möglich bis: 2010 <input type="checkbox"/> 2015 <input checked="" type="checkbox"/> 2020 <input type="checkbox"/></p> <p>Die Maßnahmen sind bis 2015 realisierbar.</p>
Kosten	<p>Eine konkrete Quantifizierung der spezifischen Investitions- und Betriebskosten der identifizierten Maßnahmen ist aufgrund der sehr unterschiedlichen technischen Maßnahmen und deren Anwendbarkeit in verschiedenen Betriebskonstellationen kaum möglich. Die Realisierung der identifizierten Potenziale ist zum Teil mit erheblichen Kosteneinsparungen verbunden, da weniger Reinigungsmittel eingesetzt werden. Als Umsetzungsproblem ist insbesondere der teilweise hohe Investitionskostenbedarf zu benennen, der vielfach auch bei Neuanlagen entsteht. Den Kosten stehen jedoch in der Praxis neben der Reinigungereinsparung zum Teil weitere Vorteile, insbesondere den Arbeitsschutz betreffend, gegenüber.</p>
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz)	<p>Keine. Nur beim Einsatz sekundärer Abluftreinigungsanlagen können teilweise zusätzlich klimarelevante Gase entstehen.</p>

3.7.3.5 Reduktion der NMVOC-Emissionen aus dem Maschinenbau

L 005	
Kurzbeschreibung	<p>Bei der Anwendung von Farben und Lacken im Maschinenbau werden im Basisszenario für das Jahr 2011 unter Berücksichtigung der vollständigen Umsetzung der 31. BImSchV etwa 25,5 kt emittiert. Folgende Maßnahmen können zu einer weiteren Minderung beitragen:</p> <p>Einsatz lösemittelarmer Lacke Umstellung auf Wasserlacke Verstärkter Einsatz von Pulverlacken</p> <p>Etwa 75% der Maschinenbaubetriebe sind von der 31. BImSchV erfasst. In diesen Betrieben werden mehr als 5 t Lösemittel pro Jahr verbraucht.</p>
Minderungspotenzial	<p>Durch diese Maßnahmen ist ein Minderungspotenzial von etwa 40% (10 621 t) bis 2020 gegenüber dem Basisszenario realisierbar.</p>
Ansatz	<p>Absenkung der Schwellenwerte in der 31. BImSchV für Maschinenbaubetriebe auf einen Lösemittelverbrauch von 1 t Lösemittel pro Jahr.</p>
Umsetzungshorizont	<p>Umsetzung möglich bis: 2010 <input type="checkbox"/> 2015 <input checked="" type="checkbox"/> 2020 <input type="checkbox"/></p> <p>Diese Maßnahme ist bis 2015 realisierbar.</p>
Kosten	<p>Eine konkrete Quantifizierung der spezifischen Investitions- und Betriebskosten einer Maßnahmenkombination ist aufgrund der sehr unterschiedlichen technischen Maßnahmen und deren Anwendbarkeit in verschiedenen Betriebskonstellationen kaum möglich. Aufgrund der teilweise hohen Investitionskosten der Maßnahmen sollten geeignete Finanzierungsinstrumente geprüft werden.</p>
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz)	<p>Nur beim Einsatz von sekundären Abluftreinigungsmaßnahmen ist mit einem zusätzlichen Ausstoß von klimarelevanten Gasen zu rechnen. Dies liegt insbesondere daran, dass mit abnehmender Beladung des Abluftvolumenstroms nicht mehr die Voraussetzungen für einen autothermen Betrieb der Abluftreinigungsanlage gegeben sind.</p>

3.7.3.6 Reduktion der NMVOC-Emissionen im Schreinerhandwerk

L 006	
<p>Kurzbeschreibung</p> <p>Bei der Identifizierung von Minderungspotenzialen im Schreinerhandwerk werden die Emissionen aus dem Schreinerhandwerk und dem Innenausbau betrachtet. In 75% der Holzverarbeitenden Betriebe sind weniger als 100 Mitarbeiter beschäftigt. Es gibt in Deutschland etwa 45.000 Schreinerbetriebe, die im Mittel 4,5 Mitarbeiter beschäftigen. Darüber hinaus gibt es noch ungefähr 1.500 Holz- und Möbellackierbetriebe mit durchschnittlich 75 Mitarbeitern pro Betrieb und acht sehr große Unternehmen mit mehr als 1.000 Mitarbeitern. Nur etwa 8% der Betriebe werden von der 31. BImSchV erfasst, da der Schwellenwert für den Lösemittelverbrauch bei der Beschichtung von Holz- und Holzwerkstoffen mit 15 t relativ hoch ist. Schreinerbetriebe mit einem Jahresverbrauch an Lösemitteln von mehr als 5 t aber weniger als 15 t werden frühestens 2013 von der 31. BImSchV erfasst. Anlagen, die Bauteile für Gebäude herstellen und dazu Produkte verwenden, die der Produktpalette der ChemVOCFarbV [2004] entsprechen, und einen jährlichen Lösemittelverbrauch von weniger als 5 t pro Jahr haben, werden bei der Quantifizierung der Minderungspotenziale der Maßnahmen nicht erfasst. Eine erhebliche Emissionsminderung kann durch folgende Maßnahmen [Theloke, 2005], bei denen es sich ausnahmslos um Primärmaßnahmen handelt, erreicht werden:</p> <p>Umstellung auf Wasserlacke Einsatz von Ölen und Wachsen Einsatz von UV-Lacken</p> <p>Minderungspotenzial</p> <p>Durch die Implementierung dieser Maßnahmen können bis 2020 etwa 25% (917 t) der Emissionen aus diesem Anwendungsbereich gegenüber dem Basisszenario vermieden werden.</p>	
<p>Ansatz</p> <p>Absenkung des Schwellenwertes der 31. BImSchV für Betriebe zum Beschichten von Holz oder Holzwerkstoffen auf 1 Tonne Lösemittel pro Jahr.</p>	
<p>Umsetzungshorizont</p> <p>Umsetzung möglich bis: 2010 <input type="checkbox"/> 2015 <input checked="" type="checkbox"/> 2020 <input type="checkbox"/></p> <p>Diese Maßnahme ist bis 2015 realisierbar.</p>	
<p>Kosten</p> <p>Eine konkrete Quantifizierung der spezifischen Investitions- und Betriebskosten einer Maßnahmenkombination ist aufgrund der sehr unterschiedlichen Maßnahmen und deren Anwendbarkeit in verschiedenen Betriebskonstellationen kaum möglich. Die Realisierung der identifizierten Potenziale ist zum Teil mit erheblichen Kosteneinsparungen verbunden, da häufig weniger Material verbraucht wird. Jedoch ist auch damit zu rechnen, dass die substituierten Lacksysteme teurer sind als die bisher verwendeten.</p>	

3.7.3.7 Maßnahmen zur Reduktion der NMVOC-Emissionen im Siebdruck

L 007	
Kurzbeschreibung	<p>Im Basisszenario werden von Siebdruckdruckanwendungen etwa 33% der von der 31. BImSchV nicht erfassten Emissionen aus dem druckindustriellen Bereich verursacht. Nach Schätzung des Bundesverbandes Druck und Medien e.V. (BVDM) gibt es in Deutschland etwa 550 Siebdruckbetriebe. 69% der Emissionen werden durch die Siebreinigung verursacht, 25% entstammen den Siebdruckfarben und 5% den Emissionen aus Verdünnern. Der Anwendungsbereich zeichnet sich durch sehr heterogene Betriebsstrukturen aus. Zurzeit ist diese Quellgruppe nicht geregelt.</p> <p>Minderungspotenzial</p> <p>Emissionsminderungen lassen sich durch folgende Maßnahmen erreichen [Theloke, 2005]: Sorgfältigere Handhabung Digitaldruck</p> <p>Durch die Kombination dieser Maßnahmen lassen sich bis 2020 etwa 30% (2 600 t) der NMVOC-Emissionen gegenüber dem Basisszenario aus dem Siebdruck vermeiden.</p>
Ansatz	<p>Erweiterung der erfassten Quellgruppen der 31. BImSchV auf den Siebdruck und Bilanzierungspflicht über die eingesetzten NMVOC-haltigen Produkte und die resultierenden Emissionen, um die Datengrundlage zur Festlegung von Grenzwerten für die Emissionen zu erhalten.</p> <p>In einem zweiten Schritte sollte die Einführung einer Dynamisierungsklausel in die 31. BImSchV angestrebt werden.</p>
Umsetzungshorizont	<p>Umsetzung möglich bis: 2010 <input type="checkbox"/> 2015 <input checked="" type="checkbox"/> 2020 <input type="checkbox"/></p> <p>Diese Maßnahme ist im Hinblick auf 2015 bzw. 2020 eine Option. Der Zeithorizont der Implementierung hängt insbesondere von der Durchführung entsprechender Abstimmungsprozesse zwischen Gesetzgeber und den betroffenen Branchenakteuren ab. Darüber hinaus hängt der zeitliche Horizont von branchentypischen Investitionszyklen ab.</p>
Kosten	<p>Eine konkrete Quantifizierung der spezifischen Investitions- und Betriebskosten der Maßnahmenkombination ist aufgrund der sehr unterschiedlichen technischen Maßnahmen und deren Anwendbarkeit in verschiedenen Betriebskonstellationen kaum möglich. Die sorgfältigere Handhabung der Reinigungsmittel wird zu Einsparungen bei den Betriebskosten führen. Jedoch werden zur Umsetzung dieser Maßnahme Mitarbeiterschulungen notwendig sein, da sich die gewohnten Arbeitsabläufe erheblich ändern. Als Umsetzungsproblem bei der Einführung des Digitaldrucks ist insbesondere der sehr hohe Investitionskostenbedarf zu benennen. Aufgrund der hohen Investitionskosten dieser Maßnahme sollten geeignete Finanzierungsinstrumente geprüft werden.</p>
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz)	<p>Mit Digitaldruck bedrucktes Papier ist mit den derzeitigen Papier-Recyclingmethoden nicht wieder verwertbar.</p>

3.7.3.8 Maßnahmen zur Reduktion der NMVOC-Emissionen bei der Anwendung von Holzschutzmitteln

L 008	
Kurzbeschreibung	Falls die Maßnahmen, die die von der 31. BImSchV erfassten Anlagen ergreifen mussten, um insbesondere die dort festgelegten Grenzwerte für die diffusen Emissionen einzuhalten, auch von den nicht von der 31. BImSchV erfassten Anlagen umgesetzt würden, könnten die Emissionen aus der Anwendung von Holzschutzmitteln bis 2020 gemindert werden.
Minderungspotenzial	Das Minderungspotenzial dieser Maßnahme lässt sich bis 2020 mit 20% (800 t) der NMVOC-Emissionen aus der Anwendung von Holzschutzmitteln gegenüber dem Basisszenario quantifizieren.
Ansatz	Erweiterung der erfassten Quellgruppen der 31. BImSchV auf die bisher nicht erfassten Anwendungen von Holzschutzmitteln, d.h. Absenkung des Schwellenwertes von 10 t/a auf 0 t/a für Anlagen zum Imprägnieren von Holz unter Verwendung von lösemittelhaltigen Holzschutzmitteln (Tätigkeit 12.1 [31. BImSchV, 2001])
Umsetzungshorizont	Umsetzung möglich bis: 2010 <input type="checkbox"/> 2015 <input checked="" type="checkbox"/> 2020 <input type="checkbox"/> Diese Maßnahme ist im Hinblick auf 2015 bzw. 2020 eine Option. Der Zeithorizont der Implementierung hängt insbesondere von der Durchführung entsprechender Abstimmungsprozesse zwischen Gesetzgeber und den betroffenen Branchenakteuren ab. Darüber hinaus hängt der zeitliche Horizont von branchentypischen Investitionszyklen ab.
Kosten	Eine konkrete Quantifizierung der spezifischen Investitions- und Betriebskosten der Maßnahmenkombination ist aufgrund der sehr unterschiedlichen technischen Maßnahmen und deren Anwendbarkeit in verschiedenen Betriebskonstellationen kaum möglich.
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz)	Nur beim Einsatz von sekundären Abluftreinigungsmaßnahmen ist mit einem zusätzlichen Ausstoß von klimarelevanten Gasen zu rechnen. Dies liegt insbesondere daran, dass mit abnehmender Beladung des Abluftvolumenstroms nicht mehr die Voraussetzungen für einen autothermen Betrieb der Abluftreinigungsanlage gegeben sind.

3.7.3.9 Maßnahmen zur Reduktion der NMVOC-Emissionen bei der Herstellung von lösemittelhaltigen Produkten

L 009	
<p>Kurzbeschreibung</p> <p>Herstellung von pharmazeutischen Produkten Emissionsminderungen ergeben sich häufig bei der Umsetzung von Maßnahmen, die dem Arbeitsschutz dienen. Darüber hinaus sind Minderungspotenziale im Bereich der Aufarbeitung in Zentrifugen und Trockenschränken vorhanden. Bis zu 95% der Lösemittel können durch den Einsatz von Umlufttrocknern eingespart werden. Diese Substitution von Frischlufttrocknern hat in den vergangenen Jahren vermutlich größtenteils schon stattgefunden. Weitere Potenziale zur Emissionsminderung können noch durch den Einsatz von Vakuumtrocknern mit Lösemittelrückgewinnung erschlossen werden. Daneben kann die Menge an eingesetzten Lösemitteln vermutlich noch vermindert werden. Die identifizierten Minderungspotenziale werden mit etwa 10% (108 t in 2020) gegenüber dem Basisszenario quantifiziert.</p> <p>Herstellung von Farben und Lacken Durch bessere Handhabung der Lösemittel sowie die konsequente Implementierung des Standes der Technik in Altanlagen ist voraussichtlich ein über das Basisszenario hinausgehendes Minderungspotenzial von etwa 25% (2 838 t in 2020) quantifizierbar.</p> <p>Herstellung von sonstigen lösemittelhaltigen Produkten Durch bessere Handhabung der Lösemittel sowie die konsequente Implementierung des Standes der Technik in Altanlagen ist voraussichtlich ein über das Basisszenario hinausgehendes Minderungspotenzial von etwa 25% (4 501 t in 2020) quantifizierbar.</p> <p>Minderungspotenzial Durch die Umsetzung von Minderungsmöglichkeiten bei der Herstellung lösemittelhaltiger Produkte lässt sich eine Minderung der NMVOC Emissionen gegenüber dem Basisszenario in 2020 von etwa 7 447 t erzielen..</p>	
<p>Ansatz Erweiterung der erfassten Quellgruppen der 31. BImSchV auf bisher nicht erfasste Anlagen zur Herstellung lösemittelhaltiger Produkte bzw. Senkung der Schwellenwerte der 31. BImSchV</p>	
<p>Umsetzungshorizont Umsetzung möglich bis: 2010 <input type="checkbox"/> 2015 <input checked="" type="checkbox"/> 2020 <input type="checkbox"/> Diese Maßnahme ist im Hinblick auf 2015 bzw. 2020 eine Option. Der Zeithorizont der Implementierung hängt insbesondere von der Durchführung entsprechender Abstimmungsprozesse zwischen Gesetzgeber und den betroffenen Branchenakteuren ab. Darüber hinaus hängt der zeitliche Horizont von branchentypischen Investitionszyklen ab.</p>	
<p>Kosten Eine konkrete Quantifizierung der spezifischen Investitions- und Betriebskosten der Maßnahmenkombination ist aufgrund der sehr unterschiedlichen technischen Optionen und deren Anwendbarkeit in verschiedenen Betriebskonstellationen kaum möglich.</p>	
<p>Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz) Nur beim Einsatz von sekundären Abluftreinigungsmaßnahmen ist mit einem zusätzlichen Ausstoß von klimarelevanten Gasen zu rechnen. Dies liegt insbesondere daran, dass mit abnehmender Beladung des Abluftvolumenstroms nicht mehr die Voraussetzungen für einen autothermen Betrieb der Abluftreinigungsanlage gegeben sind.</p>	

3.7.3.10 Maßnahmen zur Reduktion der NMVOC-Emissionen bei der Anwendung von Straßenmarkierungsfarben

L 010	
<p>Kurzbeschreibung Diese Maßnahme begrenzt den NMVOC-Gehalt von Straßenmarkierungsfarben auf 60 g/l [Road markings, 2011].</p> <p>Minderungspotenzial Durch diese Maßnahme lassen sich bis 2020 etwa 90% (2.690 t) der NMVOC-Emissionen aus der Anwendung von Straßenmarkierungsfarben gegenüber dem Basisszenario vermeiden.</p>	
<p>Ansatz Die Maßnahme lässt sich durch den Erlass einer europaweiten produktbezogenen Regelung zur Begrenzung des NMVOC-Gehaltes durch eine Erweiterung der Decopaint-Richtlinie (2004/42/EC) umsetzen.</p>	
<p>Umsetzungshorizont Umsetzung möglich bis: 2010 <input type="checkbox"/> 2015 <input checked="" type="checkbox"/> 2020 <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Diese Maßnahme ist im Hinblick auf 2015 bzw. 2020 eine Option. Der Zeithorizont der Implementierung hängt insbesondere von der Durchführung entsprechender Abstimmungsprozesse zwischen Gesetzgeber und den betroffenen Branchenakteuren ab.</p>	
<p>Kosten Die Kosten für die Farbsysteme (wasserbasiert, Thermoplaste, Coldplastic, Coldsprayplastic), die geeignet sind, das VOC-Limit dieser Maßnahme zu erreichen sind im Allgemeinen teurer. Dies wird aber voraussichtlich dadurch ausgeglichen, dass diese Systeme oft auch eine höhere Lebensdauer im Vergleich zu lösemittelbasierten Systemen besitzen. In Schweden und Finnland, wo ein VOC-Limit von 30g/l (2 wt-%) gilt, sind keine zusätzlichen Kosten identifiziert worden. Eine größere Marktdurchdringung dieser Produkte wird voraussichtlich zusätzlich zu niedrigeren Kosten führen.</p> <p>Nach [Road markings, 2009] ist nicht mit zusätzlichen Kosten für die Entwicklung neuer Produkte und Veränderung der Produktionskapazitäten zu rechnen.</p> <p>Es ist mit zusätzlichen Kosten für die Anwender zu rechnen, da diese zum Teil neue Maschinen zum Auftragen der Farben anschaffen müssen. Die Kosten hängen hier insbesondere vom vorhandenen Equipment ab.</p>	
<p>Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz) keine</p>	

3.7.3.11 Weiterentwicklung der Decopaint-Directive – Neue Produktkategorisierung für Fahrzeugreparaturlacksysteme

L 011	
Kurzbeschreibung	<p>Die Maßnahme besteht darin, dass die bisher in der Decopaint-Directive (2004/42/EC) für Autoreparaturlacke definierte Kategorie B (d) (topcoats) weiter differenziert wird in eine Kategorie d-1 für basecoats und d-2 für „clear coats“ bzw. „single layer topcoats“. Für die neue Kategorie d-1 „basecoats“ würde der VOC-Grenzwert von 420g/l auf 150g/l abgesenkt.</p> <p>Zusätzlich besteht die Maßnahme darin, bisher der Kategorie B (e) (special finishes) zugeordnete Farbsysteme den Kategorien B (c) „Primer –surfacers, general (metal) primer and wash primer“ bzw. B (d) „topcoats“ bzw. teilweise auch innerhalb der Kategorie B (e) niedrigeren VOC-Grenzwerten zuzuordnen.</p> <p>Insgesamt findet so eine Absenkung der bisher festgelegten VOC-Grenzwerte für manche Produktkategorien zur Autoreparaturlackierung gegenüber der bisherigen Fassung der Decopaint-Directive (2004/42/EC) statt.</p>
Minderungspotenzial	<p>Durch diese Maßnahme lassen sich bis 2020 etwa 6% (869 t) der NMVOC-Emissionen aus der Autoreparaturlackierung gegenüber dem Basisszenario vermeiden.</p>
Ansatz	<p>Die Maßnahme lässt sich durch eine Erweiterung der Decopaint-Richtlinie (2004/42/EC) umsetzen.</p>
Umsetzungshorizont	<p>Umsetzung möglich bis: 2010 <input type="checkbox"/> 2015 <input checked="" type="checkbox"/> 2020 <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Diese Maßnahme ist im Hinblick auf 2015 bzw. 2020 eine Option. Der Zeithorizont der Implementierung hängt insbesondere von der Durchführung entsprechender Abstimmungsprozesse zwischen Gesetzgeber und den betroffenen Branchenakteuren ab. Darüber hinaus hängt der zeitliche Horizont von branchentypischen Investitionszyklen ab.</p>
Kosten	<p>Nach [Decopaint review, 2009] werden keine zusätzlichen Kosten durch die Umsetzung dieser Maßnahme erwartet.</p>
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz)	<p>keine</p>

3.7.3.12 Weiterentwicklung der Decopaint-Directive – Verschärfung der VOC-Grenzwerte für Innenfarben

L 012	
Kurzbeschreibung	<p>Diese Maßnahme verschärft die geltenden VOC-Grenzwerte für die in der Decopaint-Richtlinie (2004/42/EC) [DECOPAINT, 2004], [ChemVOCFarbV., 2004] definierten Kategorien (d) („Interior/exterior trim and cladding paints for wood and metal“), (e) („Interior/exterior trim varnishes and woodstains, including opaque woodstains“), und (f) („Interior and exterior minimal build woodstains“) für Innenwandfarben in der Weise, dass keine lösemittelhaltigen Innenwandfarben mehr eingesetzt werden [Decopaint review, 2009].</p>
Minderungspotenzial	<p>Durch diese Maßnahme lassen sich bis 2020 etwa 50% (12 279 t) der NMVOC-Emissionen aus der Anwendung von Innenwandfarben gegenüber dem Basisszenario vermeiden.</p>
Ansatz	<p>Die Maßnahme lässt sich durch eine Erweiterung der Decopaint-Richtlinie (2004/42/EC) umsetzen.</p>
Umsetzungshorizont	<p>Umsetzung möglich bis: 2010 <input type="checkbox"/> 2015 <input checked="" type="checkbox"/> 2020 <input type="checkbox"/></p> <p>Diese Maßnahme ist im Hinblick auf 2015 bzw. 2020 eine Option. Der Zeithorizont der Implementierung hängt insbesondere von der Durchführung entsprechender Abstimmungsprozesse zwischen Gesetzgeber und den betroffenen Branchenakteuren ab. Darüber hinaus hängt der zeitliche Horizont von branchentypischen Investitionszyklen ab.</p>
Kosten	<p>Es werden Kosten für Entwicklung und Investitionen bei den Herstellern anfallen, die aber schwer abschätzbar sind. Zusätzlich wird die Maßnahme voraussichtlich erhebliche Auswirkungen auf den Bedarf an Alkydharzen haben, die ein wichtiger Bestandteil lösemittelhaltiger Systeme sind. Zusätzlich ist auch noch mit Kosten für das erforderliche labelling zu rechnen.</p>
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz)	<p>keine</p>

3.7.3.13 Weiterentwicklung der Decopaint-Directive – Erweiterung auf alle Holzfarbsysteme (z.B. für Musikinstrumente)

L 013	
Kurzbeschreibung	Die Maßnahme ist die Erweiterung der Decopaint Directive auf alle Farbsysteme für Holzoberflächen [Decopaint review, 2009]. Bisher werden von der Decopaint-Richtlinie (2004/42/EC) [DECOPAINT, 2004], [ChemVOCFarbV., 2004] nur Holzfarbsysteme erfasst, die „buildings“, „trims“, „fittings“ und „associated structures“ angewendet werden. Durch diese Maßnahme werden alle Holzfarbsysteme von einer produktbezogenen Regelung erfasst.
Minderungspotenzial	Durch diese Maßnahme lassen sich bis 2020 etwa 20% (2200 t) der NMVOC-Emissionen aus Holzfarbsystemen gegenüber dem Basisszenario vermeiden.
Ansatz	Die Maßnahme lässt sich durch eine Erweiterung der Decopaint-Richtlinie (2004/42/EC) umsetzen.
Umsetzungshorizont	Umsetzung möglich bis: 2010 <input type="checkbox"/> 2015 <input checked="" type="checkbox"/> 2020 <input type="checkbox"/> Diese Maßnahme ist im Hinblick auf 2015 bzw. 2020 eine Option. Der Zeithorizont der Implementierung hängt insbesondere von der Durchführung entsprechender Abstimmungsprozesse zwischen Gesetzgeber und den betroffenen Branchenakteuren ab. Darüber hinaus hängt der zeitliche Horizont von branchentypischen Investitionszyklen ab.
Kosten	Die Kosten konnten in [Decopaint review, 2009] aufgrund fehlender Informationen nicht abgeschätzt werden, werden aber insgesamt nicht als hoch eingeschätzt. Voraussichtlich wird der einzig relevante Kostenfaktor das Labelling der Produkte sowie die Schulung der Anwender sein, da die Anwendungsbedingungen der Farb- und Lacksysteme signifikant anders sein wird. Die Entwicklungskosten der neuen Produktformate sind eher den F&E Kosten der Farbhersteller zuzuordnen.
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz)	keine

3.7.3.14 Weiterentwicklung der Decopaint-Directive – Erweiterung der Erfassung von Schutzfarben³¹

L 014	
Kurzbeschreibung	<p>Schutzfarbsysteme („Protective Coatings“) werden bisher schon von der Decopaint Richtlinie 2004/42/EC erfasst, soweit sie als Dekorationsfarben für Gebäude, ihre Innenausstattung, das Zubehör und damit verbundene Strukturen verwendet werden. Schutzfarbsystemen werden aber auch in vielen anderen Anwendungsbereichen eingesetzt [Decopaint review, 2009]. Diese Farbsysteme (siehe</p> <p>Tabelle 3-38) sind bisher nicht von der Decopaint Richtlinie erfasst. Die CEPE32 hat zur Begrenzung der Lösemittelgehalte dieser Farbensysteme in [Decopaint Review, 2009] einen Vorschlag erarbeitet, der in</p> <p>Tabelle 3-38 dargestellt ist.</p>
Minderungspotenzial	<p>Durch diese Maßnahme lassen sich bis 2020 etwa 50% (147 t) der NMVOC-Emissionen aus diesem Subsektor gegenüber dem Basisszenario vermeiden.</p>
Ansatz	<p>Die Maßnahme lässt sich durch eine Erweiterung der Decopaint-Richtlinie (2004/42/EC) umsetzen.</p>
Umsetzungshorizont	<p>Umsetzung möglich bis: 2010 <input type="checkbox"/> 2015 <input checked="" type="checkbox"/> 2020 <input type="checkbox"/></p> <p>Diese Maßnahme ist im Hinblick auf 2015 bzw. 2020 eine Option. Der Zeithorizont der Implementierung hängt insbesondere von der Durchführung entsprechender Abstimmungsprozesse zwischen Gesetzgeber und den betroffenen Branchenakteuren ab. Darüber hinaus hängt der zeitliche Horizont von branchentypischen Investitionszyklen ab.</p>
Kosten	<p>Die Kosten konnten in [Decopaint review, 2009] aufgrund fehlender Informationen nicht abgeschätzt werden, werden aber insgesamt nicht als hoch eingeschätzt. Voraussichtlich wird der einzig relevante Kostenfaktor das Labelling der Produkte sowie die Schulung der Anwender sein, da die Anwendungsbedingungen der Farb- und Lacksysteme signifikant anders sein wird. Die Entwicklungskosten der neuen Produktformate sind eher den F&E Kosten der Farbhersteller zuzuordnen.</p>
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz)	<p>keine</p>

³¹ Englisch: „protective coatings“

³² CEPE: <http://www.cepe.org>, Vereinigung der europäischen Farb- und Lackhersteller

Tabelle 3-38: CEPE Vorschlag zur Begrenzung der VOC-Gehalte in speziellen Schutzfarbsystemen

Produktkategorie		Durchschnittlicher VOC-Gehalt (CEPE)	Maximaler VOC Gehalt (CEPE)	CEPE Vorschlag für einen Grenzwert (ab 2012)	In 2020 technisch maximal erreichbare VOC Grenzwerte (CEPE)
		[g/l]	[g/l]	[g/l]	[g/l]
Multi-pack primers and intermediates		340	445	290	220
Zinc primers		460	570	460	370
1-pack primers and intermediates		450	550	420	360
Multi-pack finishes		350	480	420	350
1-pack finishes		440	540	440	380
Tank linings		152	470	370	152
Intumescent coatings	Solvent borne	302	440	440	302
	Water borne	100	Keine Information (Annahme: 140)	140	100

(Decopaint Review, 2009)

3.7.3.15 Weiterentwicklung der Decopaint-Directive –Erfassung lösemittelhaltiger Bodenklebsysteme

L 015
<p>Kurzbeschreibung Erweiterung der Decopaint Richtlinie (2004/42/EC) auf lösemittelhaltige Bodenklebsysteme. Festlegung eines VOC limits von 5g/kg [Decopaint review, 2009].</p> <p>Minderungspotenzial Durch diese Maßnahme lassen sich bis 2020 etwa 40% (1 102 t) der NMVOC-Emissionen aus der Anwendung von Bodenklebsystemen gegenüber dem Basisszenario vermeiden.</p>
<p>Ansatz Die Maßnahme lässt sich durch eine Erweiterung der Decopaint-Richtlinie (2004/42/EC) umsetzen.</p>
<p>Umsetzungshorizont Umsetzung möglich bis: 2010 <input type="checkbox"/> 2015 <input checked="" type="checkbox"/> 2020 <input type="checkbox"/> Diese Maßnahme ist im Hinblick auf 2015 bzw. 2020 eine Option. Der Zeithorizont der Implementierung hängt insbesondere von der Durchführung entsprechender Abstimmungsprozesse zwischen Gesetzgeber und den betroffenen Branchenakteuren ab. Darüber hinaus hängt der zeitliche Horizont von branchentypischen Investitionszyklen ab.</p>
<p>Kosten Die Kosten konnten in [Decopaint review, 2009] aufgrund fehlender Informationen nicht abgeschätzt werden, werden aber insgesamt nicht als hoch eingeschätzt. Voraussichtlich wird der einzig relevante Kostenfaktor das Labelling der Produkte sowie die Schulung der Anwender sein, da die Anwendungsbedingungen der Farb- und Lacksysteme signifikant anders sein wird. Die Entwicklungskosten der neuen Produktformate sind eher den F&E Kosten der Farbhersteller zuzuordnen.</p>
<p>Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz) keine</p>

3.7.3.16 Weiterentwicklung der Decopaint-Directive – Erfassung von Glas- und Fensterreinigern

		L 016
<p>Kurzbeschreibung Festlegung eines VOC-Grenzwerts für Glas- und Fensterreiniger auf 3% [Decopaint review, 2009].</p>		
<p>Minderungspotenzial Durch diese Maßnahme lassen sich bis 2020 etwa 20% (7 t) der NMVOC-Emissionen aus der Anwendung von Glas- und Fensterreinigern gegenüber dem Basisszenario vermeiden [Decopaint review, 2009].</p>		
<p>Ansatz Die Maßnahme lässt sich durch eine Erweiterung der Decopaint-Richtlinie (2004/42/EC) umsetzen.</p>		
<p>Umsetzungshorizont Umsetzung möglich bis: 2010 <input type="checkbox"/> 2015 <input checked="" type="checkbox"/> 2020 <input type="checkbox"/> Diese Maßnahme ist im Hinblick auf 2015 bzw. 2020 eine Option. Der Zeithorizont der Implementierung hängt insbesondere von der Durchführung entsprechender Abstimmungsprozesse zwischen Gesetzgeber und den betroffenen Branchenakteuren ab. Darüber hinaus hängt der zeitliche Horizont von branchentypischen Investitionszyklen ab.</p>		
<p>Kosten Die Kosten konnten in [Decopaint review, 2009] aufgrund fehlender Informationen nicht abgeschätzt werden, werden aber insgesamt nicht als hoch eingeschätzt. Die Entwicklungskosten der neuen Produktformate sind eher den F&E Kosten der Farbhersteller zuzuordnen.</p>		
<p>Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz) keine</p>		

3.7.3.17 Maßnahmen zur Reduktion der NMVOC-Emissionen im Verpackungsflexodruck

		L 017
<p>Kurzbeschreibung Im wasserbasierten und lösemittelbasierten Verpackungs-Flexodruck gibt es bei der Maschinenreinigung folgende Möglichkeiten zur Minderung [Theloke, 2005]: bessere Handhabung von Maschinenreinigungsmitteln, Einsatz NMVOC-armer Reinigungsmittel (kaum relevant, aufgrund systembedingter Erfordernisse), Fassung der Emissionen aus Waschplatz- und Teilereinigung mit nachgeschalteter Abluftreinigungsanlage, Einsatz optimierter Teilewaschanlagen, Einsatz von Laugenteilewaschanlagen, Einsatz automatisierter Wascheinrichtungen. Im wasserbasierten Verpackungsflexodruck gibt es beim Farb- und Lackauftrag nur die Möglichkeit einer sorgfältigeren Handhabung um Lösemittellemissionen zu vermindern. Dagegen gibt es im lösemittelbasierten Verpackungsflexodruck neben der sorgfältigeren Handhabung der eingesetzten Farben und Lacke weitere Möglichkeiten die Emissionen beim Farb- und Lackauftrag zu vermindern:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Umstellung auf UV-Farbsysteme, • Umstellung auf wasserbasierte Farbsysteme, • verrohrte Lösemittelzufuhr, • verbesserte Kapselung, • Optimierung der Abluftreinigung. 		
<p>Minderungspotenzial Insgesamt lässt sich aus den aufgeführten Maßnahmen bis 2015 ein Minderungspotenzial von etwa 32% ableiten [Theloke, 2005]. Nur etwa 14% der Lösemittellemissionen aus dem Verpackungsflexodruck werden aus Anlagen emittiert werden, die nicht von der 31. BImSchV erfasst sind. Somit kann ein Minderungspotenzial von 4% (246 t in 2020) gegenüber dem Basisszenario quantifiziert werden..</p>		
<p>Ansatz Erweiterung der 31. BImSchV auf bisher nicht erfasste Verpackungsflexodruckanlagen durch Absenkung des Schwellenwertes.</p>		
<p>Umsetzungshorizont Umsetzung möglich bis: 2010 <input type="checkbox"/> 2015 <input checked="" type="checkbox"/> 2020 <input type="checkbox"/> Diese Maßnahme ist im Hinblick auf 2015 bzw. 2020 eine Option. Der Zeithorizont der Implementierung hängt insbesondere von der Durchführung entsprechender Abstimmungsprozesse zwischen Gesetzgeber und den betroffenen Branchenakteuren ab. Darüber hinaus hängt der zeitliche Horizont von branchentypischen Investitionszyklen ab.</p>		
<p>Kosten Eine konkrete Quantifizierung der spezifischen Investitions- und Betriebskosten der Maßnahmenkombination ist aufgrund der sehr unterschiedlichen technischen Maßnahmen und deren Anwendbarkeit in verschiedenen Betriebskonstellationen kaum möglich. Die sorgfältigere Handhabung der Reinigungsmittel wird zu Einsparungen bei den Betriebskosten führen. Jedoch werden zur Umsetzung dieser Maßnahme Mitarbeiterschulungen notwendig sein, da sich die gewohnten Arbeitsabläufe erheblich ändern.</p>		
<p>Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz) keine</p>		

3.7.4 Mit-Maßnahmenszenario für den Lösemittelsektor

In Tabelle 3-39 ist das Ergebnis der Detailanalyse der ausgewählten Maßnahmen zusammengefasst dargestellt.

Tabelle 3-39: Übersichtstabelle zur Wirksamkeit der betrachteten Maßnahmen im Sektor Lösemittelanwendung

ID-Nr.	Subsektor	Minderungspotenzial [t]	
		2020	2030
L 001	Anwendung von Deodorantien/ Antitranspirantien	15 316	16 287
L 002	NMVOEmissionen aus Haarsprays	2.081	2.213
L 003	Bogenoffsetdruck	8.304	10.393
L 004	Oberflächenreinigungsprozesse	6.126	7.957
L 005	Anwendung von Farben und Lacken im Maschinenbau	10.621	10.987
L 006	Anwendung von Farben und Lacken im Innenausbau-gewerbe und Schreinerhandwerk	916	814
L 007	Siebdruck	2.601	3.255
L 008	Anwendung von Holzschutzmitteln	801	952
L 009	Herstellung von lösemittelhaltigen Produkten	7.446	8.241
L 010	Straßenmarkierungsfarben	2690	2584
L 011	Fahrzeugreparaturlackierung	869	781
L 012	Innenfarben	12.279	10.172
L 013	Holzfarben	4.985	4.093
L 014	Schutzfarben	147	141
L 015	Bodenklebstoffe	1.102	1.211
L016	Glas- und Fensterreiniger	7	7
L 017	Verpackungsflexodruck	275	339
Summe		76.565	80.436

Insgesamt wurden Minderungspotenziale von 76,6 kt gegenüber dem Basisszenario 2020 identifiziert, sowie 80,4 kt gegenüber dem Basisszenario 2030. Dies entspricht einem Gesamtminde-rungspotential von 11,9% gegenüber den für 2020 projizierten Lösemittlemissionen von 645,3 kt³³ und von 11,6% gegenüber den für 2030 projizierten Lösemittlemissionen von 695,2 kt³⁴

Die Erstellung des Mit-Maßnahmenszenarios für den Lösemittelsektor wurde in enger Abstimmung mit dem des Umweltbundesamt durchgeführt. Die Ergebnisse des Mit-Maßnahmenszenarios sind in Tabelle 3-40 dargestellt.

³³ Siehe Tabelle 3-34

³⁴ Siehe Tabelle 3-34

Tabelle 3-40: Entwicklung der Emissionen aus der Lösemittelanwendung im Mit-Maßnahmenszenario bis 2035 in Deutschland differenziert nach Subsektoren

NMVOC Emissionen	Mit-Maßnahmenszenario					
	2011	2015	2020	2025	2030	2035
Menge [t]	Menge [t]	Menge [t]	Menge [t]	Menge [t]	Menge [t]	Menge [t]
Anwendung von Dekorativen Farben und Lacken						
	96.478	76.112	76.539	70.077	64.702	60.161
Anwendung von Industrielacken						
	141.498	126.469	128.867	123.794	123.889	128.774
Andere Anwendungen von Farben und Lacken						
	16.322	13.337	13.714	13.143	13.171	13.705
Entfettung						
	39.043	32.181	29.423	35.405	37.416	39.430
Chemische Reinigung						
	1.182	766	701	821	830	835
Herstellung von Lösemittelhaltigen Produkten						
	53.993	43.449	41.626	46.086	47.929	48.281
Druck						
	102.791	78.072	71.707	84.980	89.490	92.769
Häusliche Anwendung lösemittelhaltiger Produkte						
	106.273	108.821	93.670	99.663	100.931	102.053
Andere Anwendungen von Lösemitteln						
	134.520	122.804	112,513	132.113	136.432	139.868
Insgesamt						
	692.100	602.011	568.761	606.083	614.790	625.875

3.8 Sektorübergreifende Emissionsszenarien für Deutschland

3.8.1 Übersicht

Basierend auf den sektoralen Emissionsszenarien (vgl. Übersicht in Tabelle 3-1, S. 48) wurden fünf sektorübergreifende Emissionsszenarien für Luftschadstoffe definiert:

- das Aktuelle-Politik-Szenario (APS)
- das Energiewendeszenario (EWS)
- das Aktuelle-Politik-Szenario mit zusätzlichen Luftreinhaltemaßnahmen (APS+)
- das Energiewendeszenario mit zusätzlichen Luftreinhaltemaßnahmen (EWS+)
- das Energiewendeszenario mit zusätzlichen Maßnahmen nur in der Landwirtschaft (EWS-LaWi+)

Die sektorale Zusammensetzung dieser Szenarien ist in Tabelle 3-41 zusammengefasst:

Tabelle 3-41: Sektorübergreifende Luft-2030-Szenarien 2005 - 2030 für Deutschland

Sektorübergreifende Luft-2030-Szenarien 2005 - 2030 für Deutschland					
Name	stationäre Feuerung	Verkehr / mobile Maschinen	Industrie	Lösemittel	Landwirtschaft
APS	SF-APS	V_MM-APS	IN-APS	LM-REF	LaWi-APS
APS+	SF-APS+	V_MM-APS	IN-APS+	LM+	LaWi-APS+NH ₃ +KS
EWS	SF-EWS	V_MM-EWS	IN-EWS	LM-REF	LaWi-EWS
EWS+	SF-EWS+	V_MM-EWS	IN-EWS+	LM+	LaWi-EWS+NH ₃ +KS
EWS-LaWi+	SF-EWS	V_MM-EWS	IN-EWS	LM-REF	LaWi-EWS+NH ₃ +KS

In den folgenden Kapiteln sind für jedes der Szenarien die Emissionen 2005-2030 für die betrachteten Schadstoffe PM₁₀, PM_{2,5}, SO₂, NO_x, NMVOC und NH₃ dargestellt. Für jedes Szenario werden die Emissionen in beiden Bilanzprinzipien, Inlandsprinzip und Energiebilanzprinzip, dargestellt. Um Verwechslungen zu vermeiden, werden die Bilanzen in verschiedenen Systematiken dargestellt: Die Bilanzen im Inlandsprinzip (relevant für die Immissionsmodellierung) werden in der SNAP-Systematik dargestellt, die auch in den Ausbreitungsmodellen benutzt wird. Die Emissionen im Energiebilanzprinzip (Vergleich mit nationalen Emissionshöchstmengen (NEC) und der Emissionsberichterstattung) werden im für die internationale Emissionsberichterstattung üblichen NFR/CRF-Code dargestellt.

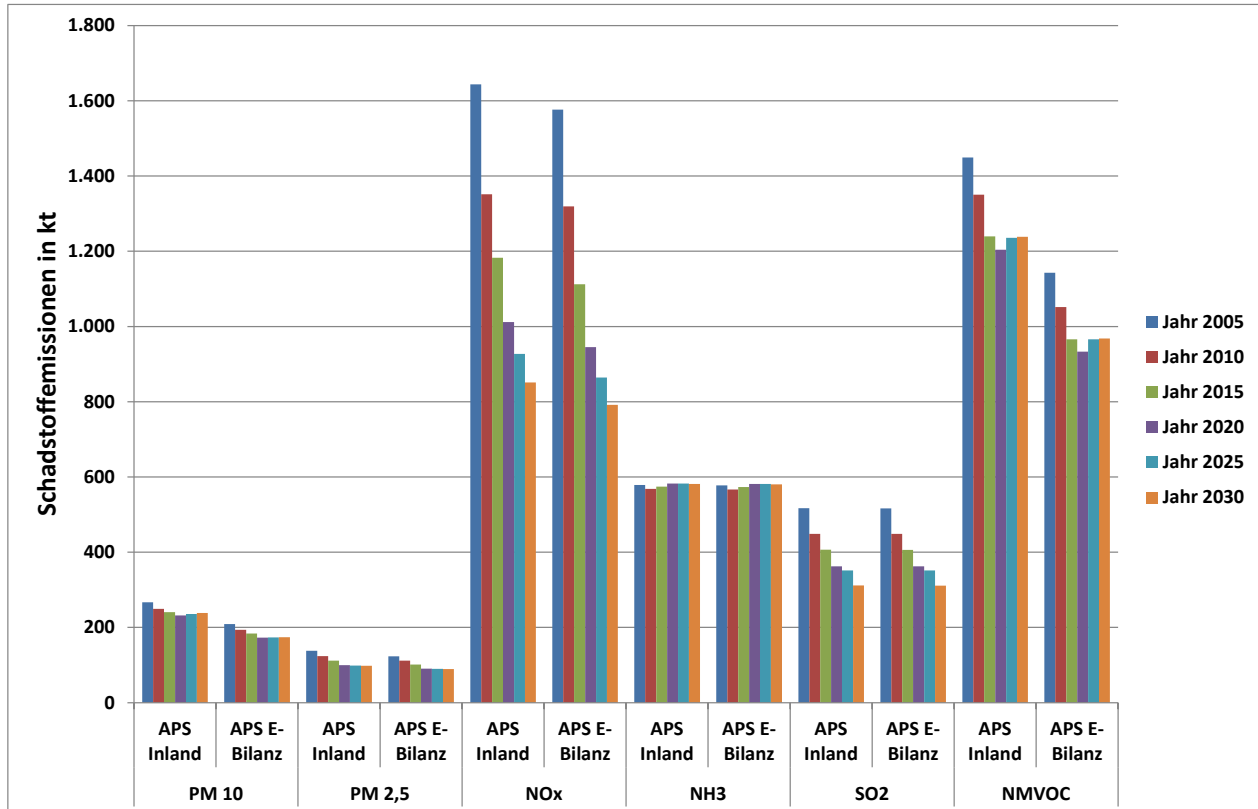
In Kapitel 3.8.7 (S. 194) wird schließlich ein Vergleich der Emissionsszenarien angestellt.

3.8.2 Das Aktuelle-Politik-Szenario (APS)

Im Folgenden wird die Entwicklung der Emissionen der Luftschadstoffe PM₁₀, PM_{2,5}, NO_x, NH₃, SO₂ und NMVOC im Aktuelle-Politik-Szenario (APS) zunächst als Überblick in Form eines Diagrammes dargestellt. Die Abbildung vergleicht dabei die Emissionen im Inlandsprinzip und im Energiebilanzprinzip. Anschließend folgen für die einzelnen Luftschadstoffe detailliertere Emissionsdaten in Tabellenform. Dabei werden die Emissionen nach dem Inlandsprinzip in der SNAP-Systematik und die Emissionen nach dem Energiebilanzprinzip in der NFR-Systematik dargestellt.

Emissionsreduktionen im Zeitverlauf bis 2030 sind am größten für NO_x (im Energiebilanzprinzip -50 % ggü. 2005, -40 % ggü. 2010) und für SO₂ (-40 % / -31 %). Die NO_x-Reduktion stammt hauptsächlich aus dem Straßenverkehr, die SO₂-Reduktion aus Kraftwerken. Für PM_{2,5} sind im Energiebilanzprinzip Reduktionsraten ggü. 2005 bzw. 2010 von 27 % / 20 % projiziert, für PM₁₀ von 17 % / 10 %. In beiden Fällen ist die Reduktion fast vollständig auf die Reduktion der Abgaspartikel im Straßenverkehr zurückzuführen. Die projizierte Entwicklung bei NMVOC (bis 2030 im Energiebilanzprinzip -15 % ggü. 2005, -8 % ggü. 2010) ist ebenfalls zum Großteil auf Reduktionen der Abgasemissionen des Straßenverkehrs zurückzuführen. Aber auch Reduktionen in den Lösemittlemissionen tragen hier einen deutlichen Anteil bei. Für das aus der Landwirtschaft dominierte NH₃ wird im APS eine Stagnation der Emissionen projiziert: Bis 2030 wird im Energiebilanzprinzip eine Steigerungsrate von 1 % ggü. 2005 und 2 % ggü. 2010 berechnet.

Abbildung 3-11: Emissionen im Aktuelle-Politik-Szenario (APS)



Differenzen zwischen den Emissionen im Energiebilanzprinzip und im Inlandsprinzip sind vor allem bei PM₁₀, NO_x, NMVOC sowie in geringerem Maße beim PM_{2,5} zu beobachten. Dies liegt im Wesentlichen

- an der nur im Inlandprinzip berücksichtigten Wiederaufwirbelung von Staub im Straßenverkehr (PM10 & PM2,5)
- an den nur im Inlandsprinzip berücksichtigten NMVOC-Emissionsschätzungen aus der Landwirtschaft
- an der zwischen Energiebilanzprinzip und Inlandsprinzip differenzierten Modellbasis für Mobile Maschinen (NOx, NMVOC, PM) und
- an den zwischen Energiebilanzprinzip und Inlandsprinzip differenzierten Brennstoffverbräuchen für Straßenverkehr und Binnenschifffahrt (NOx, NMVOC, PM).

Dies gilt in ähnlicher Form für alle in LUFT 2030 berechneten Emissionsszenarien.

Tabelle 3-42: PM₁₀-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im APS, Inlandsprinzip

PM ₁₀ - Emissionen in Deutschland							
Emissionsberechnung nach dem Inlandsprinzip							
SNAP	Einheit	2005	2010	2015	2020	2025	2030
01 Combustion in energy and transformation industries	Gg	12	11	10	10	9	8
02 Non-industrial combustion plants	Gg	26	36	31	25	26	28
03 Combustion in manufacturing industry	Gg	8	7	12	13	13	13
04 Production processes	Gg	55	45	45	46	46	46
05 Extraction and distribution of fossil fuels and geothermal energy	Gg	2	2	2	2	2	2
06 Solvent and other product use	Gg	9	9	9	9	9	9
07 Road transport	Gg	93	83	80	81	85	88
08 Other mobil sources and machinery	Gg	22	16	12	8	7	5
09 Waste treatment and disposal	Gg	0	0	0	0	0	0
10 Agriculture	Gg	39	41	40	39	39	39
11 Other sources and sinks	Gg	0	0	0	0	0	0
Summe	Gg	267	249	241	232	236	239

Quelle: UBA (ZSE 2012) und Berechnungen von Öko-Institut, IZT, IER, ifeu und Thünen-Institut

Tabelle 3-43: PM₁₀-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im APS, Energiebilanzprinzip

PM ₁₀ - Emissionen in Deutschland [kt]							
Emissionsberechnung nach dem Energiebilanzprinzip							
NFR	Quellgruppe	2005	2010	2015	2020	2025	2030
1 A	Verbrennung von Brennstoffen	97	93	84	73	74	74
1 A 1	Energieindustrie	12	11	10	10	9	8
1 A 2	Produzierendes Gewerbe	4	3	9	10	10	10
1 A 3	Transport	49	36	30	28	27	28
	<i>Antrieb</i>	<i>29</i>	<i>17</i>	<i>9</i>	<i>5</i>	<i>4</i>	<i>3</i>
	<i>Verdunstung</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
	<i>Abrieb</i>	<i>19</i>	<i>20</i>	<i>21</i>	<i>22</i>	<i>24</i>	<i>25</i>
	<i>Wiederaufwirbelung</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
1 A 4	Andere Sektoren (Haushalte + Kleinverbrauch)	33	42	34	27	27	28
1 A 5	Andere: Militär	0	0	0	0	0	0
1 B	Flüchtige Brennstoffemissionen	1	0	0	0	0	0
1 B 1	Feste Brennstoffe	1	0	0	0	0	0
1 B 2	Öl und Erdgas	0	0	0	0	0	0
2	Industrieprozesse	64	52	52	53	53	53
2 A	Mineralstoffindustrie	8	7	7	7	7	7
2 B	Chemische Industrie	0	1	1	1	1	1
2 C	Metallproduktion	10	5	5	4	4	4
2 D	Andere Produktion	2	1	1	2	2	2
2 G	Andere Industrieprozesse	43	38	39	39	40	40
3	Produktanwendungen	10	10	10	10	10	10
3 A	Lackierung	0	0	0	0	0	0
3 B	Entfettung, Chemische Reinigung	0	0	0	0	0	0
3 C	Herstellung und Anwendung chemischer Produkte	0	0	0	0	0	0
3 D	Andere	10	10	10	10	10	10
4	Landwirtschaft	37	39	38	37	37	37
4 B	Tierhaltung (Wirtschaftsdünger-Management)	19	20	20	20	20	20
4 D	Bewirtschaftung von Ackerland	19	19	18	17	17	17
6	Abfallwirtschaft	0	0	0	0	0	0
6 C	Müllverbrennung: Krematorien	0	0	0	0	0	0
	Summe	209	194	184	173	174	174

Quelle: UBA (ZSE 2012) und Berechnungen von Öko-Institut, IZT, IER, ifeu und Thünen-Institut

Anmerkung: Die hier aufgeführten Emissionen an PM_{2,5} und PM₁₀ sind um 1,9 kt höher als die in der ZSE Submission 2012 enthaltenen. Diese Abweichung ist dadurch begründet, dass im ZSE 2012 die PM-Emissionen aus der Verbrennung von Ottokraftstoff und Bio-Ottokraftstoff nicht enthalten sind.

Tabelle 3-44: PM_{2,5}-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im APS, Inlandsprinzip

PM _{2,5} - Emissionen in Deutschland							
<i>Emissionsberechnung nach dem Inlandsprinzip</i>							
SNAP	Einheit	2005	2010	2015	2020	2025	2030
01 Combustion in energy and transformation industries	Gg	11	10	9	8	8	7
02 Non-industrial combustion plants	Gg	24	34	29	23	25	26
03 Combustion in manufacturing industry	Gg	7	5	10	11	11	11
04 Production processes	Gg	18	12	12	12	12	12
05 Extraction and distribution of fossil fuels and geothermal energy	Gg	0	0	0	0	0	0
06 Solvent and other product use	Gg	9	9	9	9	9	9
07 Road transport	Gg	42	30	24	21	21	21
08 Other mobil sources and machinery	Gg	22	16	12	8	7	5
09 Waste treatment and disposal	Gg	0	0	0	0	0	0
10 Agriculture	Gg	6	7	6	6	6	6
11 Other sources and sinks	Gg	0	0	0	0	0	0
Summe	Gg	138	124	112	100	99	98

Quelle: UBA (ZSE 2012) und Berechnungen von Öko-Institut, IZT, IER, ifeu und Thünen-Institut

Tabelle 3-45: PM_{2,5}-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im APS, Energiebilanzprinzip

PM _{2,5} - Emissionen in Deutschland [kt]							
<i>Emissionsberechnung nach dem Energiebilanzprinzip</i>							
NFR	Quellgruppe	2005	2010	2015	2020	2025	2030
1 A	Verbrennung von Brennstoffen	85	80	70	59	59	58
1 A 1	Energieindustrie	11	10	9	8	8	7
1 A 2	Produzierendes Gewerbe	3	3	8	9	9	9
1 A 3	Transport	40	27	20	17	16	16
	<i>Antrieb</i>	<i>29</i>	<i>17</i>	<i>9</i>	<i>5</i>	<i>4</i>	<i>3</i>
	<i>Verdunstung</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
	<i>Abrieb</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>13</i>
	<i>Wiederaufwirbelung</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
1 A 4	Andere Sektoren (Haushalte + Kleinverbrauch)	31	40	32	25	25	26
1 A 5	Andere: Militär	0	0	0	0	0	0
1 B	Flüchtige Brennstoffemissionen	0	0	0	0	0	0
1 B 1	Feste Brennstoffe	0	0	0	0	0	0
1 B 2	Öl und Erdgas	0	0	0	0	0	0
2	Industrieprozesse	21	15	15	15	15	15

PM _{2.5} - Emissionen in Deutschland [kt]							
Emissionsberechnung nach dem Energiebilanzprinzip							
NFR	Quellgruppe	2005	2010	2015	2020	2025	2030
2 A	Mineralstoffindustrie	4	3	3	3	3	3
2 B	Chemische Industrie	0	0	0	0	0	0
2 C	Metallproduktion	6	3	3	3	2	2
2 D	Andere Produktion	1	1	1	1	1	1
2 G	Andere Industrieprozesse	10	8	8	8	9	9
3	Produktanwendungen	10	10	10	10	10	10
3 A	Lackierung	0	0	0	0	0	0
3 B	Entfettung, Chemische Reinigung	0	0	0	0	0	0
3 C	Herstellung und Anwendung chemischer Produkte	0	0	0	0	0	0
3 D	Andere	10	10	10	10	10	10
4	Landwirtschaft	6	6	6	6	6	6
4 B	Tierhaltung (Wirtschaftsdünger-Management)	5	5	5	5	5	5
4 D	Bewirtschaftung von Ackerland	1	1	1	1	1	1
6	Abfallwirtschaft	0	0	0	0	0	0
6 C	Müllverbrennung: Krematorien	0	0	0	0	0	0
	Summe	123	112	101	90	90	89

Quelle: UBA (ZSE 2012) und Berechnungen von Öko-Institut, IZT, IER, ifeu und Thünen-Institut

Anmerkung: Die hier aufgeführten Emissionen an PM_{2.5} und PM₁₀ sind um 1,9 kt höher als die in der ZSE Submission 2012 enthaltenen. Diese Abweichung ist dadurch begründet, dass im ZSE 2012 die PM-Emissionen aus der Verbrennung von Ottokraftstoff und Bio-Ottokraftstoff nicht enthalten sind.

Tabelle 3-46: NO_x-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im APS, Inlandsprinzip

NO _x - Emissionen in Deutschland							
Emissionsberechnung nach dem Inlandsprinzip							
SNAP	Einheit	2005	2010	2015	2020	2025	2030
01 Combustion in energy and transformation industries	Gg	290	304	287	261	251	212
02 Non-industrial combustion plants	Gg	93	91	84	87	85	82
03 Combustion in manufacturing industry	Gg	89	87	103	109	111	113
04 Production processes	Gg	98	85	83	84	83	83
05 Extraction and distribution of fossil fuels and geothermal energy	Gg	8	7	7	7	7	7
06 Solvent and other product use	Gg	0	0	0	0	0	0
07 Road transport	Gg	752	509	367	227	163	133
08 Other mobil sources and machinery	Gg	202	165	144	126	116	110
09 Waste treatment and disposal	Gg	0	0	0	0	0	0

10 Agriculture	Gg	112	104	108	112	112	112
11 Other sources and sinks	Gg	0	0	0	0	0	0
Summe	Gg	1.644	1.351	1.183	1.012	927	851

Quelle: UBA (ZSE 2012) und Berechnungen von Öko-Institut, IZT, IER, ifeu und Thünen-Institut

Tabelle 3-47: NO_x-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im APS, Energiebilanzprinzip

NO _x - Emissionen in Deutschland [kt]							
Emissionsberechnung nach dem Energiebilanzprinzip							
NFR	Quellgruppe	2005	2010	2015	2020	2025	2030
1 A	Verbrennung von Brennstoffen	1.353	1.120	911	739	658	586
1 A 1	Energieindustrie	286	300	285	258	248	210
1 A 2	Produzierendes Gewerbe	84	83	99	105	107	109
1 A 3	Transport	833	596	409	262	199	170
	<i>Antrieb</i>	<i>833</i>	<i>596</i>	<i>409</i>	<i>262</i>	<i>199</i>	<i>170</i>
	<i>Verdunstung</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
	<i>Abrieb</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
	<i>Wiederaufwirbelung</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
1 A 4	Andere Sektoren (Haushalte + Kleinverbrauch)	139	135	111	107	99	92
1 A 5	Andere: Militär	11	6	7	6	5	5
1 B	Flüchtige Brennstoffemissionen	8	7	7	7	7	7
1 B 1	Feste Brennstoffe	0	0	0	0	0	0
1 B 2	Öl und Erdgas	8	7	7	7	7	7
2	Industrieprozesse	103	89	87	88	87	87
2 A	Mineralstoffindustrie	45	37	36	37	36	36
2 B	Chemische Industrie	29	28	30	32	33	34
2 C	Metallproduktion	28	22	19	17	16	15
2 D	Andere Produktion	1	2	2	2	2	2
2 G	Andere Industrieprozesse	0	0	0	0	0	0
3	Produktanwendungen	0	0	0	0	0	0
3 A	Lackierung	0	0	0	0	0	0
3 B	Entfettung, Chemische Reinigung	0	0	0	0	0	0
3 C	Herstellung und Anwendung chemischer Produkte	0	0	0	0	0	0
3 D	Andere	0	0	0	0	0	0
4	Landwirtschaft	112	104	108	112	112	112
4 B	Tierhaltung (Wirtschaftsdünger-Management)	2	2	1	1	1	1
4 D	Bewirtschaftung von Ackerland	111	102	106	111	111	111
6	Abfallwirtschaft	0	0	0	0	0	0
6 C	Müllverbrennung: Krematorien	0	0	0	0	0	0
	Summe	1.576	1.319	1.113	945	864	791

Quelle: UBA (ZSE 2012) und Berechnungen von Öko-Institut, IZT, IER, ifeu und Thünen-Institut

Tabelle 3-48: NH₃-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im APS, Inlandsprinzip

NH ₃ - Emissionen in Deutschland							
Emissionsberechnung nach dem Inlandsprinzip							
SNAP	Einheit	2005	2010	2015	2020	2025	2030
01 Combustion in energy and transformation industries	Gg	3	2	3	2	2	2
02 Non-industrial combustion plants	Gg	3	2	2	2	2	2
03 Combustion in manufacturing industry	Gg	1	1	2	2	2	2
04 Production processes	Gg	12	11	12	13	13	14
05 Extraction and distribution of fossil fuels and geothermal energy	Gg	0	0	0	0	0	0
06 Solvent and other product use	Gg	2	2	2	2	2	2
07 Road transport	Gg	23	17	12	11	11	10
08 Other mobil sources and machinery	Gg	0	0	0	0	0	0
09 Waste treatment and disposal	Gg	0	0	0	0	0	0
10 Agriculture	Gg	535	532	541	550	550	550
11 Other sources and sinks	Gg	0	0	0	0	0	0
Summe	Gg	579	568	574	583	582	581

Tabelle 3-49: NH₃-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im APS, Energiebilanzprinzip

NH ₃ - Emissionen in Deutschland [kt]							
Emissionsberechnung nach dem Energiebilanzprinzip							
NFR	Quellgruppe	2005	2010	2015	2020	2025	2030
1 A	Verbrennung von Brennstoffen	28	21	18	16	16	14
1 A 1	Energieindustrie	3	2	3	2	2	2
1 A 2	Produzierendes Gewerbe	1	1	1	1	2	2
1 A 3	Transport	22	15	11	10	10	9
	<i>Antrieb</i>	<i>22</i>	<i>15</i>	<i>11</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>9</i>
	<i>Verdunstung</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
	<i>Abrieb</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
	<i>Wiederaufwirbelung</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
1 A 4	Andere Sektoren (Haushalte + Kleinverbrauch)	3	3	2	2	2	2
1 A 5	Andere: Militär	0	0	0	0	0	0
1 B	Flüchtige Brennstoffemissionen	0	0	0	0	0	0
1 B 1	Feste Brennstoffe	0	0	0	0	0	0
1 B 2	Öl und Erdgas	0	0	0	0	0	0
2	Industrieprozesse	12	11	13	13	14	14
2 A	Mineralstoffindustrie	4	3	3	3	3	3
2 B	Chemische Industrie	8	8	9	10	10	10
2 C	Metallproduktion	0	0	0	0	0	0
2 D	Andere Produktion	0	0	0	0	0	0
2 G	Andere Industrieprozesse	0	0	0	0	0	0
3	Produktanwendungen	2	2	2	2	2	2
3 A	Lackierung	0	0	0	0	0	0
3 B	Entfettung, Chemische Reinigung	0	0	0	0	0	0
3 C	Herstellung und Anwendung chemischer Produkte	0	0	0	0	0	0
3 D	Andere	2	2	2	2	2	2
4	Landwirtschaft	535	532	541	550	550	550
4 B	Tierhaltung (Wirtschaftsdünger-Management)	457	442	456	451	451	451
4 D	Bewirtschaftung von Ackerland	79	90	85	100	100	100
6	Abfallwirtschaft	0	0	0	0	0	0
6 C	Müllverbrennung: Krematorien	0	0	0	0	0	0
	Summe	577	567	573	582	581	580

Quelle: UBA (ZSE 2012) und Berechnungen von Öko-Institut, IZT, IER, ifeu und Thünen-Institut

Anmerkung: Die hier aufgeführten Emissionen an NH₃ sind um 4 bzw. 19 kt höher als die in der ZSE Submission 2012 enthaltenen. Diese Abweichung ist dadurch begründet, dass im ZSE 2012 die NH₃-Emissionen aus Biogas-Gärresten nicht enthalten sind.

Tabelle 3-50: SO₂-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im APS, Inlandsprinzip

SO ₂ - Emissionen in Deutschland							
Emissionsberechnung nach dem Inlandsprinzip							
SNAP	Einheit	2005	2010	2015	2020	2025	2030
01 Combustion in energy and transformation industries	Gg	289	236	209	177	170	136
02 Non-industrial combustion plants	Gg	70	67	61	52	46	40
03 Combustion in manufacturing industry	Gg	59	55	45	42	43	42
04 Production processes	Gg	85	79	80	81	82	83
05 Extraction and distribution of fossil fuels and geothermal energy	Gg	11	10	10	10	10	10
06 Solvent and other product use	Gg	0	0	0	0	0	0
07 Road transport	Gg	1	1	1	1	1	1
08 Other mobil sources and machinery	Gg	2	2	1	1	1	1
09 Waste treatment and disposal	Gg	0	0	0	0	0	0
10 Agriculture	Gg	0	0	0	0	0	0
11 Other sources and sinks	Gg	0	0	0	0	0	0
Summe	Gg	517	449	407	363	352	311

Quelle: UBA (ZSE 2012) und Berechnungen von Öko-Institut, IZT, IER, ifeu und Thünen-Institut

Tabelle 3-51: SO₂-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im APS, Energiebilanzprinzip

SO ₂ - Emissionen in Deutschland [kt]							
Emissionsberechnung nach dem Energiebilanzprinzip							
NFR	Quellgruppe	2005	2010	2015	2020	2025	2030
1 A	Verbrennung von Brennstoffen	408	349	306	261	250	208
1 A 1	Energieindustrie	289	236	209	177	170	136
1 A 2	Produzierendes Gewerbe	47	44	34	31	32	32
1 A 3	Transport	2	1	1	1	1	1
	<i>Antrieb</i>	2	1	1	1	1	1
	<i>Verdunstung</i>	0	0	0	0	0	0
	<i>Abrieb</i>	0	0	0	0	0	0
	<i>Wiederaufwirbelung</i>	0	0	0	0	0	0
1 A 4	Andere Sektoren (Haushalte + Kleinverbrauch)	70	67	61	52	46	40
1 A 5	Andere: Militär	0	0	0	0	0	0
1 B	Flüchtige Brennstoffemissionen	20	15	17	18	19	20
1 B 1	Feste Brennstoffe	0	0	0	0	0	0
1 B 2	Öl und Erdgas	20	15	17	18	19	20
2	Industrieprozesse	89	84	84	83	83	83
2 A	Mineralstoffindustrie	19	20	20	21	21	21
2 B	Chemische Industrie	25	28	30	32	33	33
2 C	Metallproduktion	43	35	32	29	28	27
2 D	Andere Produktion	1	1	1	1	1	1
2 G	Andere Industrieprozesse	0	0	0	0	0	0
3	Produktanwendungen	0	0	0	0	0	0
3 A	Lackierung	0	0	0	0	0	0
3 B	Entfettung, Chemische Reinigung	0	0	0	0	0	0
3 C	Herstellung und Anwendung chemischer Produkte	0	0	0	0	0	0
3 D	Andere	0	0	0	0	0	0
4	Landwirtschaft	0	0	0	0	0	0
4 B	Tierhaltung (Wirtschaftsdünger-Management)	0	0	0	0	0	0
4 D	Bewirtschaftung von Ackerland	0	0	0	0	0	0
6	Abfallwirtschaft	0	0	0	0	0	0
6 C	Müllverbrennung: Krematorien	0	0	0	0	0	0
	Summe	516	449	406	362	352	311

Quelle: UBA (ZSE 2012) und Berechnungen von Öko-Institut, IZT, IER, ifeu und Thünen-Institut

Tabelle 3-52: NMVOC-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im APS, Inlandsprinzip

NMVOC - Emissionen in Deutschland							
Emissionsberechnung nach dem Inlandsprinzip							
SNAP	Einheit	2005	2010	2015	2020	2025	2030
01 Combustion in energy and transformation industries	Gg	11	15	15	15	15	14
02 Non-industrial combustion plants	Gg	38	53	48	50	53	57
03 Combustion in manufacturing industry	Gg	7	6	12	13	14	14
04 Production processes	Gg	57	51	53	55	55	55
05 Extraction and distribution of fossil fuels and geothermal energy	Gg	70	63	63	63	63	63
06 Solvent and other product use	Gg	743	720	664	645	686	695
07 Road transport	Gg	209	137	95	78	68	60
08 Other mobil sources and machinery	Gg	60	50	34	30	28	26
09 Waste treatment and disposal	Gg	0	0	0	0	0	0
10 Agriculture	Gg	255	255	255	255	255	255
11 Other sources and sinks	Gg	0	0	0	0	0	0
Summe	Gg	1.449	1.350	1.239	1.204	1.236	1.238

Quelle: UBA (ZSE 2012) und Berechnungen von Öko-Institut, IZT, IER, ifeu und Thünen-Institut

Tabelle 3-53: NMVOC-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im APS, Energiebilanzprinzip

SO ₂ - Emissionen in Deutschland [kt]							
Emissionsberechnung nach dem Energiebilanzprinzip							
NFR	Quellgruppe	2005	2010	2015	2020	2025	2030
1 A	Verbrennung von Brennstoffen	408	349	306	261	250	208
1 A 1	Energieindustrie	272	216	184	169	161	154
1 A 2	Produzierendes Gewerbe	11	15	15	15	15	14
1 A 3	Transport	5	5	11	12	12	13
	<i>Antrieb</i>	200	129	93	77	68	60
	<i>Verdunstung</i>	192	124	89	74	65	58
	<i>Abrieb</i>	8	4	3	3	3	3
	<i>Wiederaufwirbelung</i>	0	0	0	0	0	0
1 A 4	Andere Sektoren (Haushalte + Kleinverbrauch)	0	0	0	0	0	0
1 A 5	Andere: Militär	52	65	63	62	63	65
1 B	Flüchtige Brennstoffemissionen	4	3	3	3	2	2
1 B 1	Feste Brennstoffe	91	81	82	83	82	82
1 B 2	Öl und Erdgas	1	1	1	1	1	1
2	Industrieprozesse	90	81	82	82	82	82
2 A	Mineralstoffindustrie	37	34	35	36	36	36
2 B	Chemische Industrie	4	4	4	4	4	4
2 C	Metallproduktion	5	5	5	6	6	6
2 D	Andere Produktion	5	4	3	2	2	2
2 G	Andere Industrieprozesse	23	21	23	24	24	24
3	Produktanwendungen	0	0	0	0	0	0
3 A	Lackierung	743	720	664	645	686	695
3 B	Entfettung, Chemische Reinigung	346	260	248	252	238	231
3 C	Herstellung und Anwendung chemischer Produkte	43	37	39	36	43	46
3 D	Andere	47	56	51	49	54	56
4	Landwirtschaft	307	366	327	309	351	362
4 B	Tierhaltung (Wirtschaftsdünger-Management)	0	0	0	0	0	0
4 D	Bewirtschaftung von Ackerland	0	0	0	0	0	0
6	Abfallwirtschaft	0	0	0	0	0	0
6 C	Müllverbrennung: Krematorien	0	0	0	0	0	0
	Summe	0	0	0	0	0	0

Quelle: UBA (ZSE 2012) und Berechnungen von Öko-Institut, IZT, IER, ifeu und Thünen-Institut

3.8.3 Das Energiewendeszenario (EWS)

Im Folgenden wird die Entwicklung der Emissionen der Luftschadstoffe PM₁₀, PM_{2,5}, NO_x, NH₃, SO₂ und NMVOC im Energiewendeszenario (EWS) zunächst als Überblick in Form eines Diagrammes dargestellt. Die Abbildung vergleicht dabei die Emissionen im Inlandsprinzip und im

Energiebilanzprinzip. Anschließend folgen für die einzelnen Luftschadstoffe detailliertere Emissionsdaten in Tabellenform. Dabei werden die Emissionen nach dem Inlandsprinzip in der SNAP-Systematik und die Emissionen nach dem Energiebilanzprinzip in der NFR-Systematik dargestellt.

Für eine Interpretation der Entwicklungen im EWS im Vergleich verschiedener Szenarien wird auf Kapitel 3.8.7 verwiesen.

Abbildung 3-12: Emissionen im Energiewendeszenario (EWS)

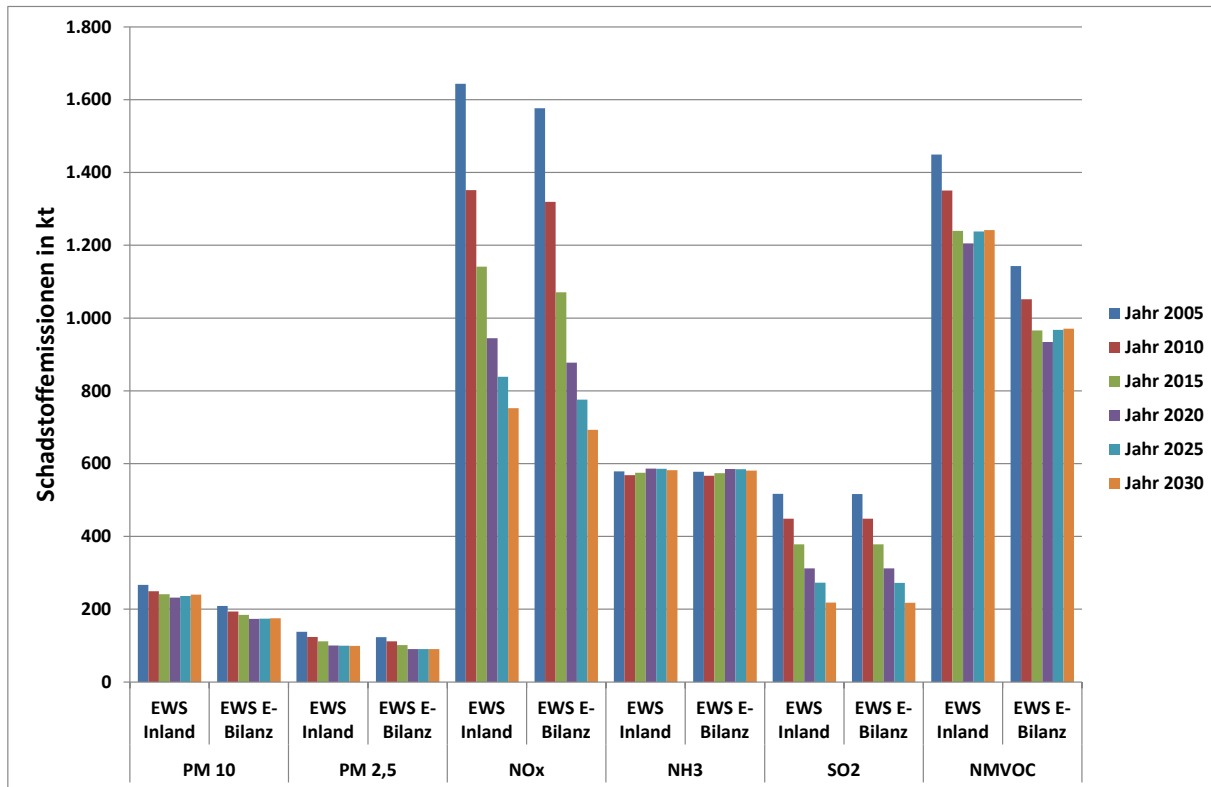


Tabelle 3-54: PM₁₀-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS, Inlandsprinzip

SNAP	Einheit	2005	2010	2015	2020	2025	2030
01 Combustion in energy and transformation industries	Gg	12	11	9	8	7	5
02 Non-industrial combustion plants	Gg	26	36	32	27	30	32
03 Combustion in manufacturing industry	Gg	8	7	12	13	13	13
04 Production processes	Gg	55	45	45	46	46	46
05 Extraction and distribution of fossil fuels and geothermal energy	Gg	2	2	2	2	2	2
06 Solvent and other product use	Gg	9	9	9	9	9	9
07 Road transport	Gg	93	83	80	81	85	88
08 Other mobil sources and machinery	Gg	22	16	12	8	7	5
09 Waste treatment and disposal	Gg	0	0	0	0	0	0
10 Agriculture	Gg	39	41	40	39	39	39
11 Other sources and sinks	Gg	0	0	0	0	0	0

Summe	Gg	267	249	241	232	236	240
--------------	-----------	------------	------------	------------	------------	------------	------------

Quelle: UBA (ZSE 2012) und Berechnungen von Öko-Institut, IZT, IER, ifeu und Thünen-Institut

Tabelle 3-55: PM₁₀-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS, Energiebilanzprinzip

PM ₁₀ - Emissionen in Deutschland [kt]							
Emissionsberechnung nach dem Energiebilanzprinzip							
NFR	Quellgruppe	2005	2010	2015	2020	2025	2030
1 A	Verbrennung von Brennstoffen	97	93	84	74	74	75
1 A 1	Energieindustrie	12	11	9	8	7	5
1 A 2	Produzierendes Gewerbe	4	3	9	10	10	10
1 A 3	Transport	49	36	30	27	27	28
	<i>Antrieb</i>	29	17	9	5	4	3
	<i>Verdunstung</i>	0	0	0	0	0	0
	<i>Abrieb</i>	19	20	21	22	24	25
	<i>Wiederaufwirbelung</i>	0	0	0	0	0	0
1 A 4	Andere Sektoren (Haushalte + Kleinverbrauch)	33	42	36	28	30	32
1 A 5	Andere: Militär	0	0	0	0	0	0
1 B	Flüchtige Brennstoffemissionen	1	0	0	0	0	0
1 B 1	Feste Brennstoffe	1	0	0	0	0	0
1 B 2	Öl und Erdgas	0	0	0	0	0	0
2	Industrieprozesse	64	52	52	53	53	53
2 A	Mineralstoffindustrie	8	7	7	7	7	7
2 B	Chemische Industrie	0	1	1	1	1	1
2 C	Metallproduktion	10	5	5	4	4	4
2 D	Andere Produktion	2	1	1	2	2	2
2 G	Andere Industrieprozesse	43	38	39	39	40	40
3	Produktanwendungen	10	10	10	10	10	10
3 A	Lackierung	0	0	0	0	0	0
3 B	Entfettung, Chemische Reinigung	0	0	0	0	0	0
3 C	Herstellung und Anwendung chemischer Produkte	0	0	0	0	0	0
3 D	Andere	10	10	10	10	10	10
4	Landwirtschaft	37	39	38	37	37	37
4 B	Tierhaltung (Wirtschaftsdünger-Management)	19	20	20	20	20	20
4 D	Bewirtschaftung von Ackerland	19	19	18	17	17	17
6	Abfallwirtschaft	0	0	0	0	0	0
6 C	Müllverbrennung: Krematorien	0	0	0	0	0	0
	Summe	209	194	184	173	174	175

Quelle: UBA (ZSE 2012) und Berechnungen von Öko-Institut, IZT, IER, ifeu und Thünen-Institut

Anmerkung: Die hier aufgeführten Emissionen an PM_{2,5} und PM₁₀ sind um 1,9 kt höher als die in der ZSE Submission 2012 enthaltenen. Diese Abweichung ist dadurch begründet, dass im ZSE 2012 die PM-Emissionen aus der Verbrennung von Ottokraftstoff und Bio-Ottokraftstoff nicht enthalten sind.

Tabelle 3-56: PM_{2,5}-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS, Inlandsprinzip

PM _{2,5} - Emissionen in Deutschland							
Emissionsberechnung nach dem Inlandsprinzip							
SNAP	Einheit	2005	2010	2015	2020	2025	2030
01 Combustion in energy and transformation industries	Gg	11	10	8	7	6	5
02 Non-industrial combustion plants	Gg	24	34	30	25	27	30
03 Combustion in manufacturing industry	Gg	7	5	10	11	11	11
04 Production processes	Gg	18	12	12	12	12	12
05 Extraction and distribution of fossil fuels and geothermal energy	Gg	0	0	0	0	0	0
06 Solvent and other product use	Gg	9	9	9	9	9	9
07 Road transport	Gg	42	30	24	21	21	21
08 Other mobil sources and machinery	Gg	22	16	12	8	7	5
09 Waste treatment and disposal	Gg	0	0	0	0	0	0
10 Agriculture	Gg	6	7	6	6	6	6
11 Other sources and sinks	Gg	0	0	0	0	0	0
Summe	Gg	138	124	112	100	100	99

Quelle: UBA (ZSE 2012) und Berechnungen von Öko-Institut, IZT, IER, ifeu und Thünen-Institut

Tabelle 3-57: PM_{2,5}-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS, Energiebilanzprinzip

PM _{2,5} - Emissionen in Deutschland [kt]							
Emissionsberechnung nach dem Energiebilanzprinzip							
NFR	Quellgruppe	2005	2010	2015	2020	2025	2030
1 A	Verbrennung von Brennstoffen	85	80	70	59	59	59
1 A 1	Energieindustrie	11	10	8	7	6	5
1 A 2	Produzierendes Gewerbe	3	3	8	9	9	9
1 A 3	Transport	40	27	20	17	16	16
	<i>Antrieb</i>	<i>29</i>	<i>17</i>	<i>9</i>	<i>5</i>	<i>4</i>	<i>3</i>
	<i>Verdunstung</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
	<i>Abrieb</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>13</i>
	<i>Wiederaufwirbelung</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
1 A 4	Andere Sektoren (Haushalte + Kleinverbrauch)	31	40	33	26	28	30
1 A 5	Andere: Militär	0	0	0	0	0	0
1 B	Flüchtige Brennstoffemissionen	0	0	0	0	0	0
1 B 1	Feste Brennstoffe	0	0	0	0	0	0
1 B 2	Öl und Erdgas	0	0	0	0	0	0
2	Industrieprozesse	21	15	15	15	15	15
2 A	Mineralstoffindustrie	4	3	3	3	3	3
2 B	Chemische Industrie	0	0	0	0	0	0
2 C	Metallproduktion	6	3	3	3	2	2
2 D	Andere Produktion	1	1	1	1	1	1
2 G	Andere Industrieprozesse	10	8	8	8	9	9
3	Produktanwendungen	10	10	10	10	10	10
3 A	Lackierung	0	0	0	0	0	0
3 B	Entfettung, Chemische Reinigung	0	0	0	0	0	0
3 C	Herstellung und Anwendung chemischer Produkte	0	0	0	0	0	0
3 D	Andere	10	10	10	10	10	10
4	Landwirtschaft	6	6	6	6	6	6
4 B	Tierhaltung (Wirtschaftsdünger-Management)	5	5	5	5	5	5
4 D	Bewirtschaftung von Ackerland	1	1	1	1	1	1
6	Abfallwirtschaft	0	0	0	0	0	0
6 C	Müllverbrennung: Krematorien	0	0	0	0	0	0
	Summe	123	112	102	91	90	90

Quelle: UBA (ZSE 2012) und Berechnungen von Öko-Institut, IZT, IER, ifeu und Thünen-Institut

Anmerkung: Die hier aufgeführten Emissionen an PM_{2,5} und PM₁₀ sind um 1,9 kt höher als die in der ZSE Submission 2012 enthaltenen. Diese Abweichung ist dadurch begründet, dass im ZSE 2012 die PM-Emissionen aus der Verbrennung von Ottokraftstoff und Bio-Ottokraftstoff nicht enthalten sind.

Tabelle 3-58: NO_x-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS, Inlandsprinzip

NO _x - Emissionen in Deutschland							
Emissionsberechnung nach dem Inlandsprinzip							
SNAP	Einheit	2005	2010	2015	2020	2025	2030
01 Combustion in energy and transformation industries	Gg	290	304	269	227	201	158
02 Non-industrial combustion plants	Gg	93	91	62	57	52	48
03 Combustion in manufacturing industry	Gg	89	87	102	107	106	105
04 Production processes	Gg	98	85	83	84	83	83
05 Extraction and distribution of fossil fuels and geothermal energy	Gg	8	7	7	7	7	7
06 Solvent and other product use	Gg	0	0	0	0	0	0
07 Road transport	Gg	752	509	367	227	163	133
08 Other mobil sources and machinery	Gg	202	165	143	125	113	106
09 Waste treatment and disposal	Gg	0	0	0	0	0	0
10 Agriculture	Gg	112	104	108	112	112	112
11 Other sources and sinks	Gg	0	0	0	0	0	0
Summe	Gg	1.644	1.351	1.141	944	839	752

Quelle: UBA (ZSE 2012) und Berechnungen von Öko-Institut, IZT, IER, ifeu und Thünen-Institut

Tabelle 3-59: NO_x-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS, Energiebilanzprinzip

NO _x - Emissionen in Deutschland [kt]							
Emissionsberechnung nach dem Energiebilanzprinzip							
NFR	Quellgruppe	2005	2010	2015	2020	2025	2030
1 A	Verbrennung von Brennstoffen	1.353	1.120	869	671	570	487
1 A 1	Energieindustrie	286	300	266	225	199	157
1 A 2	Produzierendes Gewerbe	84	83	98	103	102	101
1 A 3	Transport	833	596	409	262	199	169
	<i>Antrieb</i>	<i>833</i>	<i>596</i>	<i>409</i>	<i>262</i>	<i>199</i>	<i>169</i>
	<i>Verdunstung</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
	<i>Abrieb</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
	<i>Wiederaufwirbelung</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
1 A 4	Andere Sektoren (Haushalte + Kleinverbrauch)	139	135	90	75	65	56
1 A 5	Andere: Militär	11	6	6	6	5	4
1 B	Flüchtige Brennstoffemissionen	8	7	7	7	7	7
1 B 1	Feste Brennstoffe	0	0	0	0	0	0
1 B 2	Öl und Erdgas	8	7	7	7	7	7
2	Industrieprozesse	103	89	87	88	87	87
2 A	Mineralstoffindustrie	45	37	36	37	36	36
2 B	Chemische Industrie	29	28	30	32	33	34
2 C	Metallproduktion	28	22	19	17	16	15
2 D	Andere Produktion	1	2	2	2	2	2
2 G	Andere Industrieprozesse	0	0	0	0	0	0
3	Produktanwendungen	0	0	0	0	0	0
3 A	Lackierung	0	0	0	0	0	0
3 B	Entfettung, Chemische Reinigung	0	0	0	0	0	0
3 C	Herstellung und Anwendung chemischer Produkte	0	0	0	0	0	0
3 D	Andere	0	0	0	0	0	0
4	Landwirtschaft	112	104	108	112	112	112
4 B	Tierhaltung (Wirtschaftsdünger-Management)	2	2	1	1	1	1
4 D	Bewirtschaftung von Ackerland	111	102	106	111	111	111
6	Abfallwirtschaft	0	0	0	0	0	0
6 C	Müllverbrennung: Krematorien	0	0	0	0	0	0
	Summe	1.576	1.319	1.071	878	776	693

Quelle: UBA (ZSE 2012) und Berechnungen von Öko-Institut, IZT, IER, ifeu und Thünen-Institut

Tabelle 3-60: NH₃-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS, Inlandsprinzip

NH ₃ - Emissionen in Deutschland							
Emissionsberechnung nach dem Inlandsprinzip							
SNAP	Einheit	2005	2010	2015	2020	2025	2030
01 Combustion in energy and transformation industries	Gg	3	2	3	2	2	2
02 Non-industrial combustion plants	Gg	3	2	2	2	1	1
03 Combustion in manufacturing industry	Gg	1	1	1	2	2	2
04 Production processes	Gg	12	11	12	13	13	14
05 Extraction and distribution of fossil fuels and geothermal energy	Gg	0	0	0	0	0	0
06 Solvent and other product use	Gg	2	2	2	2	2	2
07 Road transport	Gg	23	17	12	11	11	10
08 Other mobil sources and machinery	Gg	0	0	0	0	0	0
09 Waste treatment and disposal	Gg	0	0	0	0	0	0
10 Agriculture	Gg	535	532	542	555	555	553
11 Other sources and sinks	Gg	0	0	0	0	0	0
Summe	Gg	579	568	575	587	586	582

Quelle: UBA (ZSE 2012) und Berechnungen von Öko-Institut, IZT, IER, ifeu und Thünen-Institut

Tabelle 3-61: NH₃-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS, Energiebilanzprinzip

NH ₃ - Emissionen in Deutschland [kt]							
Emissionsberechnung nach dem Energiebilanzprinzip							
NFR	Quellgruppe	2005	2010	2015	2020	2025	2030
1 A	Verbrennung von Brennstoffen	28	21	17	15	15	13
1 A 1	Energieindustrie	3	2	3	2	2	2
1 A 2	Produzierendes Gewerbe	1	1	1	1	1	1
1 A 3	Transport	22	15	11	10	10	9
	<i>Antrieb</i>	<i>22</i>	<i>15</i>	<i>11</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>9</i>
	<i>Verdunstung</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
	<i>Abrieb</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
	<i>Wiederaufwirbelung</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
1 A 4	Andere Sektoren (Haushalte + Kleinverbrauch)	3	3	2	2	1	1
1 A 5	Andere: Militär	0	0	0	0	0	0
1 B	Flüchtige Brennstoffemissionen	0	0	0	0	0	0
1 B 1	Feste Brennstoffe	0	0	0	0	0	0
1 B 2	Öl und Erdgas	0	0	0	0	0	0
2	Industrieprozesse	12	11	13	13	14	14
2 A	Mineralstoffindustrie	4	3	3	3	3	3
2 B	Chemische Industrie	8	8	9	10	10	10
2 C	Metallproduktion	0	0	0	0	0	0
2 D	Andere Produktion	0	0	0	0	0	0
2 G	Andere Industrieprozesse	0	0	0	0	0	0
3	Produktanwendungen	2	2	2	2	2	2
3 A	Lackierung	0	0	0	0	0	0
3 B	Entfettung, Chemische Reinigung	0	0	0	0	0	0
3 C	Herstellung und Anwendung chemischer Produkte	0	0	0	0	0	0
3 D	Andere	2	2	2	2	2	2
4	Landwirtschaft	535	532	542	555	555	553
4 B	Tierhaltung (Wirtschaftsdünger-Management)	457	442	457	455	455	453
4 D	Bewirtschaftung von Ackerland	79	90	85	100	100	100
6	Abfallwirtschaft	0	0	0	0	0	0
6 C	Müllverbrennung: Krematorien	0	0	0	0	0	0
	Summe	577	567	574	586	585	581

Quelle: UBA (ZSE 2012) und Berechnungen von Öko-Institut, IZT, IER, ifeu und Thünen-Institut

Anmerkung: Die hier aufgeführten Emissionen an NH₃ sind um 4 bzw. 19 kt höher als die in der ZSE Submission 2012 enthaltenen. Diese Abweichung ist dadurch begründet, dass im ZSE 2012 die NH₃-Emissionen aus Biogas-Gärresten nicht enthalten sind.

Tabelle 3-62: SO₂-Emissionen in den Jahren 2005-2030 im EWS, Inlandsprinzip

SO ₂ - Emissionen in Deutschland							
Emissionsberechnung nach dem Inlandsprinzip							
SNAP	Einheit	2005	2010	2015	2020	2025	2030
01 Combustion in energy and transformation industries	Gg	289	236	189	141	118	79
02 Non-industrial combustion plants	Gg	70	67	57	42	29	16
03 Combustion in manufacturing industry	Gg	59	55	41	36	34	30
04 Production processes	Gg	85	79	80	81	82	83
05 Extraction and distribution of fossil fuels and geothermal energy	Gg	11	10	10	10	10	10
06 Solvent and other product use	Gg	0	0	0	0	0	0
07 Road transport	Gg	1	1	1	1	1	1
08 Other mobil sources and machinery	Gg	2	2	1	1	1	1
09 Waste treatment and disposal	Gg	0	0	0	0	0	0
10 Agriculture	Gg	0	0	0	0	0	0
11 Other sources and sinks	Gg	0	0	0	0	0	0
Summe	Gg	517	449	379	312	273	218

Quelle: UBA (ZSE 2012) und Berechnungen von Öko-Institut, IZT, IER, ifeu und Thünen-Institut

Tabelle 3-63: SO₂-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS, Energiebilanzprinzip

SO ₂ - Emissionen in Deutschland [kt]							
Emissionsberechnung nach dem Energiebilanzprinzip							
NFR	Quellgruppe	2005	2010	2015	2020	2025	2030
1 A	Verbrennung von Brennstoffen	408	349	278	211	171	115
1 A 1	Energieindustrie	289	236	189	141	118	79
1 A 2	Produzierendes Gewerbe	47	44	30	26	23	19
1 A 3	Transport	2	1	1	1	1	1
	<i>Antrieb</i>	2	1	1	1	1	1
	<i>Verdunstung</i>	0	0	0	0	0	0
	<i>Abrieb</i>	0	0	0	0	0	0
	<i>Wiederaufwirbelung</i>	0	0	0	0	0	0
1 A 4	Andere Sektoren (Haushalte + Kleinverbrauch)	70	67	57	43	29	16
1 A 5	Andere: Militär	0	0	0	0	0	0
1 B	Flüchtige Brennstoffemissionen	20	15	17	18	19	20
1 B 1	Feste Brennstoffe	0	0	0	0	0	0
1 B 2	Öl und Erdgas	20	15	17	18	19	20
2	Industrieprozesse	89	84	84	83	83	83
2 A	Mineralstoffindustrie	19	20	20	21	21	21
2 B	Chemische Industrie	25	28	30	32	33	33
2 C	Metallproduktion	43	35	32	29	28	27
2 D	Andere Produktion	1	1	1	1	1	1
2 G	Andere Industrieprozesse	0	0	0	0	0	0
3	Produktanwendungen	0	0	0	0	0	0
3 A	Lackierung	0	0	0	0	0	0
3 B	Entfettung, Chemische Reinigung	0	0	0	0	0	0
3 C	Herstellung und Anwendung chemischer Produkte	0	0	0	0	0	0
3 D	Andere	0	0	0	0	0	0
4	Landwirtschaft	0	0	0	0	0	0
4 B	Tierhaltung (Wirtschaftsdünger-Management)	0	0	0	0	0	0
4 D	Bewirtschaftung von Ackerland	0	0	0	0	0	0
6	Abfallwirtschaft	0	0	0	0	0	0
6 C	Müllverbrennung: Krematorien	0	0	0	0	0	0
	Summe	516	449	378	312	273	218

Quelle: UBA (ZSE 2012) und Berechnungen von Öko-Institut, IZT, IER, ifeu und Thünen-Institut

Tabelle 3-64: NMVOC-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS, Inlandsprinzip

NMVOC - Emissionen in Deutschland							
Emissionsberechnung nach dem Inlandsprinzip							
SNAP	Einheit	2005	2010	2015	2020	2025	2030
01 Combustion in energy and transformation industries	Gg	11	15	14	14	13	11
02 Non-industrial combustion plants	Gg	38	53	49	53	60	66
03 Combustion in manufacturing industry	Gg	7	6	12	13	13	13
04 Production processes	Gg	57	51	53	55	55	55
05 Extraction and distribution of fossil fuels and geothermal energy	Gg	70	63	63	63	63	63
06 Solvent and other product use	Gg	743	720	664	645	686	695
07 Road transport	Gg	209	137	95	77	67	58
08 Other mobil sources and machinery	Gg	60	50	34	29	27	26
09 Waste treatment and disposal	Gg	0	0	0	0	0	0
10 Agriculture	Gg	255	255	255	255	255	255
11 Other sources and sinks	Gg	0	0	0	0	0	0
Summe	Gg	1.449	1.350	1.239	1.205	1.238	1.242

Quelle: UBA (ZSE 2012) und Berechnungen von Öko-Institut, IZT, IER, ifeu und Thünen-Institut

Tabelle 3-65: NMVOC-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS, Energiebilanzprinzip

NMVOC - Emissionen in Deutschland [kt]							
Emissionsberechnung nach dem Energiebilanzprinzip							
NFR	Quellgruppe	2005	2010	2015	2020	2025	2030
1 A	Verbrennung von Brennstoffen	272	216	184	170	163	157
1 A 1	Energieindustrie	11	15	14	14	13	11
1 A 2	Produzierendes Gewerbe	5	5	11	12	12	12
1 A 3	Transport	200	129	92	76	66	59
	<i>Antrieb</i>	<i>192</i>	<i>124</i>	<i>89</i>	<i>73</i>	<i>64</i>	<i>56</i>
	<i>Verdunstung</i>	<i>8</i>	<i>4</i>	<i>3</i>	<i>3</i>	<i>2</i>	<i>2</i>
	<i>Abrieb</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
	<i>Wiederaufwirbelung</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
1 A 4	Andere Sektoren (Haushalte + Kleinverbrauch)	52	65	64	65	69	73
1 A 5	Andere: Militär	4	3	3	3	2	2
1 B	Flüchtige Brennstoffemissionen	91	81	82	82	82	82
1 B 1	Feste Brennstoffe	1	1	1	1	1	1
1 B 2	Öl und Erdgas	90	81	82	82	82	82
2	Industrieprozesse	37	34	35	36	36	36
2 A	Mineralstoffindustrie	4	4	4	4	4	4
2 B	Chemische Industrie	5	5	5	6	6	6
2 C	Metallproduktion	5	4	3	2	2	2
2 D	Andere Produktion	23	21	23	24	24	24
2 G	Andere Industrieprozesse	0	0	0	0	0	0
3	Produktanwendungen	743	720	664	645	686	695
3 A	Lackierung	346	260	248	252	238	231
3 B	Entfettung, Chemische Reinigung	43	37	39	36	43	46
3 C	Herstellung und Anwendung chemischer Produkte	47	56	51	49	54	56
3 D	Andere	307	366	327	309	351	362
4	Landwirtschaft	0	0	0	0	0	0
4 B	Tierhaltung (Wirtschaftsdünger-Management)	0	0	0	0	0	0
4 D	Bewirtschaftung von Ackerland	0	0	0	0	0	0
6	Abfallwirtschaft	0	0	0	0	0	0
6 C	Müllverbrennung: Krematorien	0	0	0	0	0	0
	Summe	1.143	1.051	966	934	967	971

Quelle: UBA (ZSE 2012) und Berechnungen von Öko-Institut, IZT, IER, ifeu und Thünen-Institut

3.8.4 Das Aktuelle-Politik-Szenario mit zusätzlichen Luftreinhaltemaßnahmen (APS+)

Im Folgenden wird die Entwicklung der Emissionen der Luftschadstoffe PM₁₀, PM_{2,5}, NO_x, NH₃, SO₂ und NMVOC im Aktuelle-Politik-Szenario mit zusätzlichen Luftreinhaltemaßnahmen (APS+) zunächst als Überblick in Form eines Diagrammes dargestellt. Die Abbildung vergleicht dabei die Emissionen im Inlandsprinzip und im Energiebilanzprinzip. Anschließend folgen für die einzelnen Luftschadstoffe detailliertere Emissionsdaten in Tabellenform. Dabei werden die Emissionen nach dem Inlandsprinzip in der SNAP-Systematik und die Emissionen nach dem Energiebilanzprinzip in der NFR-Systematik dargestellt.

Für eine Interpretation der Entwicklungen im APS+ im Vergleich verschiedener Szenarien wird auf Kapitel 3.8.7 verwiesen.

Abbildung 3-13: Emissionen im Energiewendeszenario (APS+)

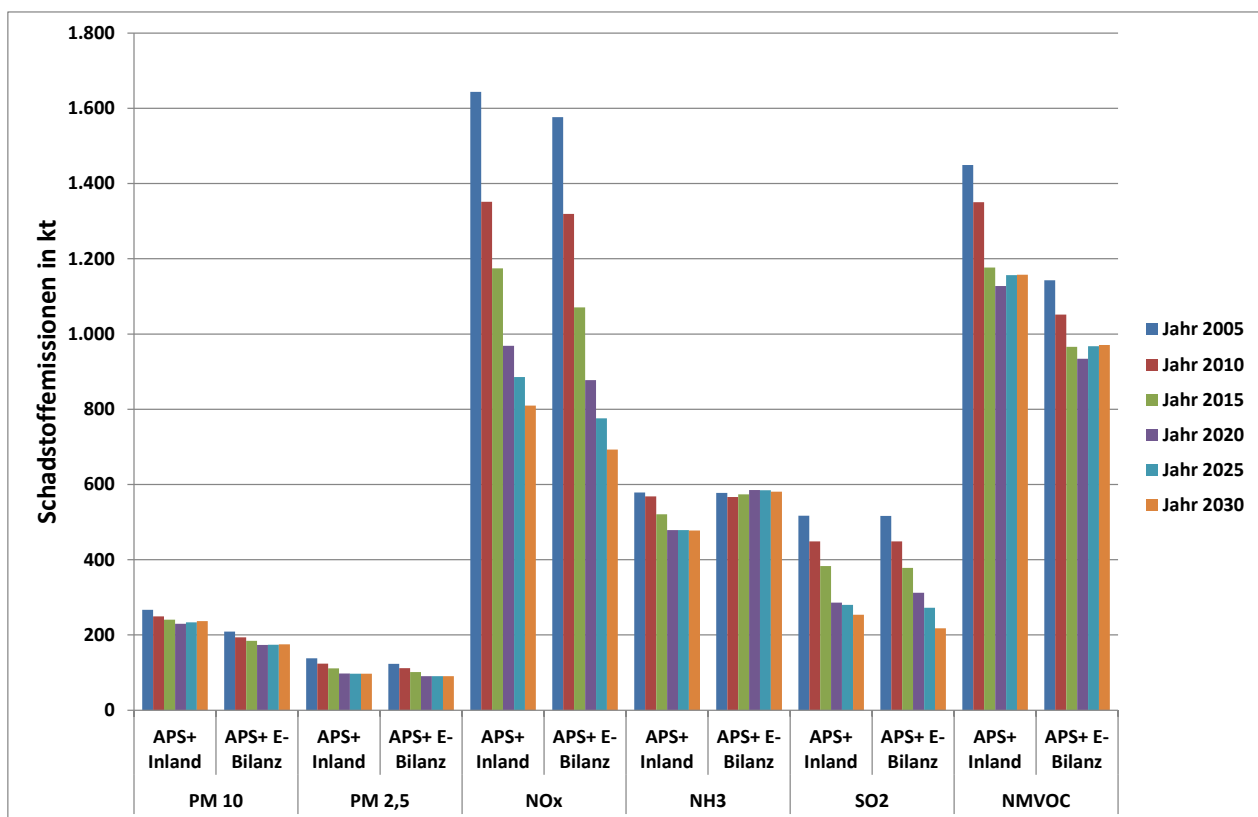


Tabelle 3-66: PM₁₀-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im APS+, Inlandsprinzip

PM ₁₀ - Emissionen in Deutschland							
Emissionsberechnung nach dem Inlandsprinzip							
SNAP	Einheit	2005	2010	2015	2020	2025	2030
01 Combustion in energy and transformation industries	Gg	12	11	10	7	7	6
02 Non-industrial combustion plants	Gg	26	36	31	25	26	28
03 Combustion in manufacturing industry	Gg	8	7	12	13	13	13
04 Production processes	Gg	55	45	45	45	46	46
05 Extraction and distribution of fossil fuels and geothermal energy	Gg	2	2	2	2	2	2
06 Solvent and other product use	Gg	9	9	9	9	9	9
07 Road transport	Gg	93	83	80	81	85	88
08 Other mobil sources and machinery	Gg	22	16	12	8	7	5
09 Waste treatment and disposal	Gg	0	0	0	0	0	0
10 Agriculture	Gg	39	41	40	39	39	39
11 Other sources and sinks	Gg	0	0	0	0	0	0
Summe	Gg	267	249	241	230	233	237

Quelle: UBA (ZSE 2012) und Berechnungen von Öko-Institut, IZT, IER, ifeu und Thünen-Institut

Tabelle 3-67: PM₁₀-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im APS+, Energiebilanzprinzip

PM ₁₀ - Emissionen in Deutschland [kt]							
Emissionsberechnung nach dem Energiebilanzprinzip							
NFR	Quellgruppe	2005	2010	2015	2020	2025	2030
1 A	Verbrennung von Brennstoffen	97	93	84	71	72	72
1 A 1	Energieindustrie	12	11	10	7	7	6
1 A 2	Produzierendes Gewerbe	4	3	8	10	10	10
1 A 3	Transport	49	36	30	28	27	28
	<i>Antrieb</i>	<i>29</i>	<i>17</i>	<i>9</i>	<i>5</i>	<i>4</i>	<i>3</i>
	<i>Verdunstung</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
	<i>Abrieb</i>	<i>19</i>	<i>20</i>	<i>21</i>	<i>22</i>	<i>24</i>	<i>25</i>
	<i>Wiederaufwirbelung</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
1 A 4	Andere Sektoren (Haushalte + Kleinverbrauch)	33	42	34	27	27	28
1 A 5	Andere: Militär	0	0	0	0	0	0
1 B	Flüchtige Brennstoffemissionen	1	0	0	0	0	0
1 B 1	Feste Brennstoffe	1	0	0	0	0	0
1 B 2	Öl und Erdgas	0	0	0	0	0	0
2	Industrieprozesse	64	52	52	52	53	53
2 A	Mineralstoffindustrie	8	7	7	7	7	7
2 B	Chemische Industrie	0	1	1	1	1	1
2 C	Metallproduktion	10	5	5	4	4	4
2 D	Andere Produktion	2	1	1	2	2	2
2 G	Andere Industrieprozesse	43	38	39	39	40	40
3	Produktanwendungen	10	10	10	10	10	10
3 A	Lackierung	0	0	0	0	0	0
3 B	Entfettung, Chemische Reinigung	0	0	0	0	0	0
3 C	Herstellung und Anwendung chemischer Produkte	0	0	0	0	0	0
3 D	Andere	10	10	10	10	10	10
4	Landwirtschaft	37	39	38	37	37	37
4 B	Tierhaltung (Wirtschaftsdünger-Management)	19	20	20	20	20	20
4 D	Bewirtschaftung von Ackerland	19	19	18	17	17	17
6	Abfallwirtschaft	0	0	0	0	0	0
6 C	Müllverbrennung: Krematorien	0	0	0	0	0	0
	Summe	209	194	184	170	171	172

Quelle: UBA (ZSE 2012) und Berechnungen von Öko-Institut, IZT, IER, ifeu und Thünen-Institut

Anmerkung: Die hier aufgeführten Emissionen an PM_{2,5} und PM₁₀ sind um 1,9 kt höher als die in der ZSE Submission 2012 enthaltenen. Diese Abweichung ist dadurch begründet, dass im ZSE 2012 die PM-Emissionen aus der Verbrennung von Ottokraftstoff und Bio-Ottokraftstoff nicht enthalten sind.

Tabelle 3-68: PM_{2,5}-Emissionen in den Jahren 2005-2030 im APS+, Inlandsprinzip

PM _{2,5} - Emissionen in Deutschland							
Emissionsberechnung nach dem Inlandsprinzip							
SNAP	Einheit	2005	2010	2015	2020	2025	2030
01 Combustion in energy and transformation industries	Gg	11	10	9	7	6	6
02 Non-industrial combustion plants	Gg	24	34	29	23	25	26
03 Combustion in manufacturing industry	Gg	7	5	10	11	11	11
04 Production processes	Gg	18	12	12	12	12	12
05 Extraction and distribution of fossil fuels and geothermal energy	Gg	0	0	0	0	0	0
06 Solvent and other product use	Gg	9	9	9	9	9	9
07 Road transport	Gg	42	30	24	21	21	21
08 Other mobil sources and machinery	Gg	22	16	12	8	7	5
09 Waste treatment and disposal	Gg	0	0	0	0	0	0
10 Agriculture	Gg	6	7	6	6	6	6
11 Other sources and sinks	Gg	0	0	0	0	0	0
Summe	Gg	138	124	111	98	97	97

Quelle: UBA (ZSE 2012) und Berechnungen von Öko-Institut, IZT, IER, ifeu und Thünen-Institut

Anmerkung: Die hier aufgeführten Emissionen an PM_{2,5} und PM₁₀ sind um 1,9 kt höher als die in der ZSE Submission 2012 enthaltenen. Diese Abweichung ist dadurch begründet, dass im ZSE 2012 die PM-Emissionen aus der Verbrennung von Ottokraftstoff und Bio-Ottokraftstoff nicht enthalten sind.

Tabelle 3-69: PM_{2,5}-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im APS+, Energiebilanzprinzip

PM _{2,5} - Emissionen in Deutschland [kt]							
Emissionsberechnung nach dem Energiebilanzprinzip							
NFR	Quellgruppe	2005	2010	2015	2020	2025	2030
1 A	Verbrennung von Brennstoffen	85	80	70	57	57	57
1 A 1	Energieindustrie	11	10	9	7	6	6
1 A 2	Produzierendes Gewerbe	3	3	8	8	9	9
1 A 3	Transport	40	27	20	17	16	16
	<i>Antrieb</i>	<i>29</i>	<i>17</i>	<i>9</i>	<i>5</i>	<i>4</i>	<i>3</i>
	<i>Verdunstung</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
	<i>Abrieb</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>13</i>
	<i>Wiederaufwirbelung</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
1 A 4	Andere Sektoren (Haushalte + Kleinverbrauch)	31	40	32	25	25	26
1 A 5	Andere: Militär	0	0	0	0	0	0
1 B	Flüchtige Brennstoffemissionen	0	0	0	0	0	0
1 B 1	Feste Brennstoffe	0	0	0	0	0	0
1 B 2	Öl und Erdgas	0	0	0	0	0	0
2	Industrieprozesse	21	15	15	15	15	15
2 A	Mineralstoffindustrie	4	3	3	3	3	3
2 B	Chemische Industrie	0	0	0	0	0	0
2 C	Metallproduktion	6	3	3	3	2	2
2 D	Andere Produktion	1	1	1	1	1	1
2 G	Andere Industrieprozesse	10	8	8	8	9	9
3	Produktanwendungen	10	10	10	10	10	10
3 A	Lackierung	0	0	0	0	0	0
3 B	Entfettung, Chemische Reinigung	0	0	0	0	0	0
3 C	Herstellung und Anwendung chemischer Produkte	0	0	0	0	0	0
3 D	Andere	10	10	10	10	10	10
4	Landwirtschaft	6	6	6	6	6	6
4 B	Tierhaltung (Wirtschaftsdünger-Management)	5	5	5	5	5	5
4 D	Bewirtschaftung von Ackerland	1	1	1	1	1	1
6	Abfallwirtschaft	0	0	0	0	0	0
6 C	Müllverbrennung: Krematorien	0	0	0	0	0	0
	Summe	123	112	101	88	88	88

Quelle: UBA (ZSE 2012) und Berechnungen von Öko-Institut, IZT, IER, ifeu und Thünen-Institut.

Anmerkung: Die hier aufgeführten Emissionen an PM_{2,5} und PM₁₀ sind um 1,9 kt höher als die in der ZSE Submission 2012 enthaltenen. Diese Abweichung ist dadurch begründet, dass im ZSE 2012 die PM-Emissionen aus der Verbrennung von Ottokraftstoff und Bio-Ottokraftstoff nicht enthalten sind.

Tabelle 3-70: NO_x-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im APS+, Inlandsprinzip

NO _x - Emissionen in Deutschland							
Emissionsberechnung nach dem Inlandsprinzip							
SNAP	Einheit	2005	2010	2015	2020	2025	2030
01 Combustion in energy and transformation industries	Gg	290	304	285	243	234	195
02 Non-industrial combustion plants	Gg	93	91	81	81	79	77
03 Combustion in manufacturing industry	Gg	89	87	105	106	108	108
04 Production processes	Gg	98	85	78	68	68	68
05 Extraction and distribution of fossil fuels and geothermal energy	Gg	8	7	7	7	7	7
06 Solvent and other product use	Gg	0	0	0	0	0	0
07 Road transport	Gg	752	509	367	227	163	133
08 Other mobil sources and machinery	Gg	202	165	144	126	116	110
09 Waste treatment and disposal	Gg	0	0	0	0	0	0
10 Agriculture	Gg	112	104	108	112	112	112
11 Other sources and sinks	Gg	0	0	0	0	0	0
Summe	Gg	1.644	1.351	1.175	969	886	810

Quelle: UBA (ZSE 2012) und Berechnungen von Öko-Institut, IZT, IER, ifeu und Thünen-Institut

Tabelle 3-71: NO_x-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im APS+, Energiebilanzprinzip

NO _x - Emissionen in Deutschland [kt]							
Emissionsberechnung nach dem Energiebilanzprinzip							
NFR	Quellgruppe	2005	2010	2015	2020	2025	2030
1 A	Verbrennung von Brennstoffen	1.353	1.120	908	711	632	559
1 A 1	Energieindustrie	286	300	284	243	233	195
1 A 2	Produzierendes Gewerbe	84	83	101	102	104	105
1 A 3	Transport	833	596	407	261	197	168
	<i>Antrieb</i>	<i>833</i>	<i>596</i>	<i>407</i>	<i>261</i>	<i>197</i>	<i>168</i>
	<i>Verdunstung</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
	<i>Abrieb</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
	<i>Wiederaufwirbelung</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
1 A 4	Andere Sektoren (Haushalte + Kleinverbrauch)	139	135	109	100	93	87
1 A 5	Andere: Militär	11	6	7	6	5	5
1 B	Flüchtige Brennstoffemissionen	8	7	7	7	7	7
1 B 1	Feste Brennstoffe	0	0	0	0	0	0
1 B 2	Öl und Erdgas	8	7	7	7	7	7
2	Industrieprozesse	103	89	82	72	72	72
2 A	Mineralstoffindustrie	45	37	31	31	31	30
2 B	Chemische Industrie	29	28	30	32	33	34
2 C	Metallproduktion	28	22	19	6	6	6
2 D	Andere Produktion	1	2	2	2	2	2
2 G	Andere Industrieprozesse	0	0	0	0	0	0
3	Produktanwendungen	0	0	0	0	0	0
3 A	Lackierung	0	0	0	0	0	0
3 B	Entfettung, Chemische Reinigung	0	0	0	0	0	0
3 C	Herstellung und Anwendung chemischer Produkte	0	0	0	0	0	0
3 D	Andere	0	0	0	0	0	0
4	Landwirtschaft	112	104	108	112	112	112
4 B	Tierhaltung (Wirtschaftsdünger-Management)	2	2	1	1	1	1
4 D	Bewirtschaftung von Ackerland	111	102	106	111	111	111
6	Abfallwirtschaft	0	0	0	0	0	0
6 C	Müllverbrennung: Krematorien	0	0	0	0	0	0
	Summe	1.576	1.319	1.104	902	823	750

Quelle: UBA (ZSE 2012) und Berechnungen von Öko-Institut, IZT, IER, ifeu und Thünen-Institut

Tabelle 3-72: NH₃-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im APS+, Inlandsprinzip

NH ₃ - Emissionen in Deutschland							
Emissionsberechnung nach dem Inlandsprinzip							
SNAP	Einheit	2005	2010	2015	2020	2025	2030
01 Combustion in energy and transformation industries	Gg	3	2	3	2	2	2
02 Non-industrial combustion plants	Gg	3	2	2	2	2	2
03 Combustion in manufacturing industry	Gg	1	1	2	2	2	2
04 Production processes	Gg	12	11	11	12	12	12
05 Extraction and distribution of fossil fuels and geothermal energy	Gg	0	0	0	0	0	0
06 Solvent and other product use	Gg	2	2	2	2	2	2
07 Road transport	Gg	23	17	12	11	11	10
08 Other mobil sources and machinery	Gg	0	0	0	0	0	0
09 Waste treatment and disposal	Gg	0	0	0	0	0	0
10 Agriculture	Gg	535	532	489	448	448	448
11 Other sources and sinks	Gg	0	0	0	0	0	0
Summe	Gg	579	568	521	479	479	477

Quelle: UBA (ZSE 2012) und Berechnungen von Öko-Institut, IZT, IER, ifeu und Thünen-Institut

Tabelle 3-73: NH₃-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im APS+, Energiebilanzprinzip

NH ₃ - Emissionen in Deutschland [kt]							
Emissionsberechnung nach dem Energiebilanzprinzip							
NFR	Quellgruppe	2005	2010	2015	2020	2025	2030
1 A	Verbrennung von Brennstoffen	28	21	18	16	16	14
1 A 1	Energieindustrie	3	2	3	2	2	2
1 A 2	Produzierendes Gewerbe	1	1	1	1	2	2
1 A 3	Transport	22	15	11	10	10	9
	<i>Antrieb</i>	<i>22</i>	<i>15</i>	<i>11</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>9</i>
	<i>Verdunstung</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
	<i>Abrieb</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
	<i>Wiederaufwirbelung</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
1 A 4	Andere Sektoren (Haushalte + Kleinverbrauch)	3	3	2	2	2	2
1 A 5	Andere: Militär	0	0	0	0	0	0
1 B	Flüchtige Brennstoffemissionen	0	0	0	0	0	0
1 B 1	Feste Brennstoffe	0	0	0	0	0	0
1 B 2	Öl und Erdgas	0	0	0	0	0	0
2	Industrieprozesse	12	11	11	12	12	12
2 A	Mineralstoffindustrie	4	3	3	3	3	3
2 B	Chemische Industrie	8	8	8	8	9	9
2 C	Metallproduktion	0	0	0	0	0	0
2 D	Andere Produktion	0	0	0	0	0	0
2 G	Andere Industrieprozesse	0	0	0	0	0	0
3	Produktanwendungen	2	2	2	2	2	2
3 A	Lackierung	0	0	0	0	0	0
3 B	Entfettung, Chemische Reinigung	0	0	0	0	0	0
3 C	Herstellung und Anwendung chemischer Produkte	0	0	0	0	0	0
3 D	Andere	2	2	2	2	2	2
4	Landwirtschaft	535	532	489	448	448	448
4 B	Tierhaltung (Wirtschaftsdünger-Management)	457	442	407	354	354	354
4 D	Bewirtschaftung von Ackerland	79	90	83	94	94	94
6	Abfallwirtschaft	0	0	0	0	0	0
6 C	Müllverbrennung: Krematorien	0	0	0	0	0	0
	Summe	577	567	520	478	478	477
	<i>davon Biogas-Gärrest-Emissionen (NFR 4 B)</i>	<i>4</i>	<i>17</i>	<i>17</i>	<i>17</i>	<i>17</i>	<i>17</i>

Quelle: UBA (ZSE 2012) und Berechnungen von Öko-Institut, IZT, IER, ifeu und Thünen-Institut.

Anmerkung: Die hier aufgeführten Emissionen an NH₃ sind um 4 bzw. 19 kt höher als die in der ZSE Submission 2012 enthaltenen. Diese Abweichung ist dadurch begründet, dass im ZSE 2012 die NH₃-Emissionen aus Biogas-Gärresten nicht enthalten sind.

Tabelle 3-74: SO₂-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im APS+, Inlandsprinzip

SO ₂ - Emissionen in Deutschland							
Emissionsberechnung nach dem Inlandsprinzip							
SNAP	Einheit	2005	2010	2015	2020	2025	2030
01 Combustion in energy and transformation industries	Gg	289	236	201	131	129	107
02 Non-industrial combustion plants	Gg	70	67	61	52	46	40
03 Combustion in manufacturing industry	Gg	59	55	45	39	40	40
04 Production processes	Gg	85	79	65	53	54	55
05 Extraction and distribution of fossil fuels and geothermal energy	Gg	11	10	10	10	10	10
06 Solvent and other product use	Gg	0	0	0	0	0	0
07 Road transport	Gg	1	1	1	1	1	1
08 Other mobil sources and machinery	Gg	2	2	1	1	1	1
09 Waste treatment and disposal	Gg	0	0	0	0	0	0
10 Agriculture	Gg	0	0	0	0	0	0
11 Other sources and sinks	Gg	0	0	0	0	0	0
Summe	Gg	517	449	383	286	280	254

Quelle: UBA (ZSE 2012) und Berechnungen von Öko-Institut, IZT, IER, ifeu und Thünen-Institut

Tabelle 3-75: SO₂-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im APS+, Inlandsprinzip

SO ₂ - Emissionen in Deutschland [kt]							
Emissionsberechnung nach dem Energiebilanzprinzip							
NFR	Quellgruppe	2005	2010	2015	2020	2025	2030
1 A	Verbrennung von Brennstoffen	408	349	297	213	206	178
1 A 1	Energieindustrie	289	236	200	131	129	107
1 A 2	Produzierendes Gewerbe	47	44	34	28	30	30
1 A 3	Transport	2	1	1	1	1	1
	<i>Antrieb</i>	<i>2</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>
	<i>Verdunstung</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
	<i>Abrieb</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
	<i>Wiederaufwirbelung</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
1 A 4	Andere Sektoren (Haushalte + Kleinverbrauch)	70	67	61	52	46	40
1 A 5	Andere: Militär	0	0	0	0	0	0
1 B	Flüchtige Brennstoffemissionen	20	15	17	18	19	20
1 B 1	Feste Brennstoffe	0	0	0	0	0	0
1 B 2	Öl und Erdgas	20	15	17	18	19	20
2	Industrieprozesse	89	84	69	55	55	55
2 A	Mineralstoffindustrie	19	20	20	21	21	21
2 B	Chemische Industrie	25	28	16	16	17	17
2 C	Metallproduktion	43	35	32	16	16	16
2 D	Andere Produktion	1	1	1	1	1	1
2 G	Andere Industrieprozesse	0	0	0	0	0	0
3	Produktanwendungen	0	0	0	0	0	0
3 A	Lackierung	0	0	0	0	0	0
3 B	Entfettung, Chemische Reinigung	0	0	0	0	0	0
3 C	Herstellung und Anwendung chemischer Produkte	0	0	0	0	0	0
3 D	Andere	0	0	0	0	0	0
4	Landwirtschaft	0	0	0	0	0	0
4 B	Tierhaltung (Wirtschaftsdünger-Management)	0	0	0	0	0	0
4 D	Bewirtschaftung von Ackerland	0	0	0	0	0	0
6	Abfallwirtschaft	0	0	0	0	0	0
6 C	Müllverbrennung: Krematorien	0	0	0	0	0	0
	Summe	516	449	383	286	280	254

Quelle: UBA (ZSE 2012) und Berechnungen von Öko-Institut, IZT, IER, ifeu und Thünen-Institut

Tabelle 3-76: NMVOC-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im APS+, Inlandsprinzip

NMVOC - Emissionen in Deutschland							
Emissionsberechnung nach dem Inlandsprinzip							
SNAP	Einheit	2005	2010	2015	2020	2025	2030
01 Combustion in energy and transformation industries	Gg	11	15	15	15	15	14
02 Non-industrial combustion plants	Gg	38	53	48	50	53	57
03 Combustion in manufacturing industry	Gg	7	6	12	13	14	14
04 Production processes	Gg	57	51	53	55	55	55
05 Extraction and distribution of fossil fuels and geothermal energy	Gg	70	63	63	63	63	63
06 Solvent and other product use	Gg	743	720	602	569	606	615
07 Road transport	Gg	209	137	95	78	68	60
08 Other mobil sources and machinery	Gg	60	50	34	30	28	26
09 Waste treatment and disposal	Gg	0	0	0	0	0	0
10 Agriculture	Gg	255	255	255	255	255	255
11 Other sources and sinks	Gg	0	0	0	0	0	0
Summe	Gg	1.449	1.350	1.177	1.127	1.156	1.158

Quelle: UBA (ZSE 2012) und Berechnungen von Öko-Institut, IZT, IER, ifeu und Thünen-Institut

Tabelle 3-77: NMVOC-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im APS+, Energiebilanzprinzip

NMVOC - Emissionen in Deutschland [kt]							
Emissionsberechnung nach dem Energiebilanzprinzip							
NFR	Quellgruppe	2005	2010	2015	2020	2025	2030
1 A	Verbrennung von Brennstoffen	272	216	184	169	161	154
1 A 1	Energieindustrie	11	15	15	15	15	14
1 A 2	Produzierendes Gewerbe	5	5	11	12	12	13
1 A 3	Transport	200	129	93	77	68	60
	<i>Antrieb</i>	<i>192</i>	<i>124</i>	<i>89</i>	<i>74</i>	<i>65</i>	<i>58</i>
	<i>Verdunstung</i>	<i>8</i>	<i>4</i>	<i>3</i>	<i>3</i>	<i>3</i>	<i>3</i>
	<i>Abrieb</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
	<i>Wiederaufwirbelung</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
1 A 4	Andere Sektoren (Haushalte + Kleinverbrauch)	52	65	63	62	63	65
1 A 5	Andere: Militär	4	3	3	3	2	2
1 B	Flüchtige Brennstoffemissionen	91	81	82	83	82	82
1 B 1	Feste Brennstoffe	1	1	1	1	1	1
1 B 2	Öl und Erdgas	90	81	82	82	82	82
2	Industrieprozesse	37	34	35	36	36	36
2 A	Mineralstoffindustrie	4	4	4	4	4	4
2 B	Chemische Industrie	5	5	5	6	6	6
2 C	Metallproduktion	5	4	3	2	2	2
2 D	Andere Produktion	23	21	23	24	24	24
2 G	Andere Industrieprozesse	0	0	0	0	0	0
3	Produktanwendungen	743	720	602	569	606	615
3 A	Lackierung	346	260	216	219	207	202
3 B	Entfettung, Chemische Reinigung	43	37	33	30	36	38
3 C	Herstellung und Anwendung chemischer Produkte	47	56	43	42	46	48
3 D	Andere	307	366	310	278	317	327
4	Landwirtschaft	0	0	0	0	0	0
4 B	Tierhaltung (Wirtschaftsdünger-Management)	0	0	0	0	0	0
4 D	Bewirtschaftung von Ackerland	0	0	0	0	0	0
6	Abfallwirtschaft	0	0	0	0	0	0
6 C	Müllverbrennung: Krematorien	0	0	0	0	0	0
	Summe	1.143	1.051	904	857	886	888

3.8.5 Das Energiewendeszenario mit zusätzlichen Luftreinhaltemaßnahmen (EWS+)

Im Folgenden wird die Entwicklung der Emissionen der Luftschadstoffe PM₁₀, PM_{2,5}, NO_x, NH₃, SO₂ und NMVOC im Energiewendeszenario mit zusätzlichen Luftreinhaltemaßnahmen (EWS+) zunächst als Überblick in Form eines Diagrammes dargestellt. Die Abbildung vergleicht dabei die Emissionen im Inlandsprinzip und im Energiebilanzprinzip. Anschließend folgen für die einzelnen Luftschadstoffe detailliertere Emissionsdaten in Tabellenform. Dabei werden die Emissionen nach dem Inlandsprinzip in der SNAP-Systematik und die Emissionen nach dem Energiebilanzprinzip in der NFR-Systematik dargestellt.

Für eine Interpretation der Entwicklungen im EWS+ im Vergleich verschiedener Szenarien wird auf Kapitel 3.8.7 verwiesen.

Abbildung 3-14: Emissionen im Energiewendeszenario mit zusätzlichen Luftreinhaltemaßnahmen(EWS+)

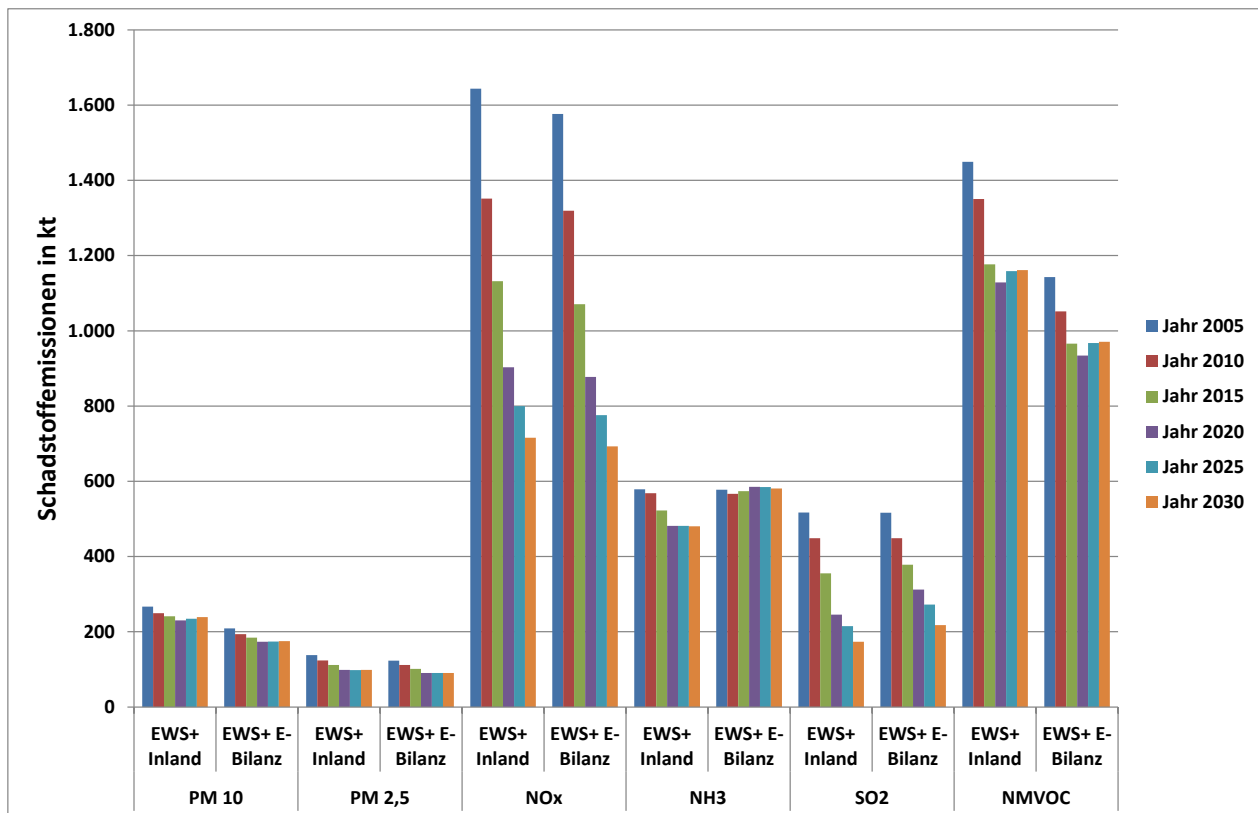


Tabelle 3-78: PM₁₀-Emissionen in den Jahren 2005-2030 im EWS+, Inlandsprinzip

PM ₁₀ - Emissionen in Deutschland							
Emissionsberechnung nach dem Inlandsprinzip							
SNAP	Einheit	2005	2010	2015	2020	2025	2030
01 Combustion in energy and transformation industries	Gg	12	11	9	6	6	4
02 Non-industrial combustion plants	Gg	26	36	32	27	30	32
03 Combustion in manufacturing industry	Gg	8	7	12	13	13	13
04 Production processes	Gg	55	45	45	45	46	46
05 Extraction and distribution of fossil fuels and geothermal energy	Gg	2	2	2	2	2	2
06 Solvent and other product use	Gg	9	9	9	9	9	9
07 Road transport	Gg	93	83	80	81	85	88
08 Other mobil sources and machinery	Gg	22	16	12	8	7	5
09 Waste treatment and disposal	Gg	0	0	0	0	0	0
10 Agriculture	Gg	39	41	40	39	39	39
11 Other sources and sinks	Gg	0	0	0	0	0	0
Summe	Gg	267	249	241	230	235	239

Quelle: UBA (ZSE 2012) und Berechnungen von Öko-Institut, IZT, IER, ifeu und Thünen-Institut

Tabelle 3-79: PM₁₀-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS+, Energiebilanzprinzip

PM ₁₀ - Emissionen in Deutschland [kt]							
Emissionsberechnung nach dem Energiebilanzprinzip							
NFR	Quellgruppe	2005	2010	2015	2020	2025	2030
1 A	Verbrennung von Brennstoffen	97	93	84	72	73	74
1 A 1	Energieindustrie	12	11	9	6	6	4
1 A 2	Produzierendes Gewerbe	4	3	9	10	10	10
1 A 3	Transport	49	36	30	27	27	28
	<i>Antrieb</i>	<i>29</i>	<i>17</i>	<i>9</i>	<i>5</i>	<i>4</i>	<i>3</i>
	<i>Verdunstung</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
	<i>Abrieb</i>	<i>19</i>	<i>20</i>	<i>21</i>	<i>22</i>	<i>24</i>	<i>25</i>
	<i>Wiederaufwirbelung</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
1 A 4	Andere Sektoren (Haushalte + Kleinverbrauch)	33	42	36	28	30	32
1 A 5	Andere: Militär	0	0	0	0	0	0
1 B	Flüchtige Brennstoffemissionen	1	0	0	0	0	0
1 B 1	Feste Brennstoffe	1	0	0	0	0	0
1 B 2	Öl und Erdgas	0	0	0	0	0	0
2	Industrieprozesse	64	52	52	52	53	53
2 A	Mineralstoffindustrie	8	7	7	7	7	7
2 B	Chemische Industrie	0	1	1	1	1	1
2 C	Metallproduktion	10	5	5	4	4	4
2 D	Andere Produktion	2	1	1	2	2	2
2 G	Andere Industrieprozesse	43	38	39	39	40	40
3	Produktanwendungen	10	10	10	10	10	10
3 A	Lackierung	0	0	0	0	0	0
3 B	Entfettung, Chemische Reinigung	0	0	0	0	0	0
3 C	Herstellung und Anwendung chemischer Produkte	0	0	0	0	0	0
3 D	Andere	10	10	10	10	10	10
4	Landwirtschaft	37	39	38	37	37	37
4 B	Tierhaltung (Wirtschaftsdünger-Management)	19	20	20	20	20	20
4 D	Bewirtschaftung von Ackerland	19	19	18	17	17	17
6	Abfallwirtschaft	0	0	0	0	0	0
6 C	Müllverbrennung: Krematorien	0	0	0	0	0	0
	Summe	209	194	184	171	172	174

Quelle: UBA (ZSE 2012) und Berechnungen von Öko-Institut, IZT, IER, ifeu und Thünen-Institut

Anmerkung: Die hier aufgeführten Emissionen an PM_{2,5} und PM₁₀ sind um 1,9 kt höher als die in der ZSE Submission 2012 enthaltenen. Diese Abweichung ist dadurch begründet, dass im ZSE 2012 die PM-Emissionen aus der Verbrennung von Ottokraftstoff und Bio-Ottokraftstoff nicht enthalten sind.

Tabelle 3-80: PM_{2,5}-Emissionen in den Jahren 2005-2030 im EWS+, Inlandsprinzip

PM _{2,5} - Emissionen in Deutschland							
Emissionsberechnung nach dem Inlandsprinzip							
SNAP	Einheit	2005	2010	2015	2020	2025	2030
01 Combustion in energy and transformation industries	Gg	11	10	8	6	5	4
02 Non-industrial combustion plants	Gg	24	34	30	25	27	30
03 Combustion in manufacturing industry	Gg	7	5	10	11	11	11
04 Production processes	Gg	18	12	12	12	12	12
05 Extraction and distribution of fossil fuels and geothermal energy	Gg	0	0	0	0	0	0
06 Solvent and other product use	Gg	9	9	9	9	9	9
07 Road transport	Gg	42	30	24	21	21	21
08 Other mobil sources and machinery	Gg	22	16	12	8	7	5
09 Waste treatment and disposal	Gg	0	0	0	0	0	0
10 Agriculture	Gg	6	7	6	6	6	6
11 Other sources and sinks	Gg	0	0	0	0	0	0
Summe	Gg	138	124	112	98	98	99

Quelle: UBA (ZSE 2012) und Berechnungen von Öko-Institut, IZT, IER, ifeu und Thünen-Institut.

Tabelle 3-81: PM_{2,5}-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS+, Energiebilanzprinzip

PM _{2,5} - Emissionen in Deutschland [kt]							
Emissionsberechnung nach dem Energiebilanzprinzip							
NFR	Quellgruppe	2005	2010	2015	2020	2025	2030
1 A	Verbrennung von Brennstoffen	85	80	70	58	58	59
1 A 1	Energieindustrie	11	10	8	6	5	4
1 A 2	Produzierendes Gewerbe	3	3	8	9	9	9
1 A 3	Transport	40	27	20	17	16	16
	<i>Antrieb</i>	<i>29</i>	<i>17</i>	<i>9</i>	<i>5</i>	<i>4</i>	<i>3</i>
	<i>Verdunstung</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
	<i>Abrieb</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>13</i>
	<i>Wiederaufwirbelung</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
1 A 4	Andere Sektoren (Haushalte + Kleinverbrauch)	31	40	33	26	28	30
1 A 5	Andere: Militär	0	0	0	0	0	0
1 B	Flüchtige Brennstoffemissionen	0	0	0	0	0	0
1 B 1	Feste Brennstoffe	0	0	0	0	0	0
1 B 2	Öl und Erdgas	0	0	0	0	0	0
2	Industrieprozesse	21	15	15	15	15	15
2 A	Mineralstoffindustrie	4	3	3	3	3	3
2 B	Chemische Industrie	0	0	0	0	0	0
2 C	Metallproduktion	6	3	3	3	2	2
2 D	Andere Produktion	1	1	1	1	1	1
2 G	Andere Industrieprozesse	10	8	8	8	9	9
3	Produktanwendungen	10	10	10	10	10	10
3 A	Lackierung	0	0	0	0	0	0
3 B	Entfettung, Chemische Reinigung	0	0	0	0	0	0
3 C	Herstellung und Anwendung chemischer Produkte	0	0	0	0	0	0
3 D	Andere	10	10	10	10	10	10
4	Landwirtschaft	6	6	6	6	6	6
4 B	Tierhaltung (Wirtschaftsdünger-Management)	5	5	5	5	5	5
4 D	Bewirtschaftung von Ackerland	1	1	1	1	1	1
6	Abfallwirtschaft	0	0	0	0	0	0
6 C	Müllverbrennung: Krematorien	0	0	0	0	0	0
	Summe	123	112	101	89	89	89

Quelle: UBA (ZSE 2012) und Berechnungen von Öko-Institut, IZT, IER, ifeu und Thünen-Institut

Tabelle 3-82: NO_x-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS+, Inlandsprinzip

NO _x - Emissionen in Deutschland							
Emissionsberechnung nach dem Inlandsprinzip							
SNAP	Einheit	2005	2010	2015	2020	2025	2030
01 Combustion in energy and transformation industries	Gg	290	304	266	210	185	143
02 Non-industrial combustion plants	Gg	93	91	60	53	50	47
03 Combustion in manufacturing industry	Gg	89	87	103	102	101	99
04 Production processes	Gg	98	85	78	68	68	68
05 Extraction and distribution of fossil fuels and geothermal energy	Gg	8	7	7	7	7	7
06 Solvent and other product use	Gg	0	0	0	0	0	0
07 Road transport	Gg	752	509	367	227	163	133
08 Other mobil sources and machinery	Gg	202	165	143	125	113	106
09 Waste treatment and disposal	Gg	0	0	0	0	0	0
10 Agriculture	Gg	112	104	108	112	112	112
11 Other sources and sinks	Gg	0	0	0	0	0	0
Summe	Gg	1.644	1.351	1.132	903	800	716

Quelle: UBA (ZSE 2012) und Berechnungen von Öko-Institut, IZT, IER, ifeu und Thünen-Institut.

Tabelle 3-83: NO_x-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS+, Energiebilanzprinzip

NO _x - Emissionen in Deutschland [kt]							
Emissionsberechnung nach dem Energiebilanzprinzip							
NFR	Quellgruppe	2005	2010	2015	2020	2025	2030
1 A	Verbrennung von Brennstoffen	1.353	1.120	865	646	547	465
1 A 1	Energieindustrie	286	300	265	210	185	143
1 A 2	Produzierendes Gewerbe	84	83	99	98	97	96
1 A 3	Transport	833	596	408	260	197	167
	<i>Antrieb</i>	<i>833</i>	<i>596</i>	<i>408</i>	<i>260</i>	<i>197</i>	<i>167</i>
	<i>Verdunstung</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
	<i>Abrieb</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
	<i>Wiederaufwirbelung</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
1 A 4	Andere Sektoren (Haushalte + Kleinverbrauch)	139	135	88	72	63	56
1 A 5	Andere: Militär	11	6	6	6	5	4
1 B	Flüchtige Brennstoffemissionen	8	7	7	7	7	7
1 B 1	Feste Brennstoffe	0	0	0	0	0	0
1 B 2	Öl und Erdgas	8	7	7	7	7	7
2	Industrieprozesse	103	89	82	72	72	72
2 A	Mineralstoffindustrie	45	37	31	31	31	30
2 B	Chemische Industrie	29	28	30	32	33	34
2 C	Metallproduktion	28	22	19	6	6	6
2 D	Andere Produktion	1	2	2	2	2	2
2 G	Andere Industrieprozesse	0	0	0	0	0	0
3	Produktanwendungen	0	0	0	0	0	0
3 A	Lackierung	0	0	0	0	0	0
3 B	Entfettung, Chemische Reinigung	0	0	0	0	0	0
3 C	Herstellung und Anwendung chemischer Produkte	0	0	0	0	0	0
3 D	Andere	0	0	0	0	0	0
4	Landwirtschaft	112	104	108	112	112	112
4 B	Tierhaltung (Wirtschaftsdünger-Management)	2	2	1	1	1	1
4 D	Bewirtschaftung von Ackerland	111	102	106	111	111	111
6	Abfallwirtschaft	0	0	0	0	0	0
6 C	Müllverbrennung: Krematorien	0	0	0	0	0	0
	Summe	1.576	1.319	1.062	836	737	656

Quelle: UBA (ZSE 2012) und Berechnungen von Öko-Institut, IZT, IER, ifeu und Thünen-Institut

Tabelle 3-84: NH₃-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS+, Inlandsprinzip

NH ₃ - Emissionen in Deutschland							
Emissionsberechnung nach dem Inlandsprinzip							
SNAP	Einheit	2005	2010	2015	2020	2025	2030
01 Combustion in energy and transformation industries	Gg	3	2	3	2	2	2
02 Non-industrial combustion plants	Gg	3	2	2	2	2	2
03 Combustion in manufacturing industry	Gg	1	1	2	2	2	2
04 Production processes	Gg	12	11	11	12	12	12
05 Extraction and distribution of fossil fuels and geothermal energy	Gg	0	0	0	0	0	0
06 Solvent and other product use	Gg	2	2	2	2	2	2
07 Road transport	Gg	23	17	12	11	11	10
08 Other mobil sources and machinery	Gg	0	0	0	0	0	0
09 Waste treatment and disposal	Gg	0	0	0	0	0	0
10 Agriculture	Gg	535	532	491	451	451	451
11 Other sources and sinks	Gg	0	0	0	0	0	0
Summe	Gg	579	568	522	482	481	480

Quelle: UBA (ZSE 2012) und Berechnungen von Öko-Institut, IZT, IER, ifeu und Thünen-Institut

Tabelle 3-85: NH₃-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS+, Energiebilanzprinzip

NH ₃ - Emissionen in Deutschland [kt]							
Emissionsberechnung nach dem Energiebilanzprinzip							
NFR	Quellgruppe	2005	2010	2015	2020	2025	2030
1 A	Verbrennung von Brennstoffen	28	21	18	16	16	15
1 A 1	Energieindustrie	3	2	3	2	2	2
1 A 2	Produzierendes Gewerbe	1	1	1	1	2	2
1 A 3	Transport	22	15	11	10	10	9
	<i>Antrieb</i>	<i>22</i>	<i>15</i>	<i>11</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>9</i>
	<i>Verdunstung</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
	<i>Abrieb</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
	<i>Wiederaufwirbelung</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
1 A 4	Andere Sektoren (Haushalte + Kleinverbrauch)	3	3	2	2	2	2
1 A 5	Andere: Militär	0	0	0	0	0	0
1 B	Flüchtige Brennstoffemissionen	0	0	0	0	0	0
1 B 1	Feste Brennstoffe	0	0	0	0	0	0
1 B 2	Öl und Erdgas	0	0	0	0	0	0
2	Industrieprozesse	12	11	11	12	12	12
2 A	Mineralstoffindustrie	4	3	3	3	3	3
2 B	Chemische Industrie	8	8	8	8	9	9
2 C	Metallproduktion	0	0	0	0	0	0
2 D	Andere Produktion	0	0	0	0	0	0
2 G	Andere Industrieprozesse	0	0	0	0	0	0
3	Produktanwendungen	2	2	2	2	2	2
3 A	Lackierung	0	0	0	0	0	0
3 B	Entfettung, Chemische Reinigung	0	0	0	0	0	0
3 C	Herstellung und Anwendung chemischer Produkte	0	0	0	0	0	0
3 D	Andere	2	2	2	2	2	2
4	Landwirtschaft	535	532	491	451	451	451
4 B	Tierhaltung (Wirtschaftsdünger-Management)	457	442	408	357	357	357
4 D	Bewirtschaftung von Ackerland	79	90	83	94	94	94
6	Abfallwirtschaft	0	0	0	0	0	0
6 C	Müllverbrennung: Krematorien	0	0	0	0	0	0
	Summe	577	567	521	481	481	480
	<i>davon Biogas-Gärrest-Emissionen (NFR 4 B)</i>	<i>4</i>	<i>17</i>	<i>18</i>	<i>19</i>	<i>19</i>	<i>19</i>

Quelle: UBA (ZSE 2012) und Berechnungen von Öko-Institut, IZT, IER, ifeu und Thünen-Institut

Anmerkung: Die hier aufgeführten Emissionen an NH₃ sind um 4 bzw. 19 kt höher als die in der ZSE Submission 2012 enthaltenen. Diese Abweichung ist dadurch begründet, dass im ZSE 2012 die NH₃-Emissionen aus Biogas-Gärresten nicht enthalten sind.

Tabelle 3-86: SO₂-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS+, Inlandprinzip

SO ₂ - Emissionen in Deutschland							
Emissionsberechnung nach dem Inlandsprinzip							
SNAP	Einheit	2005	2010	2015	2020	2025	2030
01 Combustion in energy and transformation industries	Gg	289	236	181	105	89	63
02 Non-industrial combustion plants	Gg	70	67	57	42	29	16
03 Combustion in manufacturing industry	Gg	59	55	41	34	32	29
04 Production processes	Gg	85	79	65	52	54	55
05 Extraction and distribution of fossil fuels and geothermal energy	Gg	11	10	10	10	10	10
06 Solvent and other product use	Gg	0	0	0	0	0	0
07 Road transport	Gg	1	1	1	1	1	1
08 Other mobil sources and machinery	Gg	2	2	1	1	1	1
09 Waste treatment and disposal	Gg	0	0	0	0	0	0
10 Agriculture	Gg	0	0	0	0	0	0
11 Other sources and sinks	Gg	0	0	0	0	0	0
Summe	Gg	517	449	355	246	215	174

Quelle: UBA (ZSE 2012) und Berechnungen von Öko-Institut, IZT, IER, ifeu und Thünen-Institut.

Tabelle 3-87: SO₂-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS+, Energiebilanzprinzip

SO ₂ - Emissionen in Deutschland [kt]							
Emissionsberechnung nach dem Energiebilanzprinzip							
NFR	Quellgruppe	2005	2010	2015	2020	2025	2030
1 A	Verbrennung von Brennstoffen	408	349	269	173	141	98
1 A 1	Energieindustrie	289	236	181	105	89	63
1 A 2	Produzierendes Gewerbe	47	44	30	24	21	18
1 A 3	Transport	2	1	1	1	1	1
	<i>Antrieb</i>	<i>2</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>
	<i>Verdunstung</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
	<i>Abrieb</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
	<i>Wiederaufwirbelung</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
1 A 4	Andere Sektoren (Haushalte + Kleinverbrauch)	70	67	57	43	29	16
1 A 5	Andere: Militär	0	0	0	0	0	0
1 B	Flüchtige Brennstoffemissionen	20	15	17	18	19	20
1 B 1	Feste Brennstoffe	0	0	0	0	0	0
1 B 2	Öl und Erdgas	20	15	17	18	19	20
2	Industrieprozesse	89	84	69	55	55	55
2 A	Mineralstoffindustrie	19	20	20	21	21	21
2 B	Chemische Industrie	25	28	16	16	17	17
2 C	Metallproduktion	43	35	32	16	16	16
2 D	Andere Produktion	1	1	1	1	1	1
2 G	Andere Industrieprozesse	0	0	0	0	0	0
3	Produktanwendungen	0	0	0	0	0	0
3 A	Lackierung	0	0	0	0	0	0
3 B	Entfettung, Chemische Reinigung	0	0	0	0	0	0
3 C	Herstellung und Anwendung chemischer Produkte	0	0	0	0	0	0
3 D	Andere	0	0	0	0	0	0
4	Landwirtschaft	0	0	0	0	0	0
4 B	Tierhaltung (Wirtschaftsdünger-Management)	0	0	0	0	0	0
4 D	Bewirtschaftung von Ackerland	0	0	0	0	0	0
6	Abfallwirtschaft	0	0	0	0	0	0
6 C	Müllverbrennung: Krematorien	0	0	0	0	0	0
	Summe	516	449	355	245	215	173

Quelle: UBA (ZSE 2012) und Berechnungen von Öko-Institut, IZT, IER, ifeu und Thünen-Institut

Tabelle 3-88: NMVOC-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS+, Inlandsprinzip

NMVOC - Emissionen in Deutschland							
Emissionsberechnung nach dem Inlandsprinzip							
SNAP	Einheit	2005	2010	2015	2020	2025	2030
01 Combustion in energy and transformation industries	Gg	11	15	14	14	13	11
02 Non-industrial combustion plants	Gg	38	53	49	53	60	66
03 Combustion in manufacturing industry	Gg	7	6	12	13	13	13
04 Production processes	Gg	57	51	53	55	55	55
05 Extraction and distribution of fossil fuels and geothermal energy	Gg	70	63	63	63	63	63
06 Solvent and other product use	Gg	743	720	602	569	606	615
07 Road transport	Gg	209	137	95	77	67	58
08 Other mobil sources and machinery	Gg	60	50	34	29	27	26
09 Waste treatment and disposal	Gg	0	0	0	0	0	0
10 Agriculture	Gg	255	255	255	255	255	255
11 Other sources and sinks	Gg	0	0	0	0	0	0
Summe	Gg	1.449	1.350	1.177	1.128	1.159	1.162

Quelle: UBA (ZSE 2012) und Berechnungen von Öko-Institut, IZT, IER, ifeu und Thünen-Institut

Tabelle 3-89: NMVOC-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS+, Energiebilanzprinzip

NMVOC - Emissionen in Deutschland [kt]							
Emissionsberechnung nach dem Energiebilanzprinzip							
NFR	Quellgruppe	2005	2010	2015	2020	2025	2030
1 A	Verbrennung von Brennstoffen	272	216	184	170	163	157
1 A 1	Energieindustrie	11	15	14	14	13	11
1 A 2	Produzierendes Gewerbe	5	5	11	12	12	12
1 A 3	Transport	200	129	92	76	66	59
	<i>Antrieb</i>	<i>192</i>	<i>124</i>	<i>89</i>	<i>73</i>	<i>64</i>	<i>56</i>
	<i>Verdunstung</i>	<i>8</i>	<i>4</i>	<i>3</i>	<i>3</i>	<i>2</i>	<i>2</i>
	<i>Abrieb</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
	<i>Wiederaufwirbelung</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
1 A 4	Andere Sektoren (Haushalte + Kleinverbrauch)	52	65	64	65	69	73
1 A 5	Andere: Militär	4	3	3	3	2	2
1 B	Flüchtige Brennstoffemissionen	91	81	82	82	82	82
1 B 1	Feste Brennstoffe	1	1	1	1	1	1
1 B 2	Öl und Erdgas	90	81	82	82	82	82
2	Industrieprozesse	37	34	35	36	36	36
2 A	Mineralstoffindustrie	4	4	4	4	4	4
2 B	Chemische Industrie	5	5	5	6	6	6
2 C	Metallproduktion	5	4	3	2	2	2
2 D	Andere Produktion	23	21	23	24	24	24
2 G	Andere Industrieprozesse	0	0	0	0	0	0
3	Produktanwendungen	743	720	602	569	606	615
3 A	Lackierung	346	260	216	219	207	202
3 B	Entfettung, Chemische Reinigung	43	37	33	30	36	38
3 C	Herstellung und Anwendung chemischer Produkte	47	56	43	42	46	48
3 D	Andere	307	366	310	278	317	327
4	Landwirtschaft	0	0	0	0	0	0
4 B	Tierhaltung (Wirtschaftsdünger-Management)	0	0	0	0	0	0
4 D	Bewirtschaftung von Ackerland	0	0	0	0	0	0
6	Abfallwirtschaft	0	0	0	0	0	0
6 C	Müllverbrennung: Krematorien	0	0	0	0	0	0
	Summe	1.143	1.051	904	858	888	890

Quelle: UBA (ZSE 2012) und Berechnungen von Öko-Institut, IZT, IER, ifeu und Thünen-Institut

3.8.6 Das Energiewendeszenario mit zusätzlichen Maßnahmen nur in der Landwirtschaft (EWS-LaWi+)

Im Folgenden wird die Entwicklung der Emissionen der Luftschadstoffe PM₁₀, PM_{2,5}, NO_x, NH₃, SO₂ und NMVOC im Energiewendeszenario mit zusätzlichen Maßnahmen nur in der Landwirtschaft (EWS-LaWi+) zunächst als Überblick in Form eines Diagrammes dargestellt. Anschließend folgen für die einzelnen Luftschadstoffe detailliertere Emissionsdaten in Tabellenform. Die Abbildung vergleicht dabei die Emissionen im Inlandsprinzip und im Energiebilanzprinzip. Dabei werden die Emissionen nach dem Inlandsprinzip in der SNAP-Systematik und die Emissionen nach dem Energiebilanzprinzip in der NFR-Systematik dargestellt.

Für eine Interpretation der Entwicklungen im EWS-LaWi+ im Vergleich verschiedener Szenarien wird auf Kapitel 3.8.7 verwiesen.

Abbildung 3-15: Emissionen im Energiewendeszenario mit zusätzlichen Maßnahmen nur in der Landwirtschaft (EWS-LaWi+)

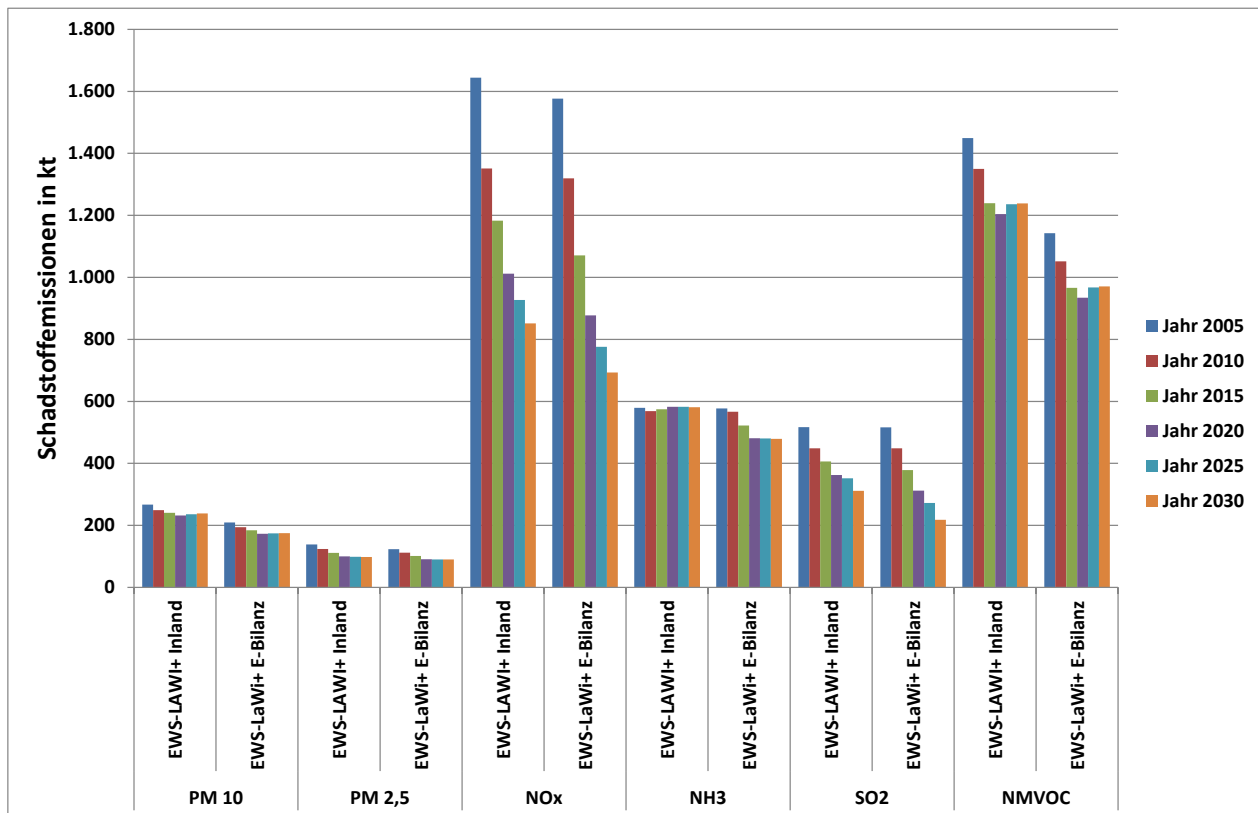


Tabelle 3-90: PM₁₀-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS-LAWI+, Inlandsprinzip

PM ₁₀ - Emissionen in Deutschland							
Emissionsberechnung nach dem Inlandsprinzip							
SNAP	Einheit	2005	2010	2015	2020	2025	2030
01 Combustion in energy and transformation industries	Gg	12	11	9	8	7	5
02 Non-industrial combustion plants	Gg	26	36	32	27	30	32
03 Combustion in manufacturing industry	Gg	8	7	12	13	13	13
04 Production processes	Gg	55	45	45	46	46	46
05 Extraction and distribution of fossil fuels and geothermal energy	Gg	2	2	2	2	2	2
06 Solvent and other product use	Gg	9	9	9	9	9	9
07 Road transport	Gg	93	83	80	81	85	88
08 Other mobil sources and machinery	Gg	22	16	12	8	7	5
09 Waste treatment and disposal	Gg	0	0	0	0	0	0
10 Agriculture	Gg	39	41	40	39	39	39
11 Other sources and sinks	Gg	0	0	0	0	0	0
Summe	Gg	267	249	241	232	236	240

Quelle: UBA (ZSE 2012) und Berechnungen von Öko-Institut, IZT, IER, ifeu und Thünen-Institut

Tabelle 3-91: PM₁₀-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS-LAWI+, Energiebilanzprinzip

PM ₁₀ - Emissionen in Deutschland [kt]							
Emissionsberechnung nach dem Energiebilanzprinzip							
NFR	Quellgruppe	2005	2010	2015	2020	2025	2030
1 A	Verbrennung von Brennstoffen	97	93	84	74	74	75
1 A 1	Energieindustrie	12	11	9	8	7	5
1 A 2	Produzierendes Gewerbe	4	3	9	10	10	10
1 A 3	Transport	49	36	30	27	27	28
	<i>Antrieb</i>	<i>29</i>	<i>17</i>	<i>9</i>	<i>5</i>	<i>4</i>	<i>3</i>
	<i>Verdunstung</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
	<i>Abrieb</i>	<i>19</i>	<i>20</i>	<i>21</i>	<i>22</i>	<i>24</i>	<i>25</i>
	<i>Wiederaufwirbelung</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
1 A 4	Andere Sektoren (Haushalte + Kleinverbrauch)	33	42	36	28	30	32
1 A 5	Andere: Militär	0	0	0	0	0	0
1 B	Flüchtige Brennstoffemissionen	1	0	0	0	0	0
1 B 1	Feste Brennstoffe	1	0	0	0	0	0
1 B 2	Öl und Erdgas	0	0	0	0	0	0
2	Industrieprozesse	64	52	52	53	53	53
2 A	Mineralstoffindustrie	8	7	7	7	7	7
2 B	Chemische Industrie	0	1	1	1	1	1
2 C	Metallproduktion	10	5	5	4	4	4
2 D	Andere Produktion	2	1	1	2	2	2
2 G	Andere Industrieprozesse	43	38	39	39	40	40
3	Produktanwendungen	10	10	10	10	10	10
3 A	Lackierung	0	0	0	0	0	0
3 B	Entfettung, Chemische Reinigung	0	0	0	0	0	0
3 C	Herstellung und Anwendung chemischer Produkte	0	0	0	0	0	0
3 D	Andere	10	10	10	10	10	10
4	Landwirtschaft	37	39	38	37	37	37
4 B	Tierhaltung (Wirtschaftsdünger-Management)	19	20	20	20	20	20
4 D	Bewirtschaftung von Ackerland	19	19	18	17	17	17
6	Abfallwirtschaft	0	0	0	0	0	0
6 C	Müllverbrennung: Krematorien	0	0	0	0	0	0
	Summe	209	194	184	173	174	175

Quelle: UBA (ZSE 2012) und Berechnungen von Öko-Institut, IZT, IER, ifeu und Thünen-Institut

Anmerkung: Die hier aufgeführten Emissionen an PM_{2,5} und PM₁₀ sind um 1,9 kt höher als die in der ZSE Submission 2012 enthaltenen. Diese Abweichung ist dadurch begründet, dass im ZSE 2012 die PM-Emissionen aus der Verbrennung von Ottokraftstoff und Bio-Ottokraftstoff nicht enthalten sind.

Tabelle 3-92: PM_{2,5}-Emissionen in den Jahren 2005-2030 im EWS-LAWI+, Inlandsprinzip

PM _{2,5} - Emissionen in Deutschland							
Emissionsberechnung nach dem Inlandsprinzip							
SNAP	Einheit	2005	2010	2015	2020	2025	2030
01 Combustion in energy and transformation industries	Gg	11	10	8	7	6	5
02 Non-industrial combustion plants	Gg	24	34	30	25	27	30
03 Combustion in manufacturing industry	Gg	7	5	10	11	11	11
04 Production processes	Gg	18	12	12	12	12	12
05 Extraction and distribution of fossil fuels and geothermal energy	Gg	0	0	0	0	0	0
06 Solvent and other product use	Gg	9	9	9	9	9	9
07 Road transport	Gg	42	30	24	21	21	21
08 Other mobil sources and machinery	Gg	22	16	12	8	7	5
09 Waste treatment and disposal	Gg	0	0	0	0	0	0
10 Agriculture	Gg	6	7	6	6	6	6
11 Other sources and sinks	Gg	0	0	0	0	0	0
Summe	Gg	138	124	112	100	100	99

Quelle: UBA (ZSE 2012) und Berechnungen von Öko-Institut, IZT, IER, ifeu und Thünen-Institut

Tabelle 3-93: PM_{2,5}-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS-LAWI+, Energiebilanzprinzip

PM _{2,5} - Emissionen in Deutschland [kt]							
Emissionsberechnung nach dem Energiebilanzprinzip							
NFR	Quellgruppe	2005	2010	2015	2020	2025	2030
1 A	Verbrennung von Brennstoffen	85	80	70	59	59	59
1 A 1	Energieindustrie	11	10	8	7	6	5
1 A 2	Produzierendes Gewerbe	3	3	8	9	9	9
1 A 3	Transport	40	27	20	17	16	16
	<i>Antrieb</i>	<i>29</i>	<i>17</i>	<i>9</i>	<i>5</i>	<i>4</i>	<i>3</i>
	<i>Verdunstung</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
	<i>Abrieb</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>13</i>
	<i>Wiederaufwirbelung</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
1 A 4	Andere Sektoren (Haushalte + Kleinverbrauch)	31	40	33	26	28	30
1 A 5	Andere: Militär	0	0	0	0	0	0
1 B	Flüchtige Brennstoffemissionen	0	0	0	0	0	0
1 B 1	Feste Brennstoffe	0	0	0	0	0	0
1 B 2	Öl und Erdgas	0	0	0	0	0	0
2	Industrieprozesse	21	15	15	15	15	15
2 A	Mineralstoffindustrie	4	3	3	3	3	3
2 B	Chemische Industrie	0	0	0	0	0	0
2 C	Metallproduktion	6	3	3	3	2	2
2 D	Andere Produktion	1	1	1	1	1	1
2 G	Andere Industrieprozesse	10	8	8	8	9	9
3	Produktanwendungen	10	10	10	10	10	10
3 A	Lackierung	0	0	0	0	0	0
3 B	Entfettung, Chemische Reinigung	0	0	0	0	0	0
3 C	Herstellung und Anwendung chemischer Produkte	0	0	0	0	0	0
3 D	Andere	10	10	10	10	10	10
4	Landwirtschaft	6	6	6	6	6	6
4 B	Tierhaltung (Wirtschaftsdünger-Management)	5	5	5	5	5	5
4 D	Bewirtschaftung von Ackerland	1	1	1	1	1	1
6	Abfallwirtschaft	0	0	0	0	0	0
6 C	Müllverbrennung: Krematorien	0	0	0	0	0	0
	Summe	123	112	102	91	90	90

Quelle: UBA (ZSE 2012) und Berechnungen von Öko-Institut, IZT, IER, ifeu und Thünen-Institut

Anmerkung: Die hier aufgeführten Emissionen an PM_{2,5} und PM₁₀ sind um 1,9 kt höher als die in der ZSE Submission 2012 enthaltenen. Diese Abweichung ist dadurch begründet, dass im ZSE 2012 die PM-Emissionen aus der Verbrennung von Ottokraftstoff und Bio-Ottokraftstoff nicht enthalten sind.

Tabelle 3-94: NO_x-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS-LAWI+, Inlandsprinzip

NO _x - Emissionen in Deutschland							
Emissionsberechnung nach dem Inlandsprinzip							
SNAP	Einheit	2005	2010	2015	2020	2025	2030
01 Combustion in energy and transformation industries	Gg	290	304	269	227	201	158
02 Non-industrial combustion plants	Gg	93	91	62	57	52	48
03 Combustion in manufacturing industry	Gg	89	87	102	107	106	105
04 Production processes	Gg	98	85	83	84	83	83
05 Extraction and distribution of fossil fuels and geothermal energy	Gg	8	7	7	7	7	7
06 Solvent and other product use	Gg	0	0	0	0	0	0
07 Road transport	Gg	752	509	367	227	163	133
08 Other mobil sources and machinery	Gg	202	165	143	125	113	106
09 Waste treatment and disposal	Gg	0	0	0	0	0	0
10 Agriculture	Gg	112	104	108	112	112	112
11 Other sources and sinks	Gg	0	0	0	0	0	0
Summe	Gg	1.644	1.351	1.141	944	839	752

Quelle: UBA (ZSE 2012) und Berechnungen von Öko-Institut, IZT, IER, ifeu und Thünen-Institut

Tabelle 3-95: NO_x-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS-LAWI+, Energiebilanzprinzip

NO _x - Emissionen in Deutschland [kt]							
Emissionsberechnung nach dem Energiebilanzprinzip							
NFR	Quellgruppe	2005	2010	2015	2020	2025	2030
1 A	Verbrennung von Brennstoffen	1.353	1.120	869	671	570	487
1 A 1	Energieindustrie	286	300	266	225	199	157
1 A 2	Produzierendes Gewerbe	84	83	98	103	102	101
1 A 3	Transport	833	596	409	262	199	169
	<i>Antrieb</i>	<i>833</i>	<i>596</i>	<i>409</i>	<i>262</i>	<i>199</i>	<i>169</i>
	<i>Verdunstung</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
	<i>Abrieb</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
	<i>Wiederaufwirbelung</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
1 A 4	Andere Sektoren (Haushalte + Kleinverbrauch)	139	135	90	75	65	56
1 A 5	Andere: Militär	11	6	6	6	5	4
1 B	Flüchtige Brennstoffemissionen	8	7	7	7	7	7
1 B 1	Feste Brennstoffe	0	0	0	0	0	0
1 B 2	Öl und Erdgas	8	7	7	7	7	7
2	Industrieprozesse	103	89	87	88	87	87
2 A	Mineralstoffindustrie	45	37	36	37	36	36
2 B	Chemische Industrie	29	28	30	32	33	34
2 C	Metallproduktion	28	22	19	17	16	15
2 D	Andere Produktion	1	2	2	2	2	2
2 G	Andere Industrieprozesse	0	0	0	0	0	0
3	Produktanwendungen	0	0	0	0	0	0
3 A	Lackierung	0	0	0	0	0	0
3 B	Entfettung, Chemische Reinigung	0	0	0	0	0	0
3 C	Herstellung und Anwendung chemischer Produkte	0	0	0	0	0	0
3 D	Andere	0	0	0	0	0	0
4	Landwirtschaft	112	104	108	112	112	112
4 B	Tierhaltung (Wirtschaftsdünger-Management)	2	2	1	1	1	1
4 D	Bewirtschaftung von Ackerland	111	102	106	111	111	111
6	Abfallwirtschaft	0	0	0	0	0	0
6 C	Müllverbrennung: Krematorien	0	0	0	0	0	0
	Summe	1.576	1.319	1.071	878	776	693

Quelle: UBA (ZSE 2012) und Berechnungen von Öko-Institut, IZT, IER, ifeu und Thünen-Institut

Tabelle 3-96: NH₃-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS-LAWI+, Inlandsprinzip

NH ₃ - Emissionen in Deutschland							
Emissionsberechnung nach dem Inlandsprinzip							
SNAP	Einheit	2005	2010	2015	2020	2025	2030
01 Combustion in energy and transformation industries	Gg	3	2	3	2	2	2
02 Non-industrial combustion plants	Gg	3	2	2	2	1	1
03 Combustion in manufacturing industry	Gg	1	1	1	2	2	2
04 Production processes	Gg	12	11	12	13	13	14
05 Extraction and distribution of fossil fuels and geothermal energy	Gg	0	0	0	0	0	0
06 Solvent and other product use	Gg	2	2	2	2	2	2
07 Road transport	Gg	23	17	12	11	11	10
08 Other mobil sources and machinery	Gg	0	0	0	0	0	0
09 Waste treatment and disposal	Gg	0	0	0	0	0	0
10 Agriculture	Gg	535	532	491	451	451	451
11 Other sources and sinks	Gg	0	0	0	0	0	0
Summe	Gg	579	568	523	482	482	480

Quelle: UBA (ZSE 2012) und Berechnungen von Öko-Institut, IZT, IER, ifeu und Thünen-Institut

Tabelle 3-97: NH₃-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS-LAWI+, Energiebilanzprinzip

NH ₃ - Emissionen in Deutschland [kt]							
Emissionsberechnung nach dem Energiebilanzprinzip							
NFR	Quellgruppe	2005	2010	2015	2020	2025	2030
1 A	Verbrennung von Brennstoffen	28	21	17	15	15	13
1 A 1	Energieindustrie	3	2	3	2	2	2
1 A 2	Produzierendes Gewerbe	1	1	1	1	1	1
1 A 3	Transport	22	15	11	10	10	9
	<i>Antrieb</i>	<i>22</i>	<i>15</i>	<i>11</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>9</i>
	<i>Verdunstung</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
	<i>Abrieb</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
	<i>Wiederaufwirbelung</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
1 A 4	Andere Sektoren (Haushalte + Kleinverbrauch)	3	3	2	2	1	1
1 A 5	Andere: Militär	0	0	0	0	0	0
1 B	Flüchtige Brennstoffemissionen	0	0	0	0	0	0
1 B 1	Feste Brennstoffe	0	0	0	0	0	0
1 B 2	Öl und Erdgas	0	0	0	0	0	0
2	Industrieprozesse	12	11	13	13	14	14
2 A	Mineralstoffindustrie	4	3	3	3	3	3
2 B	Chemische Industrie	8	8	9	10	10	10
2 C	Metallproduktion	0	0	0	0	0	0
2 D	Andere Produktion	0	0	0	0	0	0
2 G	Andere Industrieprozesse	0	0	0	0	0	0
3	Produktanwendungen	2	2	2	2	2	2
3 A	Lackierung	0	0	0	0	0	0
3 B	Entfettung, Chemische Reinigung	0	0	0	0	0	0
3 C	Herstellung und Anwendung chemischer Produkte	0	0	0	0	0	0
3 D	Andere	2	2	2	2	2	2
4	Landwirtschaft	535	532	491	451	451	451
4 B	Tierhaltung (Wirtschaftsdünger-Management)	457	442	408	357	357	357
4 D	Bewirtschaftung von Ackerland	79	90	83	94	94	94
6	Abfallwirtschaft	0	0	0	0	0	0
6 C	Müllverbrennung: Krematorien	0	0	0	0	0	0
	Summe	577	567	522	481	481	479
	<i>davon Biogas-Gärrest-Emissionen (NFR 4 B)</i>	<i>4</i>	<i>17</i>	<i>18</i>	<i>19</i>	<i>19</i>	<i>19</i>

Quelle: UBA (ZSE 2012) und Berechnungen von Öko-Institut, IZT, IER, ifeu und Thünen-Institut

Anmerkung: Die hier aufgeführten Emissionen an NH₃ sind um 4 bzw. 19 kt höher als die in der ZSE Submission 2012 enthaltenen. Diese Abweichung ist dadurch begründet, dass im ZSE 2012 die NH₃-Emissionen aus Biogas-Gärresten nicht enthalten sind.

Tabelle 3-98: SO₂-Emissionen in den Jahren 2005-2030 im EWS-LAWI+, Inlandsprinzip

SO ₂ - Emissionen in Deutschland							
Emissionsberechnung nach dem Inlandsprinzip							
SNAP	Einheit	2005	2010	2015	2020	2025	2030
01 Combustion in energy and transformation industries	Gg	289	236	189	141	118	79
02 Non-industrial combustion plants	Gg	70	67	57	42	29	16
03 Combustion in manufacturing industry	Gg	59	55	41	36	34	30
04 Production processes	Gg	85	79	80	81	82	83
05 Extraction and distribution of fossil fuels and geothermal energy	Gg	11	10	10	10	10	10
06 Solvent and other product use	Gg	0	0	0	0	0	0
07 Road transport	Gg	1	1	1	1	1	1
08 Other mobil sources and machinery	Gg	2	2	1	1	1	1
09 Waste treatment and disposal	Gg	0	0	0	0	0	0
10 Agriculture	Gg	0	0	0	0	0	0
11 Other sources and sinks	Gg	0	0	0	0	0	0
Summe	Gg	517	449	379	312	273	218

Quelle: UBA (ZSE 2012) und Berechnungen von Öko-Institut, IZT, IER, ifeu und Thünen-Institut

Tabelle 3-99: SO₂-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS-LAWI+, Energiebilanzprinzip

SO ₂ - Emissionen in Deutschland [kt]							
Emissionsberechnung nach dem Energiebilanzprinzip							
NFR	Quellgruppe	2005	2010	2015	2020	2025	2030
1 A	Verbrennung von Brennstoffen	408	349	278	211	171	115
1 A 1	Energieindustrie	289	236	189	141	118	79
1 A 2	Produzierendes Gewerbe	47	44	30	26	23	19
1 A 3	Transport	2	1	1	1	1	1
	<i>Antrieb</i>	2	1	1	1	1	1
	<i>Verdunstung</i>	0	0	0	0	0	0
	<i>Abrieb</i>	0	0	0	0	0	0
	<i>Wiederaufwirbelung</i>	0	0	0	0	0	0
1 A 4	Andere Sektoren (Haushalte + Kleinverbrauch)	70	67	57	43	29	16
1 A 5	Andere: Militär	0	0	0	0	0	0
1 B	Flüchtige Brennstoffemissionen	20	15	17	18	19	20
1 B 1	Feste Brennstoffe	0	0	0	0	0	0
1 B 2	Öl und Erdgas	20	15	17	18	19	20
2	Industrieprozesse	89	84	84	83	83	83
2 A	Mineralstoffindustrie	19	20	20	21	21	21
2 B	Chemische Industrie	25	28	30	32	33	33
2 C	Metallproduktion	43	35	32	29	28	27
2 D	Andere Produktion	1	1	1	1	1	1
2 G	Andere Industrieprozesse	0	0	0	0	0	0
3	Produktanwendungen	0	0	0	0	0	0
3 A	Lackierung	0	0	0	0	0	0
3 B	Entfettung, Chemische Reinigung	0	0	0	0	0	0
3 C	Herstellung und Anwendung chemischer Produkte	0	0	0	0	0	0
3 D	Andere	0	0	0	0	0	0
4	Landwirtschaft	0	0	0	0	0	0
4 B	Tierhaltung (Wirtschaftsdünger-Management)	0	0	0	0	0	0
4 D	Bewirtschaftung von Ackerland	0	0	0	0	0	0
6	Abfallwirtschaft	0	0	0	0	0	0
6 C	Müllverbrennung: Krematorien	0	0	0	0	0	0
	Summe	516	449	378	312	273	218

Quelle: UBA (ZSE 2012) und Berechnungen von Öko-Institut, IZT, IER, ifeu und Thünen-Institut

Tabelle 3-100:NMVOC-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS-LAWI+, Inlandsprinzip

NMVOC - Emissionen in Deutschland							
Emissionsberechnung nach dem Inlandsprinzip							
SNAP	Einheit	2005	2010	2015	2020	2025	2030
01 Combustion in energy and transformation industries	Gg	11	15	14	14	13	11
02 Non-industrial combustion plants	Gg	38	53	49	53	60	66
03 Combustion in manufacturing industry	Gg	7	6	12	13	13	13
04 Production processes	Gg	57	51	53	55	55	55
05 Extraction and distribution of fossil fuels and geothermal energy	Gg	70	63	63	63	63	63
06 Solvent and other product use	Gg	743	720	664	645	686	695
07 Road transport	Gg	209	137	95	77	67	58
08 Other mobil sources and machinery	Gg	60	50	34	29	27	26
09 Waste treatment and disposal	Gg	0	0	0	0	0	0
10 Agriculture	Gg	255	255	255	255	255	255
11 Other sources and sinks	Gg	0	0	0	0	0	0
Summe	Gg	1.449	1.350	1.239	1.205	1.238	1.242

Quelle: UBA (ZSE 2012) und Berechnungen von Öko-Institut, IZT, IER, ifeu und Thünen-Institut

Tabelle 3-101: NMVOC-Emissionen in den Jahren 2005–2030 im EWS-LAWI+, Energiebilanzprinzip

NMVOC - Emissionen in Deutschland [kt]							
Emissionsberechnung nach dem Energiebilanzprinzip							
NFR	Quellgruppe	2005	2010	2015	2020	2025	2030
1 A	Verbrennung von Brennstoffen	272	216	184	170	163	157
1 A 1	Energieindustrie	11	15	14	14	13	11
1 A 2	Produzierendes Gewerbe	5	5	11	12	12	12
1 A 3	Transport	200	129	92	76	66	59
	<i>Antrieb</i>	<i>192</i>	<i>124</i>	<i>89</i>	<i>73</i>	<i>64</i>	<i>56</i>
	<i>Verdunstung</i>	<i>8</i>	<i>4</i>	<i>3</i>	<i>3</i>	<i>2</i>	<i>2</i>
	<i>Abrieb</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
	<i>Wiederaufwirbelung</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
1 A 4	Andere Sektoren (Haushalte + Kleinverbrauch)	52	65	64	65	69	73
1 A 5	Andere: Militär	4	3	3	3	2	2
1 B	Flüchtige Brennstoffemissionen	91	81	82	82	82	82
1 B 1	Feste Brennstoffe	1	1	1	1	1	1
1 B 2	Öl und Erdgas	90	81	82	82	82	82
2	Industrieprozesse	37	34	35	36	36	36
2 A	Mineralstoffindustrie	4	4	4	4	4	4
2 B	Chemische Industrie	5	5	5	6	6	6
2 C	Metallproduktion	5	4	3	2	2	2
2 D	Andere Produktion	23	21	23	24	24	24
2 G	Andere Industrieprozesse	0	0	0	0	0	0
3	Produktanwendungen	743	720	664	645	686	695
3 A	Lackierung	346	260	248	252	238	231
3 B	Entfettung, Chemische Reinigung	43	37	39	36	43	46
3 C	Herstellung und Anwendung chemischer Produkte	47	56	51	49	54	56
3 D	Andere	307	366	327	309	351	362
4	Landwirtschaft	0	0	0	0	0	0
4 B	Tierhaltung (Wirtschaftsdünger-Management)	0	0	0	0	0	0
4 D	Bewirtschaftung von Ackerland	0	0	0	0	0	0
6	Abfallwirtschaft	0	0	0	0	0	0
6 C	Müllverbrennung: Krematorien	0	0	0	0	0	0
	Summe	1.143	1.051	966	934	967	971

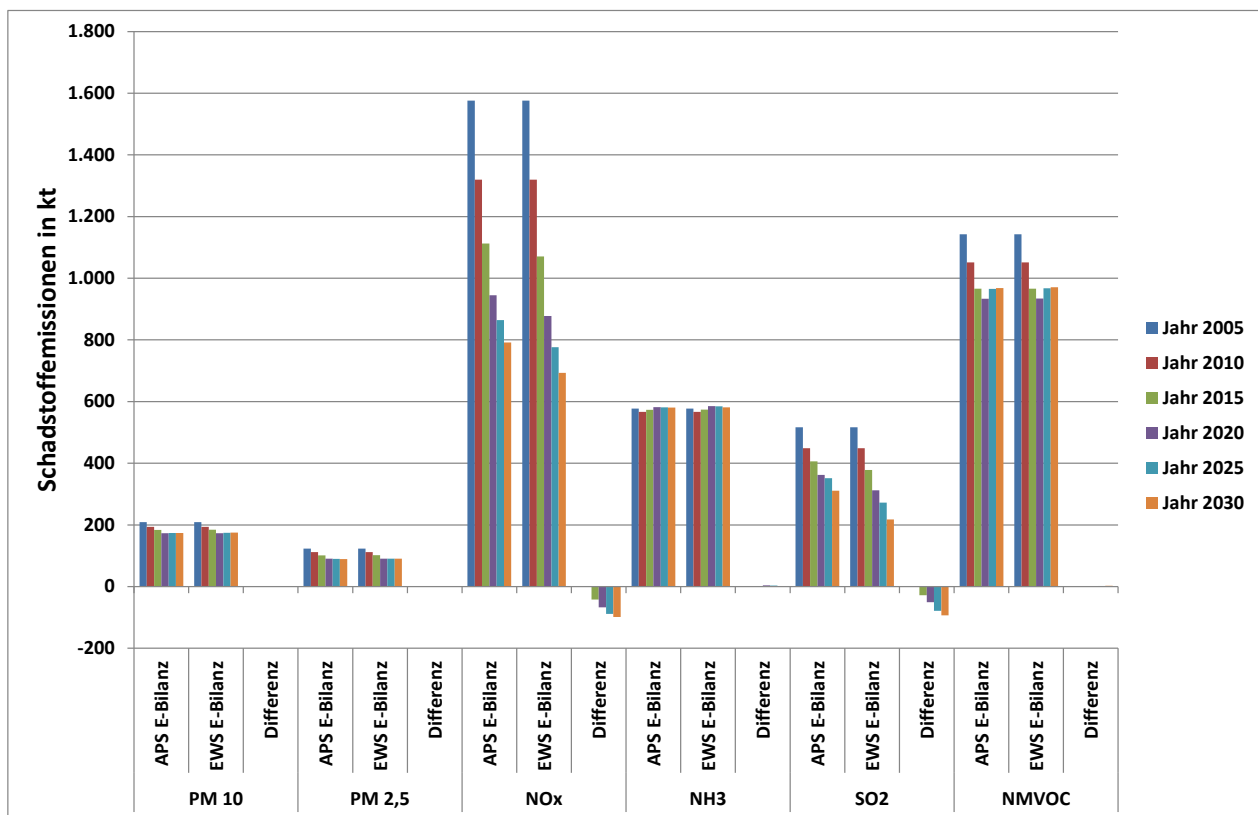
Quelle: UBA (ZSE 2012) und Berechnungen von Öko-Institut, IZT, IER, ifeu und Thünen-Institut

3.8.7 Vergleich der deutschlandweiten Emissionsszenarien

Das Aktuelle-Politik-Szenario (APS) und das Energiewendeszenario (EWS) im Vergleich zeigt Abbildung 3-16 im Energiebilanzprinzip. Der entsprechende Vergleich im Inlandsprinzip sieht fast identisch aus und wird deshalb hier (und bei den folgenden Szenariovergleichen) nicht extra aufgeführt.

Gegenüber dem APS können im EWS deutliche Emissionsreduktionen insbesondere bei NO_x und SO_2 erzielt werden. Dies ist im Wesentlichen auf den im EWS im Vergleich zum APS deutlich geringeren Verbrauch an Kohle, Öl und Gas in stationären Feuerungen zurückzuführen. Die Veränderungen bei den übrigen Luftschadstoffen hingegen sind nur sehr gering.

Abbildung 3-16: Vergleich der Emissionen im Aktuelle-Politik-Szenario (APS) und im Energiewende-Szenario (EWS), Energiebilanzprinzip



Die Reduktion der Emission von Luftschadstoffen durch zusätzliche Luftreinhaltemaßnahmen zeigt der Vergleich der Szenarien APS und APS+ in Abbildung 3-17. Die zusätzlichen Luftreinhaltemaßnahmen führen zu einer Reduktion der Emissionen von NH_3 (Landwirtschaft), NMVOC (Lösemittel), NO_x und SO_2 (stationäre Feuerung und Industrie). Die Veränderungen der primären PM-Emissionen sind so gering, dass sie kaum dargestellt werden können.

Fast identisch sieht der Effekt der zusätzlichen Luftschadstoffminderungen im Vergleich von EWS und EWS+ aus (Abbildung 3-18).

Abbildung 3-17: Vergleich der Emissionen im Aktuelle-Politik-Szenario (APS) und im Aktuelle-Politik-Szenario mit zusätzlichen Luftreinhaltemaßnahmen (APS+), Energiebilanzprinzip

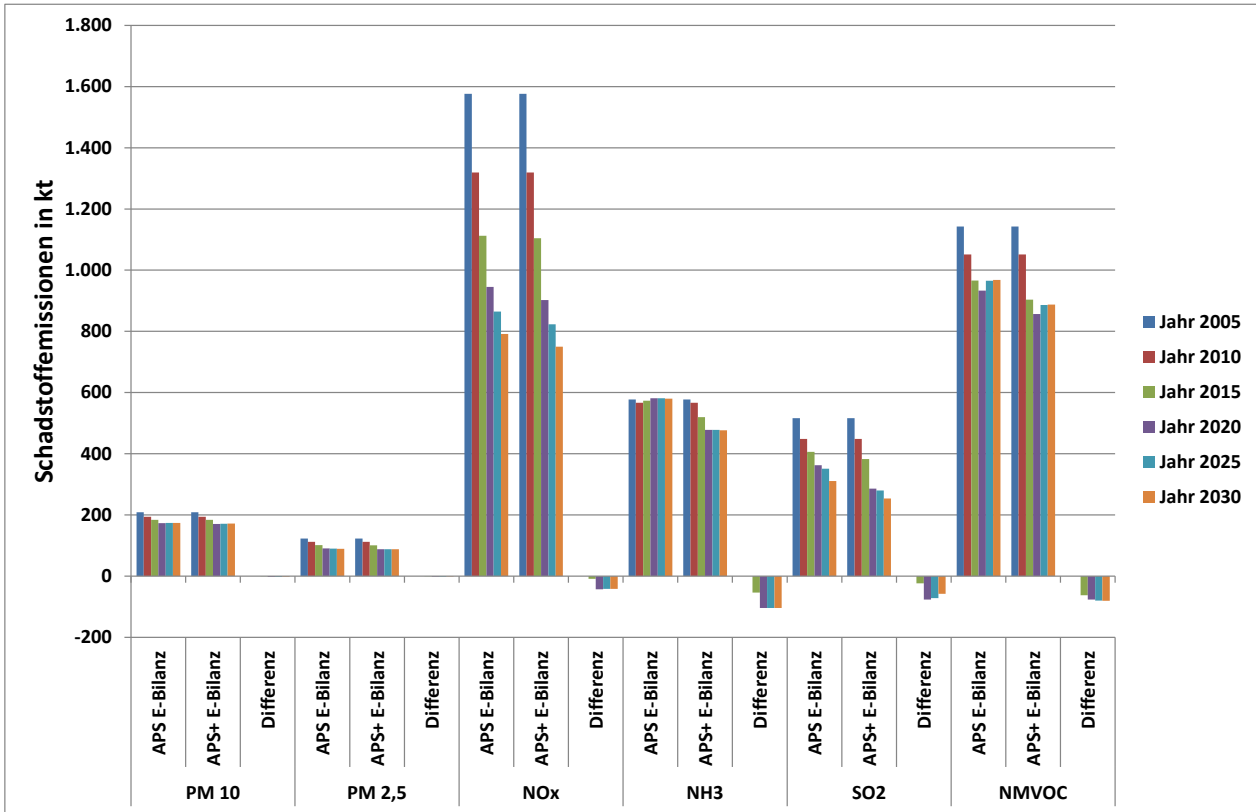
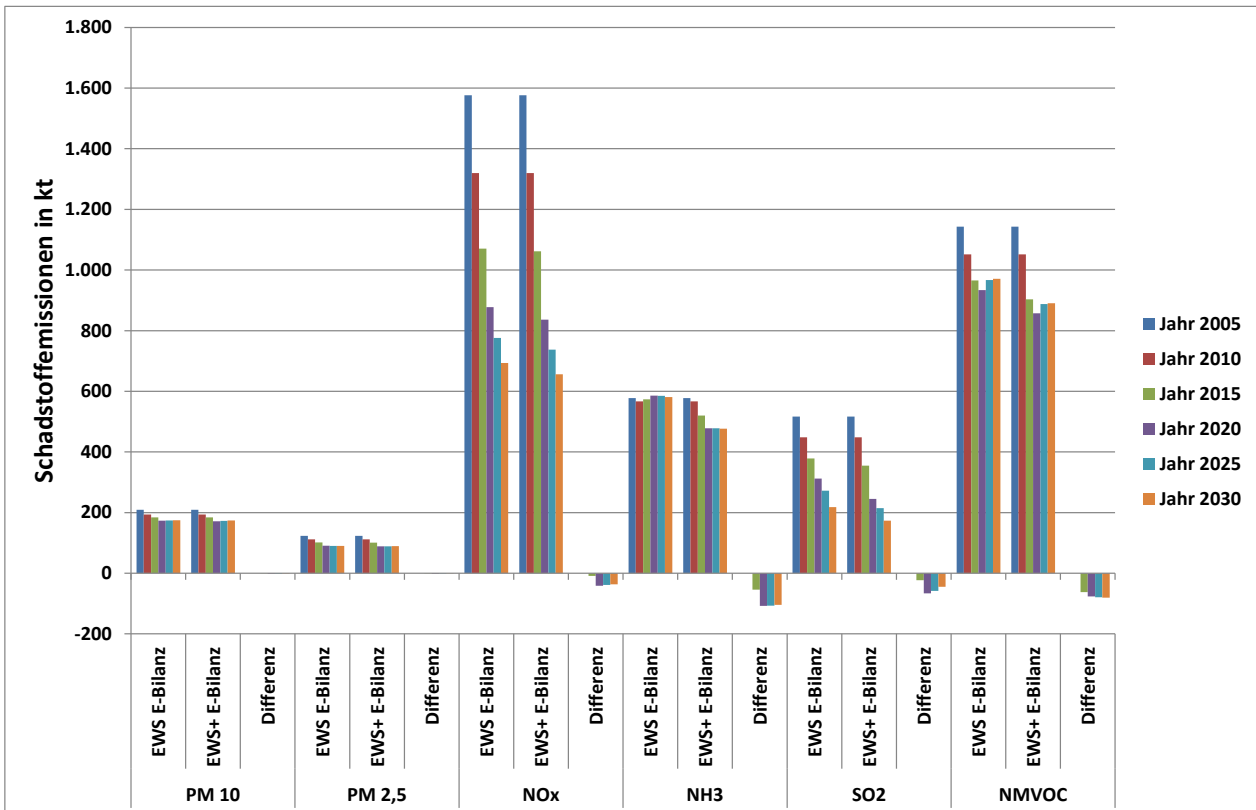
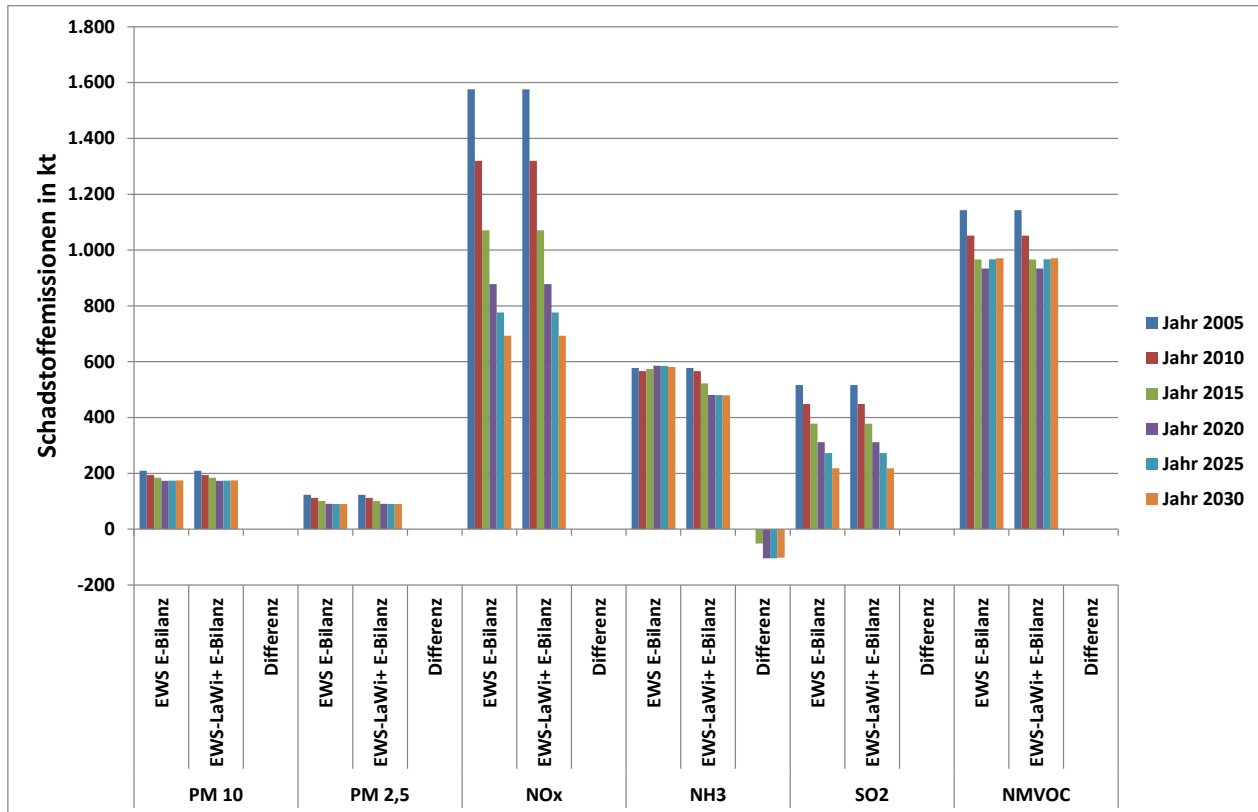


Abbildung 3-18: Vergleich der Emissionen im Energiewendeszenario (EWS) und im Energiewendeszenario mit zusätzlichen Luftreinhaltemaßnahmen (EWS+), Energiebilanzprinzip



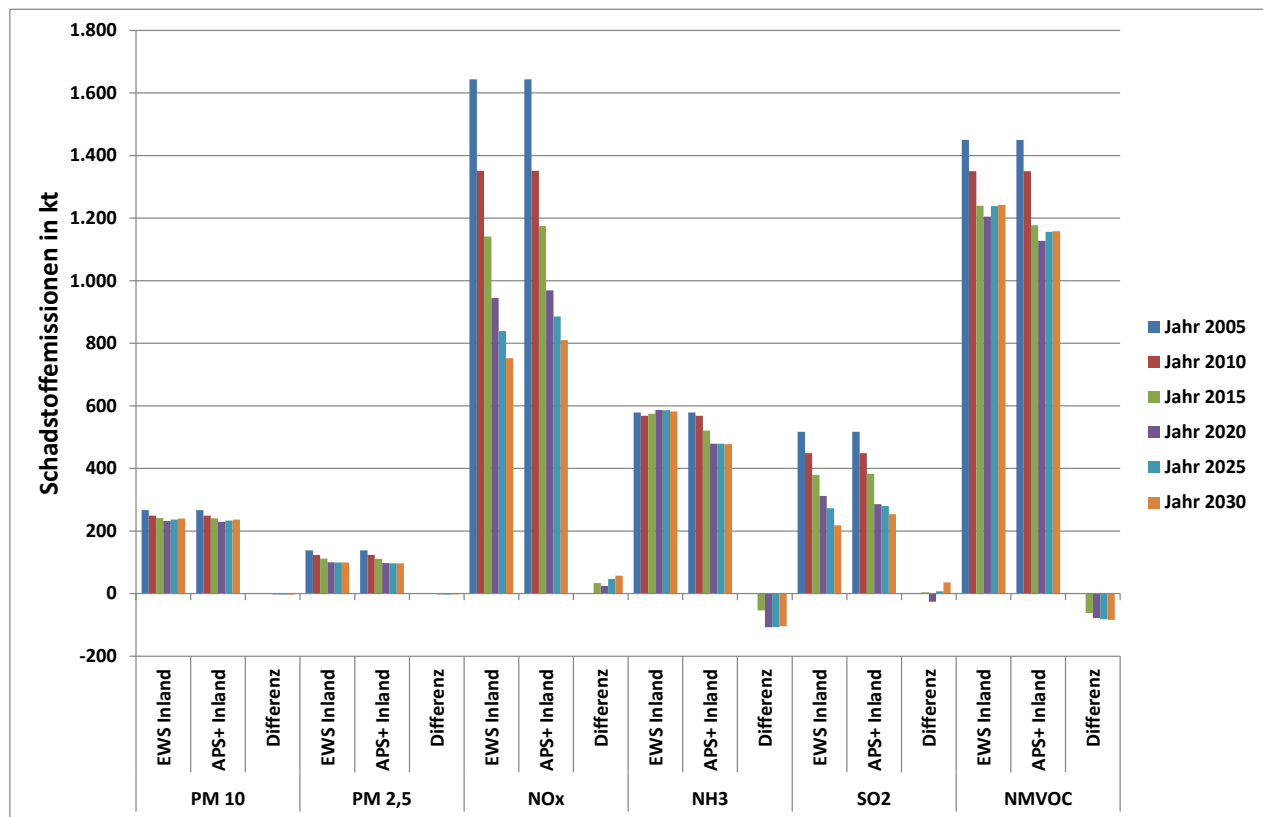
Den Einfluss von zusätzlichen Maßnahmen ausschließlich in der Landwirtschaft zeigt der Vergleich der Szenarien EWS und EWS-LaWi+ in Abbildung 3-19. Die Maßnahmen in der Landwirtschaft führen zu einer Reduktion der NH₃-Emissionen (ab 2020 ca. -20 % ggü. EWS), wohingegen die Emissionen der übrigen Luftschadstoffe unverändert bleiben.

Abbildung 3-19: Vergleich der Emissionen im Energiewendeszenario (EWS) und im Energiewendeszenario mit zusätzlichen Maßnahmen nur in der Landwirtschaft (EWS-LaWi+), Energiebilanzprinzip



Ein Vergleich von Energiewendeszenario (EWS) und Aktuelle-Politik-Szenario mit zusätzlichen Luftreinhaltemaßnahmen (APS+) in Abbildung 3-20 (Energiebilanzprinzip) zeigt, dass im APS+ niedrigere Emissionen von NH₃ und NMVOC, aber höhere Emissionen von SO₂ (mit Ausnahme von 2015) und NO_x als im EWS auftreten. Die Unterschiede bei den PM-Emissionen sind wiederum nur sehr gering.

Abbildung 3-20: Vergleich der Emissionen im Energiewendeszenario (EWS) und Aktuelle-Politik-Szenario mit zusätzlichen Luftreinhaltemaßnahmen (APS+), Energiebilanzprinzip



4 Räumliche Verteilung der deutschen Emissionen

Die räumliche Verteilung der Emissionen wurde im Rahmen dieses F&E-Vorhabens auf der Grundlage der in (Thiruchittampalam et al. 2010)³⁵ entwickelten Methoden durchgeführt. Die Datenbasis für die georeferenzierten Verteilparameter befindet sich auf dem Stand von 2007 und bezieht sich auf das Basisjahr 2005. Die Datengrundlage wurde im F&E-Vorhaben „Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung - PAREST“ (UFOPLAN FKZ 206 43 200/01)³⁶ erstellt und für die Berechnungen in diesem Projekt weiterverwendet. Im Rahmen dieses Vorhabens wird demzufolge auf eine Aktualisierung der Verteilparameter und der zugrundeliegenden Datenbasis verzichtet. Dieses Vorgehen hat den Vorteil, dass die Ergebnisse mit denen des PAREST-Vorhabens vergleichbar sind.

Im Folgenden wird eine zusammenfassende Beschreibung der Vorgehensweise und der verwendeten Verteilparameter gegeben. Im Rahmen von PAREST wurde erstmals eine Methode entwickelt, um Luftschadstoffemissionen in einer Auflösung von 1 Bogenminute x 1 Bogenminute Breitengrad (1/60 Grad) räumlich aufzulösen. Dies stellt bis dato die höchste Auflösung für Deutschland dar. Bei der entwickelten Methodik kommt ein Top-Down-Ansatz zur Anwendung. Bei der Top-Down-Methodik werden jährliche nationale Emissionen mit Hilfe von regionalen und rasterbasierten Indikatoren auf ein Zielgitter disaggregiert.

Das Modellgebiet umfasst eine Fläche mit den folgenden Eckkoordinaten: linke untere Ecke: 5,85 Grad geografische Länge, 47,2667 Grad geografische Breite und rechte obere Ecke: 15,05 Grad geografische Länge, 55,0667 Grad geografische Breite (siehe Thiruchittampalam et al. (2010)). Das Modellgebiet umfasst somit 258.366 Rasterzellen, 468 Zeilen und 552 Spalten. Die Zellgröße liegt zwischen 1,962 und 2,345 km², im Mittel sind dies 2,16 km².

Die Einteilung der eingehenden nationalen Emissionen orientiert sich im Wesentlichen an der datentechnischen Struktur des Zentralen Systems Emissionen (ZSE) des Umweltbundesamtes. Die eingehenden nationalen Emissionen werden dementsprechend in der sogenannten Strukturelementsystematik verarbeitet und am Ende auf der Gitterebene in der SNAP-Nomenklatur ausgegeben (siehe für die Details den Teilbericht „Berechnung von räumlich hochaufgelösten Emissionen für Deutschland“ des PAREST-Vorhabens).

Die räumliche Verteilung von nationalen Emissionsinventaren kann im Wesentlichen in zwei Teilschritte eingeteilt werden. Der erste Schritt der räumlichen Verteilung findet auf der Ebene der administrativen Einheiten, unter der Zuhilfenahme von sektorspezifischen Indikatoren auf der regionalen Ebene, statt. Der zweite Schritt ist es, die regionalisierten sektoralen Emissionen innerhalb der administrativen Einheit mit georeferenzierten Parametern auf die Gitterzellen aufzulösen.

Die Regionalisierung der Emissionen kann entweder auf der Kreis- oder der Gemeinde-Ebene durchgeführt geführt werden. In der Regel sind keine ausreichenden Informationen auf der Gemeindeebene vorhanden, so dass eine höhere Auflösung als auf der Kreisebene nicht praktikabel ist. Der Schritt der Regionalisierung wird zum einen angewendet, um Ergebnisse auch auf der administrativen Ebene zur Verfügung zu stellen, zum anderen ist es schlichtweg die

³⁵ B. Thiruchittampalam, R. Köble, J. Theloke, U. Kugler, M. Uzbasich, T. Kampffmeyer: Berechnung von räumlich hochaufgelösten Emissionen für Deutschland., Satellitenbericht zu „Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung“, UFOPLAN Vorhaben, FKZ 206 43 200/01

³⁶ Zusammenfassender Schlussbericht: (UBA 2012)

Notwendigkeit, da manche Indikatoren, insbesondere sozioökonomische Statistiken nur auf der regionalen Ebene vorhanden sind (meist auf Kreisebene z.B. Beschäftigtenzahlen, in manchen Fällen wie der Bevölkerung auch auf der Gemeindeebene).

Die Kombination der Regionalisierung und der Gitterverteilung des Emissionsmodells kann allgemein anhand folgender Gleichung beschrieben werden:

$$E_{s,u,p,i} = \left(E_{i,s,u,j} \frac{x_{s,u,p,N}}{\sum_{N=1}^n x_{s,u,p,N}} \right) \frac{y_{i,N,s,u,p}}{\sum_{i=1}^n y_{i,N,s,u,p}}$$

Mit E = Emission, s = Quellgruppe, t =Subsektor, f = Energieträger, p = Schadstoff, i = Gitterzell-ID, N =Kreis- oder auch ggf. Gemeinde-ID, x = Verteilparameter administrative Ebene, y = Verteilparameter Gitterebene.

Die obige Gleichung beschreibt die räumliche Verteilung der Emissionen mit den zugehörigen Modellierungsparametern für Deutschland innerhalb des Modelgebiets.

Die Regionalisierung findet auf der Grundlage von sektor-, subsektor-, energieträger-, und schadstoffspezifischen Anteilen der jeweiligen Verteilparameter auf der administrativen Ebene (Kreis- oder Gemeinde) statt. Der zweite Teil der Gleichung beschreibt die Verteilung der regionalisierten Daten auf das Gitter innerhalb der jeweiligen administrativen Einheit. Die Parameter der Gitterverteilung sind wiederum unterschiedlich je nach Quellgruppe, Subsektor, Energieträger und Schadstoff. Bei der Umsetzung der Gitterverteilung werden die sektorspezifischen Emissionen noch zusätzlich nach der räumlichen Ausdehnung der jeweiligen Quellgruppe eingeteilt: in Punkt-, Linien- und Flächenquellen.

Punktquellen sind einzelne stationäre Emissionsquellen mit sehr hoher Emissionsrate und relativ geringer räumlicher Ausdehnung. Beispiele für Punktquellen sind Kraftwerks- und Industrieanlagen, größere Flughäfen usw. Aufgrund der hohen Bedeutung und des Einflusses von Punktquellen auf regionale als auch weiträumige Luftbelastungen sind Punktquellen mit hohen Emissionsraten in der Regel sehr gut erfasst und sind zu einem großen Teil auch bereits digital verfügbar. Punktquellen werden zunächst mit Hilfe von Verbrauchs- oder Produktionszahlen administrativen Einheiten zugeordnet. Die Gitterzuordnung findet im zweiten Schritt anhand der Koordinaten der spezifischen Punktquelle statt. Neben den industriellen Feuerungsprozessen sind auch die LTO-Emissionen³⁷ aus Flughäfen für die Punktquellverteilung von Bedeutung. Bei den LTO-Emissionen handelt es sich um Emissionen, welche unterhalb von 1000 m bei Start- und Landevorgängen emittiert werden. Die Grundlage für die räumliche Verteilung der Emissionen aus dem Flugverkehr sind die Flughafenstandorte des Basisjahres 2005. Somit sind insbesondere Veränderungen wie Stilllegung und Neubau seit 2005 nicht berücksichtigt, dies betrifft speziell die Flughäfen Tempelhof und Berlin-Brandenburg.

Als Linienquellen werden solche Quellgruppen kategorisiert, welche einen linienförmigen Verlauf mit einer geringen Breite haben. Dies sind vor allem Verkehrsträger wie Straßen-, Schienen- und Schiffsverkehr. Die räumliche Verteilung wird – sofern vorhanden – mit den linien-

³⁷ LTO = Landing and Take-Off

segmentabhängigen Aktivitäten wie beispielsweise der Anzahl der Fahrzeuge im Jahr durchgeführt.

Als Flächenquellen werden alle Quellen bezeichnet, welche aufgrund ihrer Ausdehnung entweder aus vielen einzelnen Quellen bestehen, z. B. Haushaltsfeuerungen, oder aufgrund der Quellstruktur nicht eindeutig lokalisierbar sind, z. B. landwirtschaftliche Emissionen. Die Kategorisierung der Quellgruppen in die Kategorie erfolgt teilweise anhand der Verfügbarkeit von Verteilparametern. Als Flächenquellen werden alle Emissionen eingeordnet, welche entweder aufgrund fehlender Informationen nicht als Punkt- oder Linienquelle beschrieben werden können oder aufgrund der flächenhaften Ausdehnung als Flächenquelle verteilt werden. Der erste Teilschritt beschreibt die Verteilung der Emissionen auf der NUTS3-Ebene³⁸ und der zweite die Rasterauflösung. Die räumliche Verteilung der Flächenquellen auf die Kreise wird anhand sozioökonomischer Informationen wie beispielsweise Beschäftigtenzahlen untergliedert nach Wirtschaftszweigen oder landwirtschaftlichen Tierzahlen durchgeführt. Die Gitterzuordnung für die Emissionen resultiert aus der Zuordnung der betreffenden Emissionsquellen zur zugehörigen Landnutzungs-kategorie. Emissionen, welche als Flächenquelle dargestellt werden, können geometrisch als Polygone beschrieben werden. Die Datenquellen der einzelnen sektorspezifischen Verteilparameter können dem Teilbericht „Berechnung von räumlich hochaufgelösten Emissionen für Deutschland“ des PAREST-Vorhabens entnommen werden.

Eine Sonderstellung bei den Flächenquellen hat die Holzfeuerung bei den Haushalten, insbesondere aufgrund des hohen Feinstaubanteils aus den Holzfeuerungen. Der im Teilbericht „Berechnung von räumlich hochaufgelösten Emissionen für Deutschland“ des PAREST-Vorhabens beschriebene Ansatz zur regionalen Verteilung basiert im Wesentlichen auf den Ergebnissen einer Studie von Mantau & Sörgel (2006)³⁹ zur Energieholz-anwendung in Privathaushalten. Die entwickelte Methodik kombiniert unterschiedliche Informationen wie die Ortsgrößenklassenverteilung in der Rasterzelle, die Anzahl der Haushalte und den Anteil der Haushalte mit Holzfeuerungen in der Rasterzelle und schließlich den Anteil der Waldfläche im Bezirk zu einem Gesamtansatz. Die Ergebnisse zeigen deutlich sichtbar den höheren Holzverbrauch pro Rasterzelle in Regionen hoher Bevölkerungsdichte (z.B. Berlin) und in Regionen mit hohem Waldanteil (z. B. Schwarzwald).

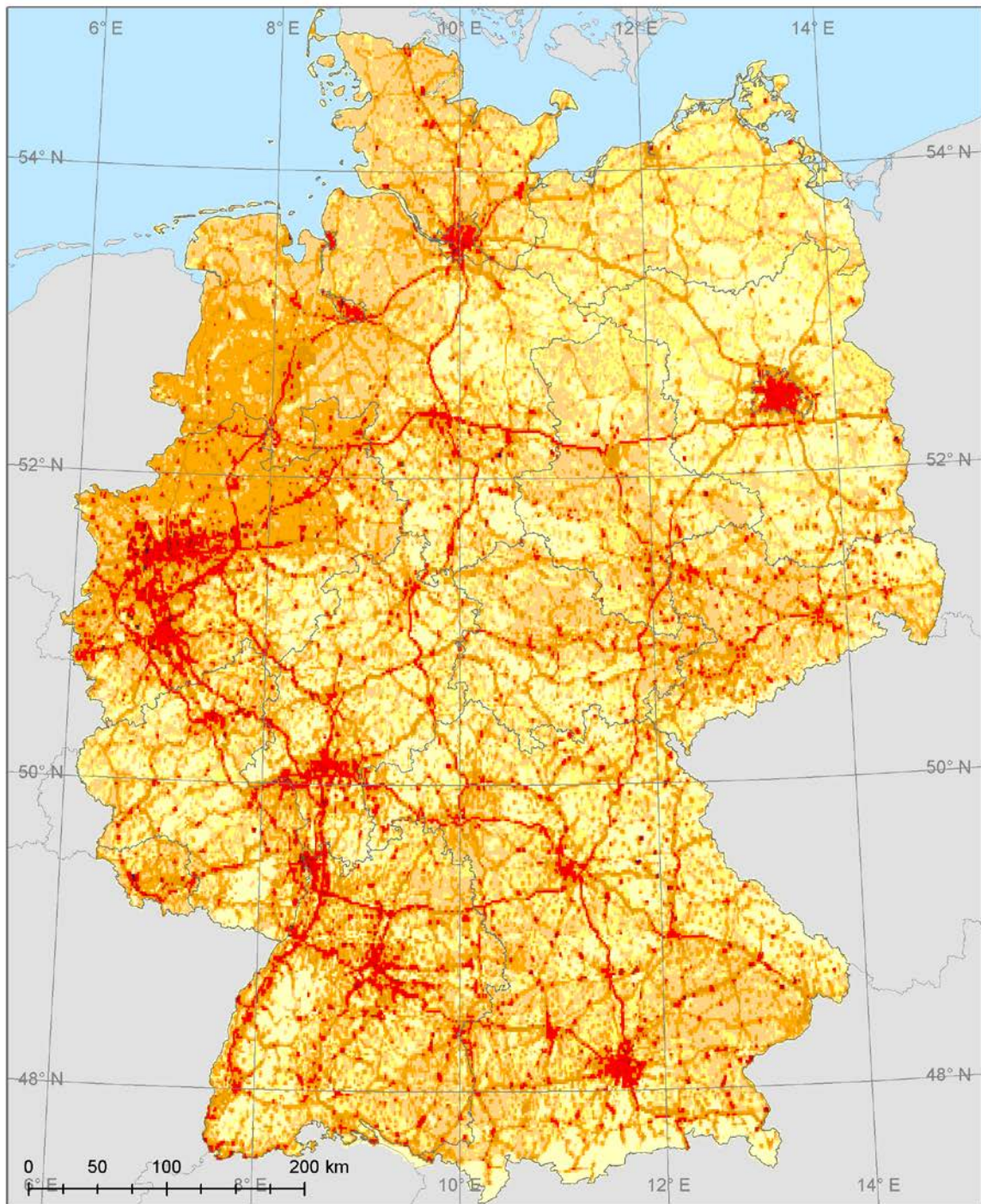
Auf Basis der in diesem Projekt zusammengestellten Emissionsdaten und den oben genannten Methoden konnten alle Szenarien räumlich aufgelöst zur Konzentrationsbestimmung zur Verfügung gestellt werden.

Die folgenden Abbildungen zeigen die räumlich aufgelösten Emissionsdaten für PM₁₀, PM_{2,5}, NO_x, NH₃, SO₂ und NMVOC, jeweils für das Basisjahr 2005 und das APS-Szenario 2030.

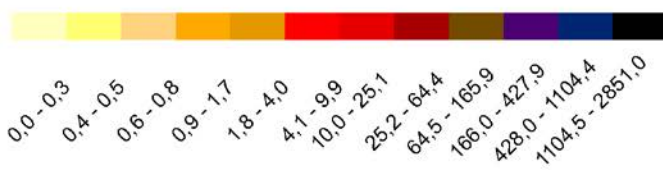
³⁸ NUTS =Nomenclature of Units for Territorial Statistics

³⁹ MANTAU, U. u. SÖRGEL, C. 2006: Energieholzverwendung in privaten Haushalten.

Abbildung 4-1: APS-Szenario 2005 PM₁₀-Emissionen



Luftqualität 2020/2030: APS-Szenario 2005
PM₁₀-Emissionen in 1min x 1min [t/Jahr]

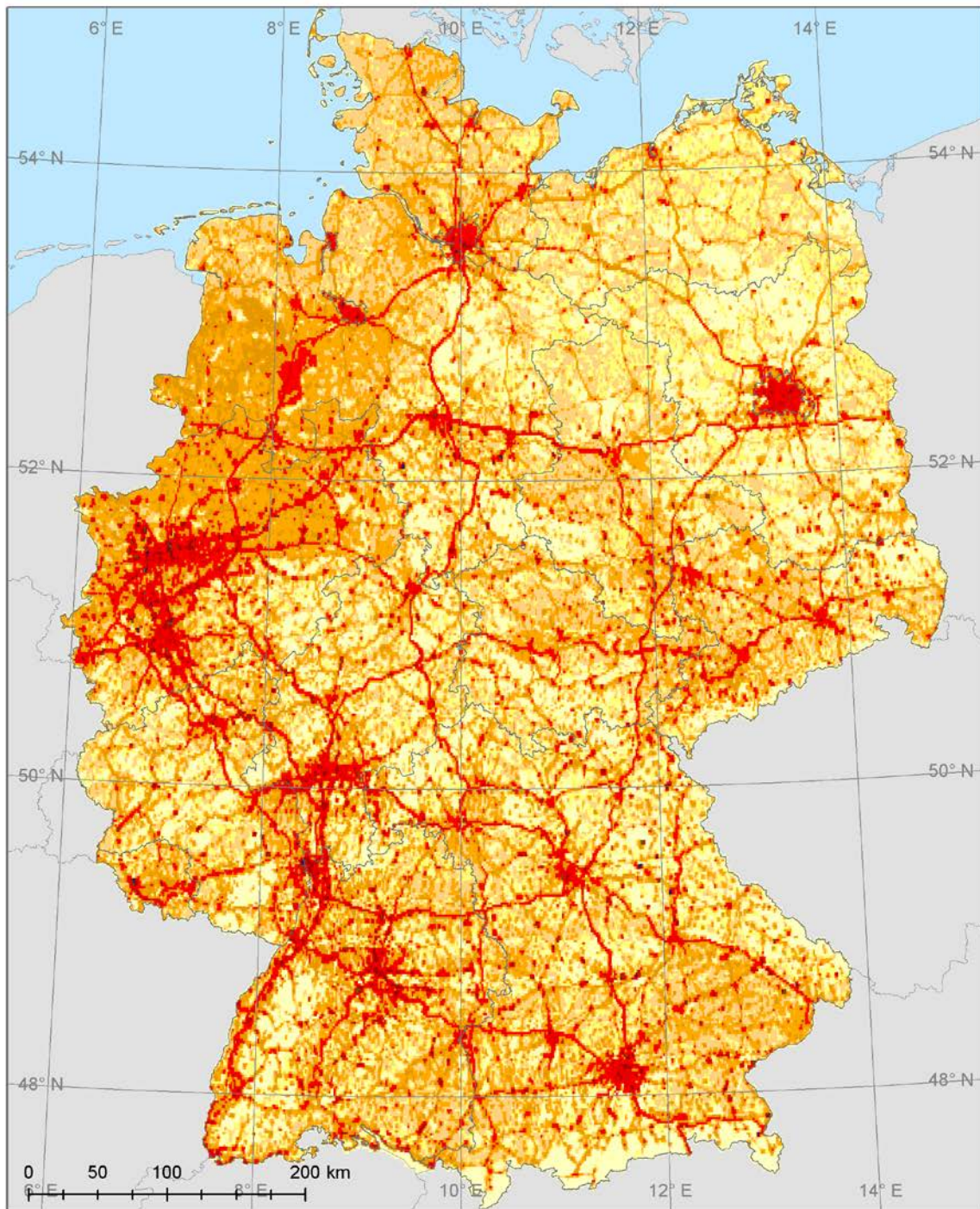


Institut für Energiewirtschaft und
Rationelle Energieanwendung **IER**

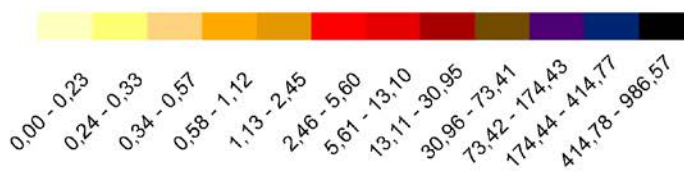
 **Universität Stuttgart**

Koordinatensystem: ETRS 1989 LAEA 52N 10E
Projektion: Lambert Azimutal Equal Area

Abbildung 4-2: APS-Szenario 2030 PM₁₀-Emissionen



Luftqualität 2020/2030: APS-Szenario 2030
PM10-Emissionen in 1min x 1min [t/Jahr]

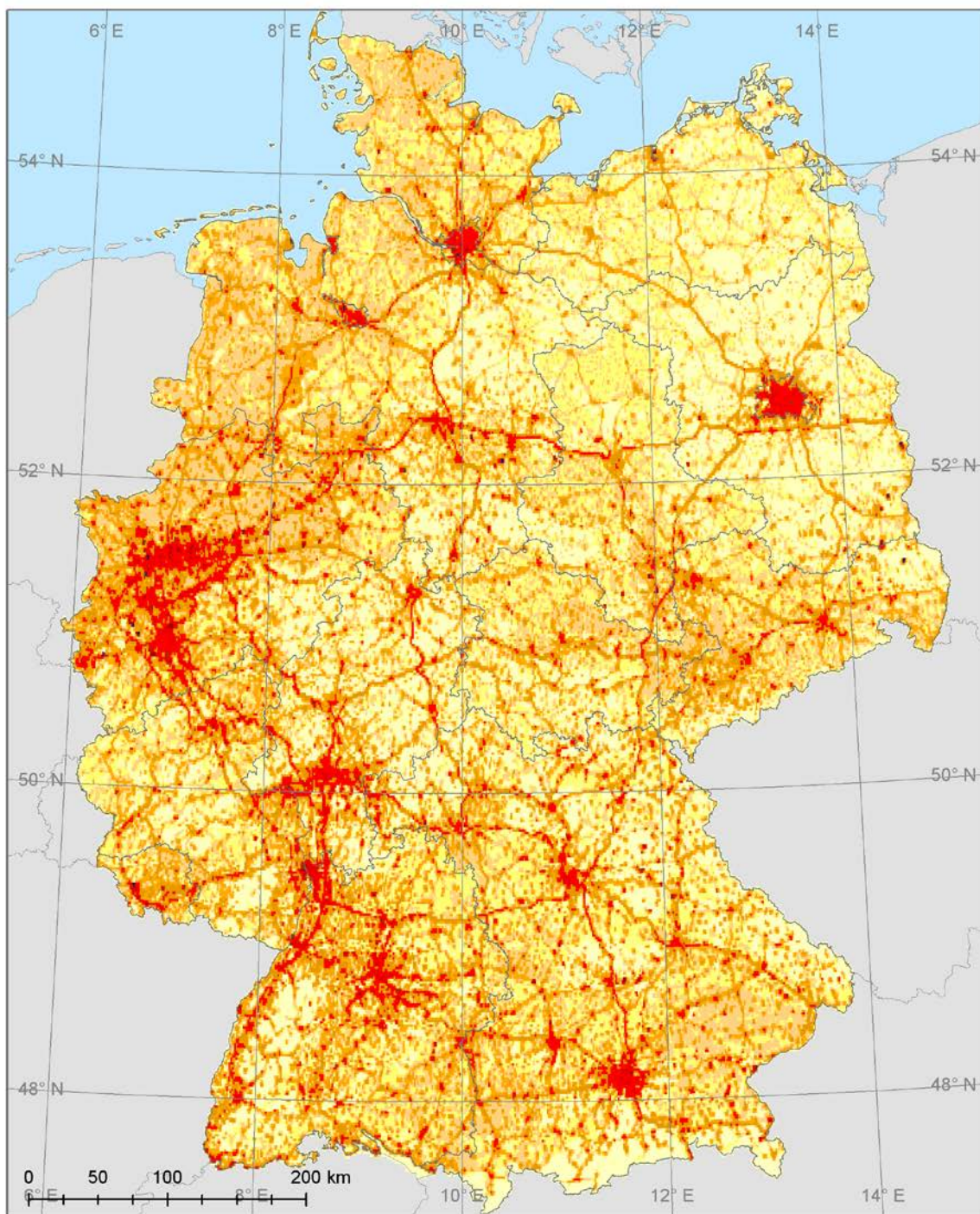


Institut für Energiewirtschaft und
Rationelle Energieanwendung **IER**

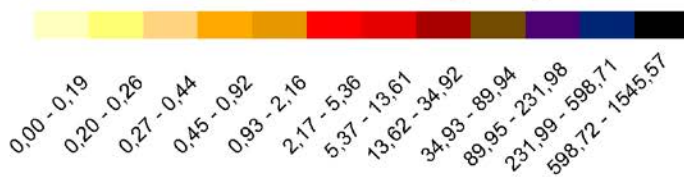
 **Universität Stuttgart**

Koordinatensystem: ETRS 1989 LAEA 52N 10E
Projektion: Lambert Azimutal Equal Area

Abbildung 4-3: APS-Szenario 2005 PM_{2,5}-Emissionen



Luftqualität 2020/2030: APS-Szenario 2005
PM_{2.5}-Emissionen in 1min x 1min [t/Jahr]

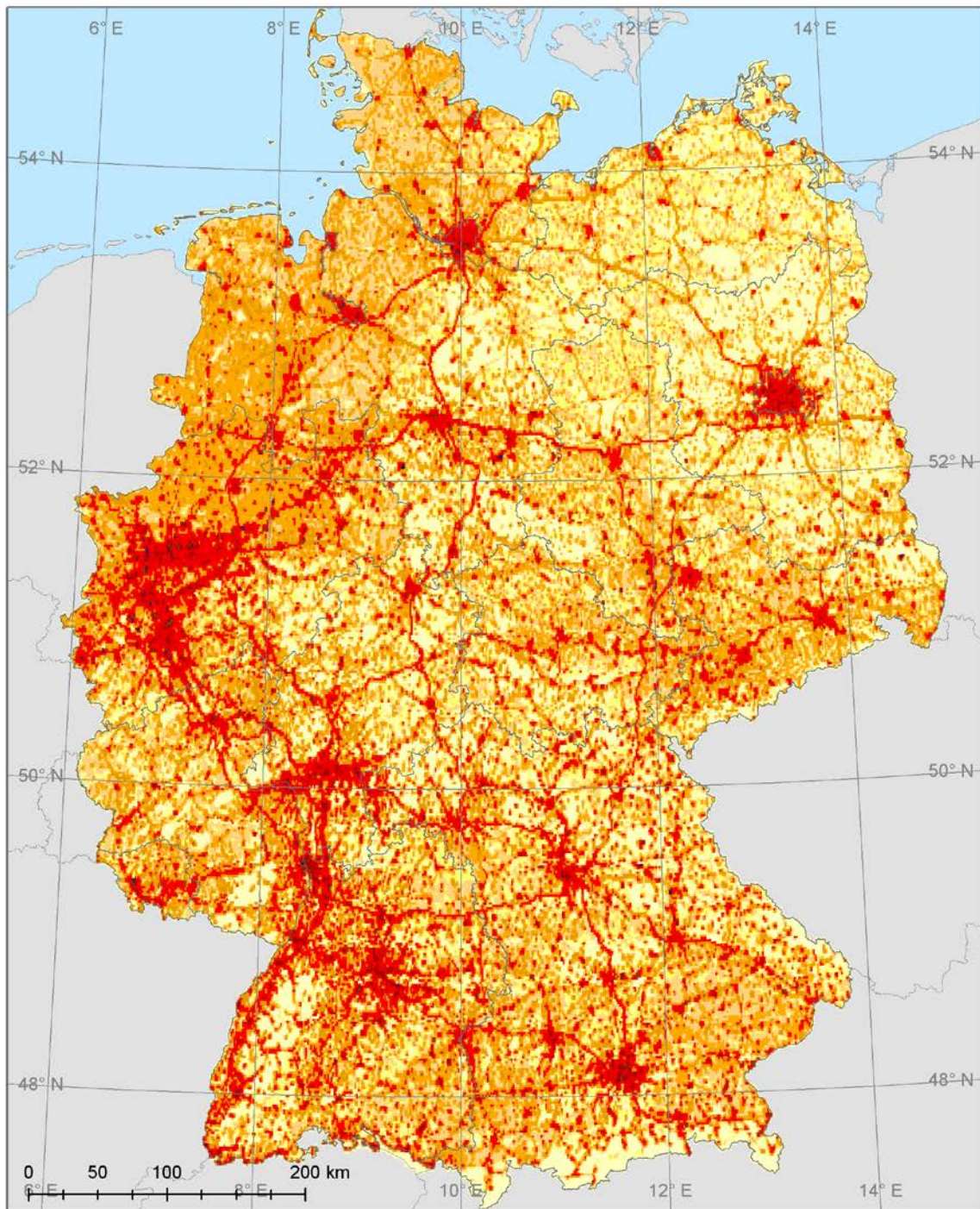


Institut für Energiewirtschaft und
Rationelle Energieanwendung **IER**

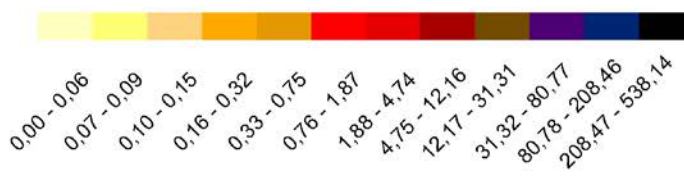
 **Universität Stuttgart**

Koordinatensystem: ETRS 1989 LAEA 52N 10E
Projektion: Lambert Azimutal Equal Area

Abbildung 4-4: APS-Szenario 2030 PM_{2,5}-Emissionen



Luftqualität 2020/2030: APS-Szenario 2030
PM_{2.5}-Emissionen in 1min x 1min [t/Jahr]

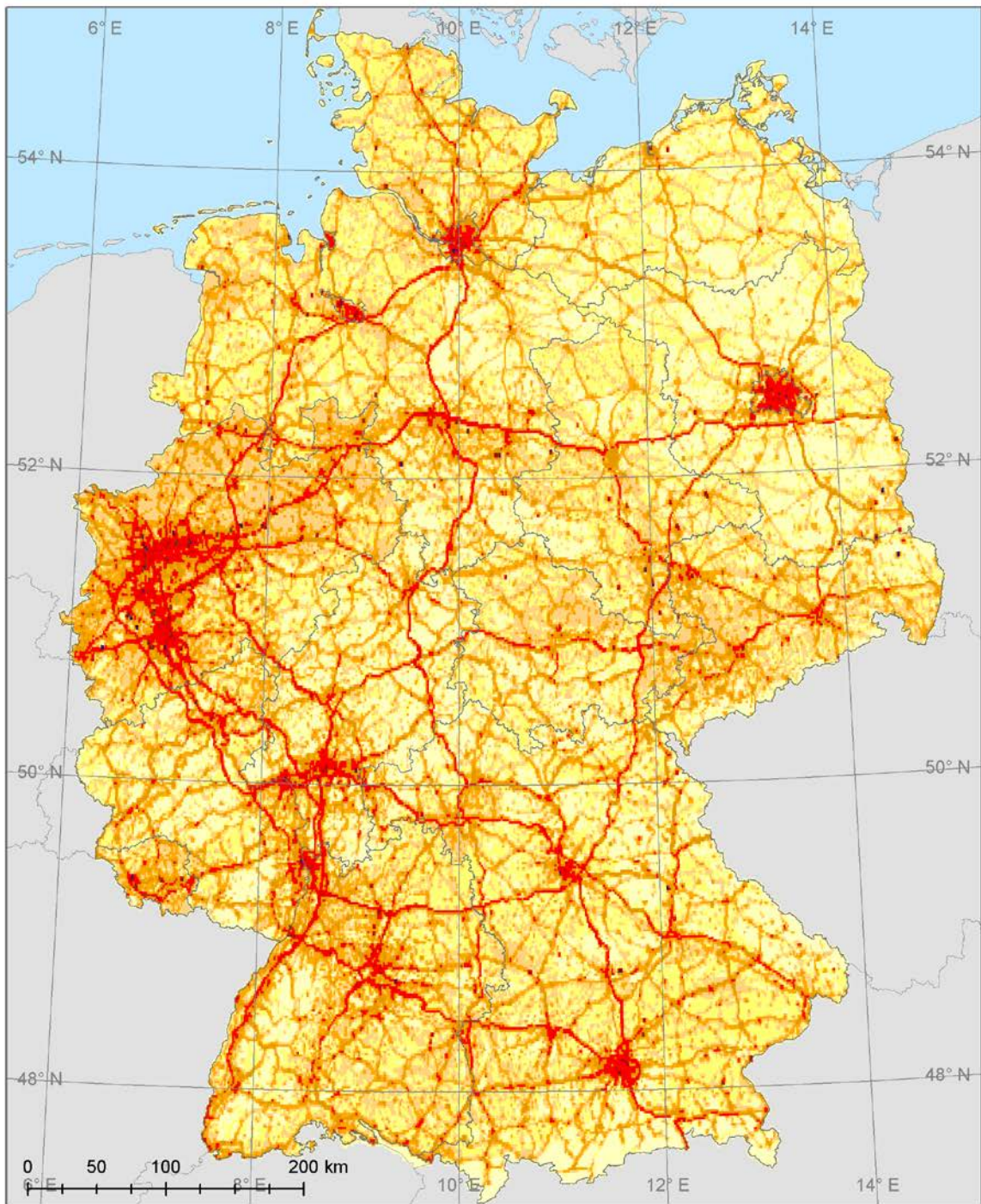


Institut für Energiewirtschaft und
Rationelle Energieanwendung **IER**

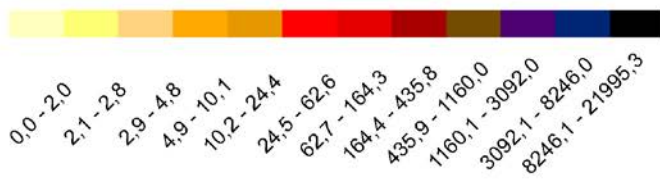
 **Universität Stuttgart**

Koordinatensystem: ETRS 1989 LAEA 52N 10E
Projektion: Lambert Azimutal Equal Area

Abbildung 4-5: APS-Szenario 2005 NO_x-Emissionen



Luftqualität 2020/2030: APS-Szenario 2005
NO_x-Emissionen in 1min x 1min [t/Jahr]

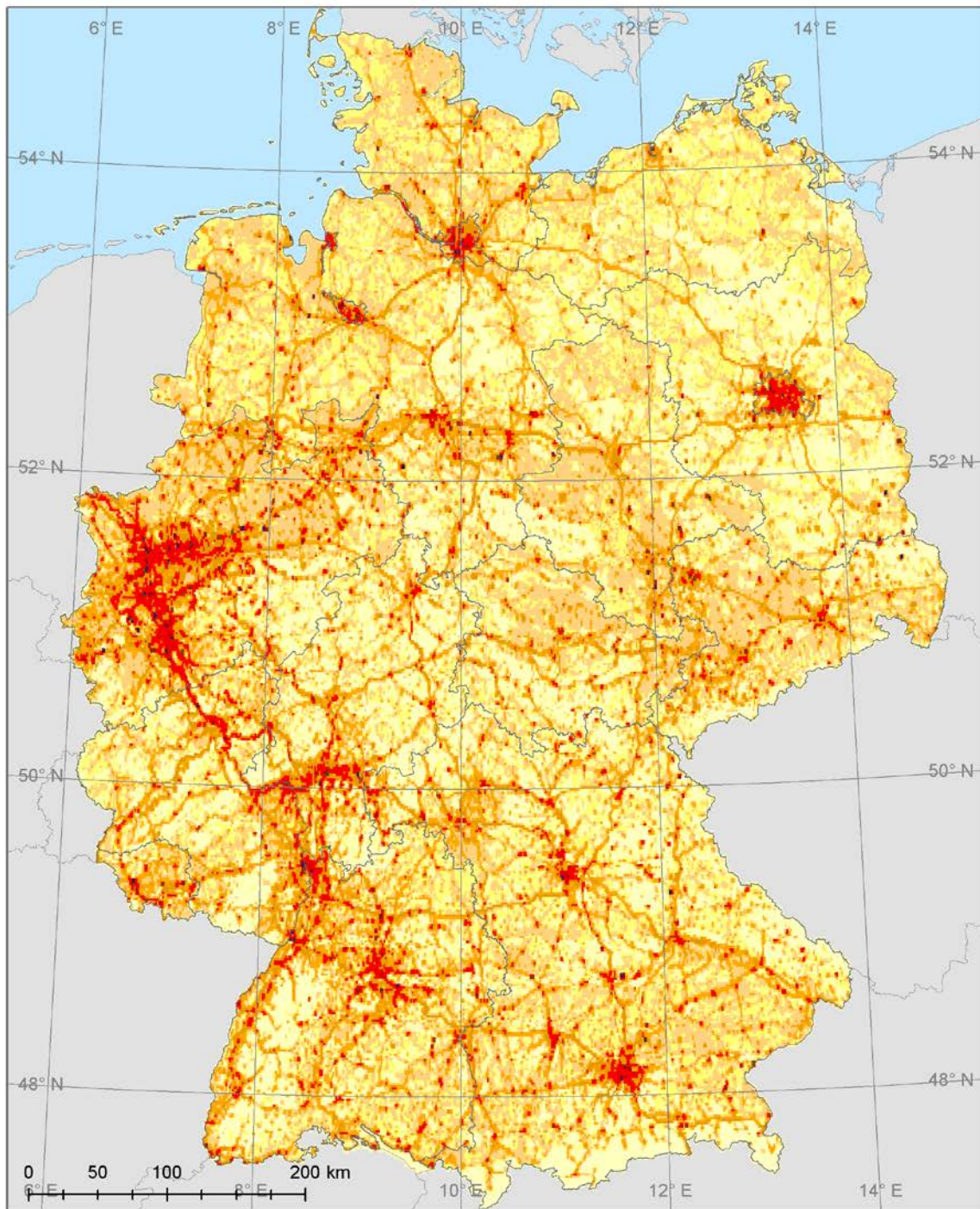


Institut für Energiewirtschaft und
Rationelle Energieanwendung **IER**

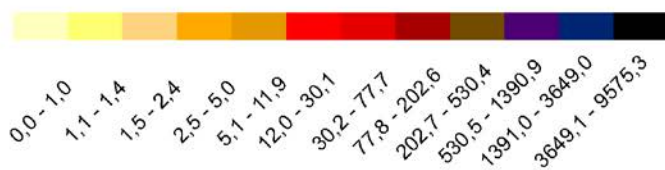
 **Universität Stuttgart**

Koordinatensystem: ETRS 1989 LAEA 52N 10E
Projektion: Lambert Azimutal Equal Area

Abbildung 4-6: APS-Szenario 2030 NO_x-Emissionen



Luftqualität 2020/2030: APS-Szenario 2030
NO_x-Emissionen in 1min x 1min [t/Jahr]

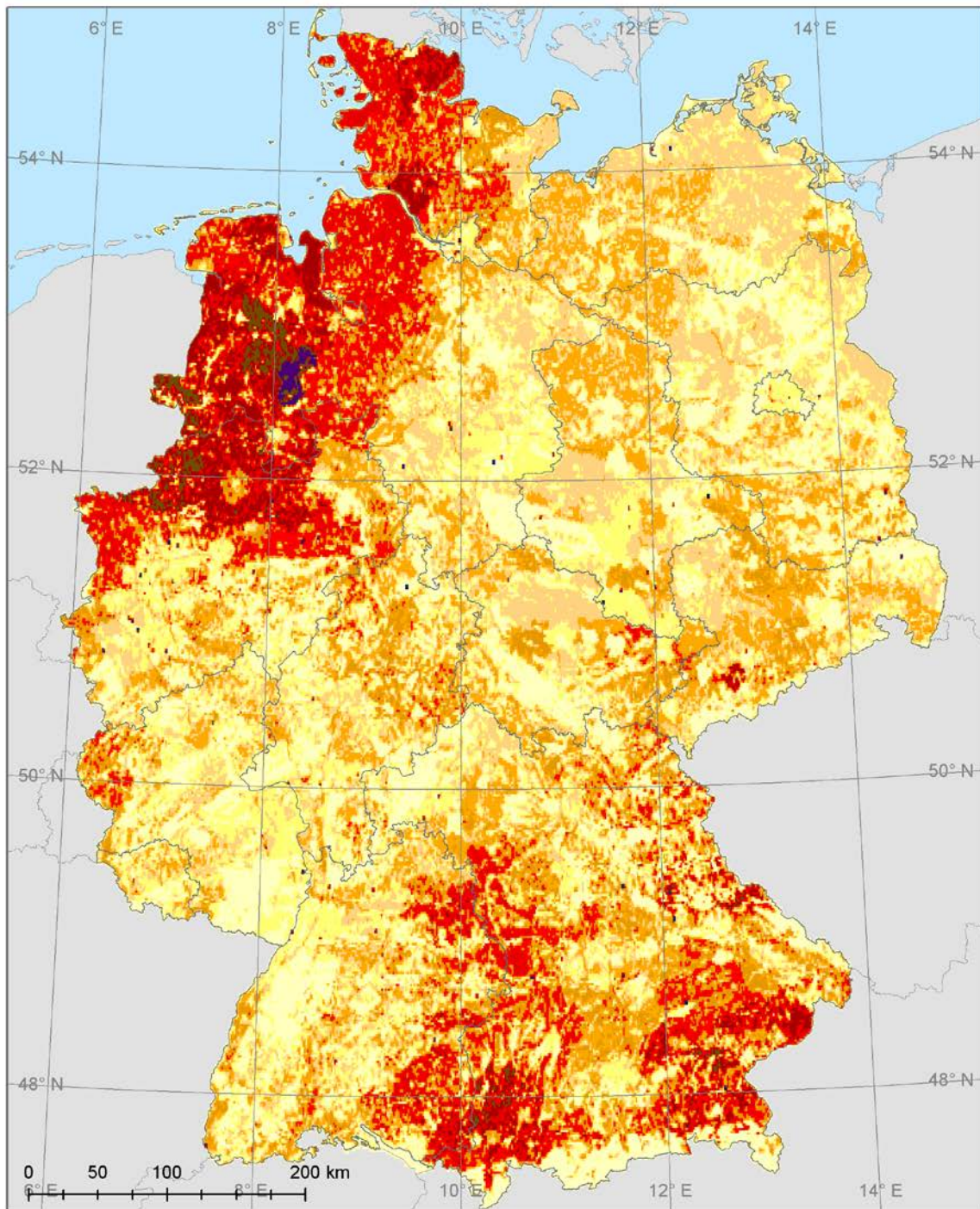


Institut für Energiewirtschaft und
Rationelle Energieanwendung **IER**

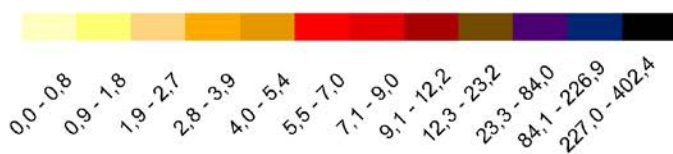
 **Universität Stuttgart**

Koordinatensystem: ETRS 1989 LAEA 52N 10E
Projektion: Lambert Azimutal Equal Area

Abbildung 4-7: APS-Szenario 2005 NH₃-Emissionen



Luftqualität 2020/2030: APS-Szenario 2005
NH₃-Emissionen in 1min x 1min [t/Jahr]



Institut für Energiewirtschaft und
Rationelle Energieanwendung

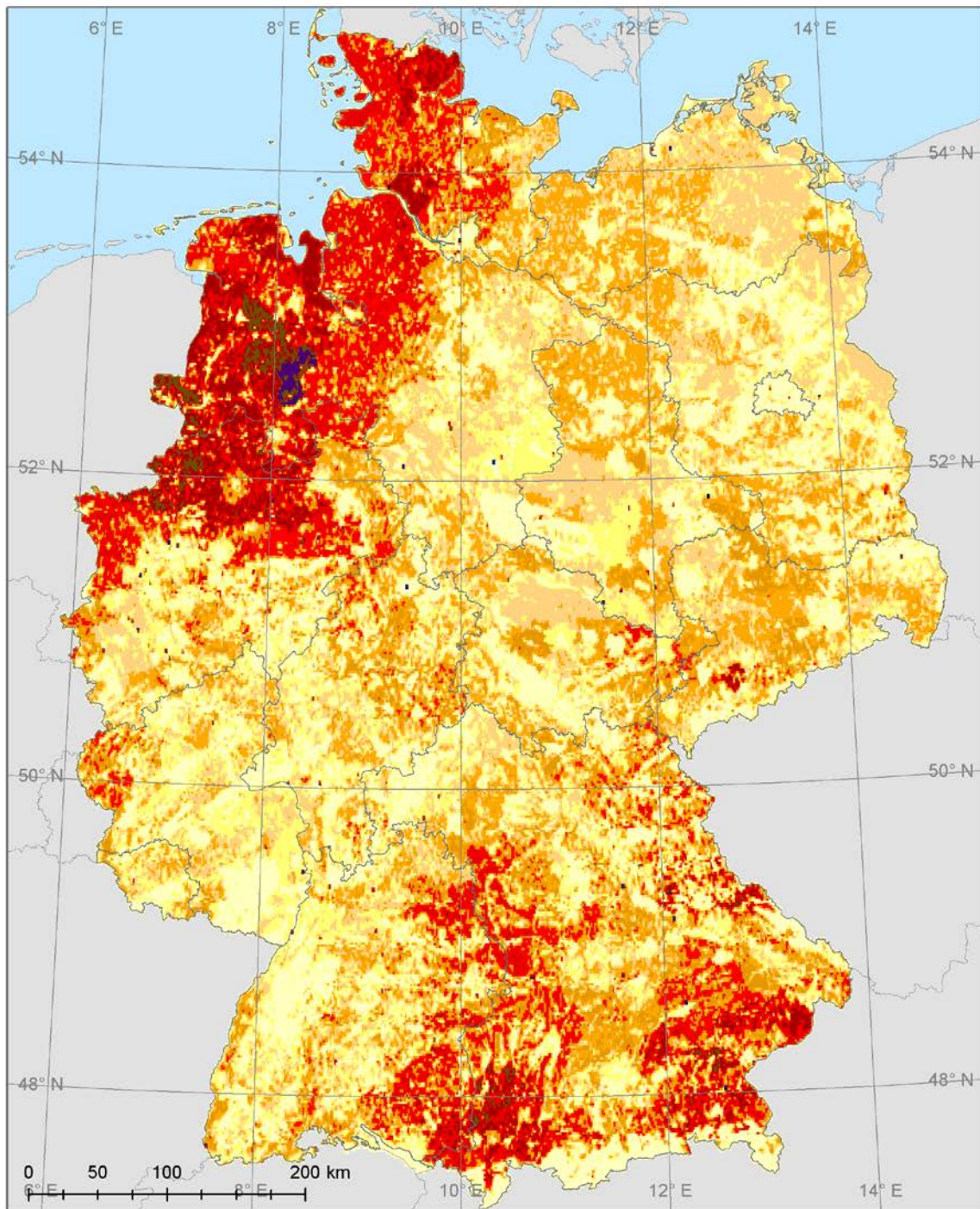
IER



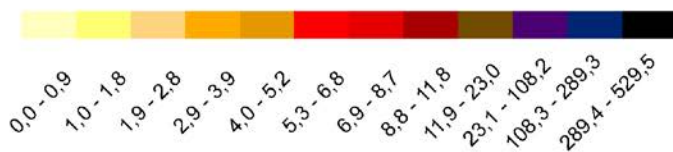
Universität Stuttgart

Koordinatensystem: ETRS 1989 LAEA 52N 10E
Projektion: Lambert Azimutal Equal Area

Abbildung 4-8: APS-Szenario 2030 NH₃-Emissionen



Luftqualität 2020/2030: APS-Szenario 2030
NH₃-Emissionen in 1min x 1min [t/Jahr]



Institut für Energiewirtschaft und
Rationelle Energieanwendung

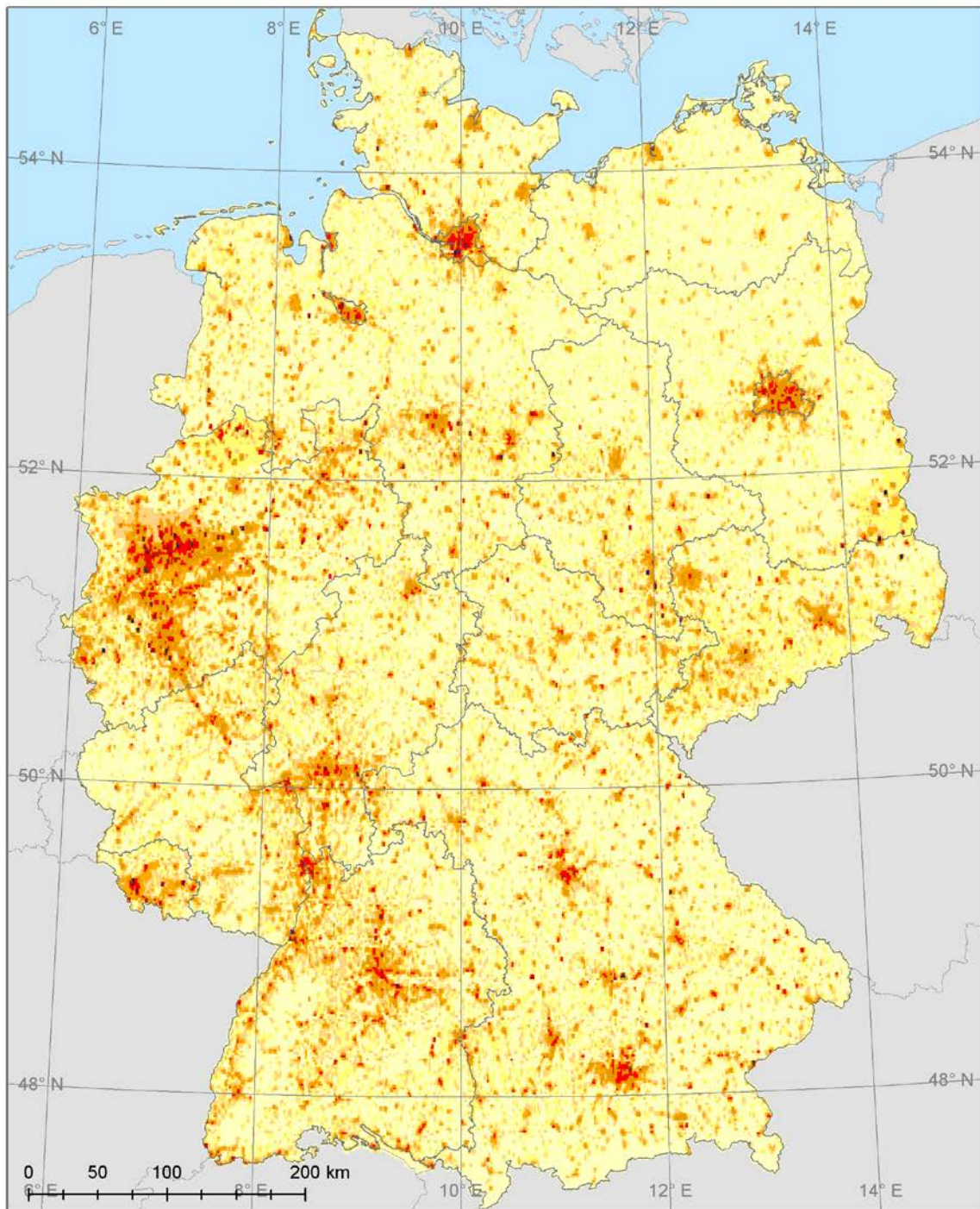
IER



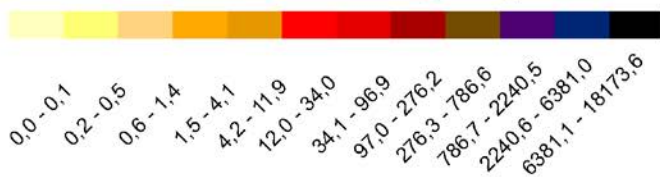
Universität Stuttgart

Koordinatensystem: ETRS 1989 LAEA 52N 10E
Projektion: Lambert Azimutal Equal Area

Abbildung 4-9: APS-Szenario 2005 SO₂-Emissionen



Luftqualität 2020/2030: APS-Szenario 2005
SO₂-Emissionen in 1min x 1min [t/Jahr]

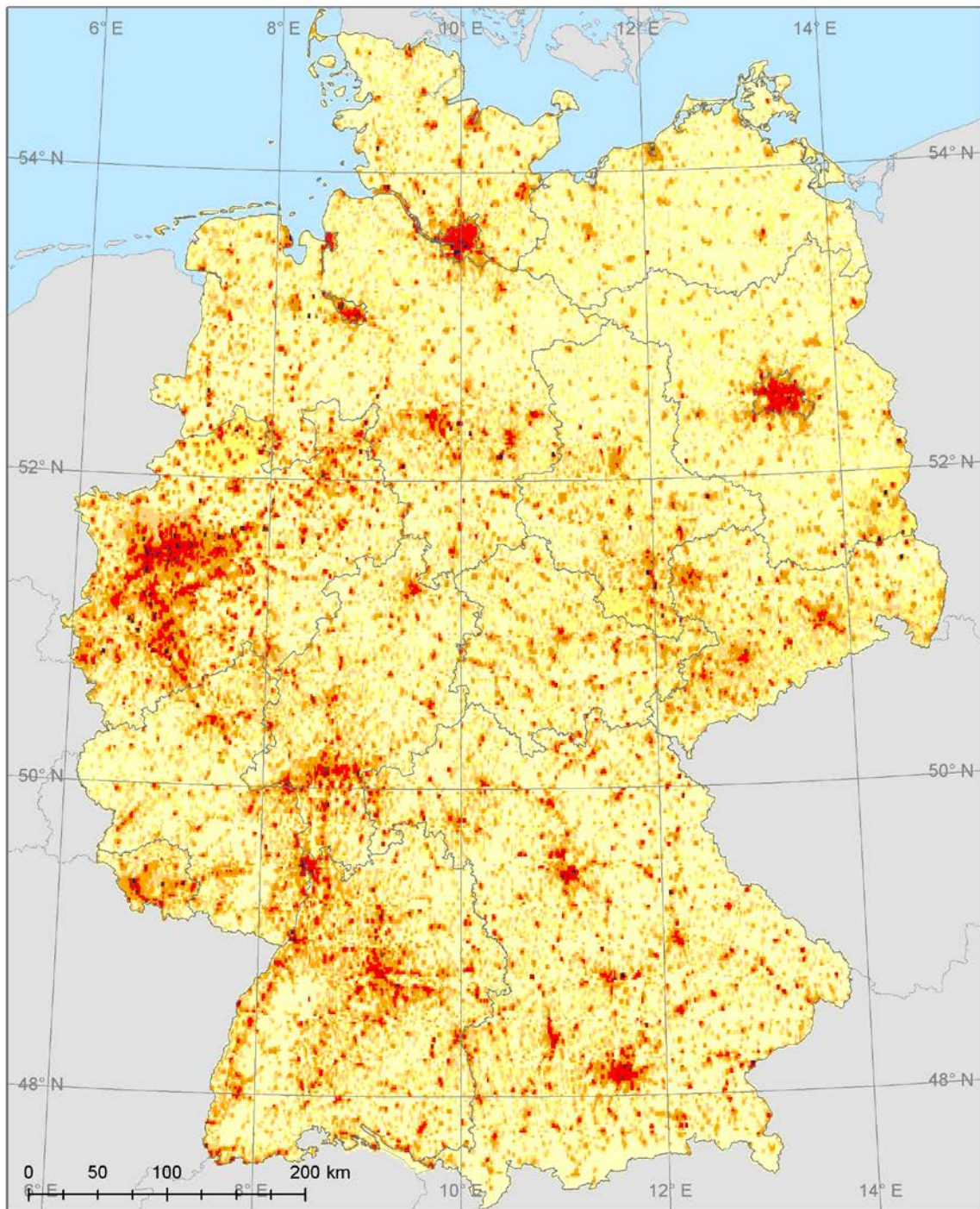


Institut für Energiewirtschaft und
Rationelle Energieanwendung **IER**

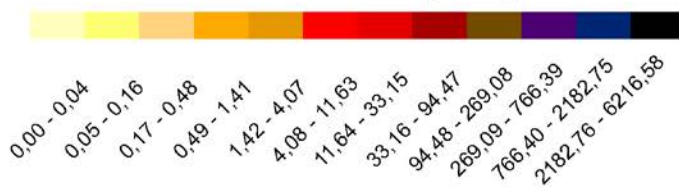
 **Universität Stuttgart**

Koordinatensystem: ETRS 1989 LAEA 52N 10E
Projektion: Lambert Azimutal Equal Area

Abbildung 4-10: APS-Szenario 2030 SO₂-Emissionen



Luftqualität 2020/2030: APS-Szenario 2030
SO₂-Emissionen in 1min x 1min [t/Jahr]



Institut für Energiewirtschaft und
Rationelle Energieanwendung

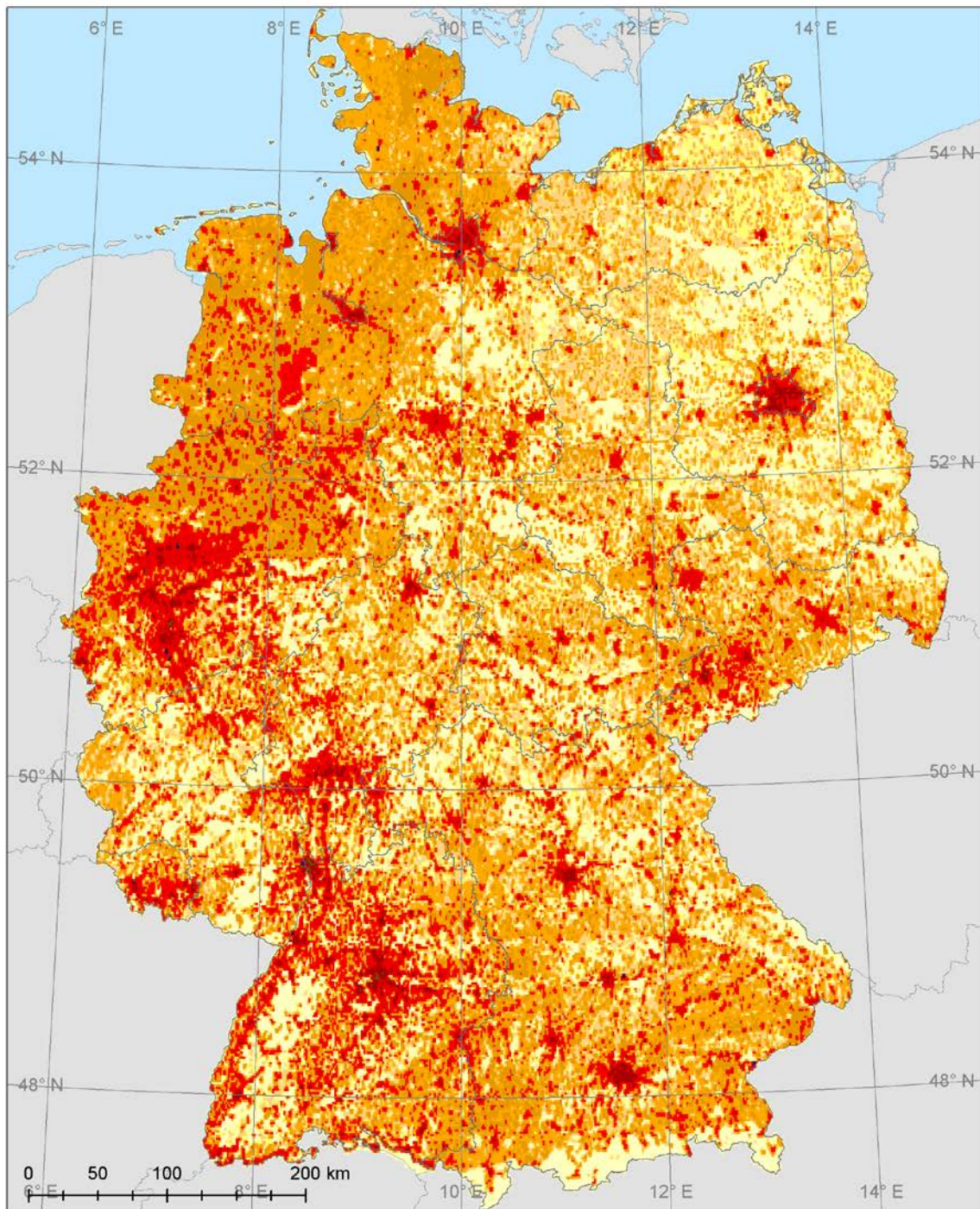
IER



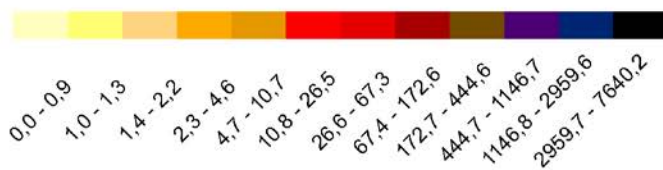
Universität Stuttgart

Koordinatensystem: ETRS 1989 LAEA 52N 10E
Projektion: Lambert Azimutal Equal Area

Abbildung 4-11: APS-Szenario 2005 NMVOC-Emissionen



Luftqualität 2020/2030: APS-Szenario 2005
NMVOC-Emissionen in 1min x 1min [t/Jahr]



Institut für Energiewirtschaft und
Rationelle Energieanwendung

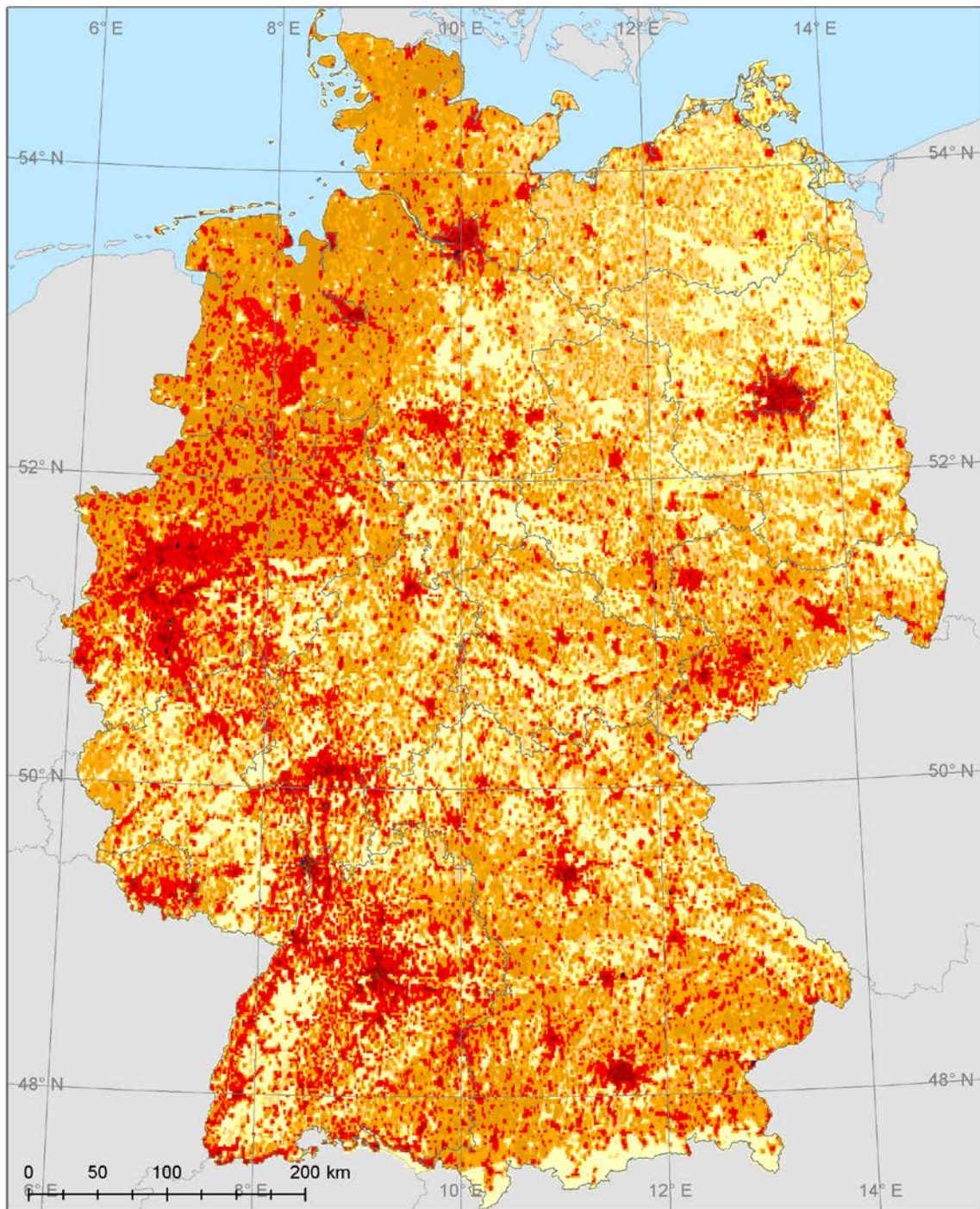
IER



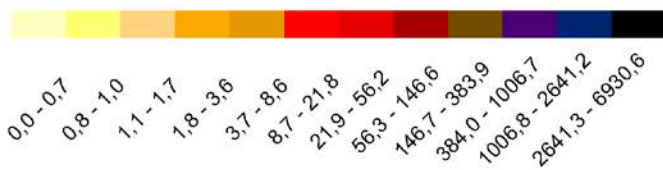
Universität Stuttgart

Koordinatensystem: ETRS 1989 LAEA 52N 10E
Projektion: Lambert Azimutal Equal Area

Abbildung 4-12: APS-Szenario 2030 NMVOC-Emissionen



Luftqualität 2020/2030: APS-Szenario 2030
NMVOC-Emissionen in 1min x 1min [t/Jahr]



Institut für Energiewirtschaft und
Rationelle Energieanwendung **IER**

 **Universität Stuttgart**

Koordinatensystem: ETRS 1989 LAEA 52N 10E
Projektion: Lambert Azimutal Equal Area

5 Gridded anthropogenic European emission data for the base year 2005 and projection years 2020, 2025 and 2030

Das folgende Kapitel über die europäische Emissionssituation ist aufgrund des internationalen Interesses in englischer Sprache verfasst.

Um internationalen Lesern und Leserinnen eine eigenständige Kenntnisnahme zu ermöglichen, ist es im Kapitel 8 Anhang I | *Annex I: Gridded anthropogenic European emission data for the base year 2005 and projection years 2020, 2025 and 2030* zu finden.

6 Modellierung ausgewählter Szenarien mit Hilfe eines Chemie-Transport-Modells

6.1 Vorgehensweise

Die immissionsseitigen Auswirkungen der Szenarien wurden mit Ausbreitungsrechnungen auf der Basis eines Chemie-Aerosol-Transportmodells bestimmt. Als Ausbreitungsmodell wurde das im Institut für Meteorologie der Freien Universität mit Unterstützung des Umweltbundesamts entwickelte REM-CALGRID-Modell (RCG-Modell, Stern, 2003; 2004) verwendet. Dieses Modell wurde bereits im Rahmen des PAREST-Projekts (Bultjies et al., 2010) für Szenarienberechnungen eingesetzt. Eine ausführliche Modellbeschreibung kann in Stern (2010a) gefunden werden.

In diesem Kapitel werden im ersten Teil die für ausgewählte Emissionsszenarien mit dem RCG-Modell für Deutschland berechneten PM_{10} , $PM_{2,5}$ und NO_2 -Immissionsminderungsraten diskutiert. Die im Rahmen des Projekts ausgeführten Modellrechnungen für Deutschland basieren auf einer Auflösung von 0.0625° Breite und 0.125° Länge. Dies entspricht in Mitteleuropa einer Maschenweite von circa 7 bis 8 km. Den Deutschlandrechnungen vorgeschaltet wurden Berechnungen für den europäischen Hintergrund. Diese Berechnungen liefern den Schadstofftransport aus dem europäischen Ausland nach Deutschland. Die verwendeten Modellgitter für die europäische bzw. die deutsche RCG-Anwendung zeigen Abbildung 10-1 und Abbildung 10-2 im Kap. 10.2.

Alle Rechnungen wurden in stündlicher Auflösung für das gesamte meteorologische Referenzjahr 2005 und für ausgewählte Szenarien auch für das Referenzjahr 2003 durchgeführt. Die meteorologischen Daten für das RCG-Modell beruhen auf dem diagnostischen Analysesystem TRAMPER (Kerschbaumer und Reimer, 2003; Kerschbaumer, 2010a). Dieses System erzeugt auf der Basis einer Optimalen Interpolation von Beobachtungen alle vom RCG-Modell benötigten meteorologischen Eingangsdaten. Für die Ausbreitungsrechnungen wurde die neueste RCG-Version verwendet, die sich von der im PAREST-Projekt verwendeten Version vor allem durch eine Verbesserung der Auswaschungsprozeduren für Feinstaub unterscheidet. Auch für die Erzeugung der meteorologischen Daten wurde eine fortgeschriebene TRAMPER-Version verwendet, die eine verbesserte Interpolation des Niederschlags und eine verbesserte Berechnung der Grenzschichtvariablen Mischungshöhe und Schubspannungsgeschwindigkeit beinhaltet. Eine Bewertung dieser Fortschreibungen im Vergleich zu den Ergebnissen aus dem PAREST-Projekt erfolgt ebenfalls in diesem Bericht.

Im zweiten Teil wird auf der Basis einer Datenassimilationstechnik (Optimale Interpolation, OI) eine flächendeckende Prognose der PM_{10} - und NO_2 -Luftqualität in Deutschland für die Jahre 2020, 2025 und 2030 vorgestellt. Ausgangspunkt für die Prognose der Luftqualität ist das Jahr 2005, das Referenzjahr des Projekts Luftqualität 2020/2030, Zieljahre sind 2020, 2025 und 2030. Für diese Jahre werden mit Hilfe der OI und den RCG-Ergebnissen für das Ausgangsjahr 2005 sowie für die Zieljahre 2020, 2025 und 2030 Felder der gegenwärtigen (2005) und der zukünftigen (2020, 2025 und 2030) Luftqualität erstellt.

Im dritten Teil wird mit einem Screening Modell eine Abschätzung vorgenommen, ob im Jahre 2005 an straßennahen Verkehrsstationen beobachtete NO_2 - und PM_{10} -Grenzwertverletzungen auch unter den zukünftigen Emissionsbedingungen noch auftreten würden.

6.2 Für die Ausbreitungsrechnung ausgewählte Szenarien

Folgende Szenarien wurden für die Ausbreitungsrechnungen ausgewählt:

Das Aktuelle Politik-Szenario (APS) wurde für die Jahre 2005, 2015, 2020, 2025 und 2030 gerechnet.

- Das APS wurde für die Prognosejahre 2020 und 2030 mit weiteren Maßnahmen kombiniert und unter der Bezeichnung APS+ gerechnet.
- Um die Effekte einer möglichen Temperaturerhöhung aufgrund des Klimawandels zu untersuchen, wurde das APS 2030 zusätzlich noch mit Meteorologiedaten des Jahres 2003 gerechnet (APS_{cc} 2030). Das Jahr 2003 war ein immissionsklimatologisch ungünstiges Jahr, gekennzeichnet durch starke Temperaturschwankungen und eine große Hitzeperiode im Sommer.
- Das Energiewende-Szenario (EWS) wurde für die Jahre 2020 und 2030 berechnet.
- Auch auf das EWS werden für die Jahre 2020 und 2030 zusätzliche Maßnahmen aufgesetzt und unter der Bezeichnung EWS+ gerechnet.
- Um die Effekte einer möglichen Temperaturerhöhung aufgrund des Klimawandels zu untersuchen, wurde das EWS+ 2030 zusätzlich noch mit Meteorologiedaten des Jahres 2003 gerechnet (EWS_{cc} 2030).
- Zusätzlich wurde das EWS noch mit weiteren Maßnahmen nur im Sektor Landwirtschaft (Maßnahmen zur Minderung der NH₃-Emissionen und zusätzliche Klimaschutzmaßnahmen in der Landwirtschaft) kombiniert und unter der Bezeichnung EWS-LaWi+ für das Jahr 2030 gerechnet.

In der Tabelle 6-1 sind die für die Ausbreitungsrechnungen ausgewählten Emissionsszenarien zusammengestellt.

Tabelle 6-1: Emissionsszenarien für die Ausbreitungsrechnungen durchgeführt wurden

Name	stationäre Feuerung	Verkehr / mobile Maschinen	Industrie	Lösemittel	Landwirtschaft	Meteorologie
APS 2005	SF-APS	V_MM-APS	IN-APS	LM-REF	LaWi-APS	2005
APS 2015	SF-APS	V_MM-APS	IN-APS	LM-REF	LaWi-APS	2005
APS 2020	SF-APS	V_MM-APS	IN-APS	LM-REF	LaWi-APS	2005
APS 2025	SF-APS	V_MM-APS	IN-APS	LM-REF	LaWi-APS	2005
APS 2030	SF-APS	V_MM-APS	IN-APS	LM-REF	LaWi-APS	2005
APS+ 2020	SF-APS+	V_MM-APS	IN-APS+	LM+	LaWi-APS+NH ₃ +KS	2005
APS+ 2030	SF-APS+	V_MM-APS	IN-APS+	LM+	LaWi-APS+NH ₃ +KS	2005
APS _{cc} 2030	SF-APS	V_MM-APS	IN-APS	LM-REF	LaWi-APS	2003
EWS 2020	SF-EWS	V_MM-EWS	IN-EWS	LM-REF	LaWi-EWS	2005
EWS 2030	SF-EWS	V_MM-EWS	IN-EWS	LM-REF	LaWi-EWS	2005
EWS+ 2020	SF-EWS+	V_MM-EWS	IN-EWS+	LM+	LaWi-EWS+NH ₃ +KS	2005
EWS+ 2030	SF-EWS+	V_MM-EWS	IN-EWS+	LM+	LaWi-EWS+NH ₃ +KS	2005
EWS-LaWi+ 2030	SF-EWS	V_MM-EWS	IN-EWS	LM-REF	LaWi-EWS+NH ₃ +KS	2005
EWS _{cc} 2030	SF-EWS+	V_MM-EWS	IN-EWS+	LM+	LaWi-EWS+NH ₃ +KS	2003

Erklärung der Abkürzungen und Zeichen: APS = Aktuelle Politik-Szenario, EWS = Energiewende-Szenario, + = Mit zusätzlichen Maßnahmen, cc= Climate Change, SF = stationäre Feuerung, V_MM = Verkehr und mobile Maschinen, IN = Industrie, LM = Lösemittel, LaWi = Landwirtschaft

6.3 Erstellung der Emissionsdaten für die Ausbreitungsrechnung

Die in der Ausbreitungsrechnung für die ausgewählten Szenarien verwendeten Emissionsdaten beruhen auf den in Kapitel 3 zusammengestellten Emissionsbilanzen nach dem Inlandsprinzip. Ausgangspunkt der Umsetzung in Eingangsdaten für das RCG-Modell waren dabei die in Kapitel 3 beschriebenen Rasterdaten, die in die 15 im RCG-Modell benutzten Verursachergruppen umgesetzt wurden. Die verursacherspezifischen Emissionen sowie die für die Bewertung der Immissionsberechnungen wichtigen relativen Änderungen (bezogen auf das APS-Szenario 2005) sind für jedes verwendete Szenario in Kap. 10.2 zu finden.

Die europaweiten Emissionen, die zur Bestimmung der über die Grenzen von Deutschland einfließenden Schadstofftransporte verwendet wurden, werden hier nicht diskutiert. Dazu sei auf den entsprechenden Bericht von Jozwicka et al., 2012 verwiesen.

Die europäische Emissionsdatenbasis, die für die Jahre 2005, 2020, 2025 und 2030 vorliegt, beruht auf folgenden Randbedingungen:

- Für das Jahr 2005 wurden – soweit möglich – offiziell berichtete Emissionsdaten herangezogen.
- In enger Abstimmung mit dem UBA wurde ein europäisches Emissionsszenario bis 2030 erstellt, das auf dem IIASA GAINS online-Szenario "GOTH_PRIMESBL2009" (Juli 2011) basiert. Dieses Szenario baut auf Energiedaten aus dem Energiemodell PRIMES aus dem Jahr 2009 auf.

Daraus ergeben sich grob die folgenden Emissionstrends bis 2030: Die europäischen NO_x -, SO_2 - und NMVOC-Emissionen nehmen bis zum Jahr 2030 ab, bei den Schadstoffen NH_3 und $\text{PM}_{2,5}$ sind keine oder nur sehr geringe Emissionsminderungen zu erwarten.

Auch die europäischen Emissionen wurden für die Belange des RCG-Modells aufbereitet.

6.4 Auswertesystematik

Die Auswertung fokussiert zum Einen auf dem flächenmäßigen Vergleich der Jahresmittelwerte von PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$ und NO_2 . Die flächenhafte Darstellung der Modellergebnisse erlaubt zwar eine Bewertung für jeden Ort in Deutschland, die vergleichende Bewertung ist aber schwierig, da die Spannbreite der Immissionsunterschiede in einem inhomogenen Emissionsgebiet wie Deutschland sehr groß sein kann. Aus diesem Grunde wurden die Modellergebnisse auch für die im PAREST-Projekt definierten 6 Klassen (Bultjes et al., 2010) ausgewertet. Danach wird die Fläche Deutschlands eingeteilt in:

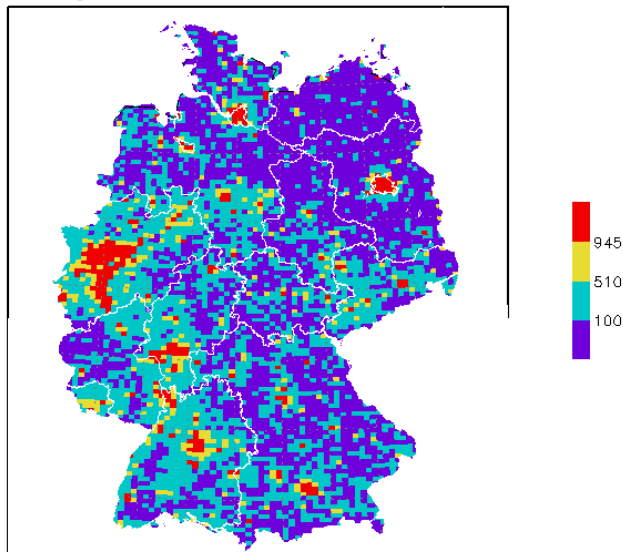
- Klasse 1: Gebiete mit einer Bevölkerungsdichte < 100 Einwohner/ km^2
- Klasse 2: Gebiete mit einer Bevölkerungsdichte > 100 , < 510 Einwohner/ km^2
- Klasse 3: Gebiete mit einer Bevölkerungsdichte > 510 , < 945 Einwohner/ km^2
- Klasse 4: Gebiete mit einer Bevölkerungsdichte > 945 Einwohner/ km^2
- Klasse 5: Deutschland gesamt

Die Klasse 1 umfasst alle ländlichen Gebiete mit einer geringen Bevölkerungsdichte. Die Obergrenze der Klasse 2 definiert die Bevölkerungsdichte, bei der der Median der Verteilung liegt. Die obere Grenze der Klasse 3 bzw. die Untergrenze der Klasse 4 ist die Bevölkerungsdichte, ab der man von einem Ballungsgebiet spricht. Die 6. Bewertungszahl wird aus einer Mittelung der Ergebnisse für die Gitterzellen abgeleitet, in denen die für die Bestimmung des so genannten AEI für $\text{PM}_{2,5}$ (Average Exposure Indicator) ausgewählten städtischen Hintergrundstationen liegen.

Die Einteilung in die Bevölkerungsklassen wurde auf Basis der von der EU erstellten Bevölkerungsverteilung aus dem PAREST-Projekt (Bultjes et al., 2010) übernommen. Die Abbildung 6-1 zeigt die aus den Daten abgeleitete Bevölkerungsdichte in Deutschland aggregiert im hier verwendeten Rechenraster von 0.125° Länge x 0.0625° Breite. In den dicht besiedelten Ballungsräumen Deutschlands liegt die Bevölkerungsdichte in der hier verwendeten Auflösung von circa $8 \times 7 \text{ km}^2$ zwischen circa 5.000 bis über 10.000 Einwohner pro km^2 .

Abbildung 6-1: Bevölkerungsdichte in Einwohner/ km^2 in 4 Klassen. Zur Klassendefinition siehe Text. Die Auflösung entspricht der für die Ausbreitungsrechnungen verwendeten Auflösung: 0.0625° Breite, 0.125° Länge, circa $8 \text{ km} \times 7 \text{ km}$.

Bevoelkerungsdichte in 4 Klassen im Raster Nest 2



GrADS: COLA/IGES

2009-05-18-18:53

6.5 Immissionsänderungen von 2005 bis 2030

6.5.1 Ausgangssituation: Aktuelle Politik-Szenario 2005

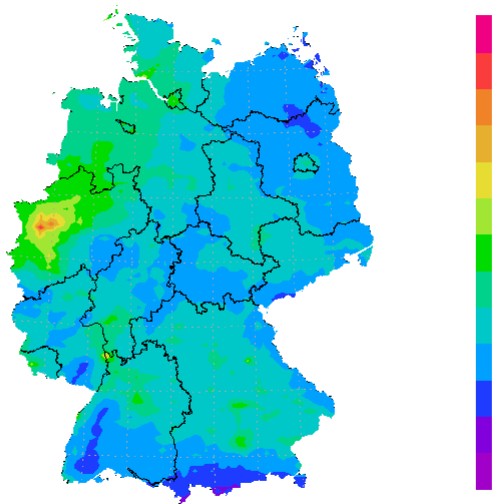
Ausgangspunkt der Betrachtungen sind die unter den Emissionsbedingungen des Aktuelle Politik-Szenarios 2005 (APS) und den meteorologischen Bedingungen 2005 mit dem RCG-Modell für Deutschland berechneten Konzentrationsverteilungen.

Abbildung 6-2 zeigt die mit dem RCG-Modell für 2005 berechneten PM_{10} -, $\text{PM}_{2.5}$ und NO_2 -Jahresmittelwerte in Deutschland. Für alle Stoffe werden die höchsten Konzentrationen in den Ballungsgebieten berechnet. Diese Konzentrationsverteilungen bilden die Ausgangssituation für alle im Folgenden diskutierten Immissionsänderungen ab. Diese werden hier ausschließlich in der räumlich zusammenfassenden Auswertung diskutiert.

Die in der Abbildung 6-2 gezeigten Verteilungen werden für die quantitative Analyse nach der in Kapitel 6.4 beschriebenen Vorgehensweise in 4 Klassen mit zunehmender Bevölkerungsdichte (BVK1 bis BVK4), für Deutschland gesamt und für die zur Berechnung des AEI ausgewählten städtischen Hintergrundstationen zusammengefasst. Alle innerhalb einer Klasse auftretenden Konzentrationen werden zur Berechnung des Klassenmittelwerts mit der Bevölkerungsdichte gewichtet. Diese Klassenmittelwerte zeigt die Abbildung 6-3. Das bevölkerungsgewichtete PM_{10} -Jahresmittel beträgt im Mittel über Deutschland für die Referenz 2005 circa $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Von der Bevölkerungsklasse 1 (ländliche Regionen) bis zur Bevölkerungsklasse 4 (Ballungsgebiete) steigt

die PM_{10} -Konzentration von 16 auf $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an. Die mittlere Konzentration an den AEI-Stationen ist etwas geringer als der Wert für die Bevölkerungsklasse 4. Der Konzentrationsgradient von $PM_{2.5}$ von Klasse 1 nach Klasse 4 (von $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ auf $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ist geringer als derjenige von PM_{10} , da die $PM_{2.5}$ -Konzentrationen zu einem großen Teil aus sekundären Aerosolen bestehen, die während des Transports gebildet werden. Der horizontale $PM_{2.5}$ -Konzentrationsgradient wird damit in geringerem Maße vom PM -Emissionsgradienten bestimmt als der PM_{10} -Konzentrationsgradient. Den stärksten Gradienten von Klasse 1 nach Klasse 4 (von $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ auf $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$) weisen demnach die NO_2 -Konzentrationen auf, deren Horizontalverteilung sehr stark durch den NO_x -Emissionsgradienten vorgegeben ist.

RCG: PM_{10} APS2005 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



RCG: $PM_{2.5}$ APS2005 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

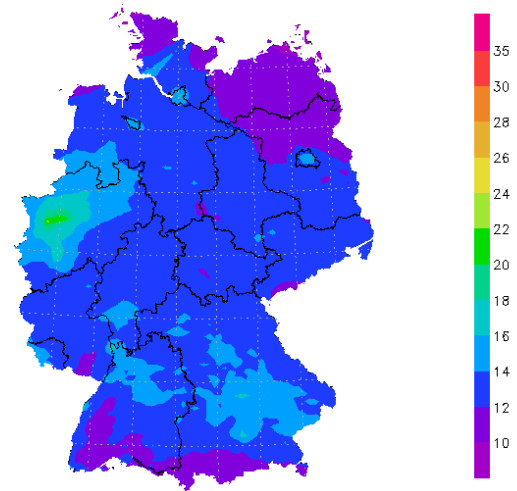


Abbildung 6-2: PM_{10} , $PM_{2.5}$ - und NO_2 -Jahresmittelwerte 2005 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Emissionsszenario APS 2005. Meteorologische Bedingungen 2005. RCG-Modellierung in einer Auflösung von 0.125° Länge und 0.0625° Breite.

RCG: NO_2 APS2005 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

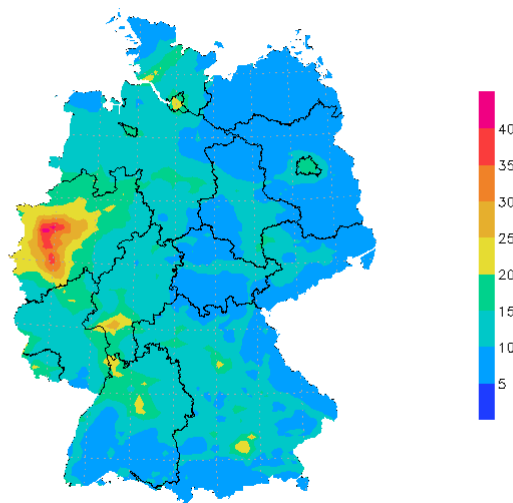
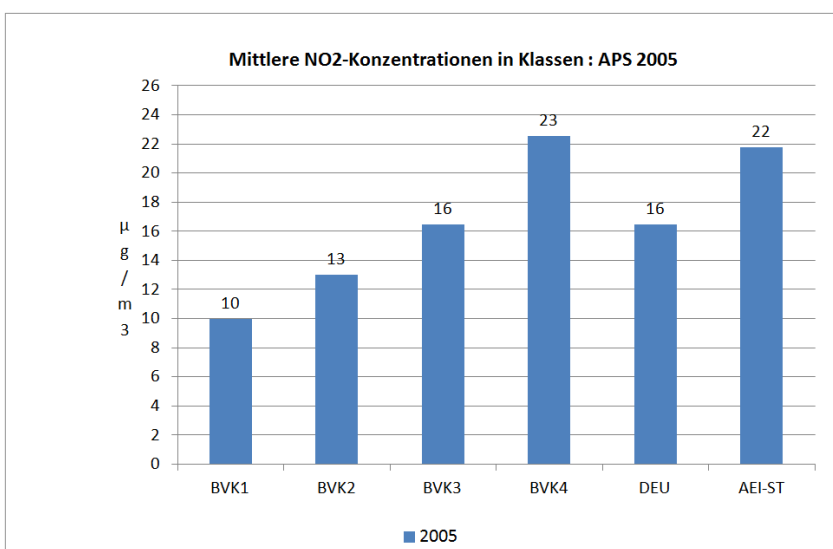
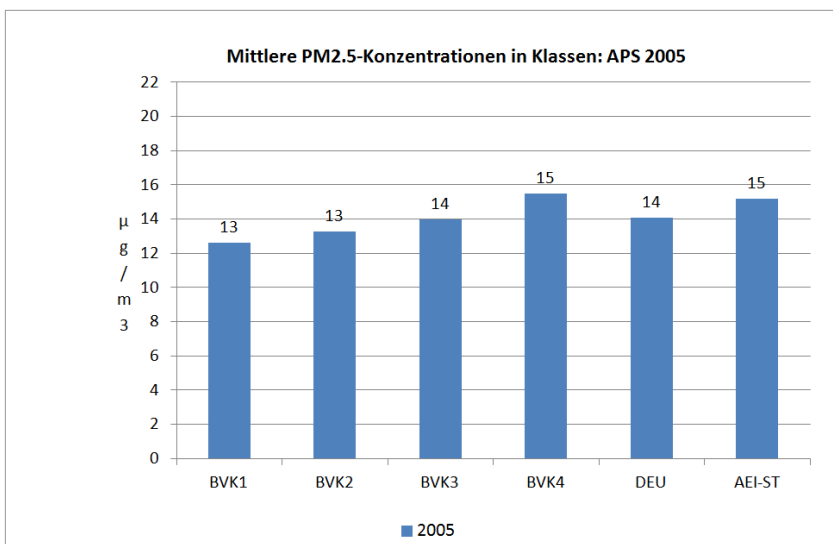
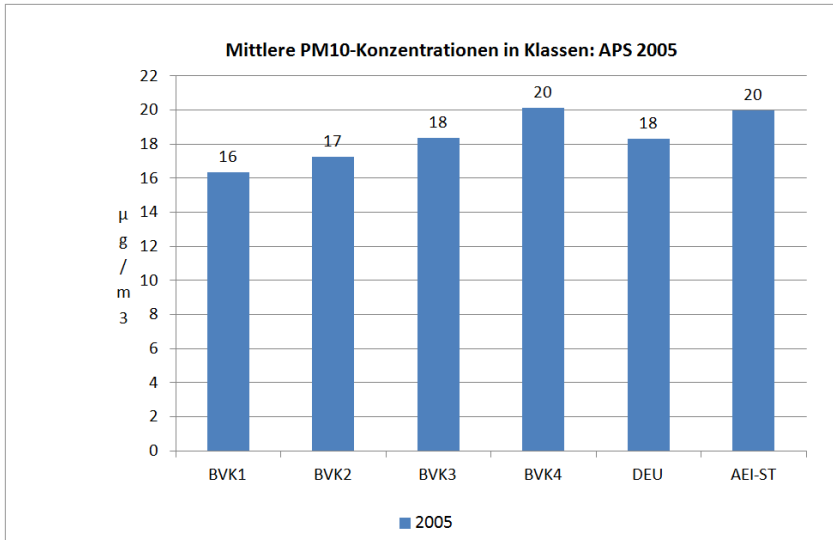


Abbildung 6-3: Bevölkerungsgewichtete PM_{10} , $PM_{2,5}$ - und NO_2 -Konzentrationen der Referenz APS 2005 für die 4 Bevölkerungsklassen, das Deutschlandmittel und das Mittel an den AEI-Stationen in $\mu g/m^3$. Modellgebiet Deutschland.



6.5.2 Das Aktuelle Politik Szenario APS und APS mit zusätzlichen Maßnahmen: 2020, 2025 und 2030

Das Aktuelle Politik Szenario APS wurde für die Jahre 2005, 2020, 2025 und 2030 immissionsseitig mit dem RCG-Modell ausgewertet. In diesem Kapitel werden die klassengemittelten PM_{10} -, $PM_{2,5}$ und NO_2 -Konzentrationsänderungen von 2005 bis 2020, 2020 bis 2025 und 2025 bis 2030 diskutiert. Die berechneten klassengemittelten PM_{10} -Konzentrationsminderungen sind in der Abbildung 6-4 zusammengestellt. Die größten Konzentrationsabnahmen sind für den Zeitraum von 2005 bis 2020 zu erwarten. Auf Basis der im APS zugrunde gelegten Emissionsveränderungen von 2005 bis 2020 ist nach den RCG-Berechnungen mit einer Abnahme der PM_{10} -Konzentrationen im Bereich von 3 bis knapp $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mit den stärksten Abnahmen in den Ballungsgebieten (BVK 4) zu rechnen. Die zu erwartenden Änderungen von 2020 nach 2030 sind deutlich geringer und liegen in der Größenordnung von $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Relativ liegen die mit dem APS erreichbaren Abnahmen von 2005 bis 2020 im Bereich von 18% (AEI-Stationen) bis 21% (BVK1 und BVK 2). Bis 2030 erhöhen sich die relativen Abnahmen auf 21% (AEI-Stationen und BVK 4) bis 25% (BVK1).

Die absoluten $PM_{2,5}$ -Konzentrationsabnahmen bis 2020 (Abbildung 6-5) sind geringer als diejenigen für PM_{10} (Abbildung 6-4). Für den Zeitraum 2020 bis 2030 werden für PM_{10} und $PM_{2,5}$ nahezu gleich hohe Minderungsraten prognostiziert (circa $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$), was darauf hindeutet, dass die Emissionsminderung nach 2020 im Wesentlichen von den Emissionsveränderungen im Korngrößenbereich $< 2,5 \mu\text{m}$ bestimmt wird. Die relativen $PM_{2,5}$ -Konzentrationsabnahmen sind dagegen höher als die relativen PM_{10} -Konzentrationsabnahmen. So liegen die mit dem APS erreichbaren $PM_{2,5}$ -Abnahmen von 2005 bis 2020 im Bereich von 22% (AEI-Stationen) bis 26% (BVK1 und BVK 2). Bis 2030 erhöhen sich die relativen Abnahmen auf 25% (AEI-Stationen und BVK 4) bis 31% (BVK1).

Auch bei den NO_2 -Konzentrationen werden die größten Abnahmen bis 2020 erzielt (Abbildung 6-6). Sie reichen von über $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in den ländlichen Regionen (BVK 1) bis zu $8.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in den Ballungsgebieten (BVK 4). Von 2020 bis 2030 ist dann noch gemäß dem APS mit weiteren Abnahmen in der Größenordnung von $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in den weniger besiedelten Regionen Deutschlands (BVK 1 und BVK 2) bis zu knapp $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in den Ballungsräumen (BVK 4) zu rechnen. Relativ bezogen auf die Situation 2005 entspricht dies NO_2 -Konzentrationsabnahmen zwischen 37% und 43% bis 2020, die sich bis 2030 auf Abnahmen zwischen 45% und 53% erhöhen mit größeren relativen Abnahmen in den eher ländlichen Regionen.

Insgesamt sind die bis 2030 erreichbaren NO_2 -Konzentrationsabnahmen deutlich höher als die erreichbaren Feinstaubabnahmen, was auf die vergleichsweise sehr viel höheren NO_x -Emissionsminderungsraten zurückzuführen ist. Die NO_x - und die SO_2 -Emissionen nehmen bis 2030 deutlich ab mit den stärksten Minderungen bis 2020 (Abbildung 6-7). Dagegen ist die Minderung bei den Feinstaubemissionen sehr viel geringer, im Bereich zwischen $2,5 \mu\text{m}$ und $10 \mu\text{m}$ (Grobfraktion) kommt es ab 2005 sogar durchweg zu Emissionszunahmen. Das hat zur Folge, dass die PM_{10} -Emissionen insgesamt nur bis 2020 eine abnehmende Tendenz aufweisen. Nach 2020 neutralisieren die Zunahmen in der PM_{10} -Grobfraktion die Abnahmen in der PM_{10} -Feinfraktion, so dass insgesamt die PM_{10} -Emissionen wieder zunehmen. Die Abnahmen in den PM_{10} -Konzentrationen nach 2020 sind dadurch ausschließlich auf Abnahmen der $PM_{2,5}$ -Konzentrationen zurückzuführen. Diese werden durch die direkte Abnahme der $PM_{2,5}$ -Emission aber auch durch die verminderte Produktion sekundärer Aerosole als Folge der Verminderung eines Teils der Vorläuferemissionen (NO_x und SO_2) bewirkt. Die NH_3 -Emissionen verharren von 2005 bis 2030 nahezu auf dem gleichen Niveau mit einer geringen Tendenz zur Zunahme. Auch dieser Umstand trägt zu der vergleichsweise niedrigen PM_{10} -Minderung bei. Es wurde be-

reits im PAREST-Projekt gezeigt, dass eine deutliche Minderung der PM₁₀-Konzentrationen ohne eine deutliche Minderung der NH₃-Emissionen kaum zu erreichen ist (Bultjes et al., 2010).

Abbildung 6-4: Bevölkerungsgewichtete PM₁₀-Konzentrationsminderungen von 2005 bis 2030 für die 4 Bevölkerungsklassen, das Deutschlandmittel und das Mittel an den AEI-Stationen in µg/m³ (oben) und in % (unten) Emissionsreferenz APS. Modellgebiet Deutschland.

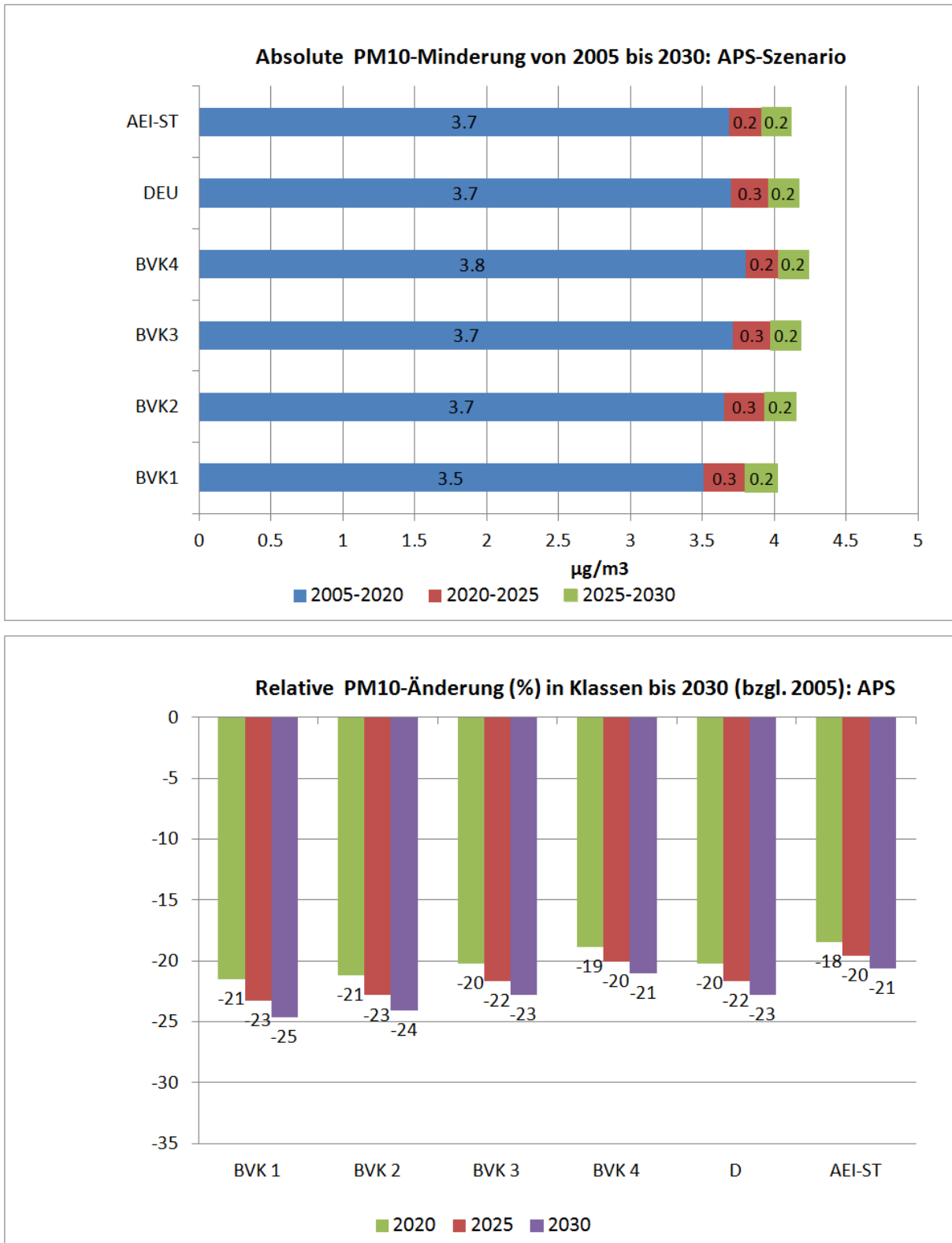


Abbildung 6-5: Bevölkerungsgewichtete $PM_{2,5}$ -Konzentrationsminderungen von 2005 bis 2030 für die 4 Bevölkerungsklassen, das Deutschlandmittel und das Mittel an den AEI-Stationen in $\mu g/m^3$ (oben) und in % (unten) Emissionsreferenz APS. Modellgebiet Deutschland.

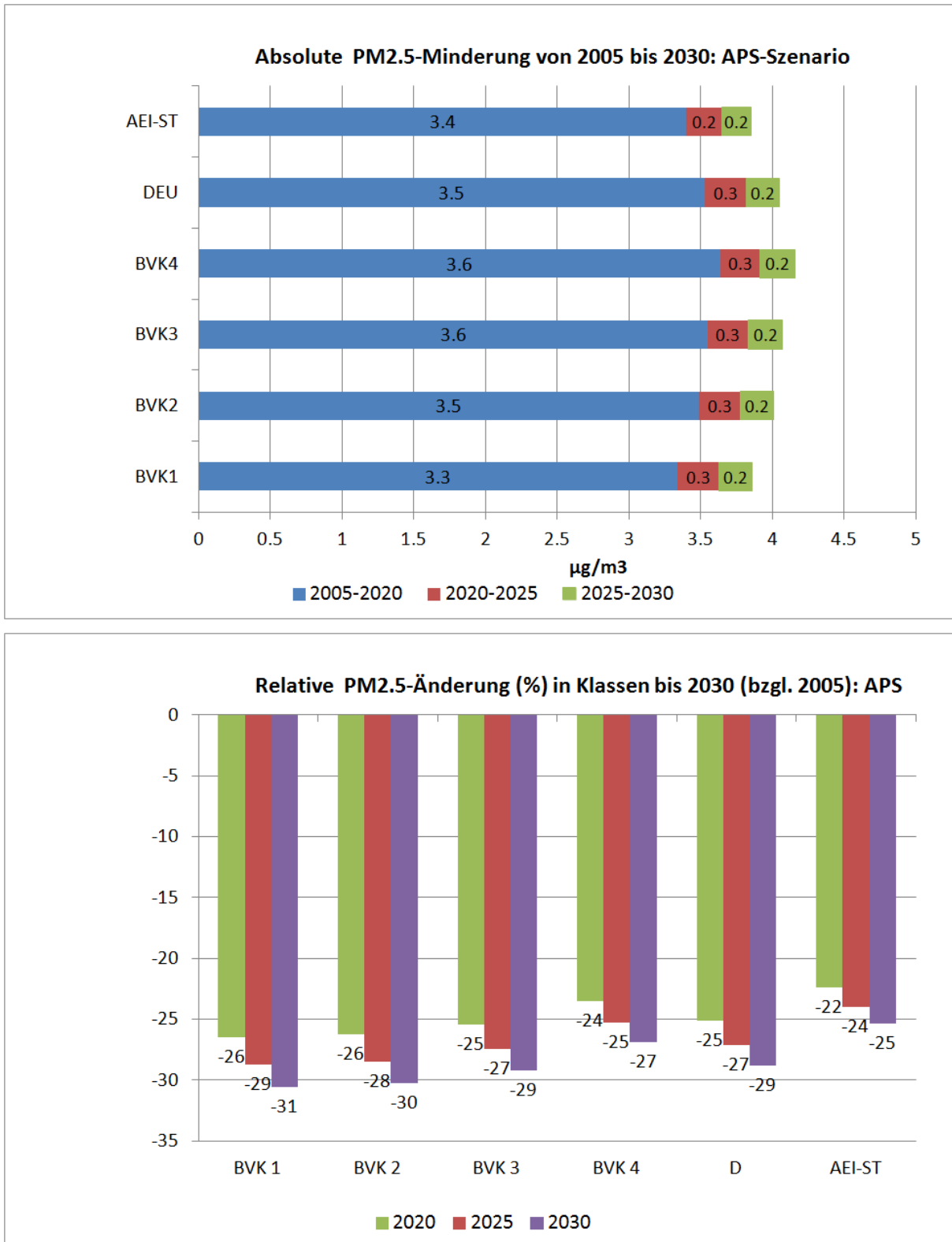


Abbildung 6-6: Bevölkerungsgewichtete NO₂-Konzentrationsminderungen von 2005 bis 2030 für die 4 Bevölkerungsklassen, das Deutschlandmittel und das Mittel an den AEI-Stationen in µg/m³ (oben) und in % (unten) Emissionsreferenz APS. Modellgebiet Deutschland.

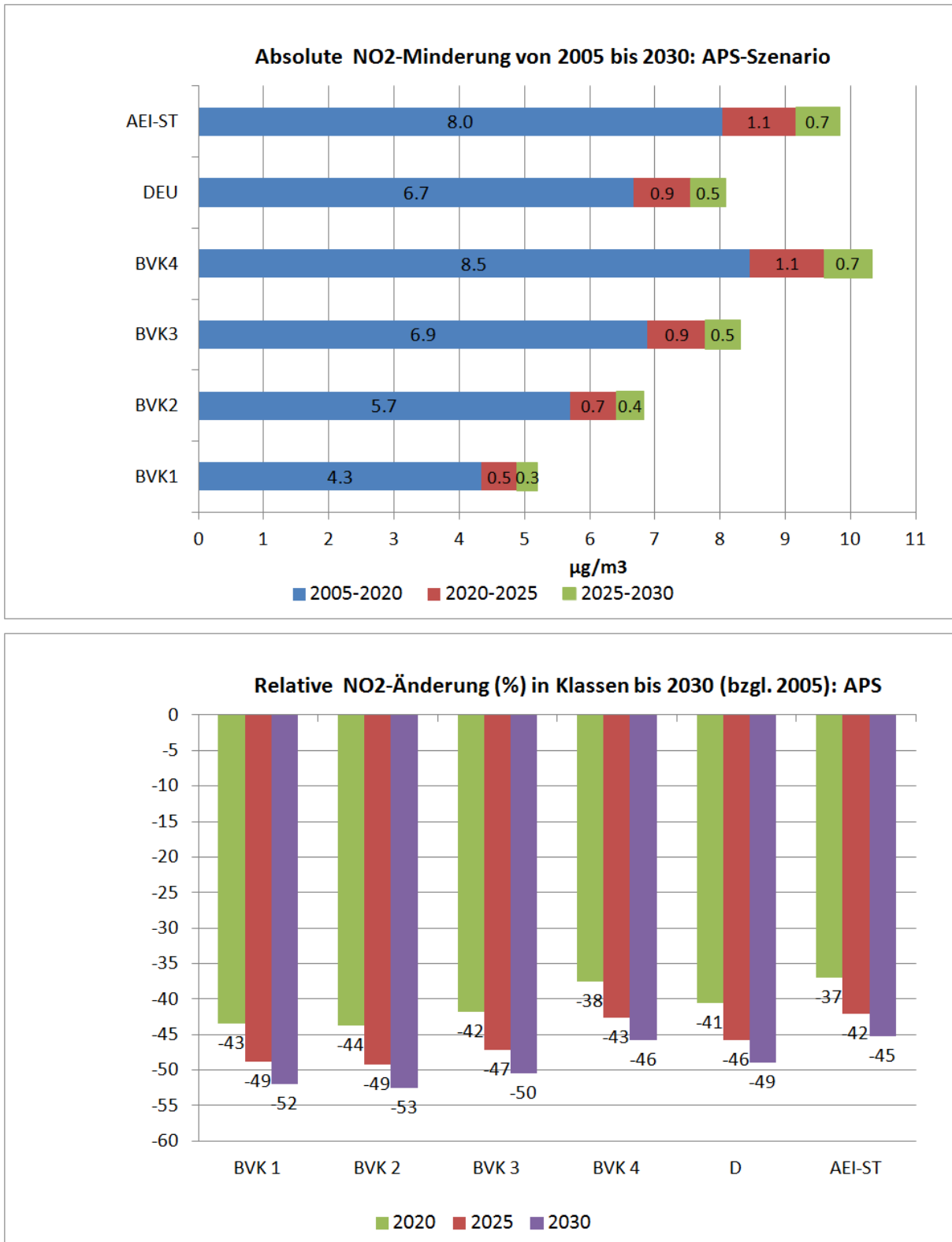
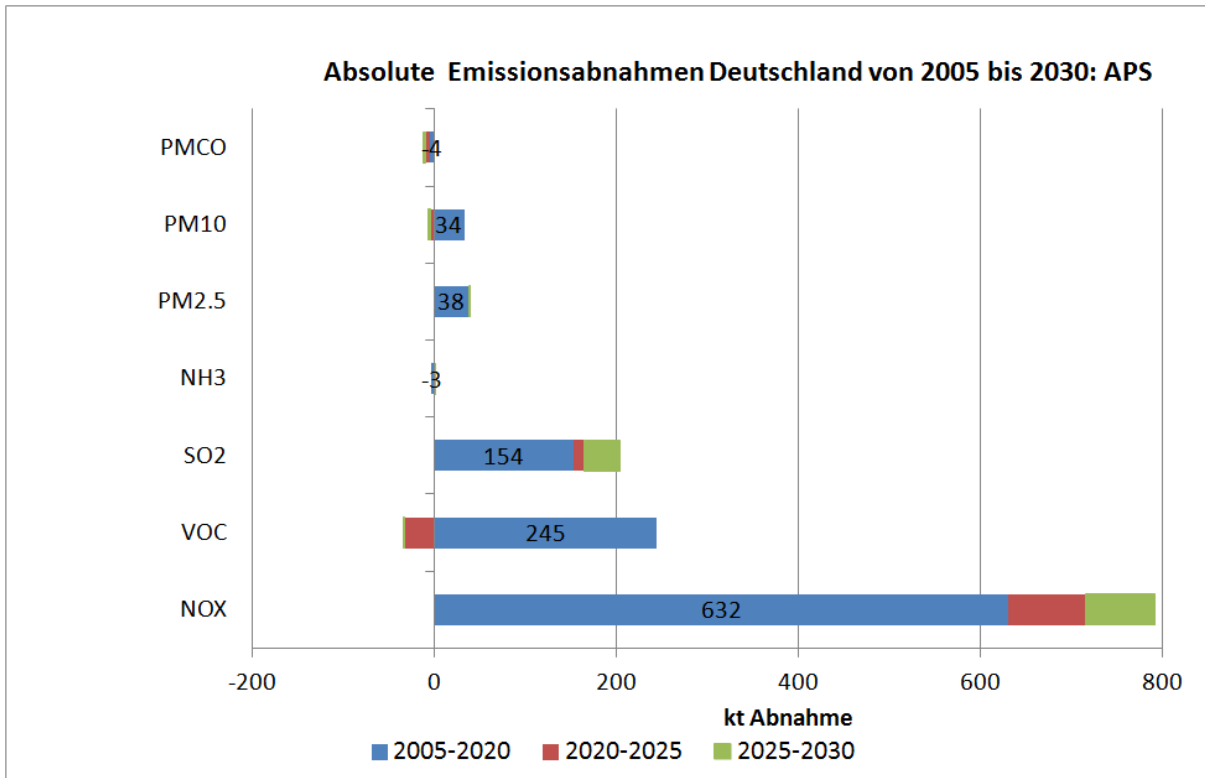


Abbildung 6-7: Zusammenstellung der Emissionsabnahmen in kt/Jahr des Aktuelle Politik Szenarios APS für die Zeiträume 2005 bis 2020, 2020 bis 2025 und 2025 bis 2030.



Das APS+ wurde mit dem RCG-Modell nur für die Referenzjahre 2020 und 2030 gerechnet und für die klassengemittelten PM₁₀-, PM_{2,5}- und NO₂-Konzentrationsänderungen von 2005 bis 2020 und 2020 bis 2030 ausgewertet. Die berechneten klassengemittelten und mit der Bevölkerungsdichte gewichteten PM₁₀-Konzentrationsminderungen sind in der Abbildung 6-8 zusammengestellt. Für das APS+ ist von 2005 bis 2020 mit Abnahmen der PM₁₀-Konzentrationen im Bereich von circa 4 µg/m³ mit den stärksten Abnahmen in den Ballungsgebieten (4.2 µg/m³ für BVK 4) zu rechnen. Die zu erwartenden Änderungen von 2020 bis 2030 liegen in der Größenordnung von 0.5 µg/m³. Relativ liegen die mit dem APS+ erreichbaren Abnahmen von 2005 bis 2020 im Bereich von 20% (AEI-Stationen) bis 23% (BVK2). Bis 2030 erhöhen sich die relativen Abnahmen auf 22% (AEI-Stationen) bis 26% (BVK1 und BVK2).

Die mit dem APS+ erreichbaren absoluten und relativen PM_{2,5}-Konzentrationsabnahmen bis 2030 zeigt die Abbildung 6-9. Für den Zeitraum 2005 bis 2020 werden für PM_{2,5} Abnahmen zwischen 3.6 µg/m³ bis 4.1 µg/m³ prognostiziert. Diese Minderungen erhöhen sich von 2020 bis 2030 um circa 0.5 µg/m³. Die relativen Abnahmen liegen von 2005 bis 2020 im Bereich von 25% (AEI-Stationen) bis 29% (BVK1 und BVK 2). Bis 2030 erhöhen sich die relativen Abnahmen auf 27% (AEI-Stationen und BVK 4) bis 33% (BVK1).

Bei den NO₂-Konzentrationen reichen die Abnahmen für das APS+ von 2005 bis 2020 (Abbildung 6-10) von über 4.5 µg/m³ in den ländlichen Regionen (BVK 1) bis zu 9 µg/m³ in den Ballungsgebieten (BVK 4). Von 2020 bis 2030 ist dann noch mit weiteren Abnahmen in der Größenordnung von 1 µg/m³ in den weniger besiedelten Regionen Deutschlands (BVK 1 und BVK 2) bis zu knapp 2 µg/m³ in den Ballungsräumen (BVK 4) zu rechnen. Relativ bezogen auf die Situation 2005 entspricht dies für das APS+ NO₂-Konzentrationsabnahmen zwischen 40% und 45% bis 2020, die sich bis 2030 auf Abnahmen zwischen 48% und 54% erhöhen mit größeren relativen Abnahmen in den eher ländlichen Regionen.

Die mit dem APS+ im Vergleich zum APS erreichbare Steigerung der Minderungseffektivität von 2005 bis 2020 und 2005 bis 2030 ist für alle Klassen in Tabelle 6-2 zusammengestellt. Danach steigt die Minderungseffektivität beim Übergang vom APS zum APS+ für die Minderungen von 2005 bis 2020 beim PM₁₀ zwischen 8 und 11%, beim PM_{2,5} zwischen 9 und 14% und beim NO₂ zwischen 4 und 8% mit den höheren Steigerungen in den Ballungsräumen. Die entsprechenden Bandbreiten für die Minderung von 2005 bis 2030 sind beim PM₁₀ 7 bis 10%, beim PM_{2,5} 5 bis 8% und beim NO₂ 8 bis 14%.

Tabelle 6-2: Relative (%) Effektivitätssteigerung des APS+ im Vergleich zu APS für 2020 und 2030 (zusätzlich erreichbare Minderung bezogen auf die APS-Minderung).

PM ₁₀	BVK 1	BVK 2	BVK 3	BVK 4	D	AEI-ST
2020	8.6	8.8	9.5	11.0	9.5	10.5
2030	7.5	4.8	7.1	9.5	7.1	9.8
PM _{2,5}	BVK 1	BVK 2	BVK 3	BVK 4	D	AEI-ST
2020	9.1	8.6	8.3	13.9	11.4	8.8
2030	5.1	7.5	7.3	7.1	7.3	5.1
NO ₂	BVK 1	BVK 2	BVK 3	BVK 4	D	AEI-ST
2020	4.7	3.5	4.3	5.9	4.5	7.5
2030	8.2	9.4	10.3	13.5	10.5	13.0

Abbildung 6-8: Bevölkerungsgewichtete PM₁₀-Konzentrationsminderungen von 2005 bis 2030 für die 4 Bevölkerungsklassen, das Deutschlandmittel und das Mittel an den AEI-Stationen in µg/m³ (oben) und in % (unten) Emissionsreferenz APS+. Modellgebiet Deutschland.

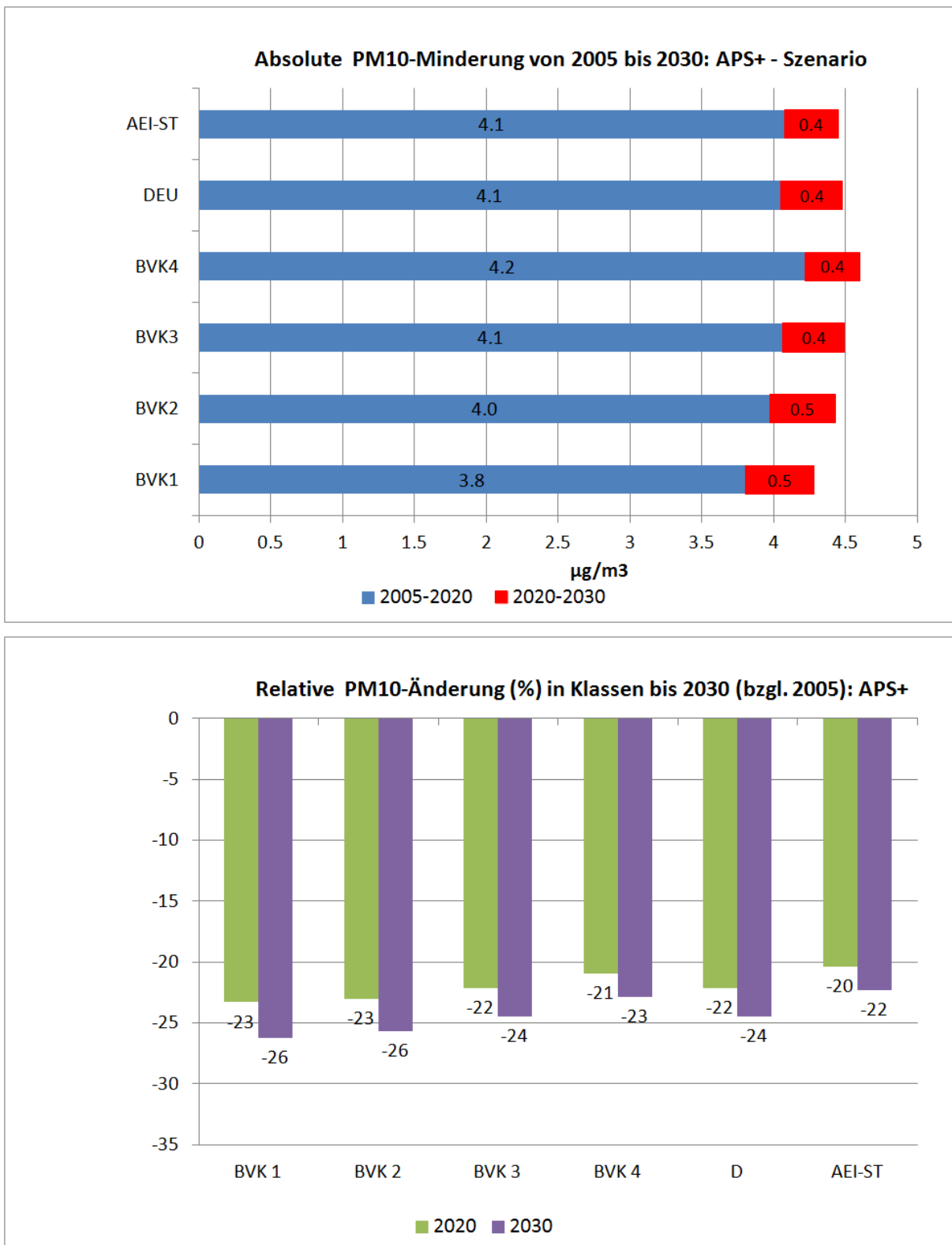


Abbildung 6-9: Bevölkerungsgewichtete PM_{2,5}-Konzentrationsminderungen von 2005 bis 2030 für die 4 Bevölkerungsklassen, das Deutschlandmittel und das Mittel an den AEI-Stationen in µg/m³ (oben) und in % (unten) Emissionsreferenz APS+. Modellgebiet Deutschland.

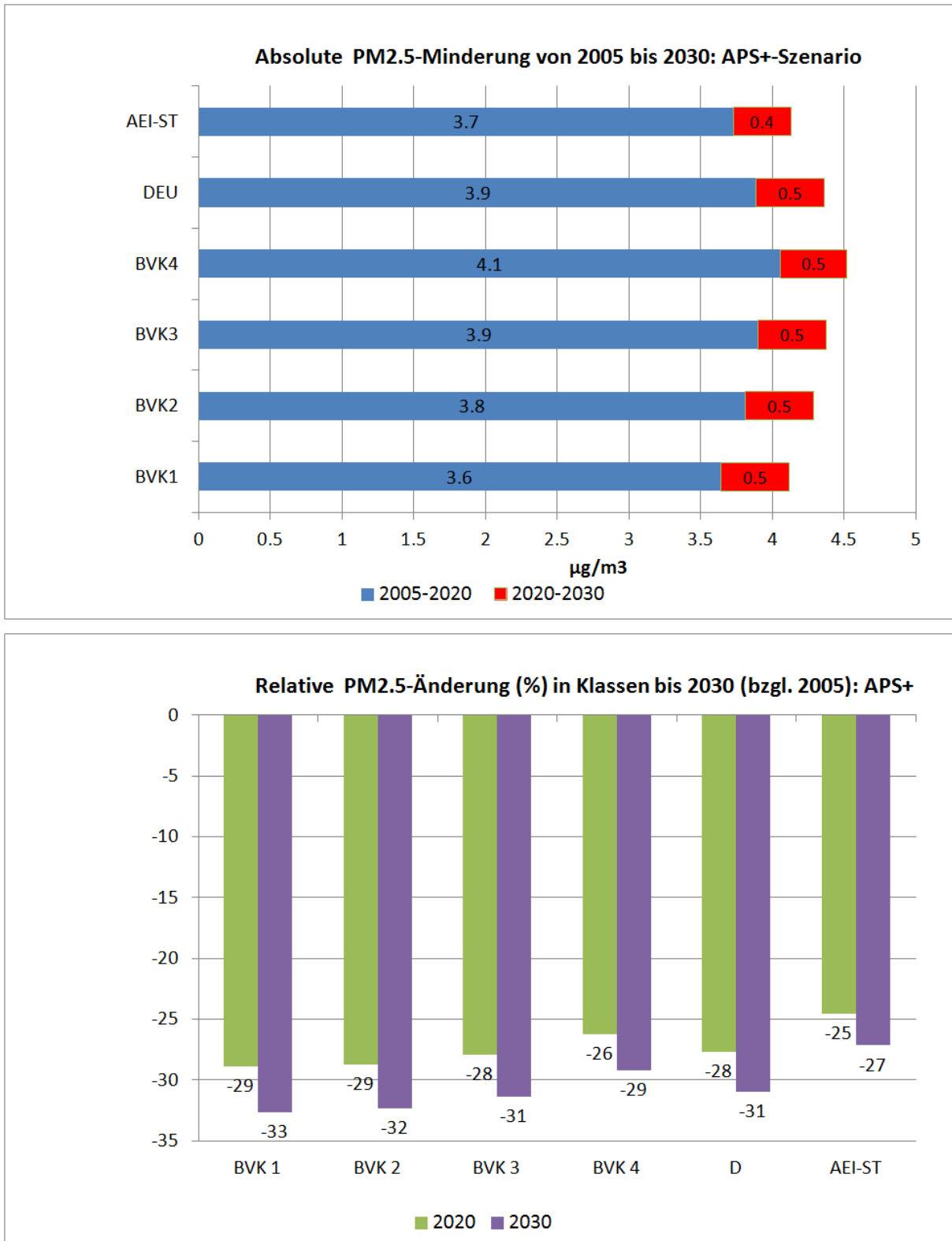
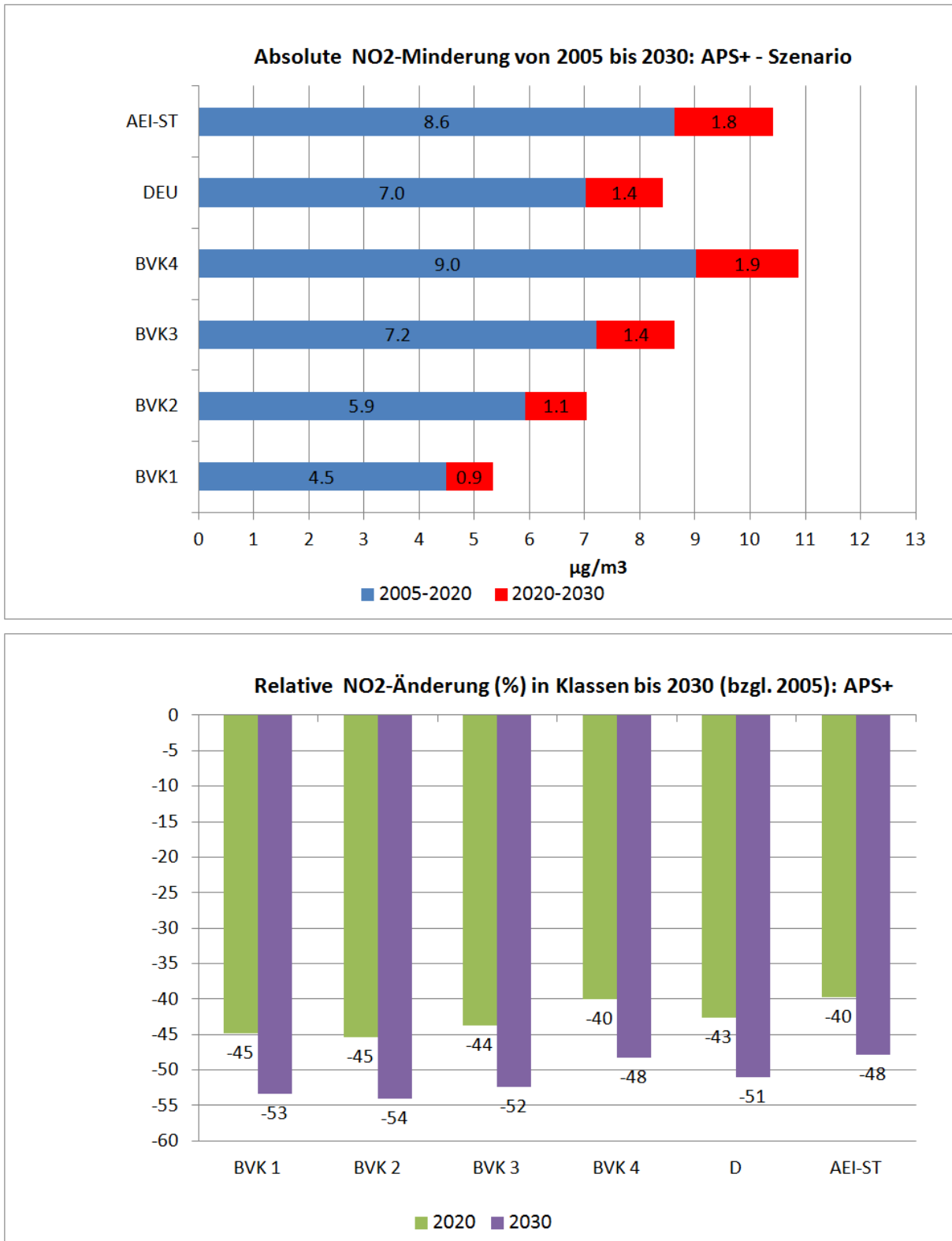


Abbildung 6-10: Bevölkerungsgewichtete NO₂-Konzentrationsminderungen von 2005 bis 2030 für die 4 Bevölkerungsklassen, das Deutschlandmittel und das Mittel an den AEI-Stationen in µg/m³ (oben) und in % (unten). Emissionsreferenz APS+. Modellgebiet Deutschland.



In µg/m³ (oben) und in % (unten). Emissionsreferenz APS+. Modellgebiet Deutschland.

6.5.3 Das Energiewendeszenario EWS und EWS mit zusätzlichen Maßnahmen: 2020 und 2030

Das Energiewende-Szenario EWS sowie das EWS mit zusätzlichen Maßnahmen (EWS+) wurden für die Referenzjahre 2020 und 2030 immissionsseitig berechnet und ausgewertet. Das EWS mit zusätzlichen Maßnahmen nur in der Landwirtschaft (EWS-LaWi+) wurde ausschließlich für 2030 betrachtet und wird im nächsten Kapitel diskutiert. Alle absoluten und relativen Minderungen beziehen sich auf das Aktuelle Politik-Szenario 2005 (APS 2005), das den Ist-Zustand 2005 beschreibt. Abbildung 6-11 und Abbildung 6-12 zeigen die absoluten und relativen Änderungen der mittleren PM₁₀-Konzentrationen von 2005 bis 2030 für das EWS und das EWS+. Das EWS vermindert die PM₁₀-Konzentration bis 2020 zwischen 3.6 µg/m³ (BVK 1) und 4 µg/m³ (BVK 4). Mit dem EWS+ können Abnahmen zwischen 3.9 µg/m³ (BVK 1) und 4.4 µg/m³ (BVK 4) erreicht werden. Relativ entspricht dies bezogen auf 2005 Abnahmen zwischen 22% und 20% (EWS) bzw. 24% und 22% (EWS+).

Bis 2030 kann mit dem EWS noch eine zusätzliche Minderung der PM₁₀-Konzentrationen im Bereich von 0.7 µg/m³ erreicht werden. Für das EWS+ werden von 2020 bis 2030 etwas geringere Abnahmen berechnet. Insgesamt entspricht dies bezogen auf 2005 relativen Abnahmen von 26% (BVK 1) bis 23% (BVK 4) für EWS, bzw. 28% bis 24% für das EWS+. Die bei den PM_{2,5}-Konzentrationen erreichbaren Abnahmen sind insgesamt etwas geringer (Abbildung 6-12 und Abbildung 6-14).

Für das EWS werden Abnahmen der NO₂-Konzentrationen 2005 bis 2020 (Abbildung 6-15) von 4.6 µg/m³ in den ländlichen Regionen (BVK 1) bis zu 9.4 µg/m³ in den Ballungsgebieten (BVK 4). Damit sind die mit dem EWS bis 2020 erreichbaren Abnahmen etwas höher als die mit dem APS bis 2020 erreichbaren Abnahmen. Von 2020 bis 2030 ist dann auf Basis des EWS noch mit weiteren Abnahmen in der Größenordnung von 1 µg/m³ in den weniger besiedelten Regionen Deutschlands (BVK 1 und BVK 2) bis über 2 µg/m³ in den Ballungsräumen (BVK 4) zu rechnen. Auch die Abnahmen in der Zeitspanne 2020 bis 2030 sind für das EWS etwas höher als für das APS. Relativ bezogen auf die Situation 2005 entspricht dies für das EWS NO₂-Konzentrationsabnahmen zwischen 42% und 46% bis 2020, die sich bis 2030 auf Abnahmen zwischen 52% und 55% erhöhen mit größeren relativen Abnahmen in den eher ländlichen Regionen.

Die mit dem EWS+ (Abbildung 6-16) im Vergleich zum EWS erreichbare Steigerung der Minderungseffektivität von 2005 bis 2020 und 2005 bis 2030 ist für alle Klassen nochmals in Tabelle 6-3 zusammengestellt. Danach steigt die Minderungseffektivität beim Übergang vom EWS zum EWS+ für die Minderungen von 2005 bis 2020 beim PM₁₀ zwischen 7 und 10%, beim PM_{2,5} zwischen 8 und 11% und beim NO₂ zwischen 2 und 6% mit den höheren Steigerungen in den Ballungsräumen. Die entsprechenden Bandbreiten für die Minderung von 2005 bis 2030 sind beim PM₁₀ 4 bis 7%, beim PM_{2,5} 4 bis 8% und beim NO₂ 2 bis 4%.

Tabelle 6-3: Relative (%) Effektivitätssteigerung des EWS+ im Vergleich zu EWS für 2020 und 2030 (zusätzlich erreichbare Minderung bezogen auf die EWS-Minderung).

PM ₁₀	BVK 1	BVK 2	BVK 3	BVK 4	D	AEI-ST
2020	7.7	7.9	8.4	9.6	8.5	9.1
2030	4.7	4.4	6.7	6.4	6.7	6.5
PM _{2,5}	BVK 1	BVK 2	BVK 3	BVK 4	D	AEI-ST
2020	8.6	8.3	8.1	10.5	8.1	8.3
2030	7.3	7.0	6.8	6.5	6.8	4.7
NO ₂	BVK 1	BVK 2	BVK 3	BVK 4	D	AEI-ST

2020	2.2	3.3	5.4	5.3	4.1	5.5
2030	3.6	1.4	2.2	3.4	3.4	3.5

Abbildung 6-11: Bevölkerungsgewichtete PM₁₀-Konzentrationsminderungen von 2005 bis 2030 für die 4 Bevölkerungsklassen, das Deutschlandmittel und das Mittel an den AEI-Stationen in µg/m³ (oben) und in % (unten): Emissionsreferenz EWS. Modellgebiet Deutschland.

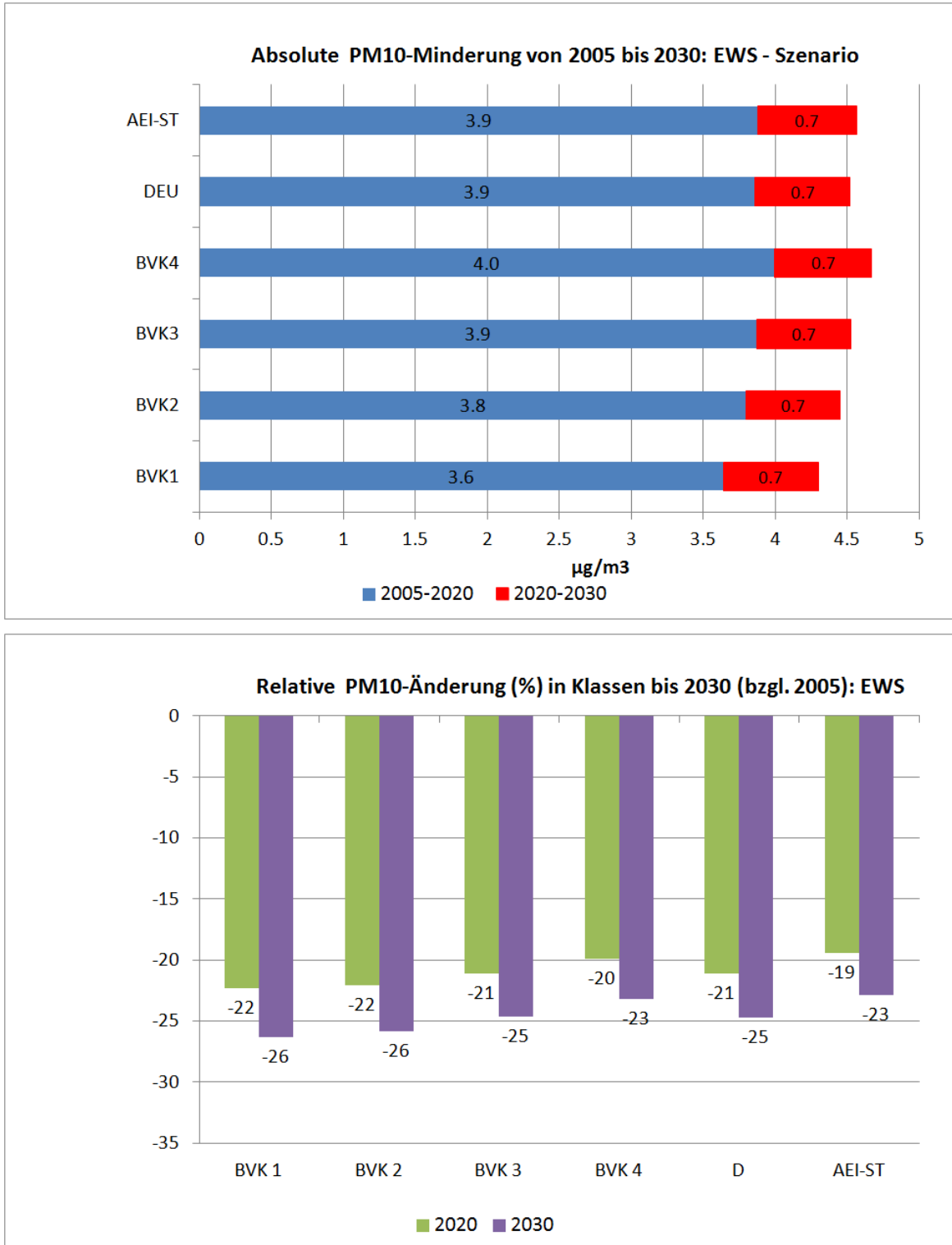


Abbildung 6-12: Bevölkerungsgewichtete PM₁₀-Konzentrationsminderungen von 2005 bis 2030 für die 4 Bevölkerungsklassen, das Deutschlandmittel und das Mittel an den AEI-Stationen in µg/m³ (oben) und in % (unten) Emissionsreferenz EWS+. Modellgebiet Deutschland.

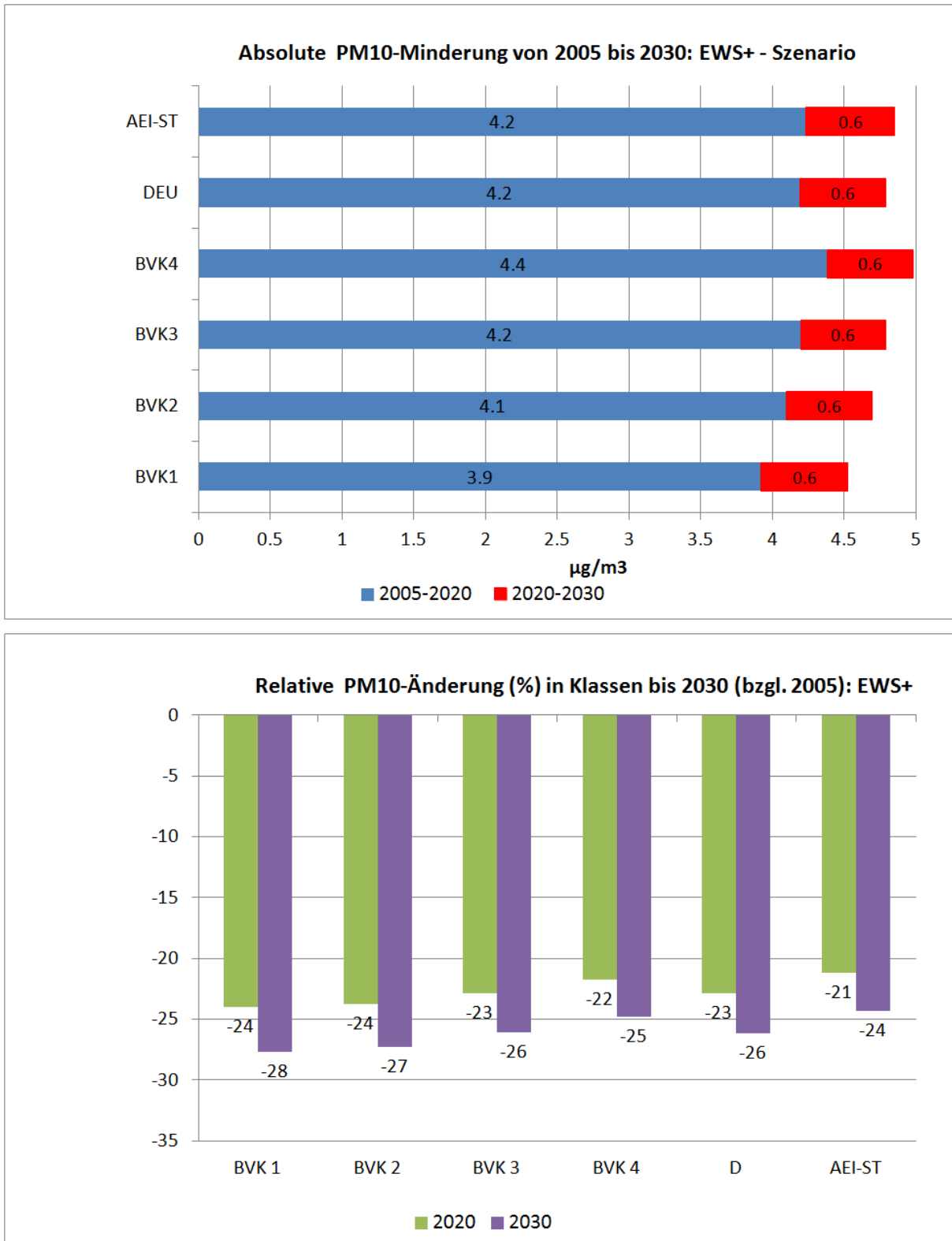


Abbildung 6-13: Bevölkerungsgewichtete PM_{2,5}-Konzentrationsminderungen von 2005 bis 2030 für die 4 Bevölkerungsklassen, das Deutschlandmittel und das Mittel an den AEI-Stationen in µg/m³ (oben) und in % (unten) Emissionsreferenz EWS. Modellgebiet Deutschland.

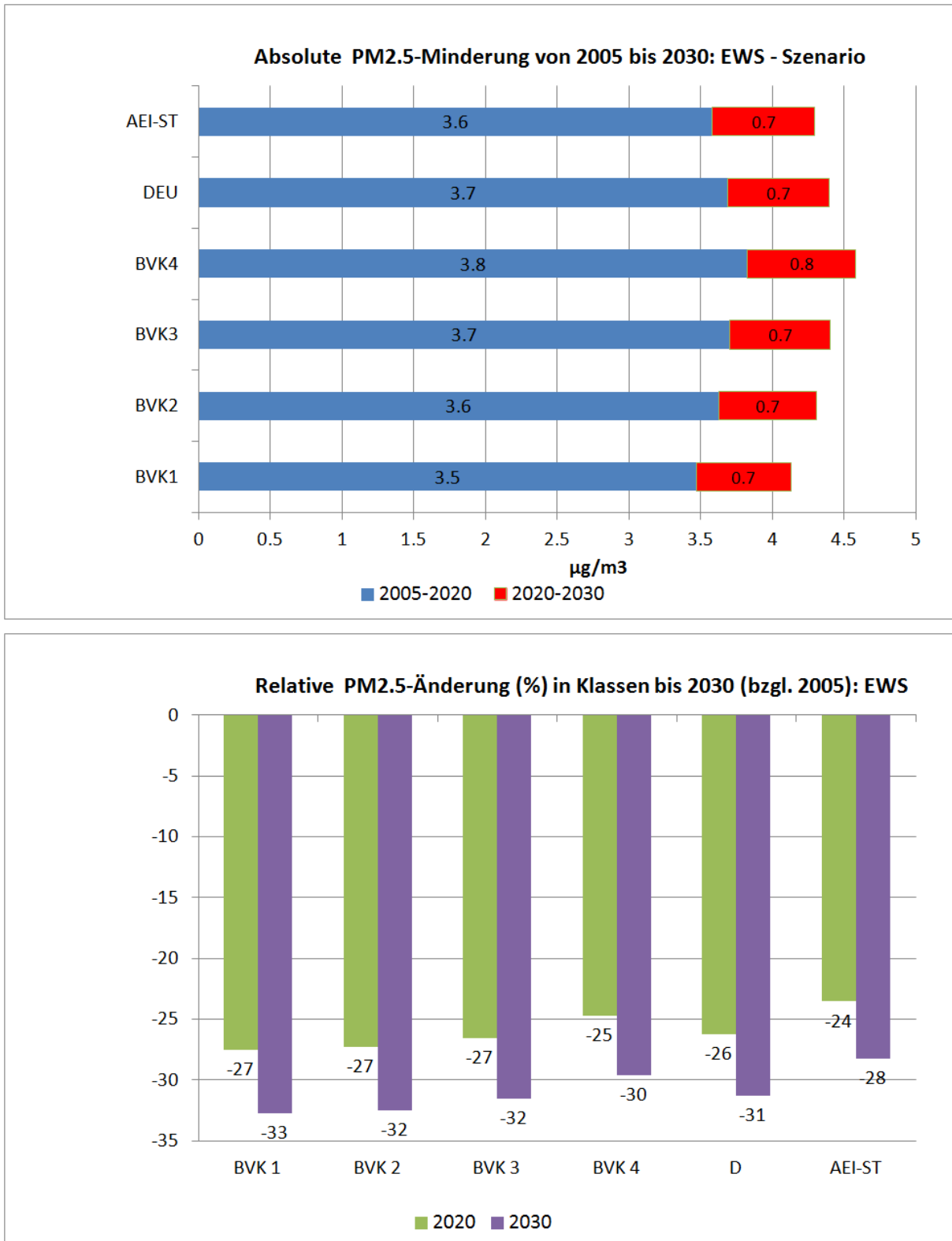


Abbildung 6-14: Bevölkerungsgewichtete $PM_{2,5}$ -Konzentrationsminderungen von 2005 bis 2030 für die 4 Bevölkerungsklassen, das Deutschlandmittel und das Mittel an den AEI-Stationen in $\mu g/m^3$ (oben) und in % (unten) Emissionsreferenz EWS+. Modellgebiet Deutschland.

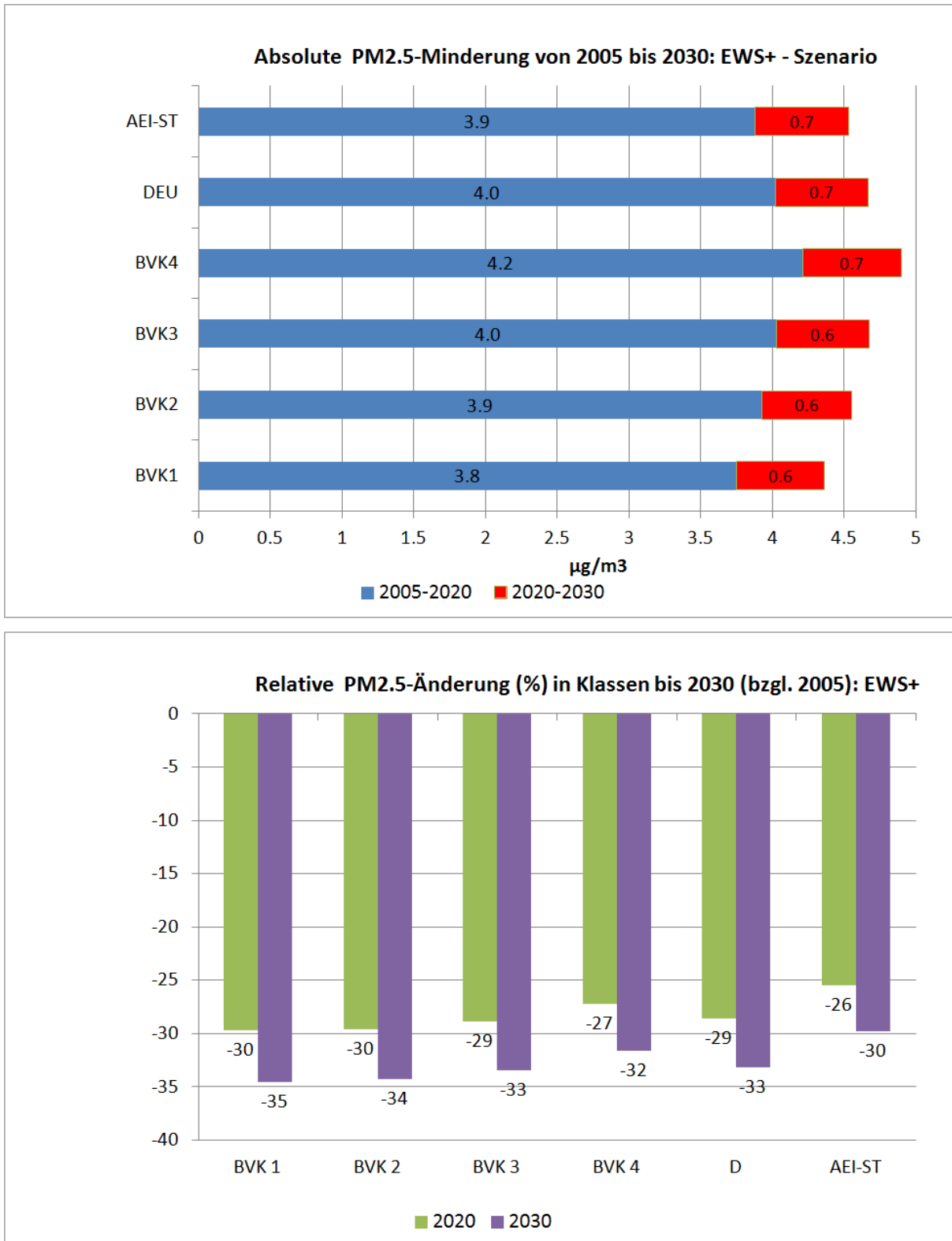


Abbildung 6-15: Bevölkerungsgewichtete NO₂-Konzentrationsminderungen von 2005 bis 2030 für die 4 Bevölkerungsklassen, das Deutschlandmittel und das Mittel an den AEI-Stationen in µg/m³ (oben) und in % (unten) Emissionsreferenz EWS. Modellgebiet Deutschland.

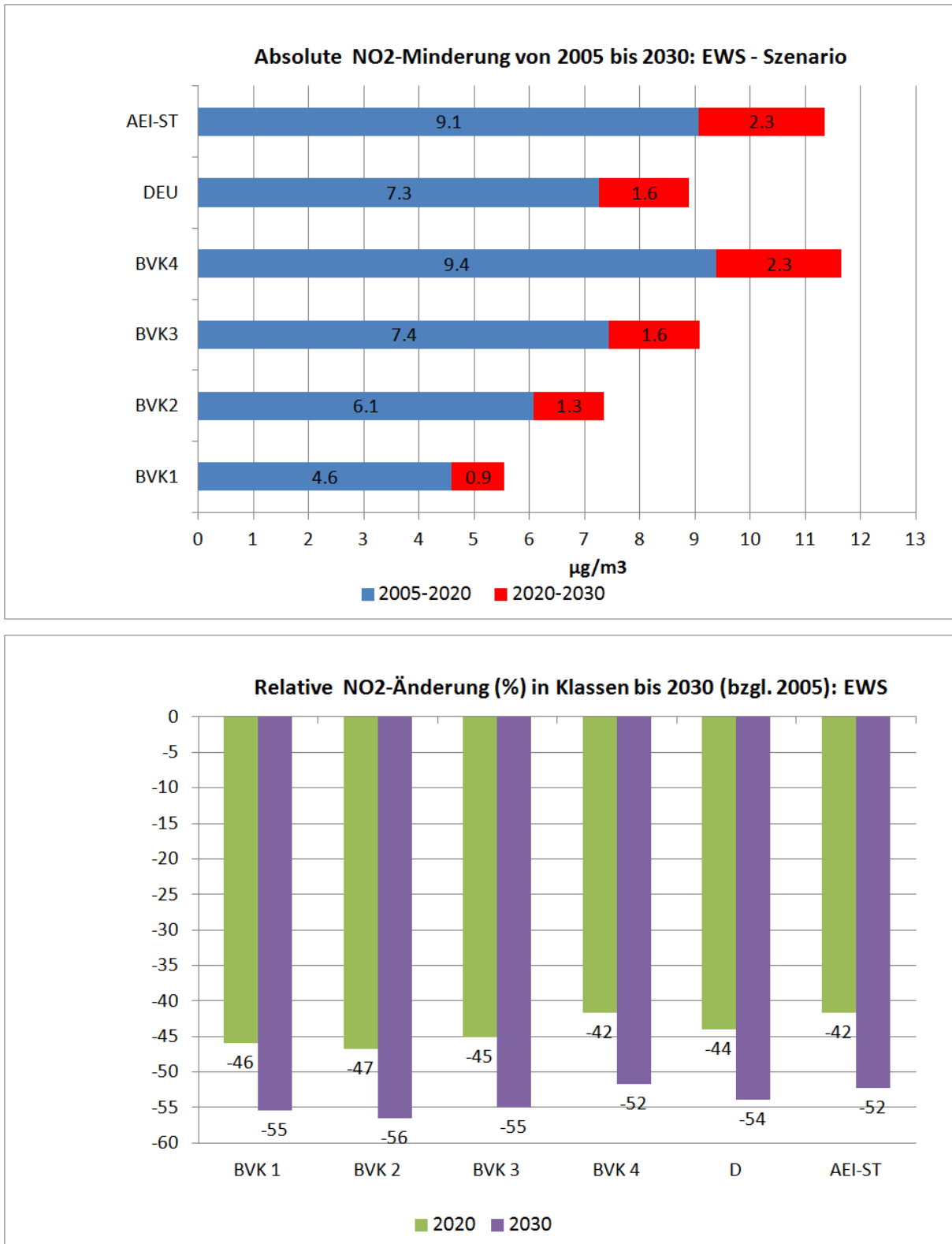
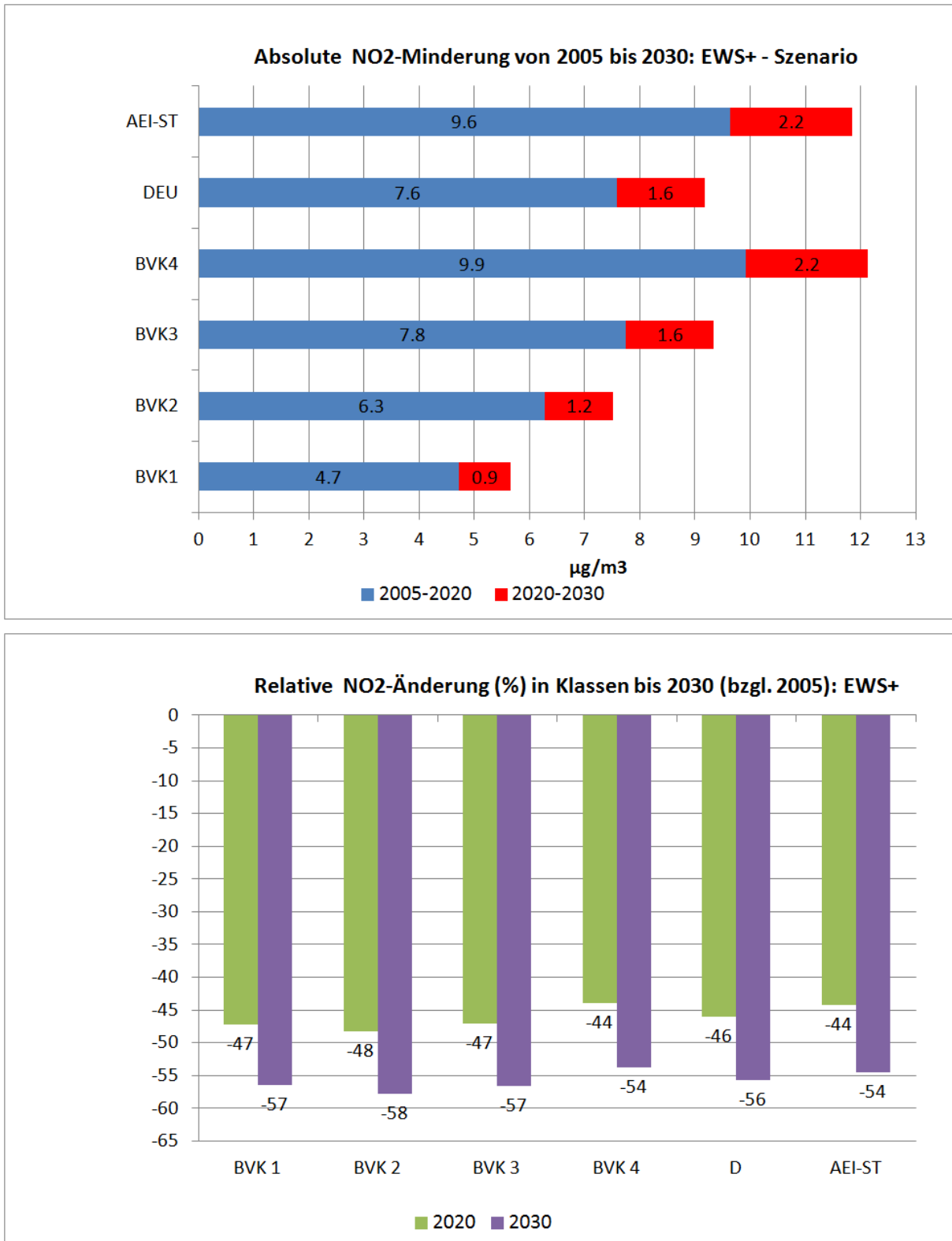


Abbildung 6-16: Bevölkerungsgewichtete NO₂-Konzentrationsminderungen von 2005 bis 2030 für die 4 Bevölkerungsklassen, das Deutschlandmittel und das Mittel an den AEI-Stationen in µg/m³ (oben) und in % (unten) Emissionsreferenz EWS+. Modellgebiet Deutschland.



6.5.4 Aktuelle Politik- und Energiewende-Szenarien 2030 im Vergleich

Für das Bezugsjahr 2030 wurden alle betrachteten Szenarien gerechnet. Die mit den verschiedenen Emissionsszenarien bis 2030 in Deutschland erreichbaren relativen Emissionsminderungen bezogen auf das Referenzjahr 2005 sind in Tabelle 6-4 zusammengefasst.

Tabelle 6-4: Mit verschiedenen Emissionsszenarien bis 2030 erreichbare relativen mittleren Emissionsabnahmen (in % bezogen auf APS 2005) in Deutschland. Die größten Abnahmen sind rot markiert. PMCO bezeichnet die PM-Grobfraction zwischen 2,5 µm und 10 µm.

2030-2005 (%)	NO _x	NM VOC	SO ₂	NH ₃	PM ₂₅	PM ₁₀	PMCO
APS	-48,2	-14,6	-39,7	0,4	-28,9	-10,5	+9,4
APS+	-50,7	-20,1	-50,9	-17,5	-29,9	-11,1	+9,2
EWS	-54,2	-14,3	-57,8	0,5	-28,0	-10,0	+9,4
EWS-LaWi+	-54,2	-14,3	-57,8	-17,1	-28,0	-10,0	+9,3
EWS+	-56,5	-19,9	-66,4	-17,0	-28,7	-10,4	+9,4

Die NO_x- und SO₂-Emissionsminderungen von 2005 bis 2030 sind im EWS höher als im APS. Die größten Abnahmen werden jeweils für das EWS+ ermittelt. Die höchste VOC-Emissionsminderung wird dagegen mit APS+ erreicht. Wie im PAREST-Projekt gezeigt wurde, haben die reaktiven Kohlenwasserstoffe aber nur einen sehr untergeordneten Einfluss auf die PM₁₀-Konzentrationen (Stern, 2010c). Die PM₁₀-Emissionsminderungen unterscheiden sich nur wenig zwischen den Szenarien. Die Minderung wird hauptsächlich durch Abnahmen im Bereich von Partikelgrößen bis 2,5 µm erreicht. In der Grobfraction zwischen 2,5 µm und 10 µm kommt es durchweg zu Zunahmen der Emission. Das Szenario EWS-LaWi+ wurde nur für 2030 gerechnet. Es unterscheidet sich vom EWS durch zusätzliche Maßnahmen in der Landwirtschaft, die eine Minderung der NH₃-Emissionen von circa 17% (bezogen auf APS 2005) bewirken. Diese Minderung ist auch im EWS+ enthalten. Im APS und EWS nehmen die NH₃-Emissionen dagegen leicht zu. Die stärkste NH₃-Emissionsabnahme wird für das APS+ berechnet. Abbildung 6-17 zeigt die mittleren PM₁₀-, PM_{2,5}- und NO₂-Konzentrationsabnahmen in den Gebieten der Bevölkerungsklasse 1 (ländliche Gebiete) für alle Szenarien. Für alle Stoffe werden die geringsten Abnahmen mit APS berechnet. Die Wirkung von APS+ und EWS ist sehr ähnlich. EWS+ bringt die stärksten Abnahmen. EWS-LaWi+ liegt für PM₁₀ und PM_{2,5} zwischen EWS und EWS+. Bei den NO₂-Abnahmen wirkten sich die zusätzlichen Maßnahmen dieses Szenarios nicht aus, da diese lediglich die NH₃-Emissionen betreffen. Generell liegen die Auswirkungen der verschiedenen Szenarien in ländlichen Gebieten für NO₂ enger zusammen als für PM. Die PM₁₀-Minderung wird zum großen Teil durch eine Abnahme der PM_{2,5}-Konzentrationen erreicht.

Abbildung 6-17: Bevölkerungsgewichtete PM_{10} -, $PM_{2,5}$ und NO_2 -Konzentrationsminderungen von 2005 bis 2030 für die Bevölkerungsklasse 1 (ländliche Regionen) in $\mu g/m^3$. Emissionsreferenz APS, APS+, EWS, EWS+ und EWS-LaWi+. Modellgebiet Deutschland.

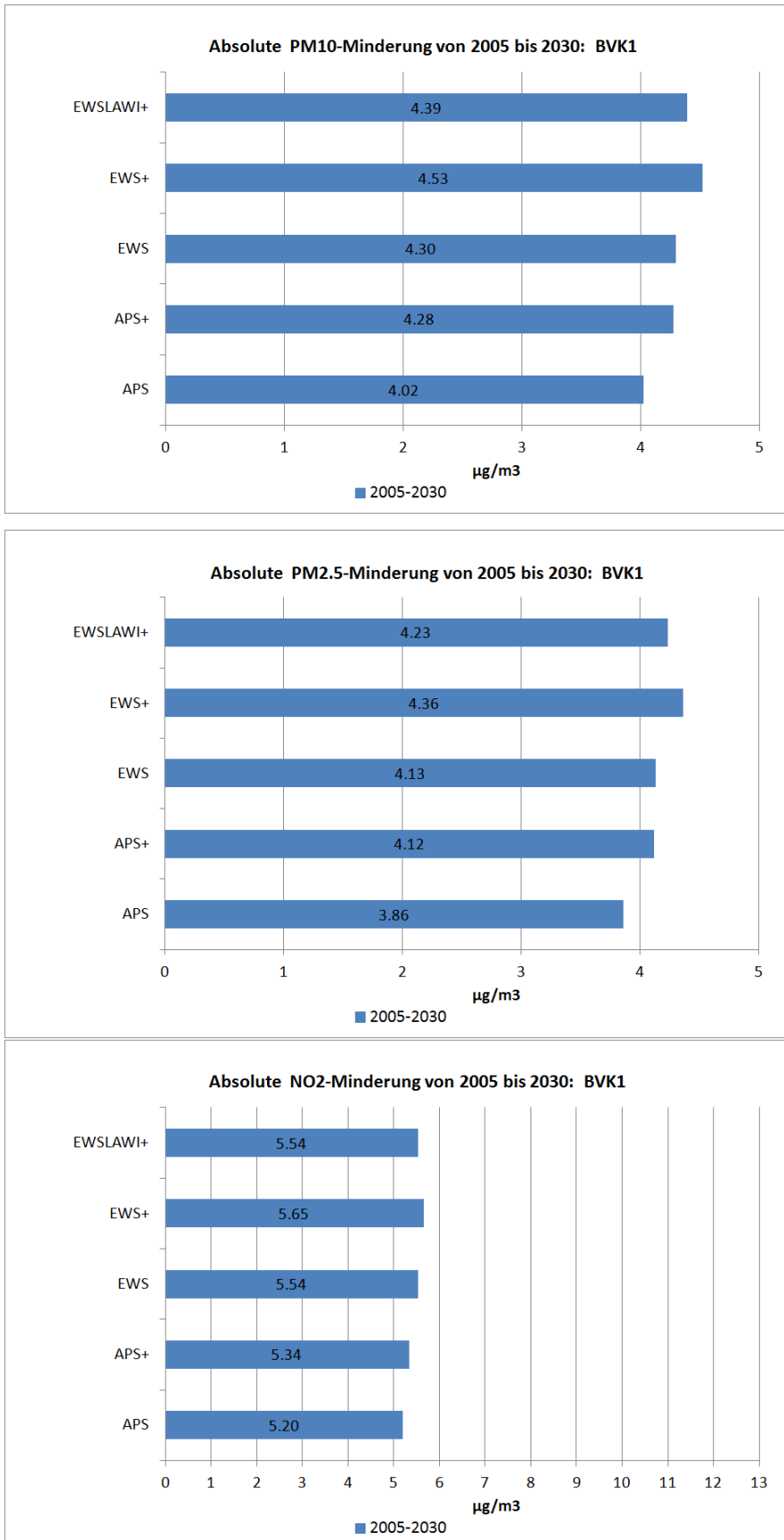


Abbildung 6-18 zeigt die mittleren PM_{10} -, $PM_{2,5}$ - und NO_2 -Konzentrationsabnahmen in den Gebieten der Bevölkerungsklasse 4 (Ballungsräume) für alle Szenarien. Die Rangordnung der Szenarien ändert sich nicht im Vergleich zu den Auswirkungen im ländlichen Raum. Auffällig ist die nur wenige Prozente höhere Minderung bei PM_{10} und $PM_{2,5}$, die für die Ballungsgebiete im Vergleich mit dem ländlichen Raum berechnet wird. Dieser Umstand ist der Tatsache geschuldet, dass die PM_{10} -Emissionsminderung überwiegend in der Feinfraktion bis $2,5\ \mu m$ stattfindet. Die PM_{10} -Emissionen in der Grobfraktion zwischen $2,5\ \mu m$ und $10\ \mu m$ nehmen dagegen zu was auf die Zunahme der Kfz-Aufwirbelungs- und Abriebemissionen, der Hausbrandemissionen und auch der industriellen Emissionen zurückzuführen ist. Diese Emissionen treten verstärkt in den Ballungsräumen auf, so dass deren Zunahme den Abnahmeeffekt durch Minderungen in anderen Verursachergruppen zum Teil kompensiert. Auch für $PM_{2,5}$ werden in diesen Verursachergruppen Emissionszunahmen ermittelt, was ebenfalls zu einer Abflachung des Gradienten im Minderungsfeld zwischen Stadt und Land beiträgt.

Die NO_2 -Minderung in den Ballungsräumen ist dagegen für alle Szenarien circa doppelt so stark wie in den ländlichen Regionen. Die Stärke der Minderung nimmt kontinuierlich zu vom APS zum APS+, gefolgt vom EWS und vom EWS+. Das Ergebnis für das Szenario EWS-LaWI+ ist identisch mit demjenigen für das EWS, da wie ausgeführt die zusätzlichen Maßnahmen der Landwirtschaft nur die NH_3 -Emissionen betreffen. Diese Rangfolge entspricht der Rangfolge bei den NO_x -Emissionsminderungen (Tabelle 6-4).

In Abbildung 6-19 sind die absoluten Konzentrationsabnahmen als Folge der Emissionsminderungen von 2005 bis 2030 im Mittel über Deutschland zusammengefasst. Die erreichbaren Abnahmen liegen in etwa zwischen denjenigen für die ländlichen Gebiete und den für die Ballungsräume.

Abbildung 6-20 zeigt die Auswirkungen der Szenarien relativ zu der Auswirkung des Aktuelle Politik-Szenarios im Mittel über die Fläche der ländlichen Gebiete. Danach ist die erreichbare PM_{10} -Abnahme in ländlichen Gebieten für das EWS+, dem am stärksten emissionsmindernden Szenario, circa 12% höher als für das APS. Die entsprechende relative verstärkte Minderung für $PM_{2,5}$ liegt bei 13%. Für NO_2 sind die Unterschiede in ländlichen Gebieten geringer. Das EWS+ ist nur 9% wirksamer als das APS.

Die erreichbaren zusätzlichen Minderungsraten gegenüber dem Aktuelle Politik-Szenario sind in den Ballungsräumen höher als in den ländlichen Regionen (Abbildung 6-21). Beim PM_{10} und $PM_{2,5}$ ist das EWS+ circa 18%, beim NO_2 circa 17% effektiver als das APS. Die im Mittel über Deutschland erreichbaren Effektivitätssteigerungen gegenüber dem APS liegen zwischen denen für die ländlichen Gebiete bzw. den Ballungsräumen (Abbildung 6-22).

In Tabelle 6-4 bis Tabelle 6-8 sind nochmals die anhand der Abbildungen diskutierten von 2005 bis 2030 erreichbaren Minderungen für alle Klassen, die AEI-Stationen sowie im Mittel über Deutschland zusammengefasst.

Abbildung 6-18: Bevölkerungsgewichtete PM_{10} -, $PM_{2,5}$ und NO_2 -Konzentrationsminderungen von 2005 bis 2030 für die Bevölkerungsklasse 4 (Ballungsräume) in $\mu g/m^3$. Emissionsreferenz APS, APS+, EWS, EWS+ und EWS-LaWi+. Modellgebiet Deutschland.

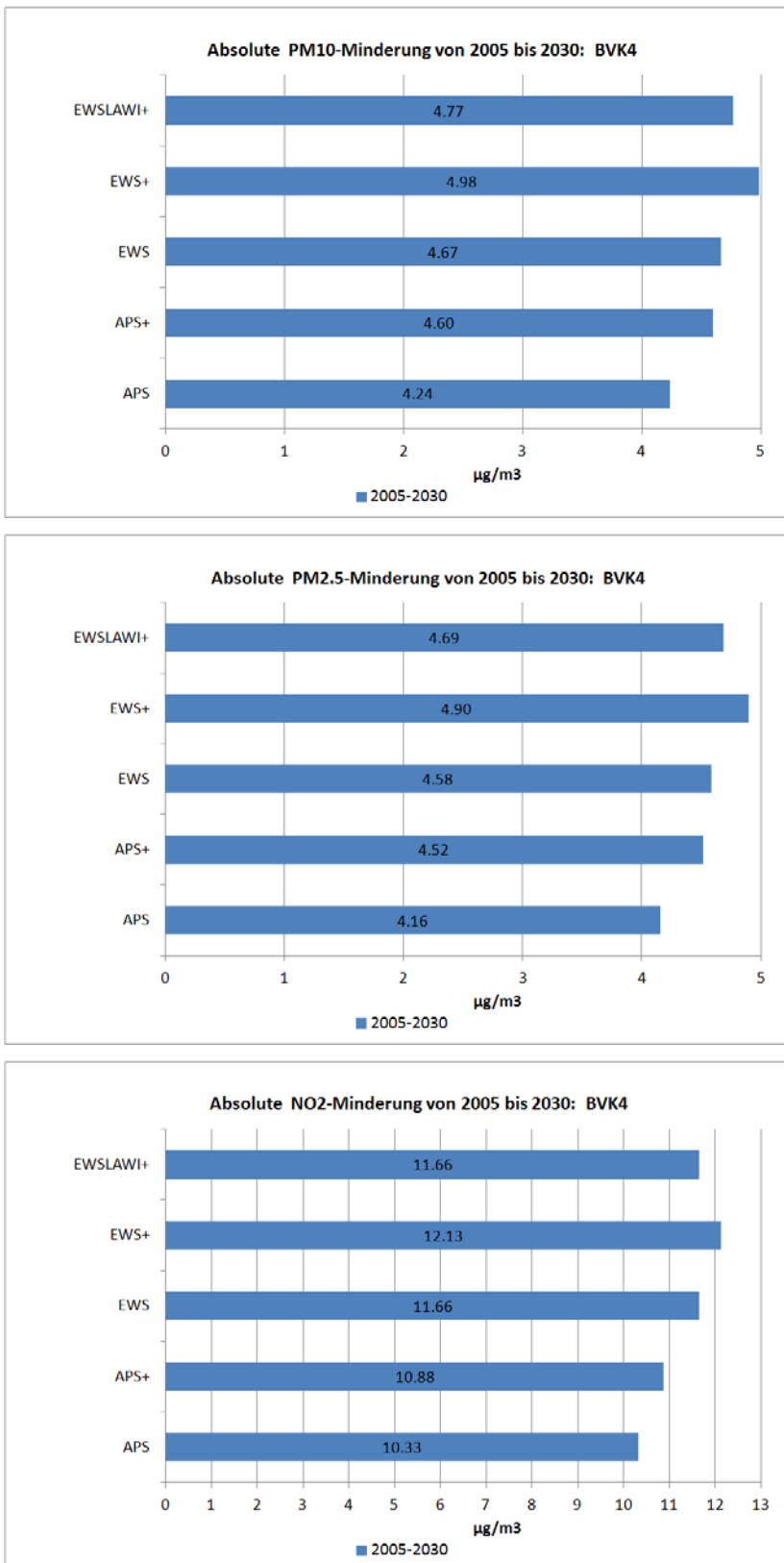


Abbildung 6-19: Bevölkerungsgewichtete PM_{10} -, $PM_{2,5}$ und NO_2 -Konzentrationsminderungen von 2005 bis 2030 im Mittel für Deutschland in $\mu g/m^3$. Emissionsreferenz APS, APS+, EWS, EWS+ und EWS-LaWi+. Modellgebiet Deutschland.

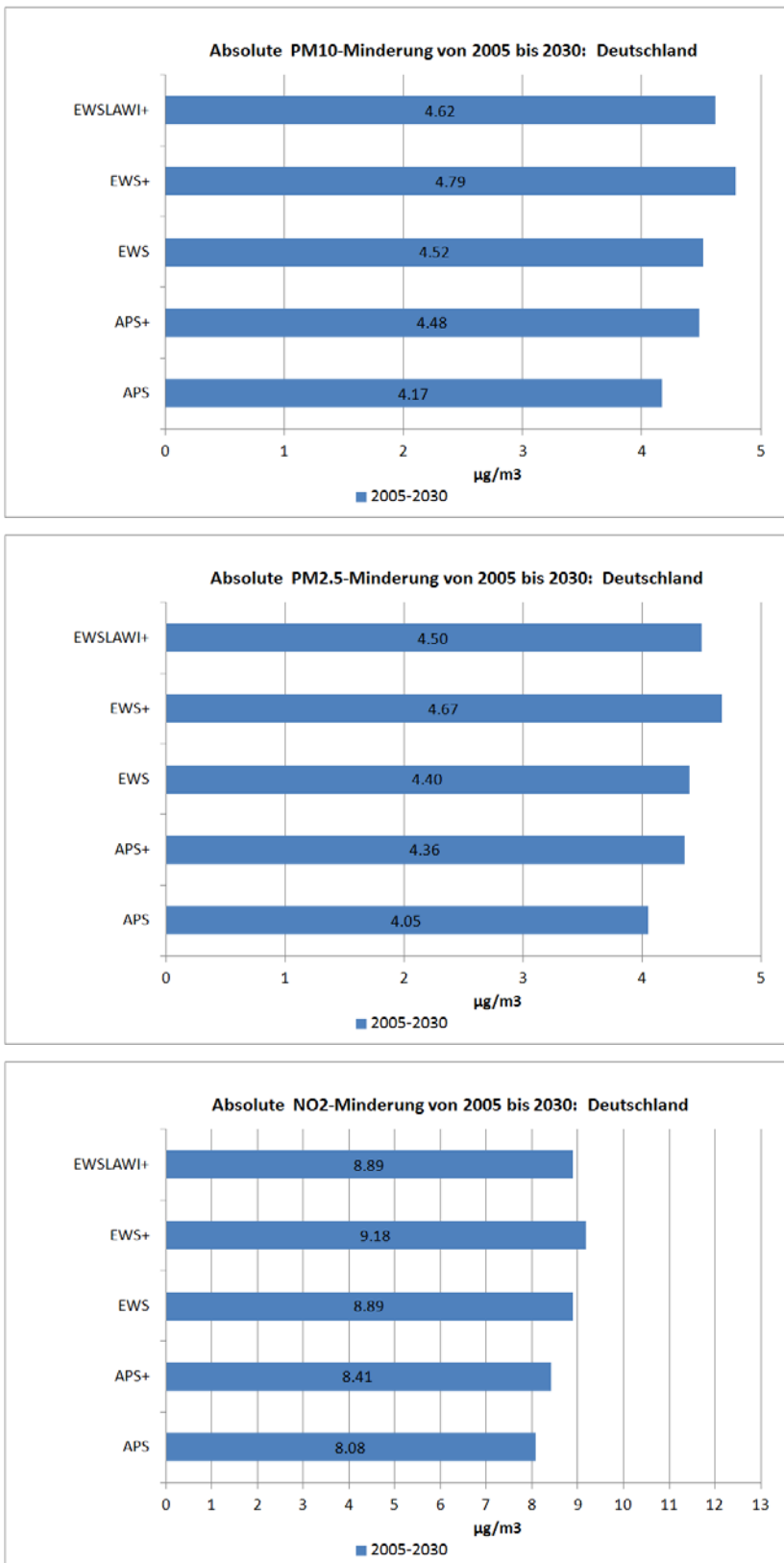


Abbildung 6-20: Bevölkerungsgewichtete PM_{10} -, $PM_{2,5}$ - und NO_2 -Konzentrationsminderungen von 2005 bis 2030 für die Bevölkerungsklasse 1 (ländliche Regionen) relativ zu der mit dem APS-Szenario erreichbaren Minderung (=100%). Emissionsreferenz APS, APS+, EWS, EWS+ und EWS-LaWi+. Modellgebiet Deutschland.

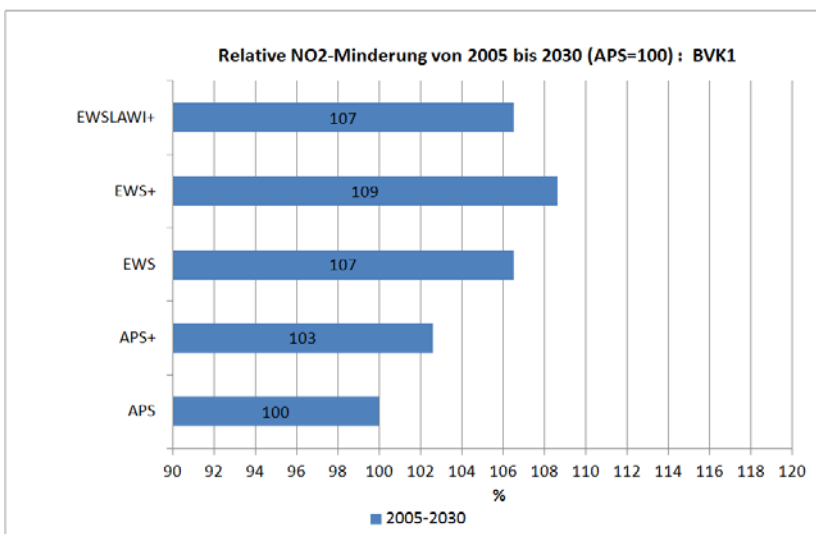
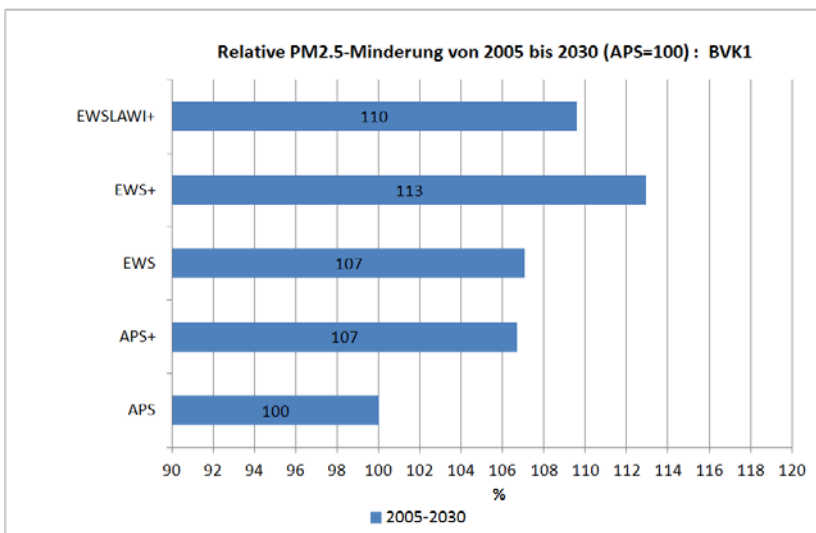
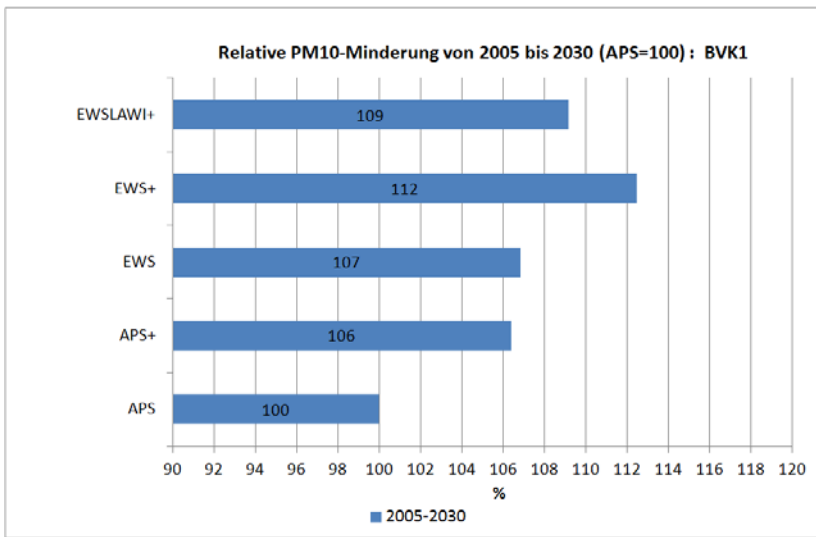


Abbildung 6-21: Bevölkerungsgewichtete PM_{10} -, $PM_{2,5}$ - und NO_2 -Konzentrationsminderungen von 2005 bis 2030 für die Bevölkerungsklasse 4 (Ballungsgebiete) relativ zu der mit dem APS-Szenario erreichbaren Minderung (=100%). Emissionsreferenz APS, APS+, EWS, EWS+ und EWS-LaWi+. Modellgebiet Deutschland.

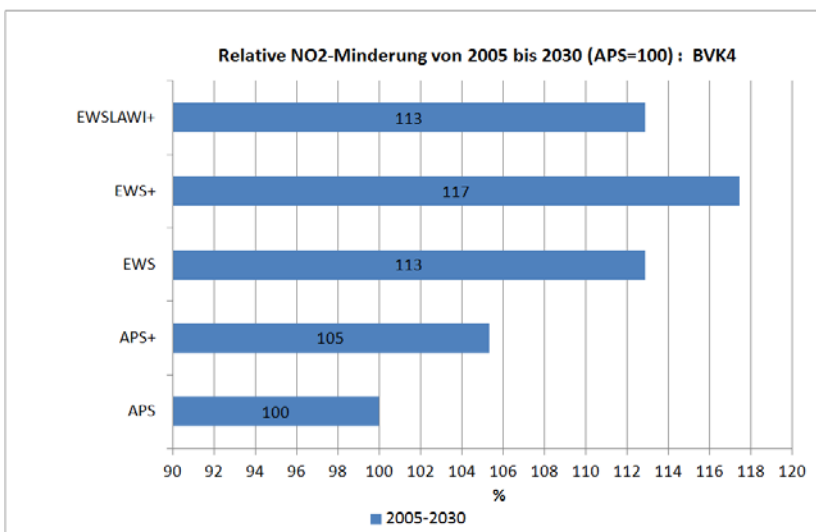
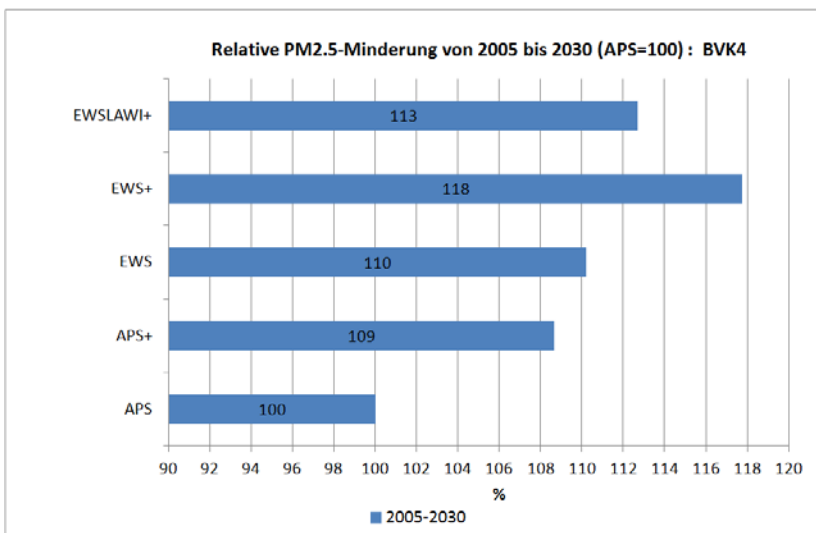
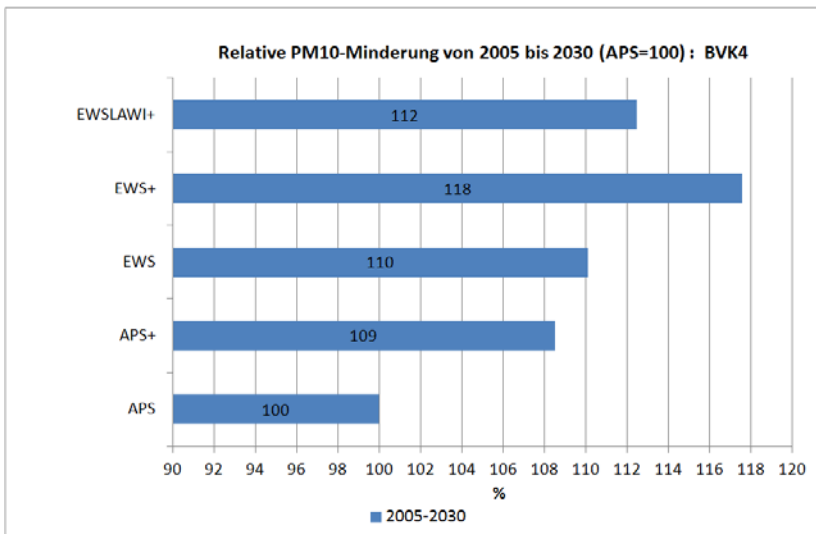


Abbildung 6-22: Bevölkerungsgewichtete PM_{10} -, $PM_{2,5}$ - und NO_2 -Konzentrationsminderungen von 2005 bis 2030 im Mittel für Deutschland relativ zu der mit dem APS-Szenario erreichbaren Minderung (=100%). Emissionsreferenz APS, APS+, EWS, EWS+ und EWS-LaWi+. Modellgebiet Deutschland.

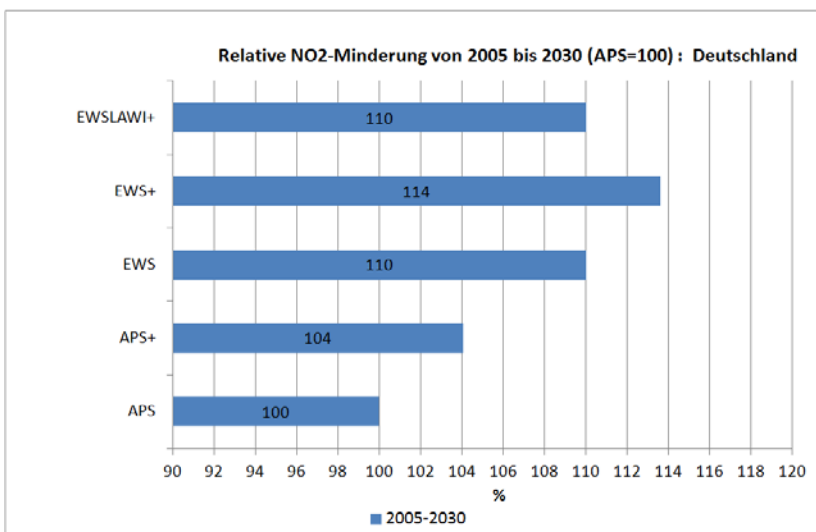
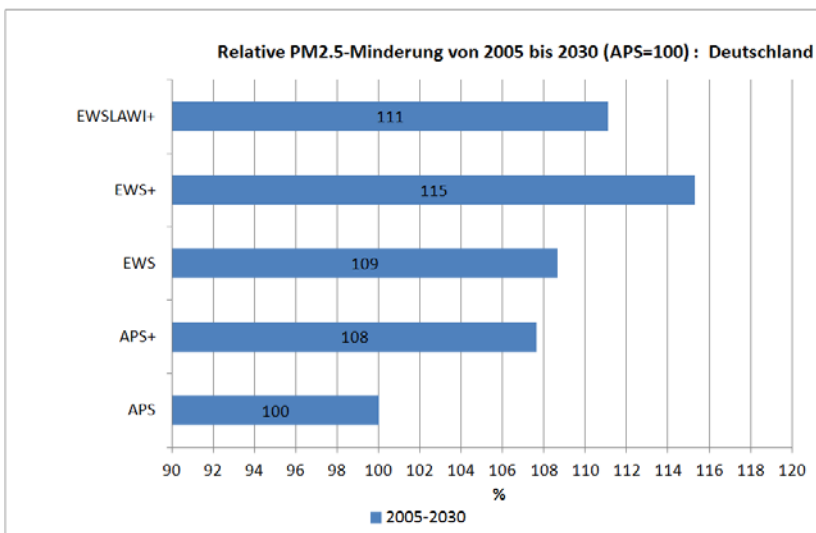
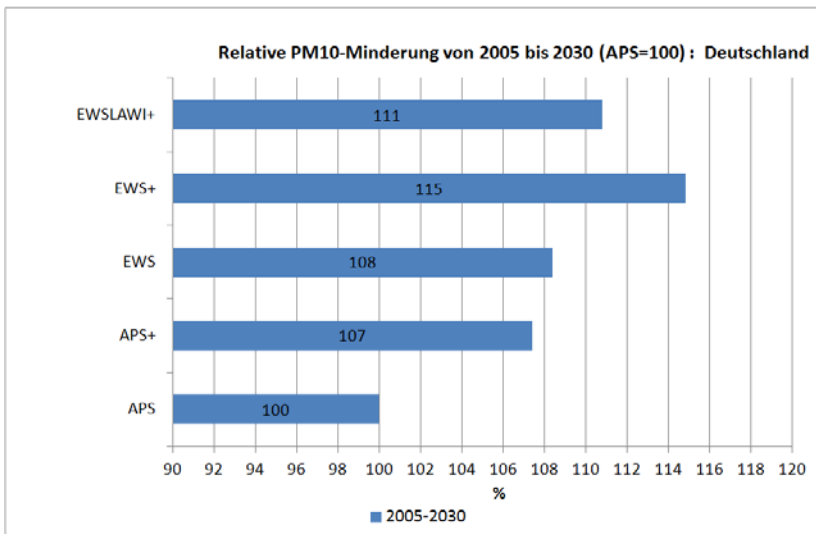


Tabelle 6-5: Mit verschiedenen Emissionsszenarien von 2005 bis 2030 erreichbare absolute mittlere PM₁₀- und PM_{2,5}-Konzentrationsabnahmen (µg/m³) für 4 Bevölkerungsklassen, die AEI-Stationen und Deutschland gesamt.

PM ₁₀	BVK 1	BVK 2	BVK 3	BVK 4	D	AEI-ST
APS2030	-4,0	-4,2	-4,2	-4,2	-4,2	-4,1
APS+2030	-4,3	-4,4	-4,5	-4,6	-4,5	-4,5
EWS2030	-4,3	-4,5	-4,5	-4,7	-4,5	-4,6
EWSLAWI+2030	-4,4	-4,5	-4,6	-4,8	-4,6	-4,7
EWS+2030	-4,5	-4,7	-4,8	-5,0	-4,8	-4,9
PM _{2,5}	BVK 1	BVK 2	BVK 3	BVK 4	D	AEI-ST
APS2030	-3,9	-4,0	-4,1	-4,2	-4,1	-3,9
APS+2030	-4,1	-4,3	-4,4	-4,5	-4,4	-4,1
EWS2030	-4,1	-4,3	-4,4	-4,6	-4,4	-4,3
EWSLAWI+2030	-4,2	-4,4	-4,5	-4,7	-4,5	-4,4
EWS+2030	-4,4	-4,6	-4,7	-4,9	-4,7	-4,5

Tabelle 6-6: Mit verschiedenen Emissionsszenarien von 2005 bis 2030 erreichbare relative mittlere PM₁₀- und PM_{2,5}-Konzentrationsabnahmen für 4 Bevölkerungsklassen, die AEI-Stationen und Deutschland gesamt.

PM ₁₀	BVK 1	BVK 2	BVK 3	BVK 4	D	AEI-ST
APS2030	-24%	-24%	-23%	-21%	-23%	-21%
APS+2030	-26%	-26%	-25%	-23%	-25%	-23%
EWS2030	-26%	-26%	-25%	-23%	-25%	-23%
EWSLAWI+2030	-27%	-26%	-25%	-24%	-25%	-24%
EWS+2030	-28%	-27%	-26%	-25%	-26%	-25%
PM _{2,5}	BVK 1	BVK 2	BVK 3	BVK 4	D	AEI-ST
APS2030	-31%	-30%	-29%	-27%	-29%	-26%
APS+2030	-32%	-32%	-32%	-29%	-31%	-27%
EWS2030	-32%	-32%	-32%	-30%	-31%	-28%
EWSLAWI+2030	-33%	-33%	-32%	-30%	-32%	-29%
EWS+2030	-35%	-35%	-34%	-32%	-33%	-30%

Tabelle 6-7: Mit verschiedenen Emissionsszenarien von 2005 bis 2030 erreichbare absolute mittlere NO₂-Konzentrationsabnahmen (µg/m³) für 4 Bevölkerungsklassen, die AEI-Stationen und Deutschland gesamt.

NO ₂	BVK 1	BVK 2	BVK 3	BVK 4	D	AEI-ST
APS2030	-5,2	-6,8	-8,3	-10,3	-8,1	-9,8
APS+2030	-5,3	-7,0	-8,6	-10,9	-8,4	-10,4
EWS2030	-5,5	-7,4	-9,1	-11,7	-8,9	-11,4

EWSLAWI+2030	-5,5	-7,4	-9,1	-11,7	-8,9	-11,4
EWS+2030	-5,7	-7,5	-9,3	-12,1	-9,2	-11,8

Tabelle 6-8: Mit verschiedenen Emissionsszenarien von 2005 bis 2030 erreichbare relative mittlere NO₂-Konzentrationsabnahmen für 4 Bevölkerungsklassen, die AEI-Stationen und Deutschland gesamt.

NO ₂	BVK 1	BVK 2	BVK 3	BVK 4	D	AEI-ST
APS2030	-52%	-52%	-50%	-46%	-49%	-45%
APS+2030	-53%	-54%	-52%	-48%	-51%	-48%
EWS2030	-55%	-57%	-55%	-52%	-54%	-52%
EWSLAWI+2030	-55%	-57%	-55%	-52%	-54%	-52%
EWS+2030	-57%	-58%	-56%	-54%	-56%	-54%

6.5.5 Meteorologie 2003 als Proxy für ein sich erwärmendes Klima

Für zwei Szenarien, das APS und das EWS+, wurden für das Zieljahr 2030 nicht nur die meteorologischen Bedingungen 2005 sondern auch die des Jahres 2003 verwendet. Der außergewöhnlich heiße Sommer 2003 soll als Näherung für ein sich erwärmendes Klima dienen. Ziel dieser Untersuchung ist eine Annäherung an die Klärung der Frage, wie weit sich ein wärmeres zukünftiges Klima auf prognostizierte Immissionsminderungen auswirken könnte. Der Ablauf nahezu aller zur Bildung sekundärer Produkte führenden chemisch-physikalischen Prozesse ist abhängig von den meteorologischen Bedingungen. Ein sich änderndes Klima führt zu einer Änderung der Umgebungsbedingungen und damit zu einer Änderung der Bildungsraten dieser sekundären Produkte.

Abbildung 6-23 zeigt die mit dem Aktuelle Politik-Szenario APS bis 2030 unter den meteorologischen Referenzbedingungen 2005 erreichbaren Immissionsminderungen und die Immissionsminderungen unter der Annahme, dass für das Zieljahr 2030 die meteorologischen Bedingungen des Jahres 2003 gelten. Es ist offensichtlich, dass die Minderungen aller Stoffe in allen Klassen geringer ausfallen, wenn man für das Zieljahr 2030 die meteorologischen Bedingungen 2003 zu Grunde legt. Dies bedeutet im Umkehrschluss, dass die meteorologischen Bedingungen des Jahres 2003 unter identischen anthropogenen Emissionsbedingungen zu höheren Konzentrationen führen als die Bedingungen des Jahres 2005. Für PM₁₀ und PM_{2,5} ist der Einfluss des Referenzjahres dabei größer als für NO₂. Auch unter den Bedingungen des Energiewende Szenarios EWS+ stellt sich dieses Ergebnis ein (Abbildung 6-24).

Abbildung 6-25 und Abbildung 6-26 zeigen die unter den meteorologischen Bedingungen 2003 (für das Zieljahr 2030) erreichbaren Konzentrationsminderungen als Anteil der Ergebnisse der Referenzrechnung unter den meteorologischen Bedingungen 2005. Demnach sinkt die mit dem APS bzw. dem EWS+ erreichbare Minderung für PM auf circa 83 bis 87%, für NO₂ auf circa 91 bis 93%, wenn im Zieljahr 2030 anstatt der meteorologischen Bedingungen 2005 diejenigen des Jahres 2003 herrschen würden.

Es muss betont werden, dass die hier vorgestellten Ergebnisse nur als Hinweis auf zu erwartende Auswirkungen von extremer werdenden meteorologischen Verhältnissen gewertet werden dürfen. Die Auswahl eines wenn auch extremen Jahres als Approximation für ein sich änderndes Klima kann keinesfalls als Ersatz für eine fundierte meteorologische Klimaprognose dienen.

Abbildung 6-23: Bevölkerungsgewichtete PM_{10} -, $PM_{2,5}$ - und NO_2 -Konzentrationsminderungen von 2005 bis 2030 gemäß dem Aktuelle Politik Szenario (APS) in den 4 Bevölkerungsklassen und als Mittel über Deutschland. Zieljahr 2030 mit meteorologischen Bedingungen 2005 und 2003.

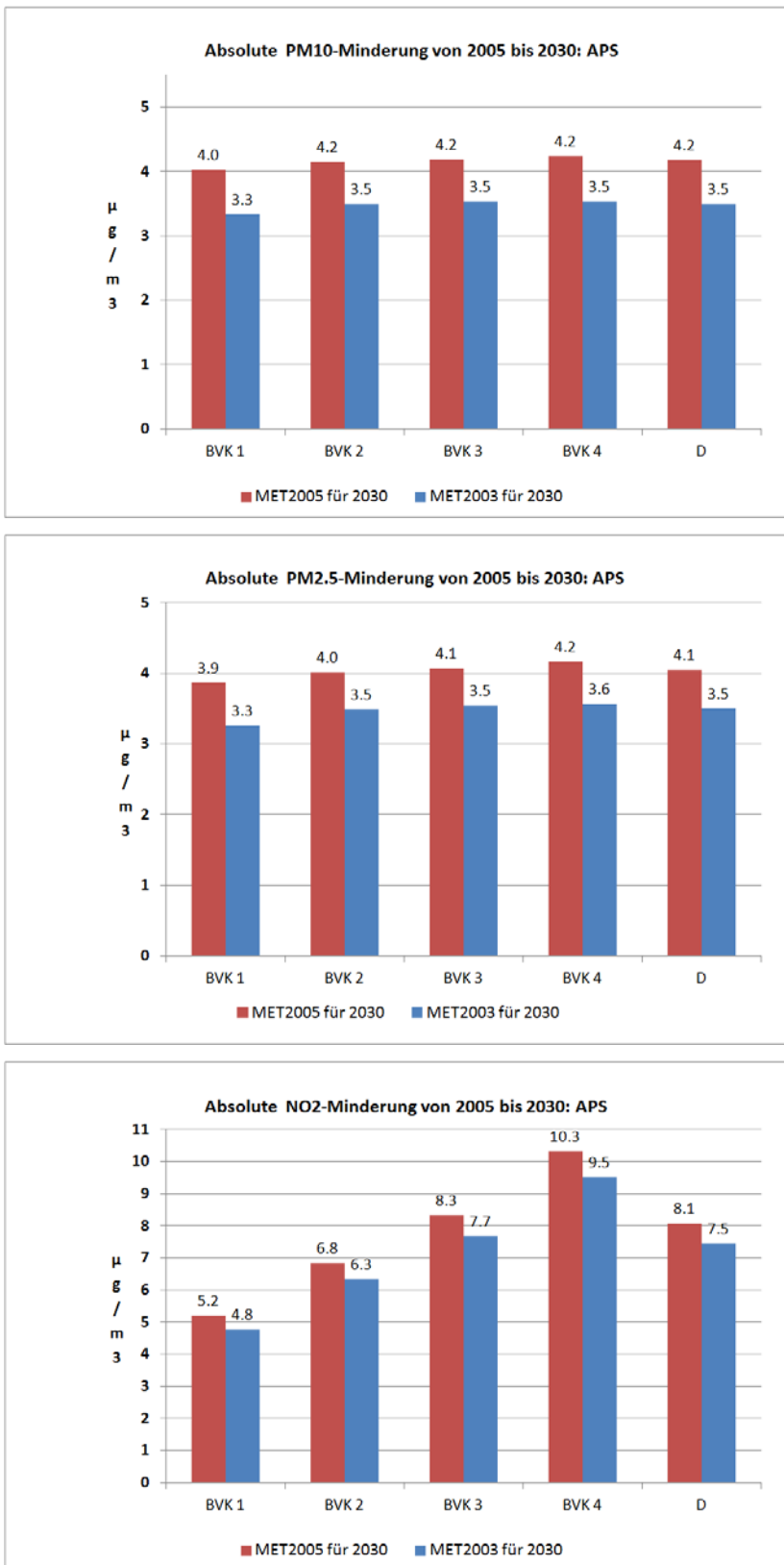


Abbildung 6-24: Bevölkerungsgewichtete PM_{10} -, $PM_{2,5}$ - und NO_2 -Konzentrationsminderungen von 2005 bis 2030 gemäß dem Energie Wende Szenario EWS+ in den 4 Bevölkerungsklassen und als Mittel über Deutschland. Zieljahr 2030 mit meteorologischen Bedingungen 2005 und 2003.

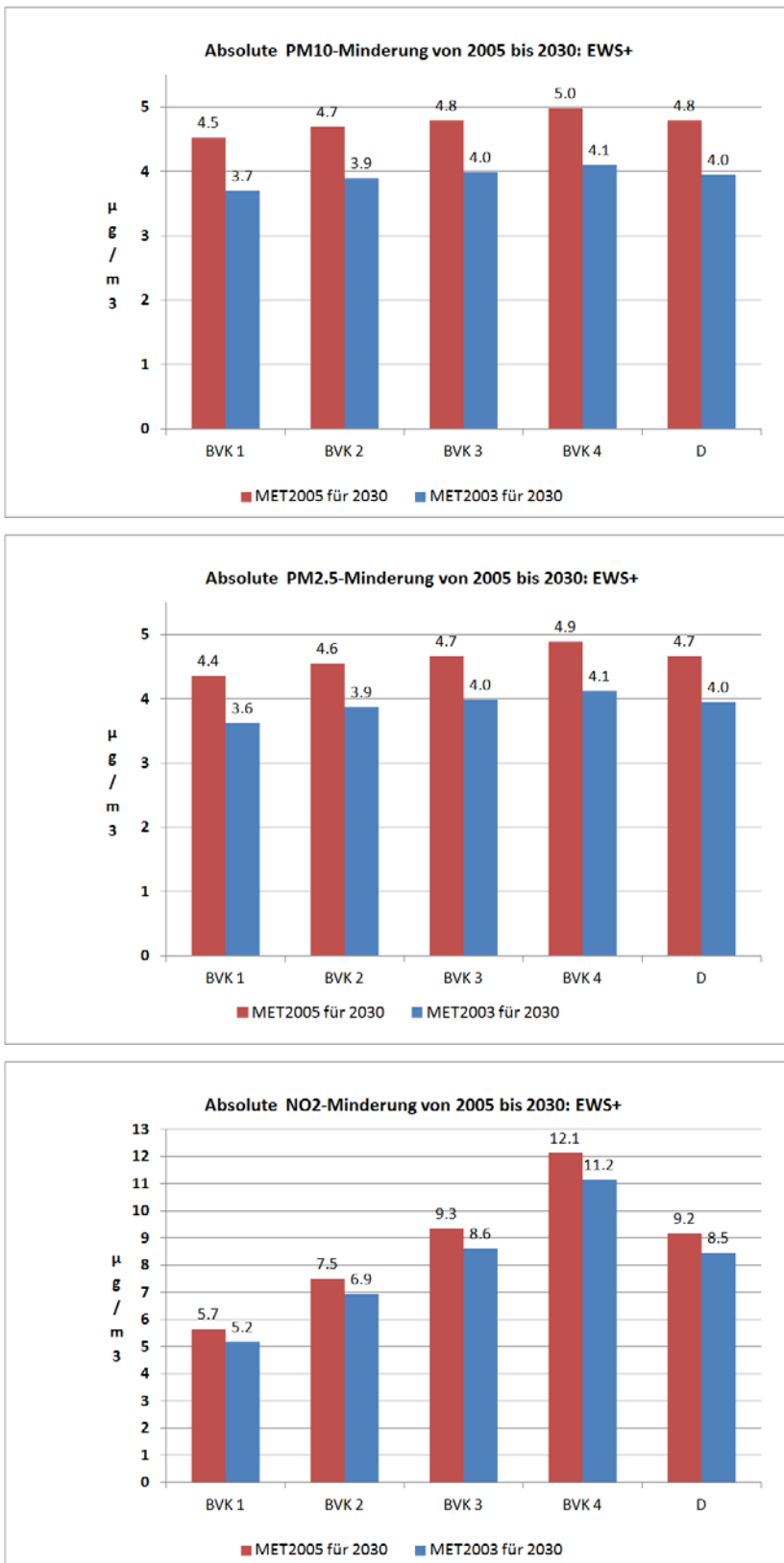


Abbildung 6-25: PM_{10} -, $PM_{2,5}$ - und NO_2 -Konzentrationsminderungen von 2005 bis 2030 unter den meteorologischen Bedingungen 2003 als Anteil der Minderungen unter den meteorologischen Bedingungen 2005 (für 2030). Aktuelles Politik Szenario (APS) in den 4 Bevölkerungsklassen und als Mittel über Deutschland und 2003.

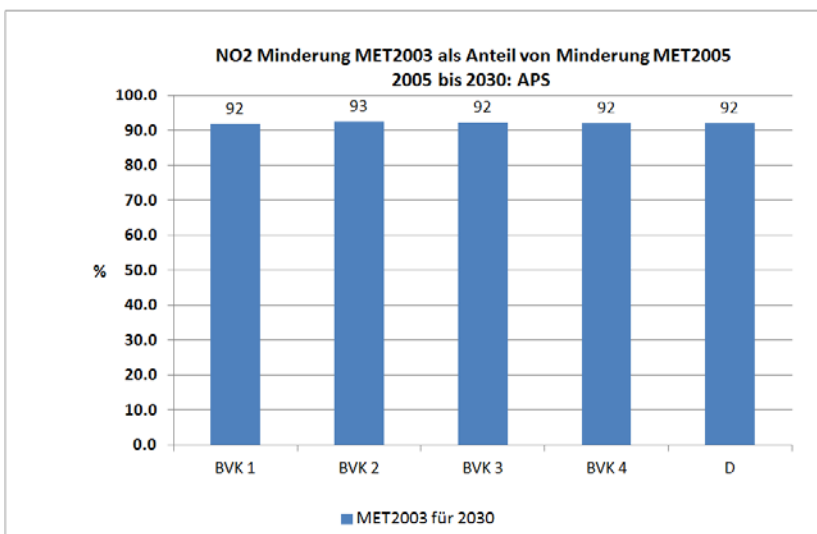
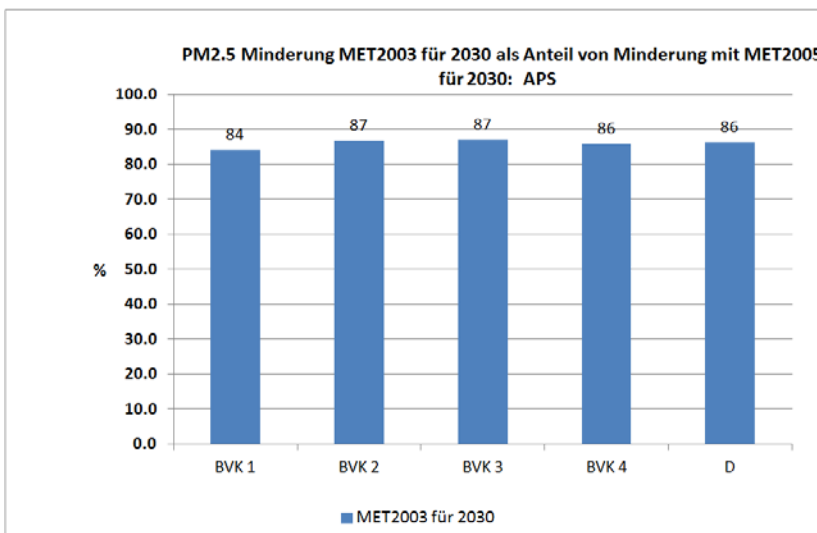
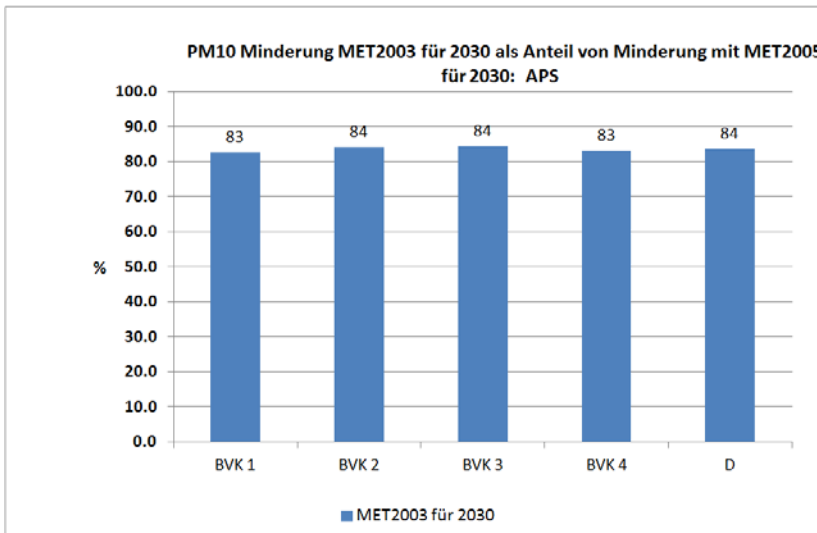
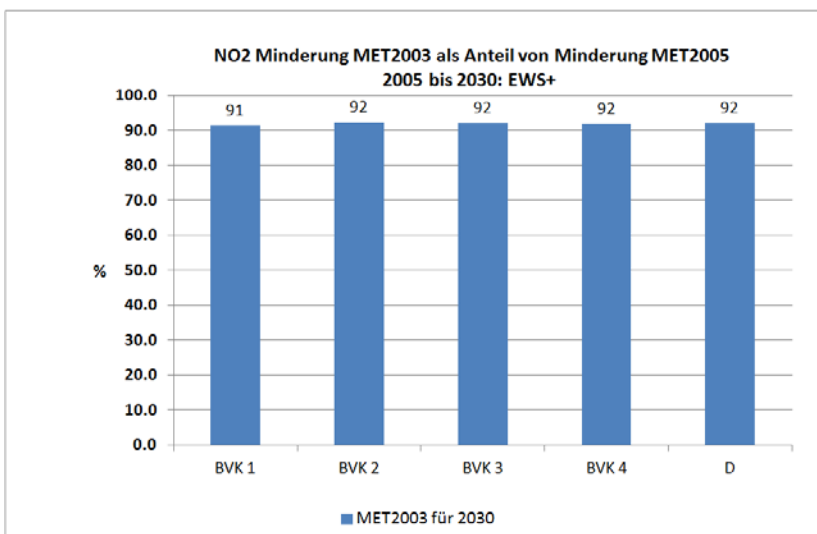
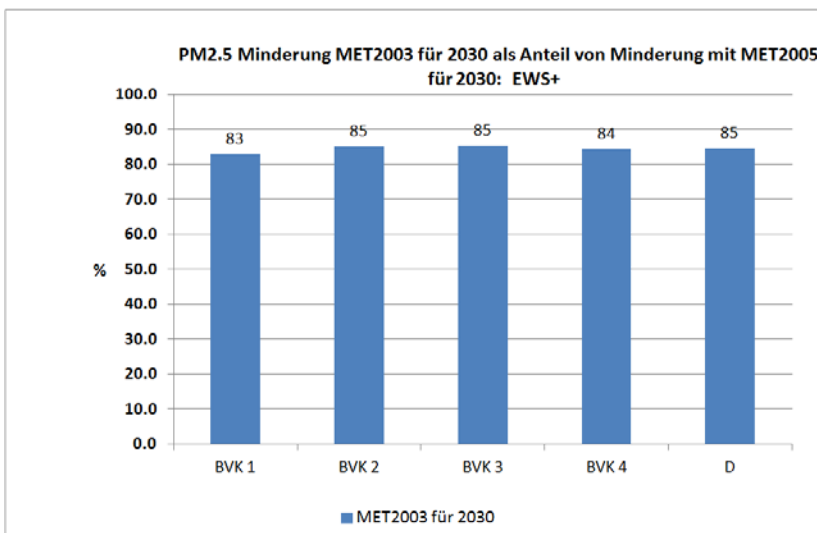
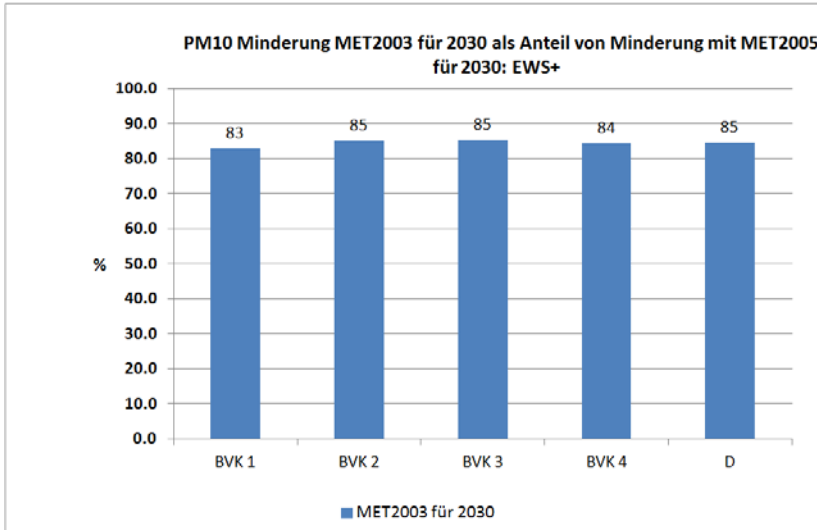


Abbildung 6-26: PM_{10} -, $PM_{2,5}$ - und NO_2 -Konzentrationsminderungen von 2005 bis 2030 unter den meteorologischen Bedingungen 2003 als Anteil der Minderungen unter den meteorologischen Bedingungen 2005 (für 2030). Aktuelles Politik Szenario (APS) in den 4 Bevölkerungsklassen und als Mittel über Deutschland und 2003.



6.5.6 Die Szenarien im Vergleich

In den folgenden Abschnitten werden die zentralen Ergebnisindikatoren der berechneten Immissions-szenarien für PM_{10} , $PM_{2,5}$ und NO_2 quantitativ verglichen.

Dabei handelt es sich jeweils um

- a) die modellierten Jahresmittelwerte der Immissions-Konzentrationen für 2005, 2010 sowie ausgewählte Szenariojahre der verschiedenen Szenarien (APS, APS+, EWS, EWS+ und EWS-Lawi+, vergleiche Definitionen in Kapitel 3.8) in allen Auswertungsklassen (vgl. Definition der Klassen in Kapitel 6.4),
- b) die Differenz der Jahresmittelwerte aus a) zu den für 2005 berechneten Konzentrationen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, d.h. die modellierte Entwicklung der Immissionskonzentrationen, negative Zahlen stehen dabei für erwartete Reduktionen in der Konzentration,
- c) die Differenz dieser Jahresmittelwerte wie unter b), ausgedrückt in Prozent der 2005er Werte
- d) die Differenz der Jahresmittelwerte aus a) zu den für das entsprechende Szenariojahr des APS berechneten Konzentrationen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, d.h. der modellierte Effekt der im jeweiligen Szenario zusätzlich zum APS angenommen Emissionsreduktionsmaßnahmen auf die Immissionskonzentrationen, negative Zahlen stehen dabei für erwartete Reduktionen in der Konzentration,
- e) die Effekte der im Vergleich zum APS zusätzlichen Maßnahmen wie unter d), ausgedrückt in Prozent der APS-Werte,
- f) die Immissionsminderungen gegenüber 2005 wie unter b) verglichen mit den Immissionsminderungen, die im entsprechenden Szenariojahr des APS gegenüber 2005 berechnet werden (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, negative Zahlen bedeuten eine stärkere Immissionsreduktion als im APS) und
- g) der Vergleich der Immissionsminderung gegenüber 2005 wie unter f), ausgedrückt in Prozent der Immissionsminderung des jeweiligen Szenariojahres des APS.

In den Tabellen gemäß a) und b) werden auch mit der Kennzeichnung „MET 2003“ die Ergebnisse der Sensitivitätsläufe ausgewiesen, in denen die Meteorologie des Jahres 2003 benutzt wurde (Referenz war 2005). Zusätzlich wird hier auch der prozentuale Effekt der geänderten Meteorologie im Vergleich zu den Ergebnissen desselben Szenariojahres mit der Referenzmeteorologie 2005 ausgewiesen.

6.5.6.1 Übersicht der Ergebnisse für PM₁₀ Immissionen

Tabelle 6-9: Modellerte Jahresmittelwerte der PM₁₀-Konzentrationen für verschiedene Szenarien, Szenariojahre und Auswertungsklassen

Modellierte Immission (Jahresmittelwerte) in µg/m ³						
PM ₁₀	BVK 1	BVK 2	BVK 3	BVK 4	D	AEI-ST
APS2005	16,335	17,241	18,364	20,130	18,310	19,987
APS2020	12,829	13,589	14,651	16,328	14,610	16,300
APS2025	12,537	13,306	14,390	16,099	14,350	16,072
APS2030	12,311	13,087	14,177	15,892	14,140	15,870
APS2030,MET2003	13,010	13,743	14,830	16,602	14,820	16,743
Einfluss von MET 2003	6%	5%	5%	4%	5%	6%
APS+2020	12,528	13,268	14,299	15,91	14,26	15,913
APS+2030	12,054	12,811	13,873	15,531	13,830	15,537
EWS2020	12,694	13,444	14,492	16,132	14,45	16,106
EWS2030	12,035	12,787	13,841	15,463	13,790	15,423
EWS+2020	12,413	13,145	14,165	15,747	14,12	15,752
EWS+2030	11,809	12,544	13,573	15,146	13,520	15,136
EWS+2030, MET2003	12,642	13,348	14,383	16,034	14,36	16,182
Einfluss von MET 2003	7%	6%	6%	6%	6%	7%
EWSLAWI+2030	11,942	12,695	13,746	15,363	13,690	15,329

Tabelle 6-10: Differenz der modellierten Jahresmittelwerte der PM₁₀-Konzentrationen für verschiedene Szenarien, Szenariojahre und Auswertungsklassen im Vergleich zu den für 2005 modellierten Werten (in µg/m³)

Immissionseffekt gegenüber 2005 (Jahresmittelwert) in µg/m ³						
PM ₁₀	BVK 1	BVK 2	BVK 3	BVK 4	D	AEI-ST
APS2020	-3,5	-3,7	-3,7	-3,8	-3,7	-3,7
APS2025	-3,8	-3,9	-4,0	-4,0	-4,0	-3,9
APS2030	-4,0	-4,2	-4,2	-4,2	-4,2	-4,1
APS2030,MET2003	-3,3	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,2
Einfluss von MET 2003	-17%	-16%	-16%	-17%	-16%	-21%
APS+2020	-3,8	-4,0	-4,1	-4,2	-4,1	-4,1
APS+2030	-4,3	-4,4	-4,5	-4,6	-4,5	-4,5
EWS2020	-3,6	-3,8	-3,9	-4,0	-3,9	-3,9
EWS2030	-4,3	-4,5	-4,5	-4,7	-4,5	-4,6
EWS+2020	-3,9	-4,1	-4,2	-4,4	-4,2	-4,2
EWS+2030	-4,5	-4,7	-4,8	-5,0	-4,8	-4,9
EWS+2030, MET2003	-3,7	-3,9	-4,0	-4,1	-4,0	-3,8
Einfluss von MET 2003	-18%	-17%	-17%	-18%	-18%	-22%
EWSLAWI+2030	-4,4	-4,5	-4,6	-4,8	-4,6	-4,7

Tabelle 6-11: Differenz der modellierten Jahresmittelwerte der PM₁₀-Konzentrationen für verschiedene Szenarien, Szenariojahre und Auswertungsklassen im Vergleich zu den für 2005 modellierten Werten (in % von 2005)

Immissionseffekt gegenüber 2005 (Jahresmittelwert) in %						
PM ₁₀	BVK 1	BVK 2	BVK 3	BVK 4	D	AEI-ST
APS2005	-	-	-	-	-	-
APS2020	-21%	-21%	-20%	-19%	-20%	-18%
APS2025	-23%	-23%	-22%	-20%	-22%	-20%
APS2030	-25%	-24%	-23%	-21%	-23%	-21%
APS2030,MET2003	-20%	-20%	-19%	-18%	-19%	-16%
APS+2020	-23%	-23%	-22%	-21%	-22%	-20%
APS+2030	-26%	-26%	-24%	-23%	-24%	-22%
EWS2020	-22%	-22%	-21%	-20%	-21%	-19%
EWS2030	-26%	-26%	-25%	-23%	-25%	-23%
EWS+2020	-24%	-24%	-23%	-22%	-23%	-21%
EWS+2030	-28%	-27%	-26%	-25%	-26%	-24%
EWS+2030, MET2003	-23%	-23%	-22%	-20%	-22%	-19%
EWSLAWI+2030	-27%	-26%	-25%	-24%	-25%	-23%

Tabelle 6-12: Differenz der modellierten Jahresmittelwerte der PM₁₀-Konzentrationen für verschiedene Szenarien, Szenariojahre und Auswertungsklassen im Vergleich zu den für das APS im selben Szenariojahr modellierten Werten (in µg/m³)

Immissionseffekt gegenüber APS desselben Jahres in µg/m ³						
PM ₁₀	BVK 1	BVK 2	BVK 3	BVK 4	D	AEI-ST
APS+2020	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4
APS+2030	-0,3	-0,3	-0,3	-0,4	-0,3	-0,3
EWS2020	-0,1	-0,1	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2
EWS2030	-0,3	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4	-0,4
EWS+2020	-0,4	-0,4	-0,5	-0,6	-0,5	-0,5
EWS+2030	-0,5	-0,5	-0,6	-0,7	-0,6	-0,7
EWS+2030, MET2003	-0,4	-0,4	-0,4	-0,6	-0,5	-0,6
EWSLAWI+2030	-0,4	-0,4	-0,4	-0,5	-0,5	-0,5

Tabelle 6-13: Differenz der modellierten Jahresmittelwerte der PM₁₀-Konzentrationen für verschiedene Szenarien, Szenariojahre und Auswertungsklassen im Vergleich zu den für das APS im selben Szenariojahr modellierten Werten (in % des APS-Szenariojahres)

Immissionseffekt gegenüber APS desselben Jahres in %						
PM ₁₀	BVK 1	BVK 2	BVK 3	BVK 4	D	AEI-ST
APS+2020	-2%	-2%	-2%	-3%	-2%	-2%
APS+2030	-2%	-2%	-2%	-2%	-2%	-2%
EWS2020	-1%	-1%	-1%	-1%	-1%	-1%
EWS2030	-2%	-2%	-2%	-3%	-2%	-3%
EWS+2020	-3%	-3%	-3%	-4%	-3%	-3%
EWS+2030	-4%	-4%	-4%	-5%	-4%	-5%
EWS+2030, MET2003	-3%	-3%	-3%	-3%	-3%	-3%
EWSLAWI+2030	-3%	-3%	-3%	-3%	-3%	-3%

Tabelle 6-14: Differenz der modellierten Jahresmittelwerte der PM₁₀-Konzentrationen für verschiedene Szenarien, Szenariojahre und Auswertungsklassen im Vergleich zu den für 2005 modellierten Werten, verglichen mit der für das APS im selben Szenariojahr berechneten Differenz (in µg/m³)

Differenz gegen 2005 im Vergleich zum APS desselben Jahres in µg/m ³						
PM ₁₀	BVK 1	BVK 2	BVK 3	BVK 4	D	AEI-ST
APS+2020	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4
APS+2030	-0,3	-0,3	-0,3	-0,4	-0,3	-0,3
EWS2020	-0,1	-0,1	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2
EWS2030	-0,3	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4	-0,4
EWS+2020	-0,4	-0,4	-0,5	-0,6	-0,5	-0,5
EWS+2030	-0,5	-0,5	-0,6	-0,7	-0,6	-0,7
EWS+2030, MET2003	-0,4	-0,4	-0,4	-0,6	-0,5	-0,6
EWSLAWI+2030	-0,4	-0,4	-0,4	-0,5	-0,5	-0,5

Tabelle 6-15: Differenz der modellierten Jahresmittelwerte der PM₁₀-Konzentrationen für verschiedene Szenarien, Szenariojahre und Auswertungsklassen im Vergleich zu den für 2005 modellierten Werten, verglichen mit der für das APS im selben Szenariojahr berechneten Differenz (in % der für das APS-Szenariojahr berechneten Differenz)

Differenz gegen 2005 im Vergleich zum APS desselben Jahres in %						
PM ₁₀	BVK 1	BVK 2	BVK 3	BVK 4	D	AEI-ST
APS+2020	9%	9%	9%	11%	9%	10%
APS+2030	6%	7%	7%	9%	7%	8%
EWS2020	4%	4%	4%	5%	4%	5%
EWS2030	7%	7%	8%	10%	8%	11%
EWS+2020	12%	12%	13%	15%	13%	15%
EWS+2030	12%	13%	14%	18%	15%	18%
EWS+2030, MET2003	11%	11%	13%	16%	13%	17%
EWSLAWI+2030	9%	9%	10%	12%	11%	13%

6.5.6.2 Übersicht der Ergebnisse für PM_{2,5}-Immissionen

Tabelle 6-16: Modellierte Jahresmittelwerte der PM_{2,5}-Konzentrationen für verschiedene Szenarien, Szenariojahre und Auswertungsklassen

modellierte Immission (Jahresmittelwerte) in µg/m ³						
PM _{2,5}	BVK 1	BVK 2	BVK 3	BVK 4	D	AEI-ST
APS2005	12,619	13,276	13,964	15,480	14,070	15,205
APS2020	9,281	9,790	10,414	11,839	10,540	11,805
APS2025	8,991	9,498	10,130	11,567	10,250	11,558
APS2030	8,759	9,264	9,891	11,322	10,020	11,353
APS2030, MET2003	9,366	9,795	10,417	11,910	10,570	11,775
Einfluss von MET 2003	7%	6%	5%	5%	5%	4%
APS+2020	8,977	9,467	10,061	11,425	10,18	11,478
APS+2030	8,500	8,986	9,587	10,963	9,710	11,076
EWS2020	9,15	9,65	10,261	11,652	10,38	11,625
EWS2030	8,486	8,967	9,558	10,897	9,670	10,907
EWS+2020	8,866	9,349	9,933	11,269	10,05	11,327
EWS+2030	8,259	8,723	9,291	10,583	9,400	10,672
EWS+2030, MET2003	9	9,403	9,974	11,351	10,12	11,25
Einfluss von MET 2003	9%	8%	7%	7%	8%	5%
EWSLAWI+2030	8,389	8,871	9,460	10,794	9,570	10,805

Tabelle 6-17: Differenz der modellierten Jahresmittelwerte der PM_{2,5}-Konzentrationen für verschiedene Szenarien, Szenariojahre und Auswertungsklassen im Vergleich zu den für 2005 modellierten Werten (in µg/m³)

Immissionseffekt gegenüber 2005 (Jahresmittelwert) in µg/m ³						
PM _{2,5}	BVK 1	BVK 2	BVK 3	BVK 4	D	AEI-ST
APS2005	-	-	-	-	-	-
APS2020	-3,3	-3,5	-3,6	-3,6	-3,5	-3,4
APS2025	-3,6	-3,8	-3,8	-3,9	-3,8	-3,6
APS2030	-3,9	-4,0	-4,1	-4,2	-4,1	-3,9
APS2030,MET2003	-3,3	-3,5	-3,5	-3,6	-3,5	-3,4
Einfluss von MET 2003	-16%	-13%	-13%	-14%	-14%	-11%
APS+2020	-3,6	-3,8	-3,9	-4,1	-3,9	-3,7
APS+2030	-4,1	-4,3	-4,4	-4,5	-4,4	-4,1
EWS2020	-3,5	-3,6	-3,7	-3,8	-3,7	-3,6
EWS2030	-4,1	-4,3	-4,4	-4,6	-4,4	-4,3
EWS+2020	-3,8	-3,9	-4,0	-4,2	-4,0	-3,9
EWS+2030	-4,4	-4,6	-4,7	-4,9	-4,7	-4,5
EWS+2030, MET2003	-3,6	-3,9	-4,0	-4,1	-4,0	-4,0
Einfluss von MET 2003	-17%	-15%	-15%	-16%	-15%	-13%
EWSLAWI+2030	-4,2	-4,4	-4,5	-4,7	-4,5	-4,4

Tabelle 6-18: Differenz der modellierten Jahresmittelwerte der PM_{2,5}-Konzentrationen für verschiedene Szenarien, Szenariojahre und Auswertungsklassen im Vergleich zu den für 2005 modellierten Werten (in % von 2005)

Immissionseffekt gegenüber 2005 (Jahresmittelwert) in %						
PM _{2,5}	BVK 1	BVK 2	BVK 3	BVK 4	D	AEI-ST
APS2005	-	-	-	-	-	-
APS2020	-26%	-26%	-25%	-24%	-25%	-22%
APS2025	-29%	-28%	-27%	-25%	-27%	-24%
APS2030	-31%	-30%	-29%	-27%	-29%	-25%
APS2030,MET2003	-26%	-26%	-25%	-23%	-25%	-23%
APS+2020	-29%	-29%	-28%	-26%	-28%	-25%
APS+2030	-33%	-32%	-31%	-29%	-31%	-27%
EWS2020	-27%	-27%	-27%	-25%	-26%	-24%
EWS2030	-33%	-32%	-32%	-30%	-31%	-28%
EWS+2020	-30%	-30%	-29%	-27%	-29%	-26%
EWS+2030	-35%	-34%	-33%	-32%	-33%	-30%
EWS+2030, MET2003	-29%	-29%	-29%	-27%	-28%	-26%
EWSLAWI+2030	-34%	-33%	-32%	-30%	-32%	-29%

Tabelle 6-19: Differenz der modellierten Jahresmittelwerte der PM_{2,5}-Konzentrationen für verschiedene Szenarien, Szenariojahre und Auswertungsklassen im Vergleich zu den für das APS im selben Szenariojahr modellierten Werten (in µg/m³)

Immissionseffekt gegenüber APS desselben Jahres in µg/m ³						
PM _{2,5}	BVK 1	BVK 2	BVK 3	BVK 4	D	AEI-ST
APS+2020	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4	-0,4	-0,3
APS+2030	-0,3	-0,3	-0,3	-0,4	-0,3	-0,3
EWS2020	-0,1	-0,1	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2
EWS2030	-0,3	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4	-0,4
EWS+2020	-0,4	-0,4	-0,5	-0,6	-0,5	-0,5
EWS+2030	-0,5	-0,5	-0,6	-0,7	-0,6	-0,7
EWS+2030, MET2003	-0,4	-0,4	-0,4	-0,6	-0,5	-0,5
EWSLAWI+2030	-0,4	-0,4	-0,4	-0,5	-0,4	-0,5

Tabelle 6-20: Differenz der modellierten Jahresmittelwerte der PM_{2,5}-Konzentrationen für verschiedene Szenarien, Szenariojahre und Auswertungsklassen im Vergleich zu den für das APS im selben Szenariojahr modellierten Werten (in % des APS-Szenariojahres)

Immissionseffekt gegenüber APS desselben Jahres in %						
PM _{2,5}	BVK 1	BVK 2	BVK 3	BVK 4	D	AEI-ST
APS+2020	-3%	-3%	-3%	-3%	-3%	-3%
APS+2030	-3%	-3%	-3%	-3%	-3%	-2%
EWS2020	-1%	-1%	-1%	-2%	-2%	-2%
EWS2030	-3%	-3%	-3%	-4%	-3%	-4%
EWS+2020	-4%	-5%	-5%	-5%	-5%	-4%
EWS+2030	-6%	-6%	-6%	-7%	-6%	-6%
EWS+2030, MET2003	-4%	-4%	-4%	-5%	-4%	-4%
EWSLAWI+2030	-4%	-4%	-4%	-5%	-4%	-5%

Tabelle 6-21: Differenz der modellierten Jahresmittelwerte der PM_{2,5}-Konzentrationen für verschiedene Szenarien, Szenariojahre und Auswertungsklassen im Vergleich zu den für 2005 modellierten Werten, verglichen mit der für das APS im selben Szenariojahr berechneten Differenz (in µg/m³)

Differenz gegen 2005 im Vergleich zum APS desselben Jahres in µg/m ³						
PM _{2,5}	BVK 1	BVK 2	BVK 3	BVK 4	D	AEI-ST
APS+2020	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4	-0,4	-0,3
APS+2030	-0,3	-0,3	-0,3	-0,4	-0,3	-0,3
EWS2020	-0,1	-0,1	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2
EWS2030	-0,3	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4	-0,4
EWS+2020	-0,4	-0,4	-0,5	-0,6	-0,5	-0,5
EWS+2030	-0,5	-0,5	-0,6	-0,7	-0,6	-0,7

EWS+2030, MET2003	-0,4	-0,4	-0,4	-0,6	-0,5	-0,5
EWSLAWI+2030	-0,4	-0,4	-0,4	-0,5	-0,4	-0,5

Tabelle 6-22: Differenz der modellierten Jahresmittelwerte der PM_{2,5}-Konzentrationen für verschiedene Szenarien, Szenariojahre und Auswertungsklassen im Vergleich zu den für 2005 modellierten Werten, verglichen mit der für das APS im selben Szenariojahr berechneten Differenz (in % der für das APS-Szenariojahr berechneten Differenz)

Differenz gegen 2005 im Vergleich zum APS desselben Jahres in %						
PM _{2,5}	BVK 1	BVK 2	BVK 3	BVK 4	D	AEI-ST
APS+2020	9%	9%	10%	11%	10%	10%
APS+2030	7%	7%	7%	9%	8%	7%
EWS2020	4%	4%	4%	5%	5%	5%
EWS2030	7%	7%	8%	10%	9%	12%
EWS+2020	12%	13%	14%	16%	14%	14%
EWS+2030	13%	13%	15%	18%	15%	18%
EWS+2030, MET2003	11%	11%	12%	16%	13%	15%
EWSLAWI+2030	10%	10%	11%	13%	11%	14%

6.5.6.3 Übersicht der Ergebnisse für NO₂-Immissionen

Tabelle 6-23: Modellierte Jahresmittelwerte der NO₂-Konzentrationen für verschiedene Szenarien, Szenariojahre und Auswertungsklassen

modellierte Immission (Jahresmittelwerte) in µg/m ³						
NO ₂	BVK 1	BVK 2	BVK 3	BVK 4	D	AEI-ST
APS2005	9,995	13,015	16,490	22,533	16,490	21,746
APS2020	5,658	7,315	9,602	14,083	9,810	13,706
APS2025	5,112	6,599	8,714	12,936	8,940	12,586
APS2030	4,795	6,180	8,176	12,208	8,410	11,914
APS2030, MET2003	5,223	6,686	8,818	13,027	9,040	12,944
Einfluss von MET 2003	9%	8%	8%	7%	7%	9%
APS+2020	5,513	7,1	9,273	13,517	9,47	13,113
APS+2030	4,659	5,976	7,860	11,657	8,080	11,331
EWS2020	5,402	6,932	9,045	13,155	9,23	12,673
EWS2030	4,455	5,665	7,414	10,877	7,600	10,390
EWS+2020	5,269	6,734	8,738	12,619	8,91	12,112
EWS+2030	4,345	5,498	7,149	10,405	7,310	9,900
EWS+2030, MET2003	4,827	6,081	7,888	11,378	8,04	11,055
Einfluss von MET 2003	11%	11%	10%	9%	10%	12%
EWSLAWI+2030	4,455	5,665	7,414	10,877	7,600	10,390

Tabelle 6-24: Differenz der modellierten Jahresmittelwerte der NO₂-Konzentrationen für verschiedene Szenarien, Szenariojahre und Auswertungsklassen im Vergleich zu den für 2005 modellierten Werten (in µg/m³)

Immissionseffekt gegenüber 2005 (Jahresmittelwert) in µg/m ³						
NO ₂	BVK 1	BVK 2	BVK 3	BVK 4	D	AEI-ST
APS2005	-	-	-	-	-	-
APS2020	-4,3	-5,7	-6,9	-8,5	-6,7	-8,0
APS2025	-4,9	-6,4	-7,8	-9,6	-7,6	-9,2
APS2030	-5,2	-6,8	-8,3	-10,3	-8,1	-9,8
APS2030,MET2003	-4,8	-6,3	-7,7	-9,5	-7,5	-8,8
Einfluss von MET 2003	-8%	-7%	-8%	-8%	-8%	-10%
APS+2020	-4,5	-5,9	-7,2	-9,0	-7,0	-8,6
APS+2030	-5,3	-7,0	-8,6	-10,9	-8,4	-10,4
EWS2020	-4,6	-6,1	-7,4	-9,4	-7,3	-9,1
EWS2030	-5,5	-7,4	-9,1	-11,7	-8,9	-11,4
EWS+2020	-4,7	-6,3	-7,8	-9,9	-7,6	-9,6
EWS+2030	-5,7	-7,5	-9,3	-12,1	-9,2	-11,8
EWS+2030, MET2003	-5,2	-6,9	-8,6	-11,2	-8,5	-10,7
Einfluss von MET 2003	-9%	-8%	-8%	-8%	-8%	-10%
EWSLAWI+2030	-5,5	-7,4	-9,1	-11,7	-8,9	-11,4

Tabelle 6-25: Differenz der modellierten Jahresmittelwerte der NO₂-Konzentrationen für verschiedene Szenarien, Szenariojahre und Auswertungsklassen im Vergleich zu den für 2005 modellierten Werten (in % von 2005)

Immissionseffekt gegenüber 2005 (Jahresmittelwert) in %						
NO ₂	BVK 1	BVK 2	BVK 3	BVK 4	D	AEI-ST
APS2005	-	-	-	-	-	-
APS2020	-43%	-44%	-42%	-38%	-41%	-37%
APS2025	-49%	-49%	-47%	-43%	-46%	-42%
APS2030	-52%	-53%	-50%	-46%	-49%	-45%
APS2030,MET2003	-48%	-49%	-47%	-42%	-45%	-40%
APS+2020	-45%	-45%	-44%	-40%	-43%	-40%
APS+2030	-53%	-54%	-52%	-48%	-51%	-48%
EWS2020	-46%	-47%	-45%	-42%	-44%	-42%
EWS2030	-55%	-56%	-55%	-52%	-54%	-52%
EWS+2020	-47%	-48%	-47%	-44%	-46%	-44%
EWS+2030	-57%	-58%	-57%	-54%	-56%	-54%
EWS+2030, MET2003	-52%	-53%	-52%	-50%	-51%	-49%
EWSLAWI+2030	-55%	-56%	-55%	-52%	-54%	-52%

Tabelle 6-26: Differenz der modellierten Jahresmittelwerte der NO₂-Konzentrationen für verschiedene Szenarien, Szenariojahre und Auswertungsklassen im Vergleich zu den für das APS im selben Szenariojahr modellierten Werten (in µg/m³)

Immissionseffekt gegenüber APS desselben Jahres in µg/m ³						
NO ₂	BVK 1	BVK 2	BVK 3	BVK 4	D	AEI-ST
APS+2020	-0,1	-0,2	-0,3	-0,6	-0,3	-0,6
APS+2030	-0,1	-0,2	-0,3	-0,6	-0,3	-0,6
EWS2020	-0,3	-0,4	-0,6	-0,9	-0,6	-1,0
EWS2030	-0,3	-0,5	-0,8	-1,3	-0,8	-1,5
EWS+2020	-0,4	-0,6	-0,9	-1,5	-0,9	-1,6
EWS+2030	-0,5	-0,7	-1,0	-1,8	-1,1	-2,0
EWS+2030, MET2003	-0,4	-0,6	-0,9	-1,6	-1,0	-1,9
EWSLAWI+2030	-0,3	-0,5	-0,8	-1,3	-0,8	-1,5

Tabelle 6-27: Differenz der modellierten Jahresmittelwerte der NO₂-Konzentrationen für verschiedene Szenarien, Szenariojahre und Auswertungsklassen im Vergleich zu den für das APS im selben Szenariojahr modellierten Werten (in % des APS-Szenariojahres)

Immissionseffekt gegenüber APS desselben Jahres in %						
NO ₂	BVK 1	BVK 2	BVK 3	BVK 4	D	AEI-ST
APS+2020	-3%	-3%	-3%	-4%	-3%	-4%
APS+2030	-3%	-3%	-4%	-5%	-4%	-5%
EWS2020	-5%	-5%	-6%	-7%	-6%	-8%
EWS2030	-7%	-8%	-9%	-11%	-10%	-13%
EWS+2020	-7%	-8%	-9%	-10%	-9%	-12%
EWS+2030	-9%	-11%	-13%	-15%	-13%	-17%
EWS+2030, MET2003	-8%	-9%	-11%	-13%	-11%	-15%
EWSLAWI+2030	-7%	-8%	-9%	-11%	-10%	-13%

Tabelle 6-28: Differenz der modellierten Jahresmittelwerte der NO₂-Konzentrationen für verschiedene Szenarien, Szenariojahre und Auswertungsklassen im Vergleich zu den für 2005 modellierten Werten, verglichen mit der für das APS im selben Szenariojahr berechneten Differenz (in µg/m³)

Differenz gegen 2005 im Vergleich zum APS desselben Jahres in µg/m ³						
NO ₂	BVK 1	BVK 2	BVK 3	BVK 4	D	AEI-ST
APS+2020	-0,1	-0,2	-0,3	-0,6	-0,3	-0,6
APS+2030	-0,1	-0,2	-0,3	-0,6	-0,3	-0,6
EWS2020	-0,3	-0,4	-0,6	-0,9	-0,6	-1,0
EWS2030	-0,3	-0,5	-0,8	-1,3	-0,8	-1,5
EWS+2020	-0,4	-0,6	-0,9	-1,5	-0,9	-1,6
EWS+2030	-0,5	-0,7	-1,0	-1,8	-1,1	-2,0
EWS+2030, MET2003	-0,4	-0,6	-0,9	-1,6	-1,0	-1,9

EWSLAWI+2030	-0,3	-0,5	-0,8	-1,3	-0,8	-1,5
--------------	------	------	------	------	------	------

Tabelle 6-29: Differenz der modellierten Jahresmittelwerte der NO₂-Konzentrationen für verschiedene Szenarien, Szenariojahre und Auswertungsklassen im Vergleich zu den für 2005 modellierten Werten, verglichen mit der für das APS im selben Szenariojahr berechneten Differenz (in % der für das APS-Szenariojahr berechneten Differenz)

Differenz gegen 2005 im Vergleich zum APS desselben Jahres in %						
NO ₂	BVK 1	BVK 2	BVK 3	BVK 4	D	AEI-ST
APS+2020	3%	4%	5%	7%	5%	7%
APS+2030	3%	3%	4%	5%	4%	6%
EWS2020	6%	7%	8%	11%	9%	13%
EWS2030	7%	8%	9%	13%	10%	16%
EWS+2020	9%	10%	13%	17%	13%	20%
EWS+2030	9%	10%	12%	17%	14%	20%
EWS+2030, MET2003	8%	10%	12%	17%	13%	21%
EWSLAWI+2030	7%	8%	9%	13%	10%	16%

6.5.6.4 Zusammenfassende Schlussfolgerungen

Die mit der Referenzmeteorologie 2005 berechneten Konzentrationsreduktionen von 2005 bis 2030 liegen für PM₁₀ im APS bei ca. 23% und bei ca.26% im schärfsten berechneten Minderungszenario, dem EWS+. Für PM_{2,5} sind diese prozentualen Konzentrationsreduktionen etwas stärker bei ca. 29% (APS) bis 33% (EWS+). Für NO₂ sind die Reduktionsraten mit 50% (APS) bis 55% (EWS+) deutlich höher.

Die Spannbreite der Immissionskonzentrationen zwischen den Szenarienfamilien APS bis EWS+ (d.h. der Immissionseffekt der gegenüber dem APS zusätzlichen Emissionsminderungsmaßnahmen) ist begrenzt auf eine Größenordnung von 5% bei den PM- Fraktionen und ca. 15% bei NO₂. Bezogen auf die Immissionsreduktion gegenüber 2005 beträgt die Spanne zwischen APS & EWS+ aber ca. 15% sowohl für die PM-Fraktionen als auch für NO₂.

Der Einfluss der alternativen Meteorologie (MET2003) auf die Immissionskonzentrationen 2030 liegt in den gerechneten Beispielen bei ca. 5-10%, wobei die Sensitivität von PM₁₀ über PM_{2,5} zu NO₂ tendenziell zunimmt. Bezogen auf die Immissionsreduktion gegenüber 2005 liegt die Sensitivität hingegen bei einer Größenordnung von 15% für die PM-Fraktionen und knapp 10% für NO₂. Die Sensitivität der Immissionsergebnisse auf die in der Modellierung genutzte Meteorologie liegt also in derselben Größenordnung wie die Effekte der in den Emissionszenarien zusätzlich zum APS angenommenen Maßnahmen.

Diese zusammenfassende Auswertung fokussiert auf die gewichteten Mittelwerte für Deutschland. Die genannten Kennzahlen streuen allerdings zwischen den verschiedenen Auswerteklassen. Die Intensität der Streuung, d.h. die Abhängigkeit der Ergebnisse von der Auswertungsklasse, gemessen zum Beispiel als Variationskoeffizient der in den Tabellen in Kapitel 6.4 gezeigten Ergebnisse pro Szenariojahr, nimmt dabei ebenfalls von PM₁₀ über PM_{2,5} zu NO₂ tendenziell zu.

6.5.7 Aktuelles Politik Szenario APS im Vergleich mit dem PAREST-Szenario CLE

Im PAREST-Projekt wurde für das Zieljahr 2020 ein zum Aktuelle Politik-Szenario adäquates Szenario, das so genannte "Current legislation scenario" (CLE) gerechnet. Die Ergebnisse für dieses Szenario werden hier im Vergleich zu den Ergebnissen für das APS betrachtet.

Bei dem Vergleich gilt zu berücksichtigen:

- Im Projekt Luft2030 wurde eine neuere RCG-Version verwendet, die sich von der im PAREST-Projekt verwendeten Version vor allem durch eine Verbesserung der Auswaschungsprozeduren für Feinstaub unterscheidet.
- Für die Erzeugung der meteorologischen Daten wurde eine fortgeschriebene TRAMPER-Version verwendet, die auf einer verbesserten Interpolation des Niederschlags und einer verbesserten Berechnung der Grenzschichtvariablen Mischungshöhe und Schubspannungsgeschwindigkeit beruht.
- Die Emissionsdaten wurden für alle Referenzjahre im Projekt Luft2030 fortgeschrieben, auch das Ausgangsjahr 2005.

Abbildung 6-27 und Abbildung 6-28 fassen die Unterschiede zwischen den beiden Emissionsdatenbasen summarisch für Deutschland zusammen. Die hier verwendeten NO_x -Emissionen sind in den Jahren 2005 und 2020 etwas höher als die NO_x -Emissionen des PAREST-Projekts. Die SO_2 - und NH_3 -Emissionen sind in beiden Referenzjahren geringfügig niedriger, die PM-Emissionen geringfügig höher als die der PAREST-Datenbasis. Die NO_x -Abnahmen von 2005 bis 2020 sind dagegen in der hier verwendeten Datenbasis etwas geringer als diejenigen des PAREST-Projekts. Bezogen auf die jeweilige Referenz 2005 wurde im PAREST-Projekt eine NO_x -Emissionsminderung von 41% berechnet, in diesem Projekt von 38%. Die absoluten und relativen Änderungen der VOC- und SO_2 -Emissionen sind in der Datenbasis Luft2030 dagegen deutlich höher als in der PAREST-Datenbasis. Die Kohlenwasserstoffe spielen für die hier betrachteten Stoffe aber nur eine untergeordnete Rolle und werden daher nicht näher betrachtet. Die NH_3 -Emissionen nehmen in beiden Datenbasen leicht zu. Die Änderung der PM_{10} -Emissionen ist in der Summe nahezu identisch, aber mit verschiedenen Anteilen für die Fein- bzw. Grobstäube. Die Abnahme der Feinstäube (PM -Durchmesser $< 2,5\mu\text{m}$) ist in der Datenbasis Luft2030 höher als in der PAREST-Datenbasis. Die PM_{10} -Emissionen im Bereich zwischen $2,5\mu\text{m}$ und $10\mu\text{m}$ (PMCO) nehmen in der Luft2030-Datenbasis dagegen um 3% zu, während sie in der PAREST-Datenbasis von 2005 bis 2020 unverändert bleiben. In der Verteilung der PM_{10} -Emissionen innerhalb der Verursachergruppen unterscheiden sich die beiden Datenbasen erheblich. Der Abbildung 6-29 kann entnommen werden, dass in der Emissionsdatenbasis für Luft2030 für die Verursachergruppen "Industrielle Verbrennung" und "Hausbrand" weniger PM_{10} -Emissionen und für die Verursachergruppe "Landwirtschaft" dagegen sehr viel mehr Emissionen ausgewiesen werden als in der PAREST-Datenbasis.

Abbildung 6-30 zeigt die im PAREST-Projekt (RCG-PAREST) und hier (RCG-APS) berechneten NO_2 - und PM_{10} -Konzentrationen für das Referenzjahr 2005 in der flächengemittelten Auswertung. Auf Basis der OI-Methodik wurde zusätzlich ein interpoliertes Messfeld erstellt, das ebenfalls in der hier verwendeten Auswertesystematik zusammengefasst wurde. Es zeigt sich, dass die hier berechneten mittleren NO_2 -Konzentrationen trotz leicht höherer NO_x -Emissionen niedriger sind als diejenigen aus dem PAREST-Projekt. Im Vergleich mit der reinen Messauswertung werden die Messungen jetzt leicht unterschätzt während sie im PAREST-Projekt vor allem in den Ballungsgebieten (Bevölkerungsklasse 4) deutlich überschätzt wurden. Diese Überschätzung wurde schon im PAREST-Projekt aufgezeigt und in einen Zusammenhang mit den Ergebnissen anderer Modelle bzw. anderer Modellkombinationen gestellt (Stern, 2010d). Die im PAREST-Projekt und

auch anderen Projekten gewonnenen Erkenntnisse zu der meteorologischen Datenbasis des RCG-Modells (Kerschbaumer 2010a, 2010b, Cuvelier et al., 2013) bildeten auch die Grundlage für die Fortschreibung des TRAMPER-Systems. Insbesondere die Änderungen der Berechnung der Grenzschichtvariablen haben Auswirkungen auf die berechneten Konzentrationsverteilungen. Die Änderungen führen unter den meisten meteorologischen Bedingungen zu einer Turbulenzerhöhung in der Grenzschicht (höhere Schubspannungsgeschwindigkeiten) und teilweise zu einer Erhöhung der Mischungsschicht. Beides wirkt sich in einer Erniedrigung der berechneten Konzentrationen aus und wirkt damit insbesondere der im PAREST-Projekt festgestellten NO_2 -Überschätzung des RCG-Modells in Regionen mit hoher Emissionsdichte entgegen.

Bei den Feinstäuben wurden im PAREST-Projekt in ländlichen Regionen niedrigere, in dichter besiedelten Regionen höhere PM_{10} -Konzentrationen berechnet als in diesem Projekt. Im Deutschlandmittel ergeben sich deswegen nahezu identische Konzentrationen. Im Vergleich mit den Messungen unterschätzen beide RCG-Anwendungen in allen Klassen außer der BVK4 wo im PAREST-Projekt nahezu das Messniveau erreicht wurde. Die Unterschiede in den Verteilungen haben zwei Gründe. Wie in Abbildung 6-29 gezeigt wird, kommt es in der Datenbasis 2030 im Vergleich zu der PAREST-Datenbasis bei den PM_{10} -Emissionen bei nahezu gleicher Gesamtsumme zu einer Umverteilung von den Ballungsräumen in mehr ländliche Regionen (sehr viel höhere Emissionen im Sektor Landwirtschaft, weniger Emissionen in den Sektoren Hausbrand und Industrie). Das führt im Vergleich zu PAREST zu einer Erhöhung der Konzentrationen im ländlichen Bereich und zu einer Erniedrigung im städtischen Bereich. Die Änderung der PM -Auswaschalgorithmien im RCG hat zusätzliche Auswirkungen auf die PM_{10} -Konzentrationen. In der neuen RCG-Version bewirkt die verbesserte Parametrisierung der Auswaschung von $\text{PM}_{2,5}$ eine Verringerung der Entfernungsrates, d.h. es bleibt großräumig mehr $\text{PM}_{2,5}$ im System. In der Grobfraktion nimmt die Entfernungsrates dagegen leicht zu, d.h. es bleibt etwas weniger PM_{10} im System, was sich vor allem in Quellnähe auswirkt. Insgesamt kommt es zu einer Erhöhung des Verhältnisses $\text{PM}_{2,5}/\text{PM}_{10}$, d.h. die PM_{10} -Konzentrationen werden jetzt in einem größeren Ausmaß von den $\text{PM}_{2,5}$ -Konzentrationen bestimmt als in den PAREST-Rechnungen. Beide Effekte, Verlagerung der Emissionen von Stadt zu Land, Erhöhung der $\text{PM}_{2,5}$ -Konzentrationen durch geringere Auswaschung führen im Vergleich zu den PAREST-Rechnungen zu höheren Konzentrationen in ländlichen Regionen und zu niedrigeren Konzentrationen in Stadtgebieten und damit zu einer Abflachung des Gradienten von Land zu Stadt (siehe Abbildung 6-30). Die Verdünnung durch verstärkte Turbulenz macht sich daher auch eher in den Stadtgebieten bemerkbar, in ländlichen Gebieten wird sie durch die Erhöhung der Emissionen und die geringeren $\text{PM}_{2,5}$ -Auswaschrates aufgehoben. Die relativ geringe Zunahme der PM_{10} -Konzentrationen von ländlichen Regionen in die Ballungsräume zeigt sich auch in der Messauswertung, was aber unter Berücksichtigung der hier verwendeten Auflösung von circa $7 \times 8 \text{ km}^2$ bewertet werden muss. Alle Rechnungen und auch die Messauswertung beschreiben nur die regionale Hintergrundverteilung. Lokale so genannte "hot spots" werden nicht dargestellt.

Abbildung 6-27: Emissionen 2005 und 2020 in Deutschland. Luft2030: In diesem Projekt verwendete Emissionen. PAREST: Im PAREST-Projekt verwendete Emissionen.

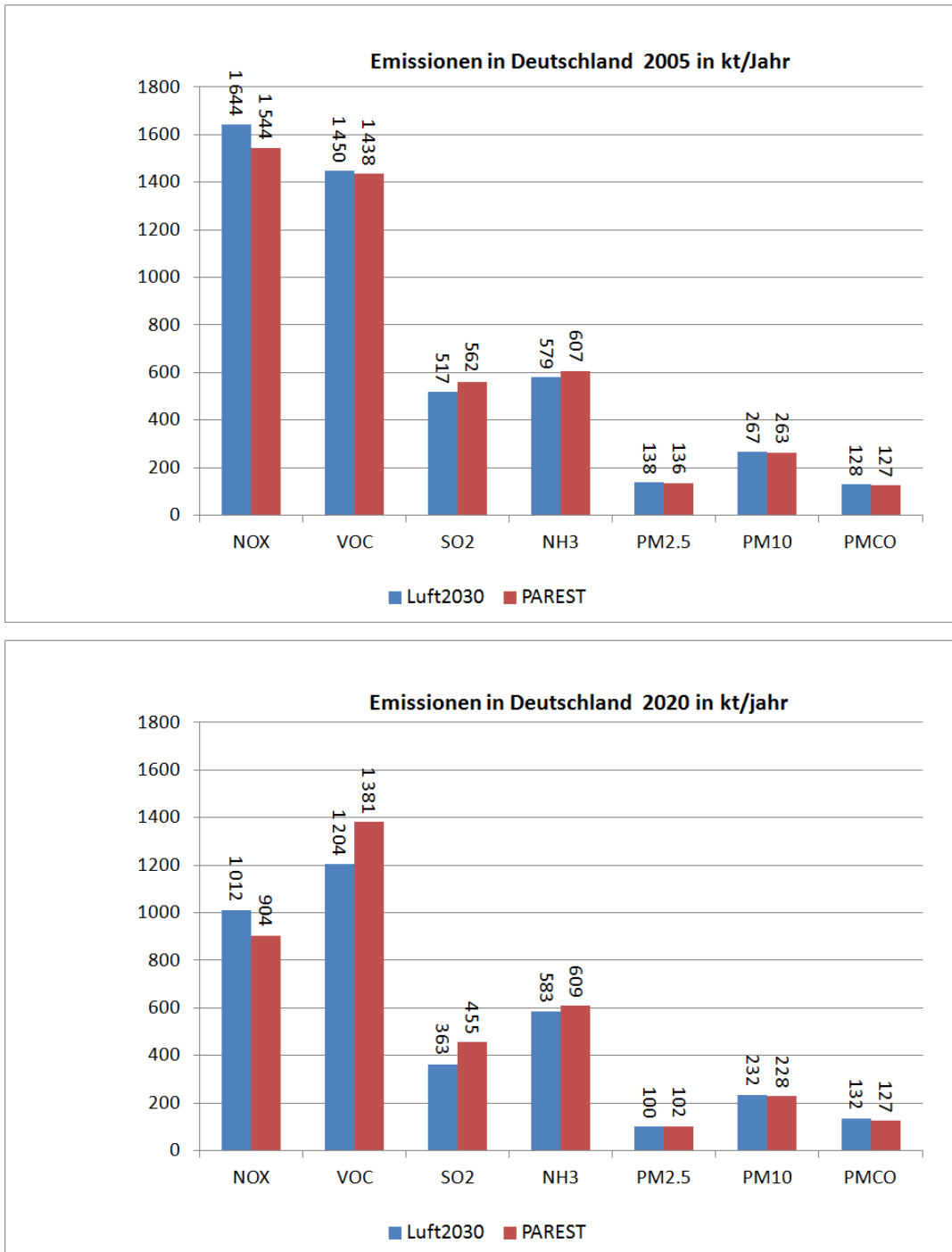


Abbildung 6-28: Absolute und relative Änderung der Emissionen in Deutschland von 2005 bis 2020. Luft2030: In diesem Projekt verwendete Emissionen. PAREST: Im PAREST-Projekt verwendete Emissionen.

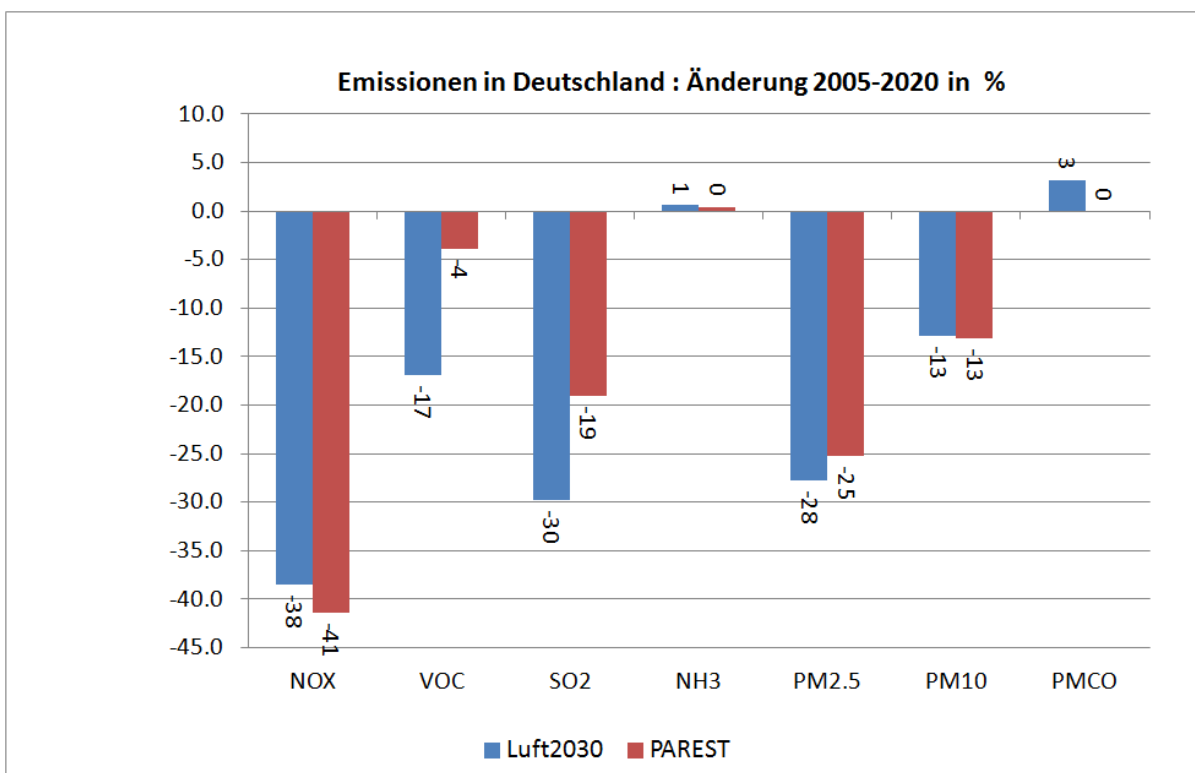
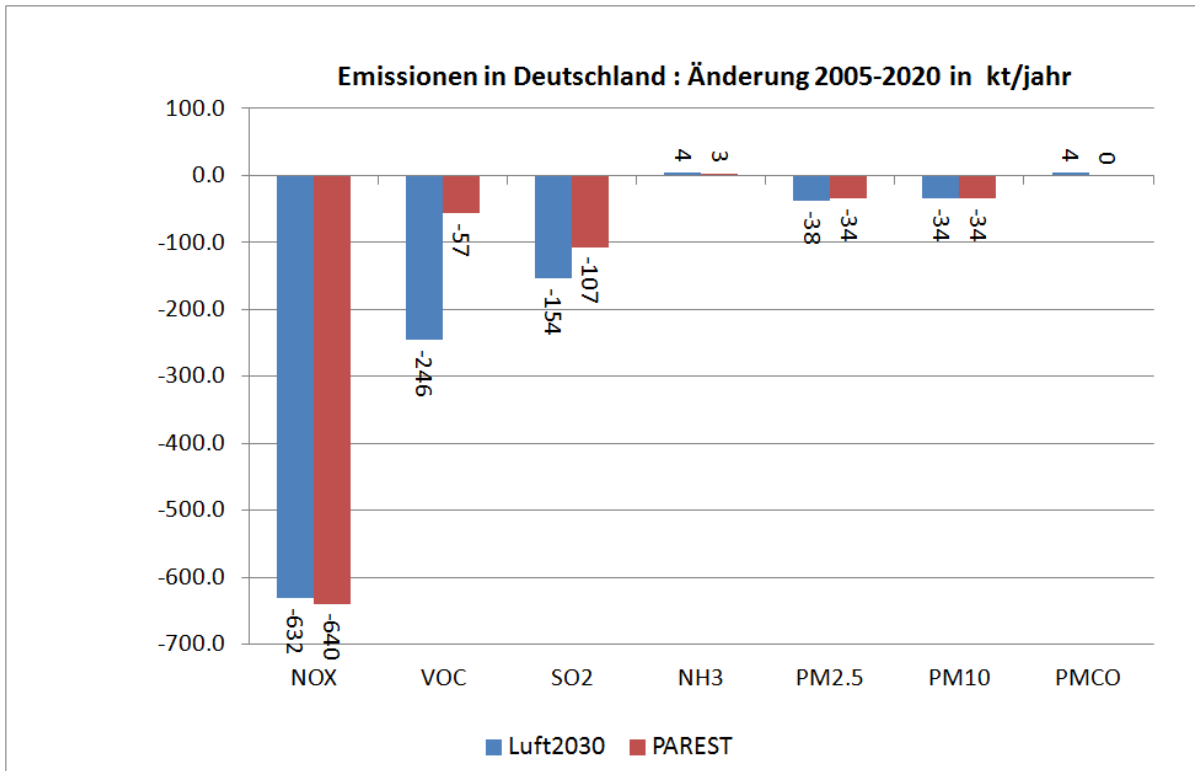


Abbildung 6-29: Unterschiede in den PM₁₀-Emissionen 2005 aufgeschlüsselt für die wichtigsten Verursachergruppen. Aufgetragen ist die Differenz zwischen den Datenbasen: Luft2030-PAREST. Negative Zahlen bedeuten geringere Emissionen in der Datenbasis Luft2030.

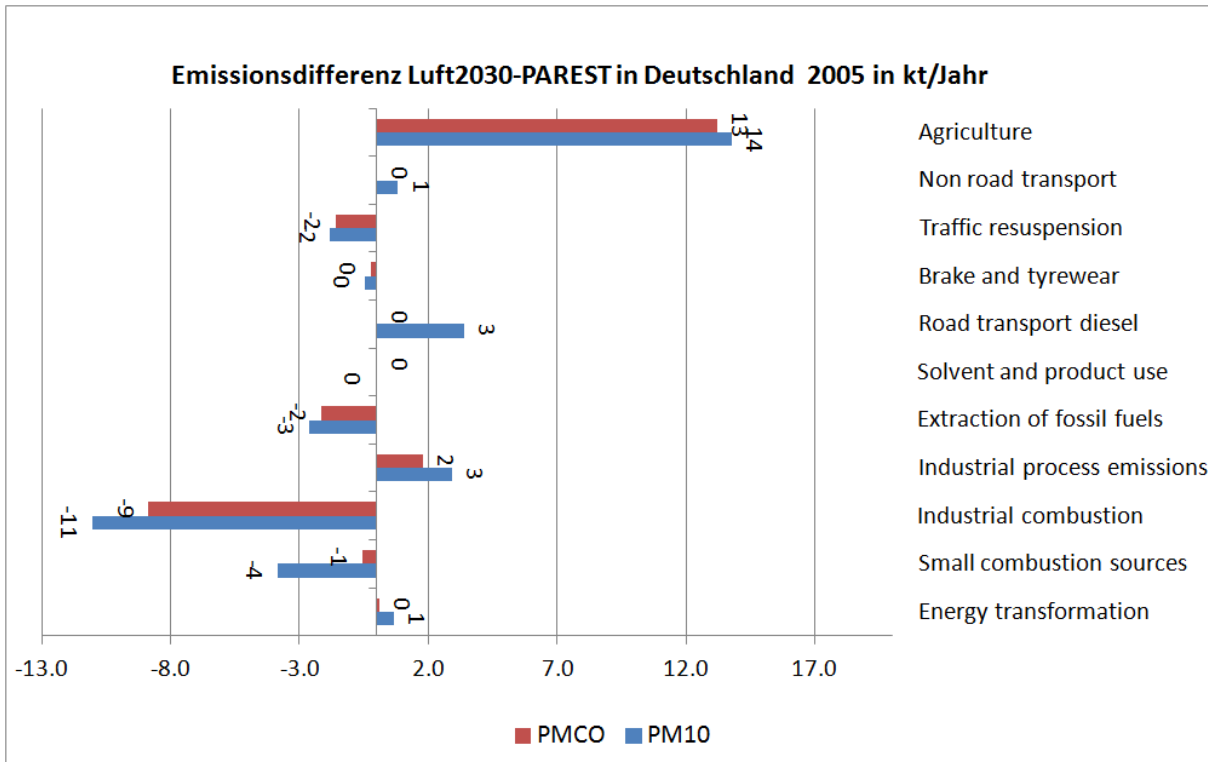
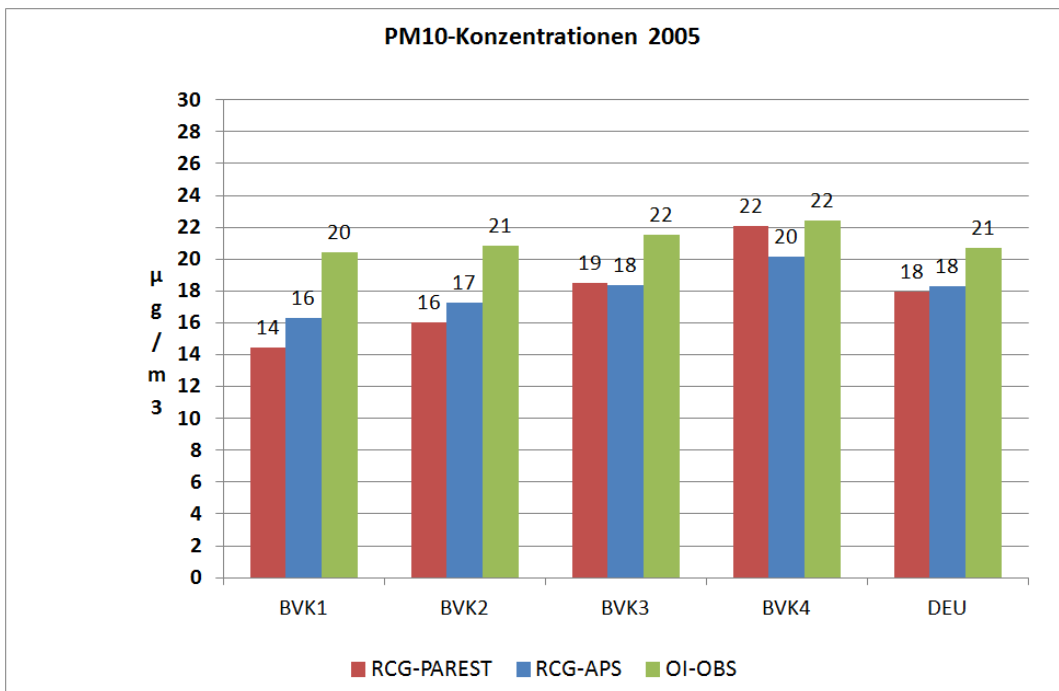
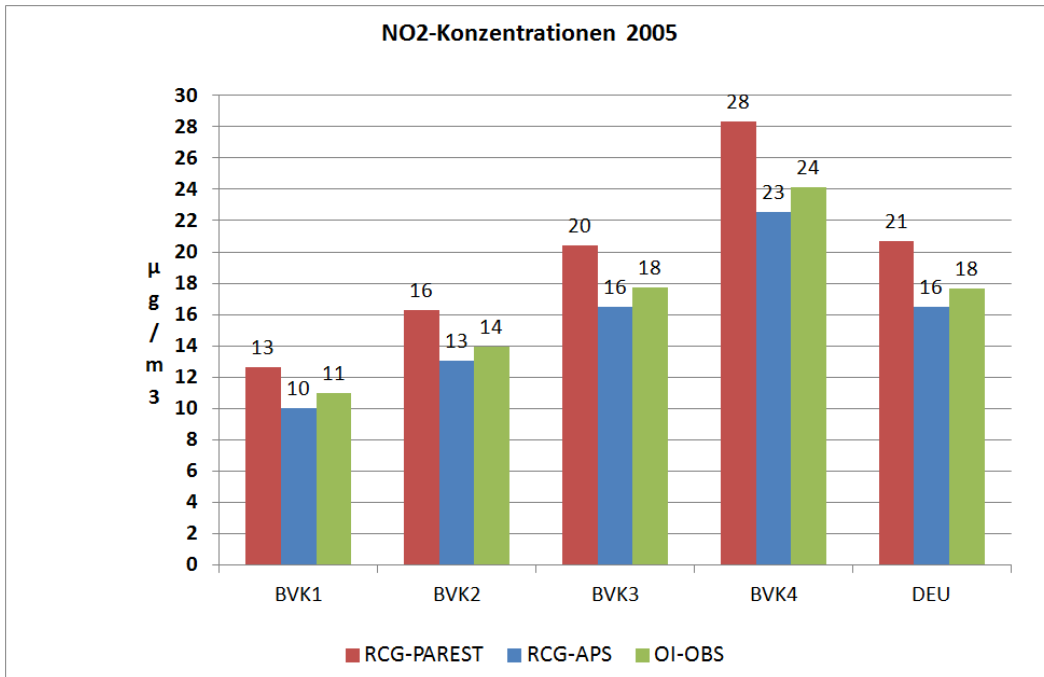


Abbildung 6-30: Bevölkerungsgewichtete NO₂- und PM₁₀-Konzentrationen der Referenz 2005 CLE aus PAREST, APS aus Luft2030) für die 4 Bevölkerungsklassen und das Deutschlandmittel.



Modellgebiet Deutschland. RCG-PAREST: RCG-Version und Datenbasen des PAREST-Projekts; RCG-APS: RCG-Version und Datenbasen aus diesem Projekt; OI-OBS: Aus Messungen mit Hilfe der OI-Methodik abgeleitete Konzentrationen.

Die Abbildung 6-31 zeigt die absoluten und relativen Änderungen der NO₂-Konzentrationen von 2005 bis 2020 berechnet mit den Emissionen des PAREST- bzw. des Luft2030-Projekts. Die im PAREST-Projekt bis 2020 berechneten NO₂-Abnahmen sind deutlich höher als diejenigen aus dem Luft2030-Projekt. Ursache dafür sind die weiter oben beschriebenen Unterschiede zwischen den Simulationen für die Referenz 2005 und auch die etwas geringere NO_x-Emissionsminderungsrate im Projekt Luft2030. Relativ betrachtet sind die Unterschiede gerin-

ger. Die Spannbreiten reichen von 43 und 47% Abnahme für die ländlichen Regionen und 38 bis 44% für die Ballungsräume mit jeweils geringeren Abnahmen auf Basis der Emissionen des Projekts Luft2030.

Die Abbildung 6-32 zeigt dieselbe Auswertung für PM_{10} . Die bis 2020 erreichbare Minderung ist mit den Daten des Luft2030-Projekts in ländlichen Regionen höher, in Ballungsräumen vergleichbar mit derjenigen des PAREST-Projekts. Die relativen Abnahmen liegen bei 21% in den ländlichen Regionen (beide Datenbasen) und zwischen 17 und 19% in den Ballungsräumen mit etwas höheren relativen Abnahmen auf Basis der Emissionen des Projekts Luft2030.

Die sich mit diesen Minderungen für 2020 ergebenden mittleren Konzentrationen auf Basis der RCG-Berechnungen zeigt die Abbildung 6-33. Die Spannweite der für 2020 zu erwartenden mittleren NO_2 -Konzentrationen reicht von 6-7 $\mu g/m^3$ in den ländlichen Regionen bis 14-16 $\mu g/m^3$ in den Ballungsräumen. Für PM_{10} werden in ländlichen Regionen für 2020 im Mittel 12-13 $\mu g/m^3$ und in Ballungsgebieten im Mittel 16-18 $\mu g/m^3$ prognostiziert. Die $PM_{2,5}$ -Konzentrationen für 2020 zeigen deutlich den höheren Anteil an $PM_{2,5}$ in den Rechnungen auf Basis der neuen Modellkonfiguration in Verbindung mit den neuen Emissionen.

Insgesamt liegen die Unterschiede zwischen den PAREST- bzw. Luft2030-Ergebnissen damit noch innerhalb der Unsicherheitsbereiche, die im PAREST-Projekt ermittelt wurden (Stern 2010e). Am deutlichsten treten die Unterschiede bei dem Verhältnis $PM_{10}/PM_{2,5}$ zu Tage. Auf Basis der neuen Emissionsdaten und der neuen Modellkonfiguration ergibt sich für den Ist-Zustand und die Prognosen ein höherer Anteil von $PM_{2,5}$ am PM_{10} .

Es soll nochmals betont werden, dass alle Angaben nur für eine Hintergrundbetrachtung geeignet sind und nicht für die Beurteilung von Emissionsentwicklungen im lokalen Raum. Hierfür sind höher auflösende Modellrechnungen in Verbindung mit adäquat auflösenden Emissionsdaten notwendig.

Abbildung 6-31: Bevölkerungsgewichtete absolute und relative NO₂-Konzentrationsminderungen von 2005 bis 2020. PAREST, CLE-Szenario und Luft2030, Aktuelles Politik Szenario APS.

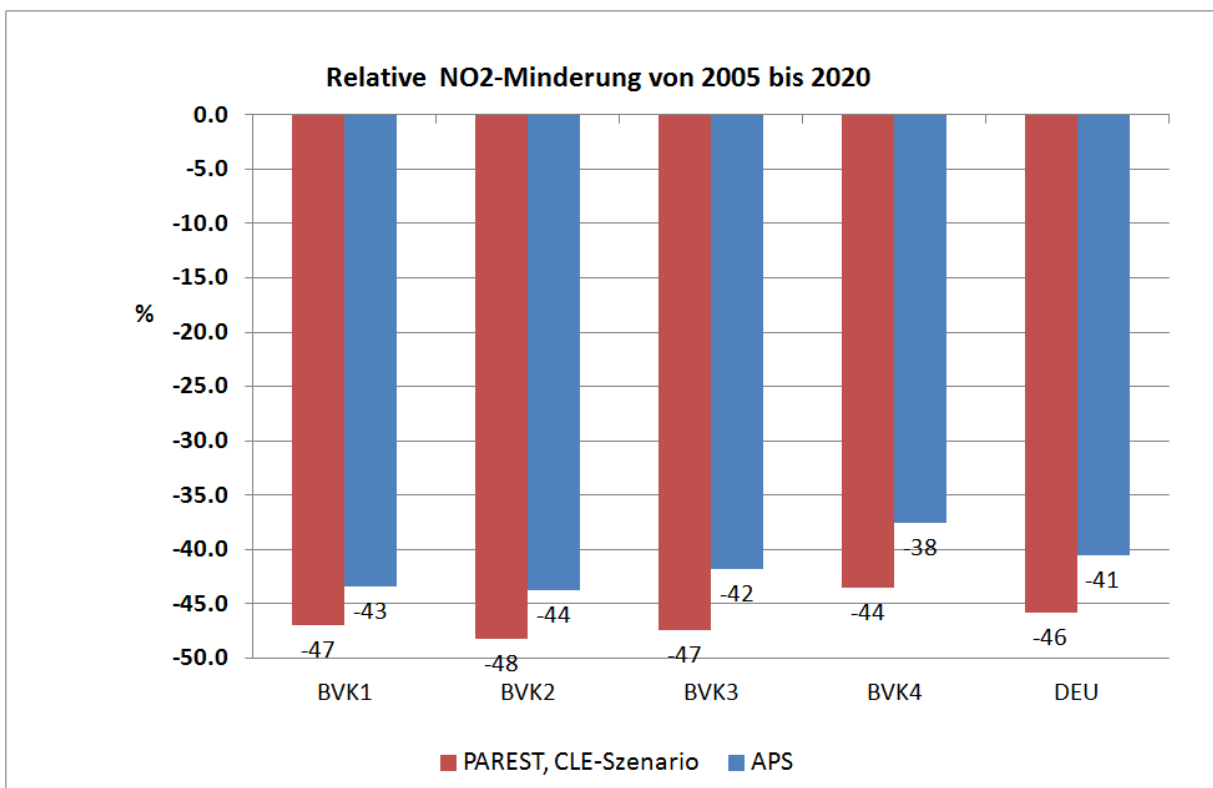
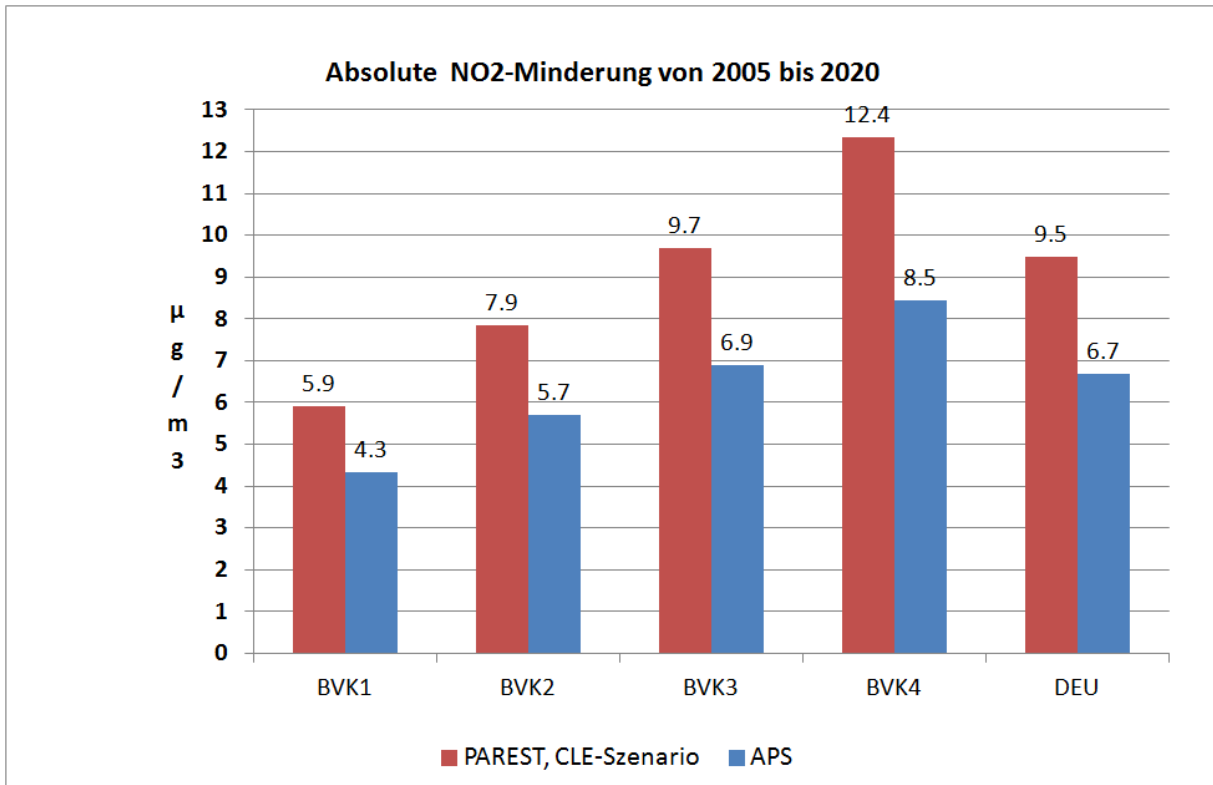


Abbildung 6-32: Bevölkerungsgewichtete absolute und relative PM₁₀-Konzentrationsminderungen von 2005 bis 2020. PAREST, CLE-Szenario und Luft2030, Aktuelle Politik-Szenario APS.

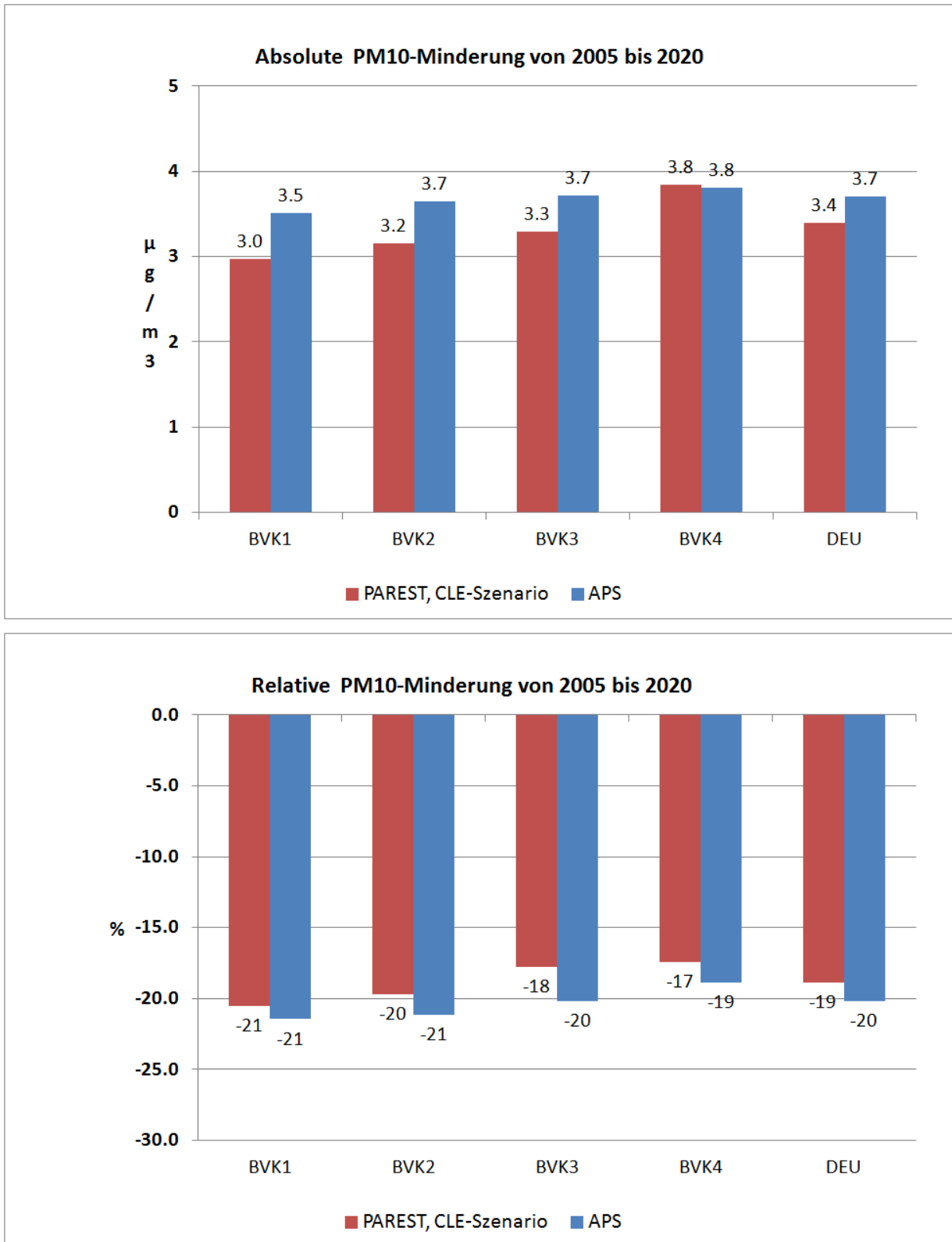
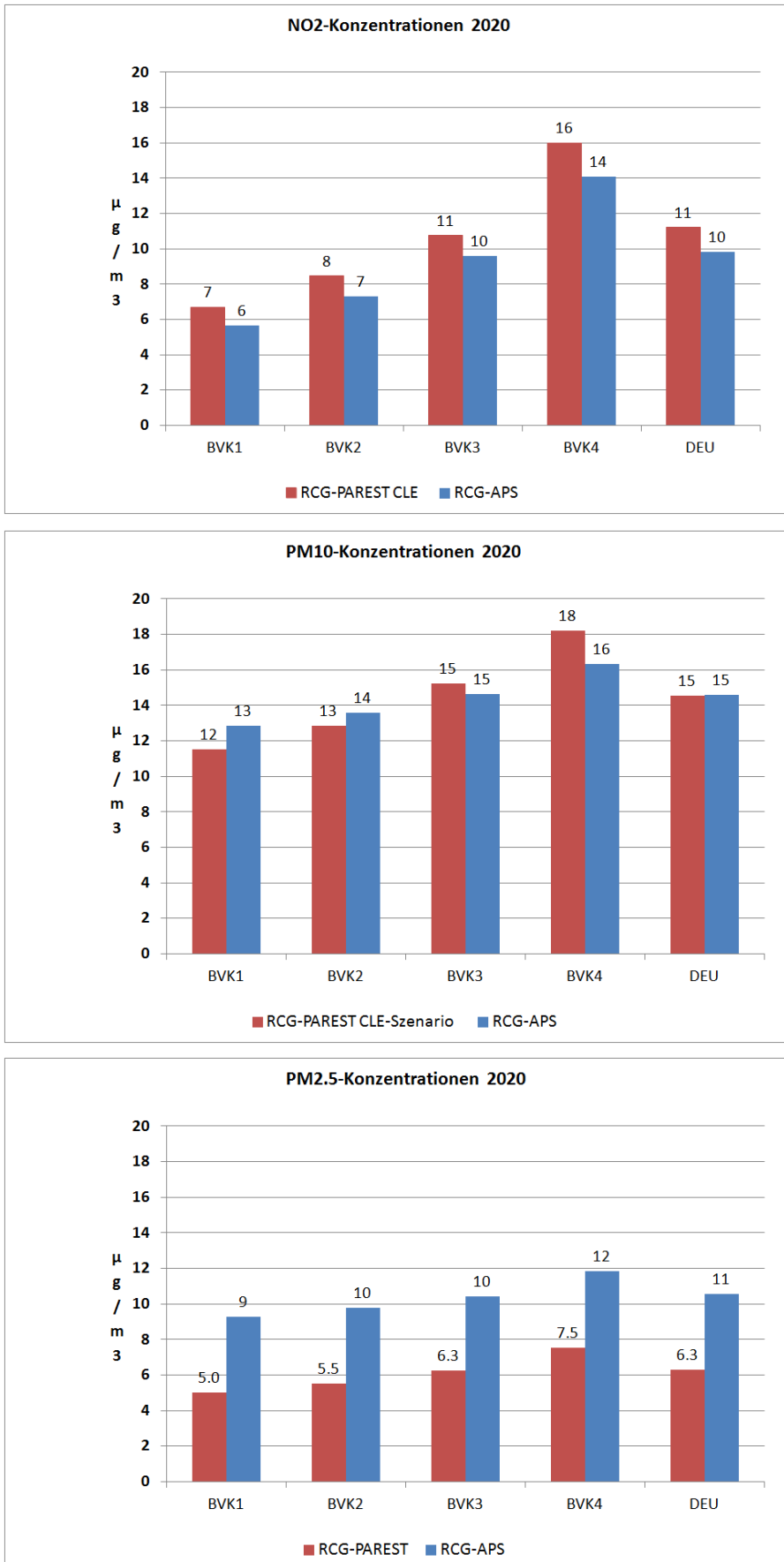


Abbildung 6-33: Bevölkerungsgewichtete NO_2 -, PM_{10} - und $\text{PM}_{2,5}$ -Konzentrationen 2020. PAREST, CLE-Szenario und Luft2030, Aktuelles Politik Szenario APS.



6.6 Bestimmung der Luftqualität für die Bezugsjahre 2005, 2020, 2025 und 2030 auf Basis der OI-Methodik

6.6.1 Methodik

Im Rahmen des PAREST-Projekts wurde eine Methodik entwickelt, in der mit Hilfe einer Datenassimilationstechnik (Optimale Interpolation, OI) eine flächendeckende Prognose der PM_{10} - und NO_2 -Luftqualität in Deutschland unter Einbeziehung von Messungen erstellt werden kann (Stern, 2010f). Mit dem OI-Ansatz werden Messungen und Modellrechnungen in stündlicher Auflösung zu einer Flächendarstellung (Analyse) der Immission kombiniert. Grundlage der OI-Analysen sind die Luftqualitätsmessungen aus den Messnetzen der Länder und des Umweltbundesamts. Die OI benutzt die Modellergebnisse als Hintergrundfeld, in das die Messungen integriert werden. Dazu werden Repräsentativitätsgebiete der Messungen aus den statistisch abgeleiteten Strukturen (räumliche Autokovarianz) gewonnen. Rechenergebnisse werden dann stärker außerhalb dieser Gebiete benutzt. Zur Interpolation wird über das Gebiet ein Raster in der Auflösung der Modellrechnung gelegt. Wie bei den meisten gitterbezogenen Interpolationsverfahren kommt es dadurch zu einer Nivellierung singulärer Ereignisse im Raster, d.h. ein Messwert kann nicht direkt abgebildet werden, da er zum Einen selten auf einem Interpolationsgitterpunkt liegt und es zum Anderen durch den Einfluss umliegender Messungen zu einer Nivellierung des Konzentrationsfeldes kommt, falls nicht alle Messungen in einer Region das selbe Konzentrationsniveau aufweisen. Die gewonnenen Feldverteilungen geben daher die Konzentrationsverhältnisse mit der Mittelwertcharakteristik der räumlichen Auflösung an.

Eine auf Messungen basierende Methodik kann naturgemäß nur Immissionsfelder für den Ist-Zustand der Luftqualität liefern. Eine Anwendung der OI-Methodik zur Beschreibung der zukünftigen Luftqualität ist möglich, wenn man die aus einer Szenariorechnung ermittelten Immissionsänderungen in geeigneter Weise dem OI-Feld aufträgt. Geht man davon aus, dass die wesentlichen in der Atmosphäre ablaufenden physikalisch/chemischen Prozesse in einem dem Stand der Wissenschaft entsprechenden Modell in ausreichender Genauigkeit beschrieben werden, können die berechneten Immissionsänderungen als Folge einer Emissionsänderung („Immissionsdeltas“) zur Bewertung der Maßnahme verwendet werden, selbst wenn der vom Modell berechnete Ist-Zustand nicht an jedem Ort und zu jeder Zeit mit dem gemessenen Ist-Zustand übereinstimmt.

Zur Prognose der Luftqualität werden die mit dem Ausbreitungsmodell auf Basis einer Emissionsprognose berechneten Minderungsraten (Immissionsdeltas) zur Anpassung der OI-Felder an die neue Emissionssituation benutzt. Dazu wird jedem Wert einer in Konzentrationsklassen eingeteilten Häufigkeitsverteilung, die an jedem Gitterpunkt des Modellgebiets aus den berechneten Stundenwerten des Basislaufs gebildet wird, unter Aufgabe des Zeitbezugs eine aus dem Szenariolauf abgeleitete mittlere Änderung der Konzentration zugeordnet. Die mittlere Änderung einer Klasse der Häufigkeitsverteilung ergibt sich aus den durch die Emissionsänderung bewirkten Änderungen aller stündlichen Konzentrationen, die in die betreffende Klasse fallen. Die Konzentration an jedem Gitterpunkt der OI-Analyse wird dann um den Betrag geändert, der sich aus den mit dem Ausbreitungsmodell berechneten mittleren Klassenänderungen der Konzentrationshäufigkeitsverteilung an diesem Gitterpunkt ergibt. Die Häufigkeitsverteilung der einzelnen Konzentrationswerte wird also gitterpunktspezifisch bestimmt, so dass die mittleren räumlichen Charakteristika, wie z.B. Transporteinflüsse durch benachbarte Emissionsgebiete, erhalten bleiben. Das so ermittelte neue Feld behält damit die Struktur des Basisfeldes, das Konzentrationsniveau an jedem Gitterpunkt ist aber um den Betrag verändert, der durch die Modellrechnung für das untersuchte Emissionsszenario bestimmt wurde. Die so entstehende neue Flächendarstellung der Luftqualität auf der Basis der prognostizierten Emissionen beruht damit also weiterhin auf der durch die gegenwärtigen Messungen vorgegebenen

Immissionsstruktur. Dieser Nachteil ist aber nicht sehr schwerwiegend, da potentielle strukturelle Emissionsänderungen in den gegenwärtigen Emissionsszenarien nur sehr beschränkt eingehen, d.h. die Emissionsszenarien beschreiben weitgehend die durch technische Maßnahmen erreichbaren Minderungen bei Beibehaltung der gegenwärtigen Emissionsstruktur.

Die OI-Methodik wurde in diesem Vorhaben zur Prognose der NO_2 - und PM_{10} -Luftqualität für die Jahre 2020, 2025 und 2030 angewandt. Eine OI-Prognose für $\text{PM}_{2,5}$ ist nicht möglich, da dazu zu wenige $\text{PM}_{2,5}$ -Messungen zur Verfügung stehen. Die der Prognose zu Grunde liegenden Immissionsdeltas wurden aus den in Kapitel 6.5 beschriebenen Emissionsszenarienrechnungen abgeleitet. Es muss betont werden, dass Felddarstellungen, die mit Interpolations-/Assimilationstechniken erstellt wurden, nicht mehr einer eindeutigen Quell-/Rezeptorbeziehung gehorchen können. Mit Modellen, die auf physikalisch-chemischen Parametrisierungen der in der Atmosphäre ablaufenden Prozesse beruhen, ist die Ableitung einer eindeutigen und nachvollziehbaren Relation zwischen Emission und Immission dagegen möglich. Aus diesem Grunde wurden die in Kap. 6.5 diskutierten prognostischen mittleren Immissionsänderungen ausschließlich auf Basis der RCG-Ergebnisse abgeleitet. Die Prognose der Luftqualität mit Hilfe der OI-Methodik sollte nur als Näherungsmethodik betrachtet werden, die es im Gegensatz zur reinen Modellrechnung erlaubt, gemessene Konzentrationsstrukturen in der Felddarstellung zu berücksichtigen.

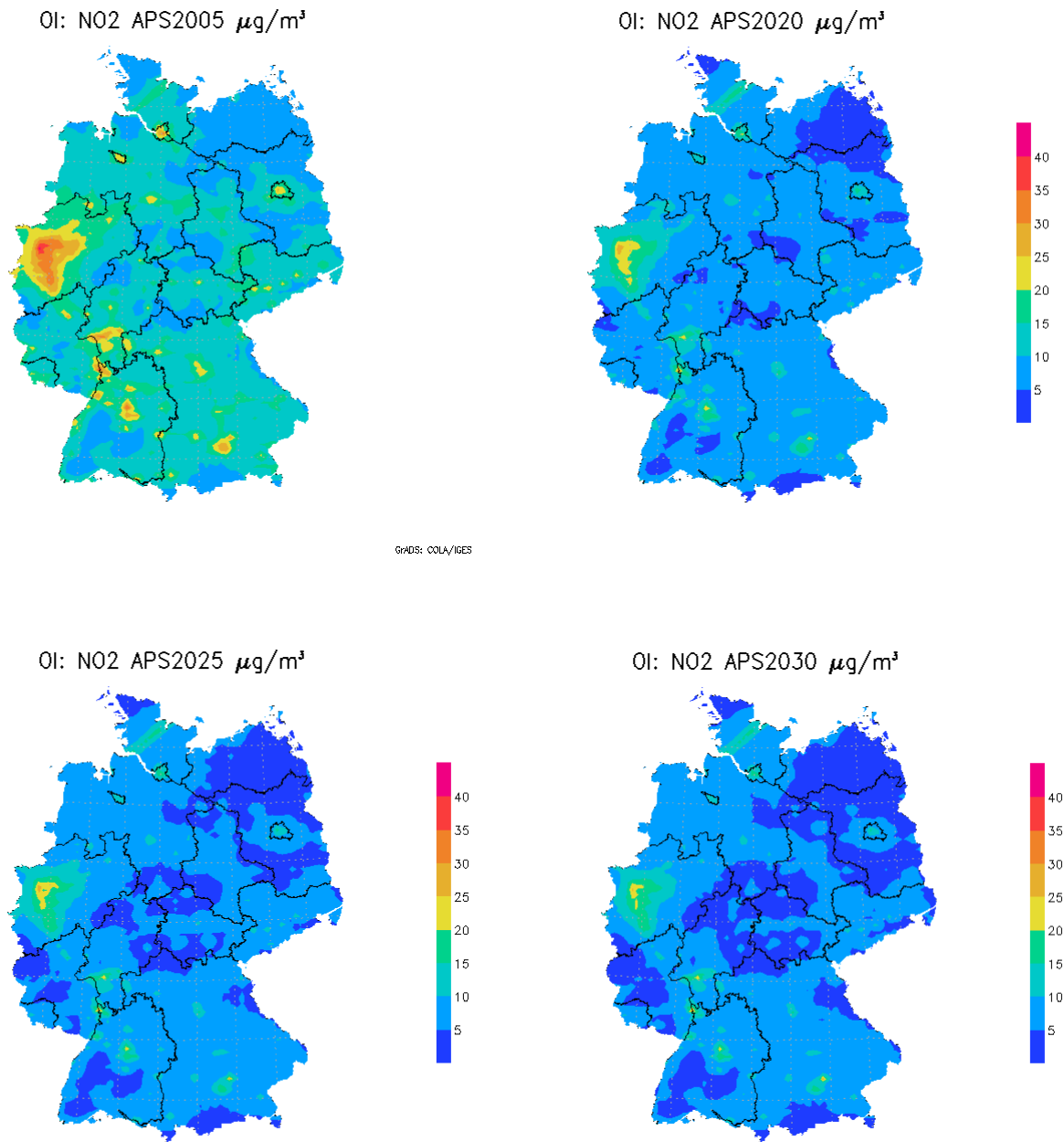
6.6.2 Luftqualitätsprognosen 2020 bis 2030: APS

Die immissionsseitigen Auswirkungen des Aktuelle Politik-Szenarios wurden mit dem RCG-Modell für die Referenzjahre 2005, 2020, 2025 und 2030 ermittelt. Auf alle diese Berechnungen wurde die oben beschriebene OI-Methodik angewandt.

Abbildung 6-34 zeigt die Feldverteilung der NO_2 -Jahresmittelwerte für das Aktuelle Politik-Szenario von 2005, 2020, 2025 und 2030. Insbesondere in den Ballungsräumen kommt es zu deutlichen Abnahmen der Konzentrationen. Die Bereiche mit NO_2 -Jahresmittelwerten $> 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sind im Jahre 2030 nahezu verschwunden. Lediglich im Ruhrgebiet, im Rhein-Main-Gebiet und in den Großstädten Süddeutschlands muss nach dem APS im Jahre 2030 noch mit NO_2 -Hintergrundkonzentrationen über $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gerechnet werden. Im ländlichen Bereich sinken die Werte auf 5 bis $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ab. Die relativen Änderungen sind in Abbildung 6-35 dargestellt. Für die Konzentrationsabnahmen bis 2020 reicht die Spannbreite von circa 30% in den Ballungsräumen bis circa 50% in den ländlichen Regionen. Bis 2030 erreichen die Abnahmen in den Ballungsräumen bis auf einige Ausnahmen den Bereich von 40 bis 50%. In den ländlichen Regionen sinken die NO_2 -Jahresmittelwerte bis zu 70%. Geringe Abnahmen werden im Bereich der großen Flughäfen Frankfurt und München berechnet. Auch der Bereich des Nord-Ostseekanals sticht durch geringe Abnahmen hervor, da die Schiffsemissionen nicht oder kaum abnehmen. In der Flächendarstellung können die berechneten Abnahmen natürlich lokal kleiner oder größer sein als in den klassengemittelten Auswertungen (siehe Kap. 6.5), die wegen der groben Einteilung der Bevölkerungszahl/ km^2 in Klassen einer gewissen Nivellierung der Ergebnisse unterliegen.

Die Abnahmen der PM_{10} -Jahresmittelwerte (Abbildung 6-36) sind deutlich geringer als diejenigen der NO_2 -Jahresmittelwerte. Im Jahre 2005 liegen die Spitzenwerte der Hintergrundkonzentrationen in den Ballungsräumen bei circa $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Bis 2030 sinken diese Konzentrationen auf 20 bis $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ab. In ländlichen Regionen werden 2005 noch Konzentrationen von 18 bis $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ erreicht. Im Jahre 2030 stellen sich dort nur noch Konzentrationen im Bereich von 14 bis $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ oder weniger ein. Relativ entspricht dies Abnahmen von 15 bis 25% in den Ballungsräumen und 20 bis 35% in den ländlichen Regionen (Abbildung 6-37).

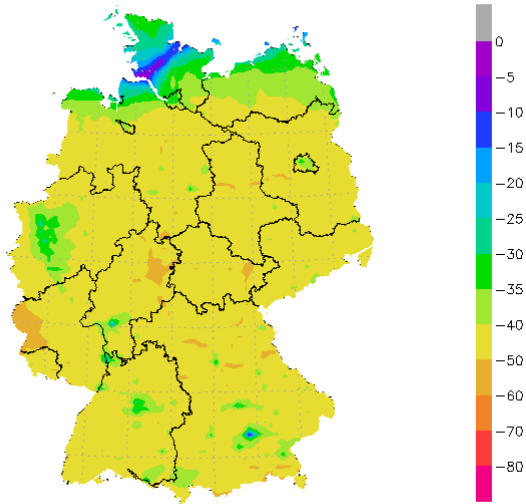
Abbildung 6-34: NO₂- Jahresmittelwerte 2005 bis 2030 abgeleitet mit der OI-Methodik und den RCG-Ergebnissen für das Aktuelle Politik-Szenario APS.



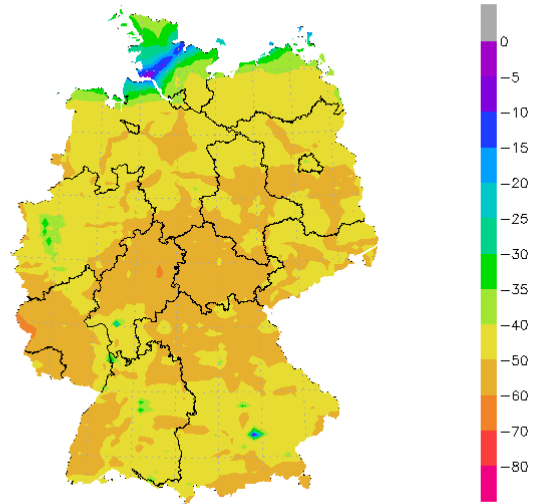
GrADS: COLA/IGES

Abbildung 6-35: Relative Minderung der NO₂-Jahresmittelwerte von 2005 bis 2020 (oben links), 2005 bis 2025 (oben rechts) und 2005 bis 2030 (unten Mitte) abgeleitet mit der OI-Methodik und den RCG-Ergebnissen für das Aktuelle Politik-Szenario APS.

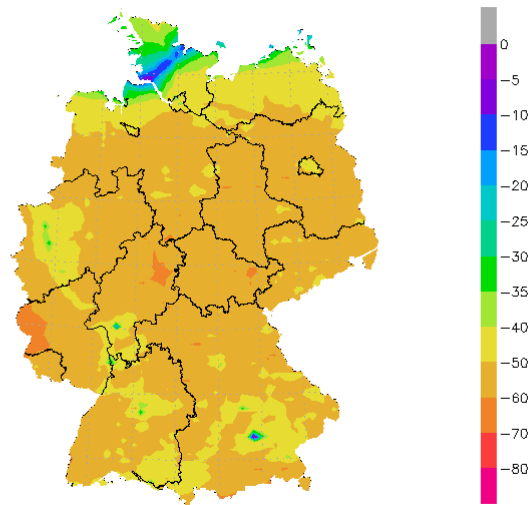
OI: NO₂ APS2020-APS2005 rel. Minderung %



OI: NO₂ APS2025-APS2005 rel. Minderung %



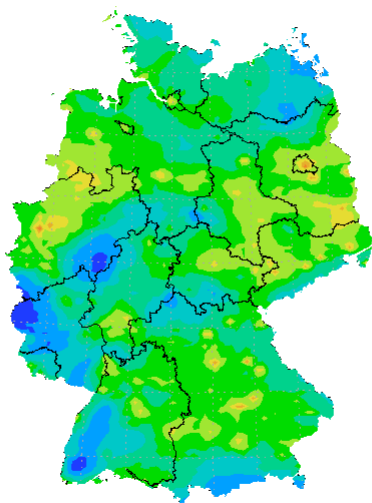
OI: NO₂ APS2030-APS2005 rel. Minderung %



GrADS: COLA/IGES

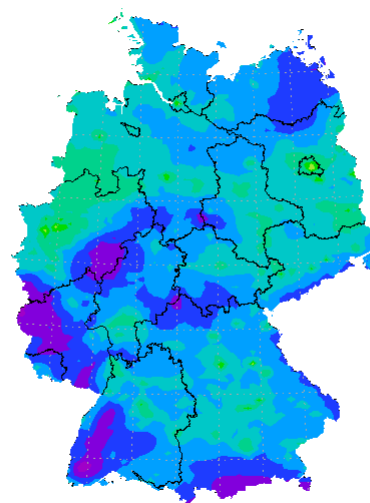
Abbildung 6-36: PM₁₀- Jahresmittelwerte 2005 bis 2030 abgeleitet mit der OI-Methodik und den RCG-Ergebnissen für das Aktuelle Politik-Szenario APS.

OI: PM10 APS2005 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



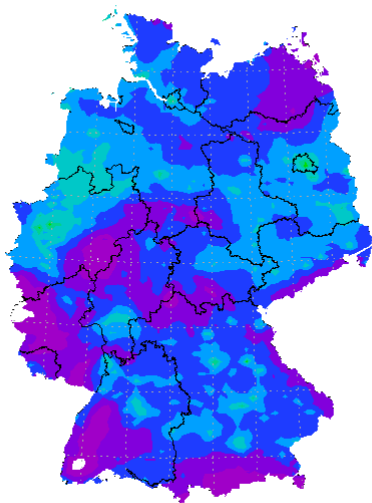
GrADS: COLA/IGES

OI: PM10 APS2020 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



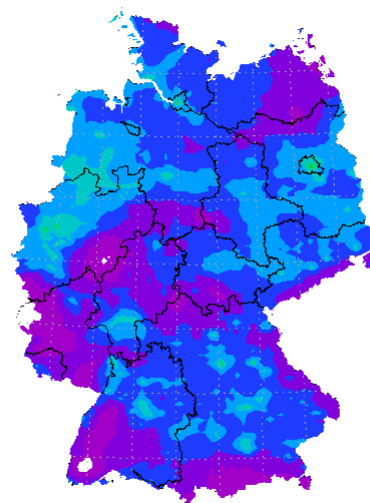
GrADS: COLA/IGES

OI: PM10 APS2025 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



GrADS: COLA/IGES

OI: PM10 APS2030 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



GrADS: COLA/IGES

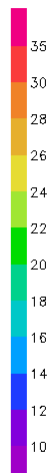
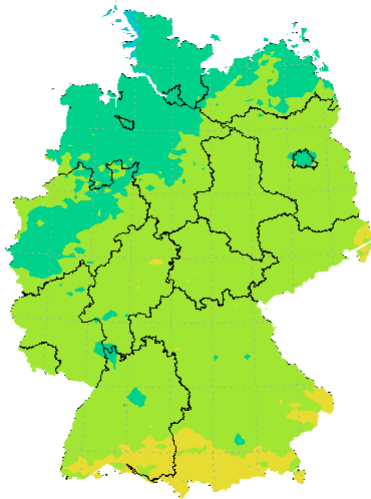


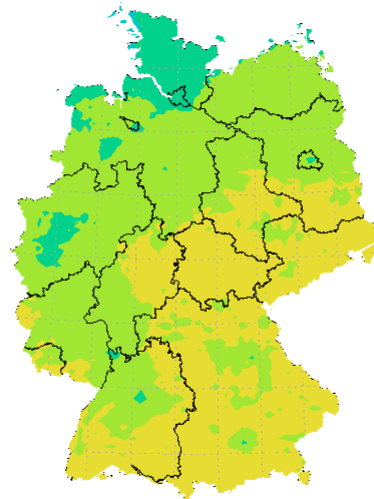
Abbildung 6-37: Relative Minderung der PM_{10} -Jahresmittelwerte von 2005 bis 2020 (oben links), 2005 bis 2025 (oben rechts) und 2005 bis 2030 (unten Mitte) abgeleitet mit der OI-Methodik und den RCG-Ergebnissen für das Aktuelle Politik-Szenario APS.

OI: PM_{10} APS2020-APS2005 rel. Minderung



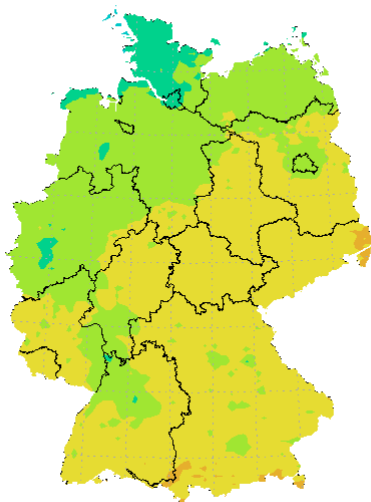
G/ADS: COLA/IGES

OI: PM_{10} APS2025-APS2005 rel. Minderung %



G/ADS: COLA/IGES

OI: PM_{10} APS2030-APS2005 rel. Minderung %



G/ADS: COLA/IGES

6.6.3 Luftqualitätsprognosen 2020 und 2030: APS im Vergleich mit APS+, EWS, EWS-LaWi+, EWS+

Die Szenarien mit zusätzlichen Maßnahmen für das Aktuelle Politik-Szenario, das Energiewende Szenario sowie dessen zusätzliche Szenarien werden wegen der relativ geringen Unterschiede in den Emissionsreduktionen jeweils zusammenfassend für 2020 und 2030 betrachtet und in Relation zur APS Referenz gesetzt.

Abbildung 6-38 zeigt das zusätzlich zum APS erreichbare absolute Minderungspotenzial der NO₂-Jahresmittelwerte von 2005 bis 2020 für das APS+, das EWS und das EWS+. Mit dem APS+ können die NO₂-Jahresmittelwerte zusätzlich zum APS in ländlichen Regionen nur um weniger als 0,5 µg/m³ gesenkt werden. In den Ballungsräumen sind die zusätzlich erreichbaren Minderungen mit 0,5 bis 1,5 µg/m³ deutlich größer. Im Ruhrgebiet wird lokal sogar eine zusätzliche Minderung der NO₂-Jahresmittelwerte von mehr als 2 µg/m³ erreicht. Das EWS ist in seiner Zusatzwirkung in den Ballungsräumen und in deren Umgebung etwas stärker, die lokal hohe Minderung im Ruhrgebiet tritt aber nicht mehr hervor, was wahrscheinlich an den im Vergleich zum APS+ etwas höheren EWS-Emissionen der Verursacherguppe Industrie liegt. Das zusätzliche Minderungspotenzial von EWS+ ist eindeutig am stärksten, was sich insbesondere in den Ballungsräumen zeigt. Im Ruhrgebiet wird bis 2020 mit dem EWS+ eine circa 2-4 µg/m³ höhere Minderung der NO₂-Jahresmittelwerte erreicht als mit dem APS. Die relativen Zusatzminderungen (bezogen auf die Absolutkonzentrationen des APS) zeigen deutlich das im Mittel ansteigende Minderungspotenzial vom APS+ über das EWS zum EWS+ (

Abbildung 6-38). In einigen Regionen ist das APS+ in seiner Zusatzwirkung aber stärker als das EWS. Hier zeigt sich deutlich die Wirkung der räumlichen Verteilung der Emissionen, die unterschiedlich für die einzelnen Verursacherguppen ist. Für die zusätzlich zum APS erreichbare NO₂-Minderung bis 2030 ist die Rangfolge dagegen in ganz Deutschland eindeutig: Das APS+ führt zu der geringsten zusätzlichen Minderung, das EWS+ zur höchsten zusätzlichen Minderung (

Abbildung 6-39). Mit dem EWS+ könnten die NO₂-Jahresmittelwerte im städtischen Hintergrund von 2005 bis 2030 um circa 2 bis über 4 µg/m³ (lokal im Ruhrgebiet) mehr gemindert werden als mit dem APS. Relativ betrachtet entspricht dies einer Steigerung der Minderung um 15 bis 25 % (Abbildung 6-41).

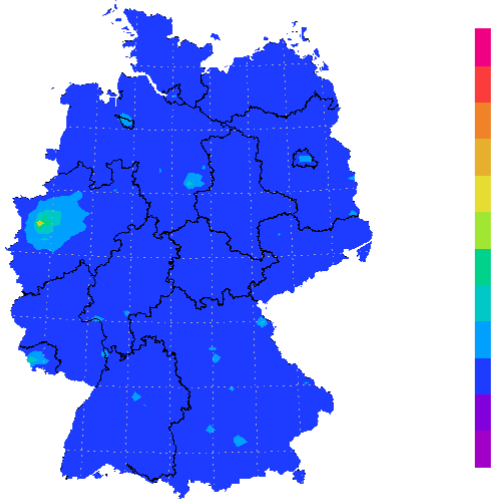
Die zusätzlich zum APS von 2005 bis 2020 erreichbaren PM₁₀-Minderungen zeigt die

Abbildung 6-42. Es ist eindeutig, dass das APS+ zu einer größeren zusätzlichen Minderung führt als das EWS. Ursache dafür dürften die circa 16%ige Minderung der landwirtschaftlichen NH₃-Emissionen und die etwas höhere PM₁₀-Emissionsminderung des APS+ sein. Im EWS nehmen die landwirtschaftlichen NH₃-Emissionen dagegen von 2005 bis 2020 um circa 4% zu. Im EWS+ ist die NH₃-Minderung des APS+ auch enthalten. Die NH₃-Minderung in Verbindung mit der stärksten Minderung der PM₁₀-Vorläuferstoffe NO_x und SO₂ führt für das EWS+ zu der höchsten zusätzlichen Minderung. Großflächig liegen die zusätzlich zum APS erreichbaren Minderungen aber nur zwischen 0,5 und 1 µg/m³ oder 2 bis 5% (Abbildung 6-43). Nur im Ruhrgebiet werden lokal noch größere Minderungspotenziale erreicht. Die bis 2030 zusätzlich zum APS erreichbare Minderung der PM₁₀-Jahresmittelwerte ist für das APS+ und das EWS relativ ähnlich allerdings mit einem flächig leicht höheren Minderungspotenzial für das EWS. Die im Vergleich zum APS+ höhere Minderung der PM-Vorläufer NO_x und SO₂ scheint jetzt die geringere Minderung der NH₃-Emissionen auszugleichen (Abbildung 6-44). Auch für die bis 2030 erreichbare Minderung hat das EWS+ das höchste zusätzliche Minderungspotenzial. Großflächig können mit dem

EWS+ im Vergleich zum APS um 2 bis 6 % höhere PM₁₀-Minderungen erreicht werden (Abbildung 6-45). Das EWS-LaWi+ unterscheidet sich vom EWS lediglich durch eine zusätzliche circa 16%ige Minderung der landwirtschaftlichen NH₃-Emissionen. Diese zusätzliche Emissionsminderung macht sich wegen der flächigen Verteilung der NH₃-Emissionen in nahezu ganz Deutschland durch ein verstärktes PM₁₀-Minderungspotenzial bemerkbar. Für das NO₂-Minderungspotenzial spielt die zusätzliche NH₃-Minderung keine Rolle. Deswegen wurde das EWS-LaWi+ dort nicht diskutiert.

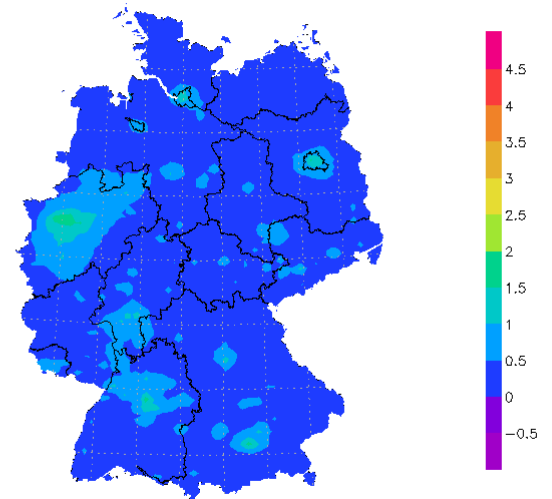
Abbildung 6-38: Zusätzliches absolutes Minderungspotenzial der NO₂-Jahresmittelwerte in 2020 bezogen auf das mit APS erreichbare Konzentrationsniveau. APS+ (oben links), EWS (oben rechts) und EWS+ (unten Mitte) abgeleitet mit der OI-Methodik und den RCG-Ergebnissen für die Szenarien APS, APS+, EWS und EWS+.

OI: NO₂ 2020 Minderungspotenzial APS+ bzgl APS $\mu\text{g}/\text{l}$



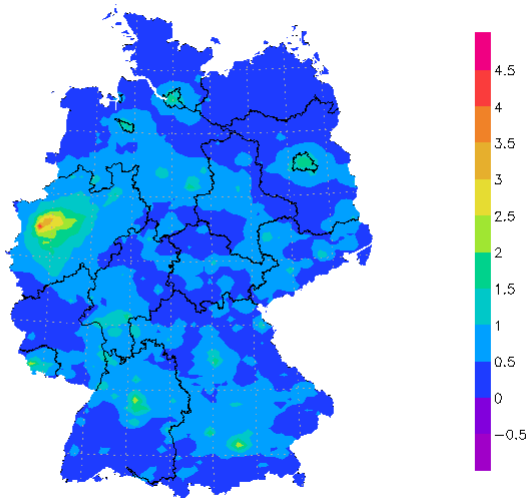
GrADS: COLA/IGES

OI: NO₂ 2020 Minderungspotenzial EWS bzgl APS $\mu\text{g}/\text{m}^3$



GrADS: COLA/IGES

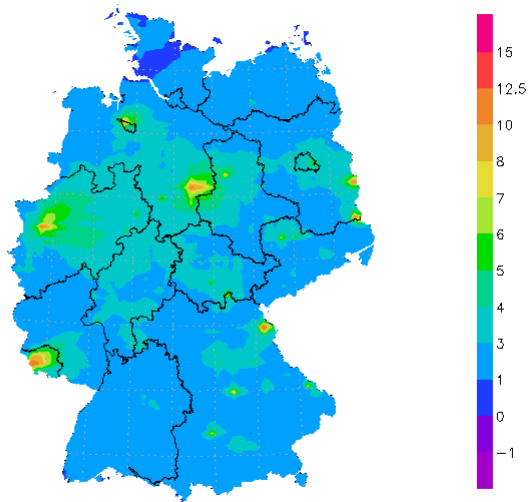
OI: NO₂ 2020 Minderungspotenzial EWS+ bzgl APS $\mu\text{g}/\text{m}^3$



GrADS: COLA/IGES

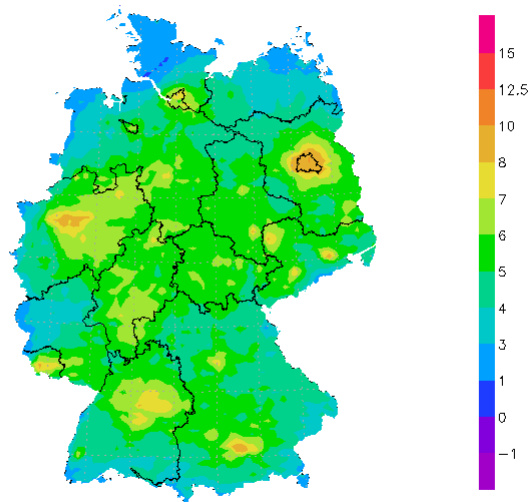
Abbildung 6-39: Zusätzliches relatives Minderungspotenzial der NO₂-Jahresmittelwerte in 2020 bezogen auf das mit APS erreichbare Konzentrationsniveau. APS+ (oben links), EWS (oben rechts) und EWS+ (unten Mitte) abgeleitet mit der OI-Methodik und den RCG-Ergebnissen für die Szenarien APS, APS+, EWS und EWS+

OI: NO₂ 2020 Minderungspotenzial APS+ bzgl APS %



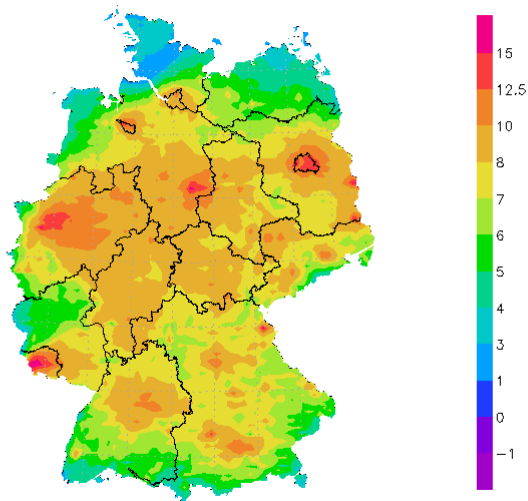
GrADS: COLA/IGES

OI: NO₂ 2020 Minderungspotenzial EWS bzgl APS %



GrADS: COLA/IGES

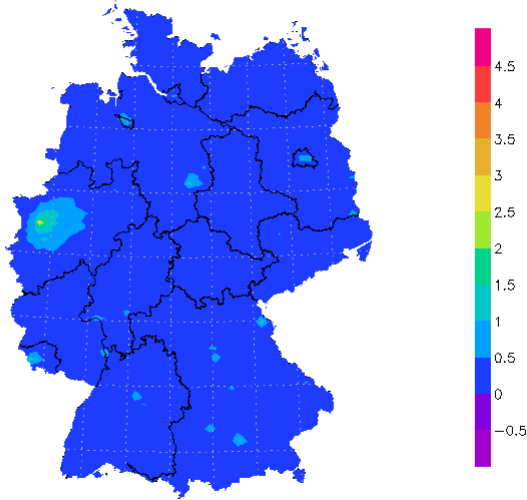
OI: NO₂ 2020 Minderungspotenzial EWS+ bzgl APS %



GrADS: COLA/IGES

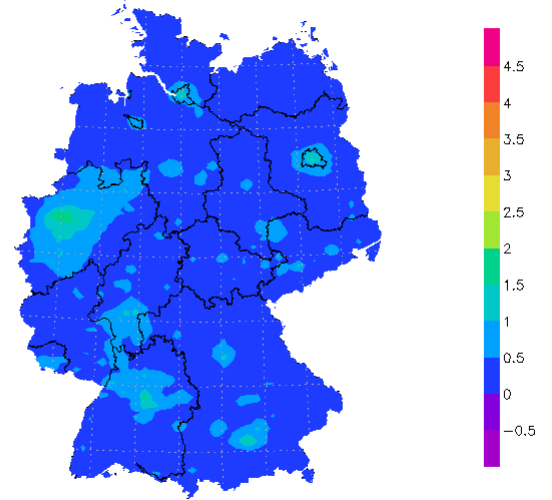
Abbildung 6-40: Zusätzliches absolutes Minderungspotenzial der NO₂-Jahresmittelwerte in 2030 bezogen auf das mit APS erreichbare Konzentrationsniveau. APS+ (oben links), EWS (oben rechts) und EWS+ (unten Mitte) abgeleitet mit der OI-Methodik und den RCG-Ergebnissen für die Szenarien APS, APS+, EWS und EWS+

OI: NO₂ 2030 Minderungspotenzial APS+ bzgl APS $\mu\text{g}/\text{m}^3$



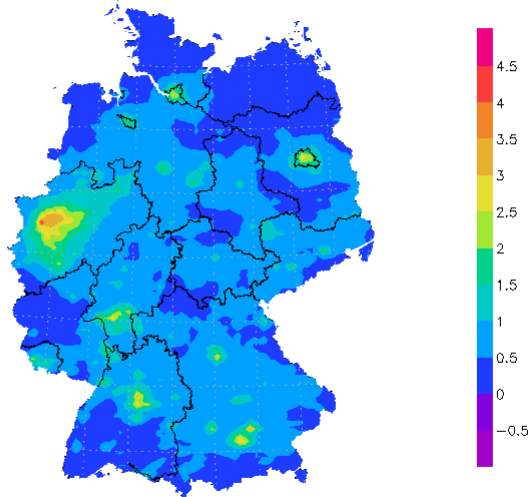
©ADS: COLA/IGES

OI: NO₂ 2020 Minderungspotenzial EWS bzgl APS $\mu\text{g}/\text{m}^3$



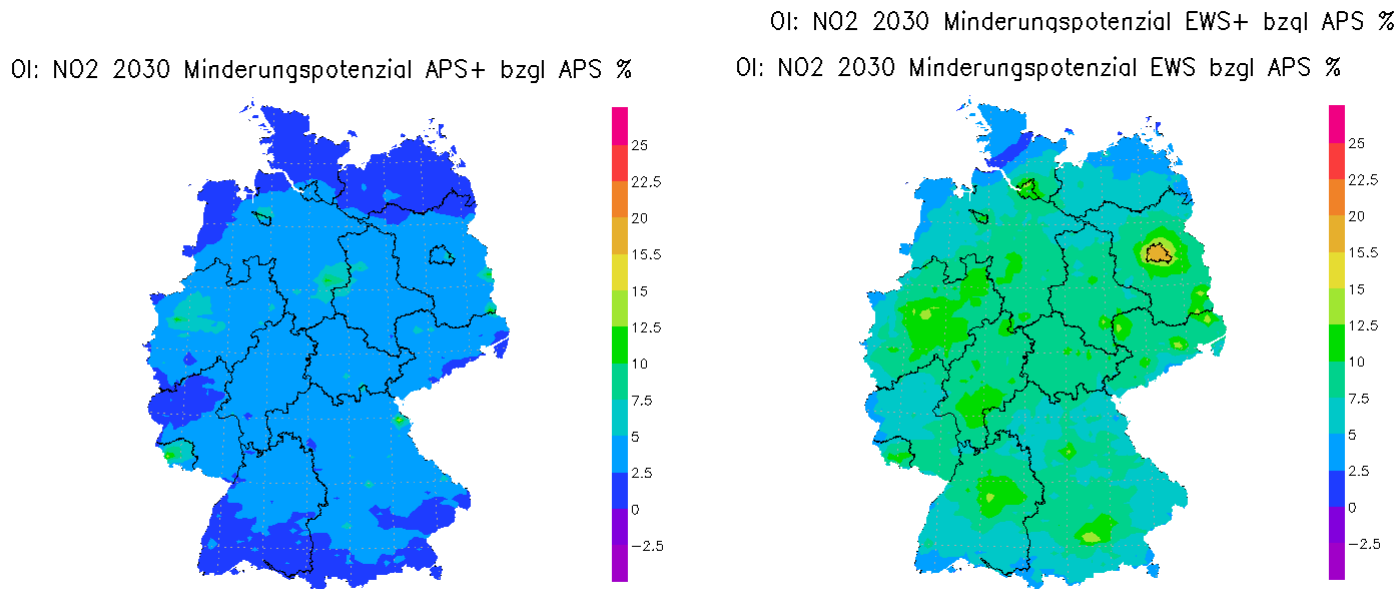
/IGES

OI: NO₂ 2030 Minderungspotenzial EWS+ bzgl APS $\mu\text{g}/\text{m}^3$



©ADS: COLA/IGES

Abbildung 6-41: Zusätzliches relatives Minderungspotenzial der NO₂-Jahresmittelwerte in 2030 bezogen auf das mit APS erreichbare Konzentrationsniveau. APS+ (oben links), EWS (oben rechts) und EWS+ (unten Mitte) abgeleitet mit der OI-Methodik und den RCG-Ergebnissen für die Szenarien APS, APS+, EWS und EWS+.

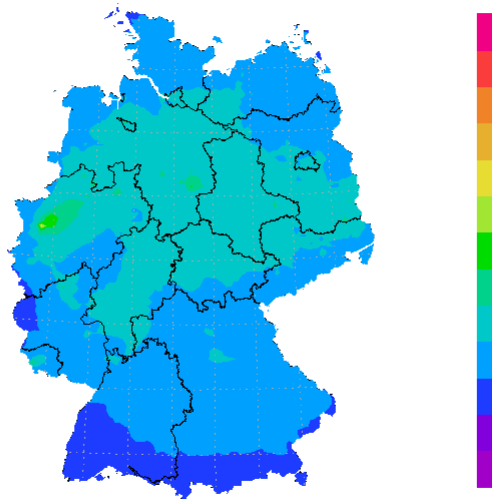


GI/DS: COLA/IGES

3

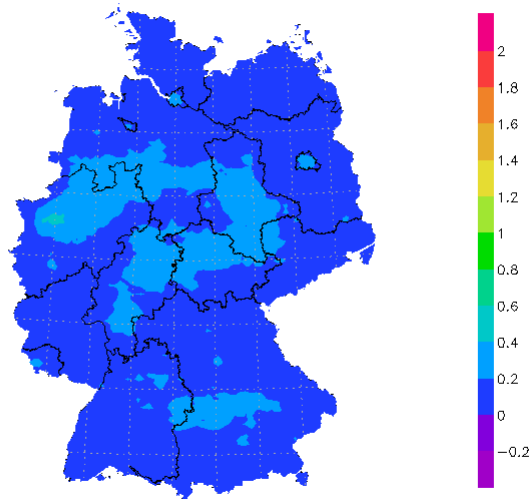
Abbildung 6-42: Zusätzliches absolutes Minderungspotenzial der PM₁₀-Jahresmittelwerte in 2020 bezogen auf das mit APS erreichbare Konzentrationsniveau. APS+ (oben links), EWS (oben rechts) und EWS+ (unten Mitte) abgeleitet mit der OI-Methodik und den RCG-Ergebnissen für die Szenarien APS, APS+, EWS und EWS+.

OI: PM10 2020 Minderungspotenzial APS+ bzgl APS μg ,



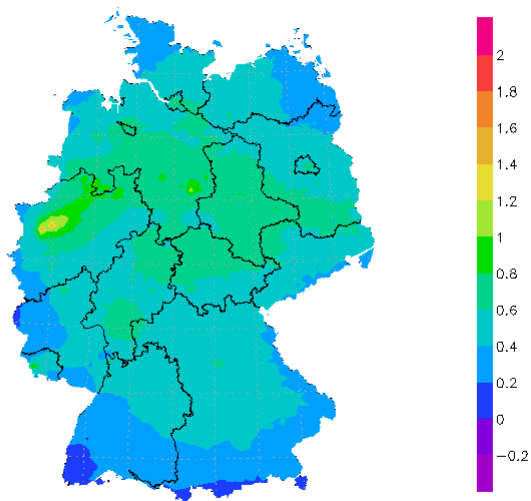
GRADS: COLA/IGES

OI: PM10 2020 Minderungspotenzial EWS bzgl APS $\mu\text{g}/\text{m}^3$



GRADS: COLA/IGES

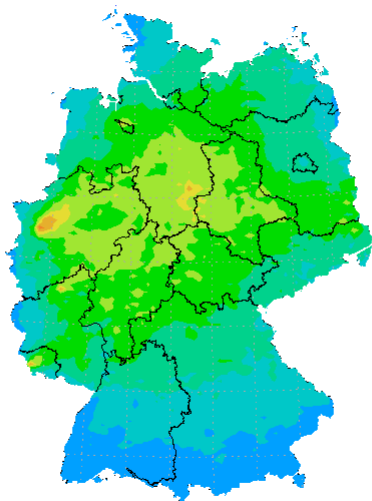
OI: PM10 2020 Minderungspotenzial EWS+ bzgl APS $\mu\text{g}/\text{m}^3$



GRADS: COLA/IGES

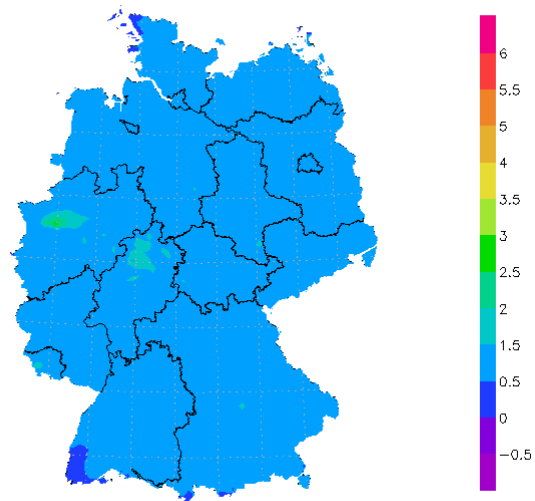
Abbildung 6-43: Zusätzliches relatives Minderungspotenzial der PM₁₀-Jahresmittelwerte in 2020 bezogen auf das mit APS erreichbare Konzentrationsniveau. APS+ (oben links), EWS (oben rechts) und EWS+ (unten Mitte) abgeleitet mit der OI-Methodik und den RCG-Ergebnissen für die Szenarien APS, APS+, EWS und EWS+.

OI: PM10 2020 Minderungspotenzial APS+ bzgl APS %



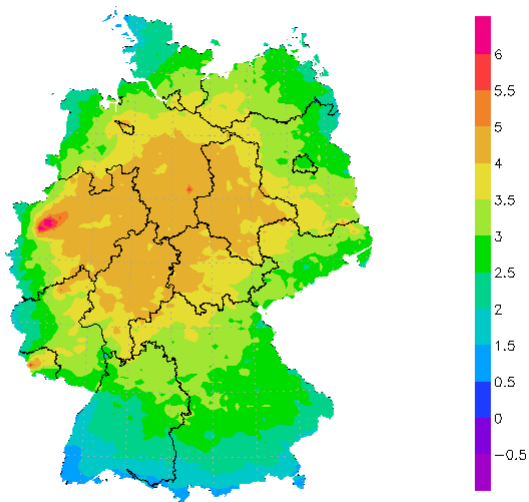
GrADS: COLA/IGES

OI: PM10 2020 Minderungspotenzial EWS bzgl APS %



GrADS: COLA/IGES

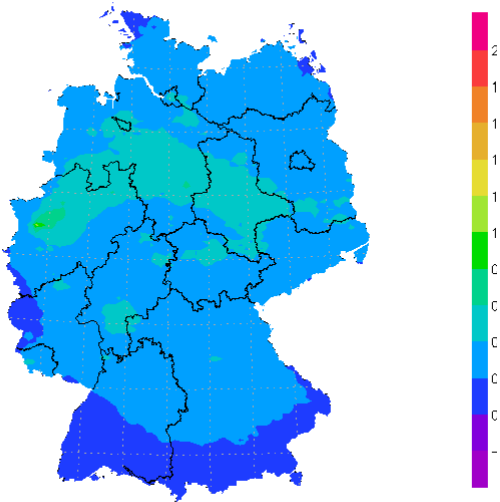
OI: PM10 2020 Minderungspotenzial EWS+ bzgl APS %



GrADS: COLA/IGES

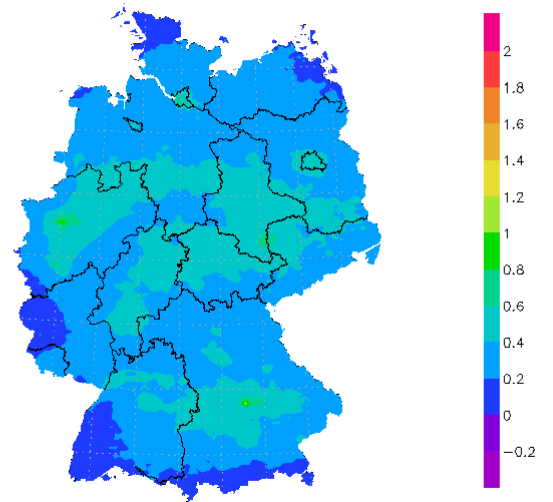
Abbildung 6-44: Zusätzliches absolutes Minderungspotenzial der PM_{10} -Jahresmittelwerte in 2030 bezogen auf das mit APS erreichbare Konzentrationsniveau. APS+ (oben links), EWS (oben rechts), EWS+ (unten links) und EWS-LaWi+ (unten rechts) abgeleitet mit der OI-Methodik und den RCG-Ergebnissen für die Szenarien APS, APS+, EWS und EWS+ und EWS-LaWi+.

OI: PM_{10} 2030 Minderungspotenzial APS+ bzgl APS $\mu g/m^3$



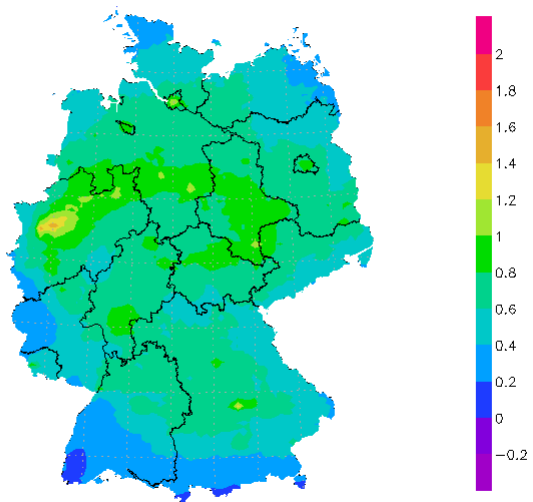
GRADS: COLA/IGES

OI: PM_{10} 2030 Minderungspotenzial EWS bzgl APS $\mu g/m^3$



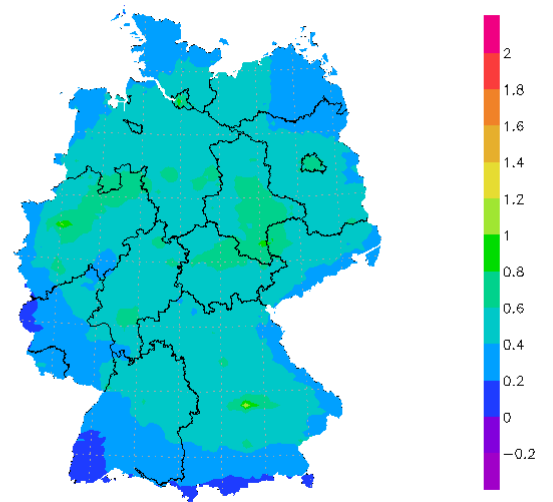
GRADS: COLA/IGES

OI: PM_{10} 2030 Minderungspotenzial EWS+ bzgl APS $\mu g/m^3$



GRADS: COLA/IGES

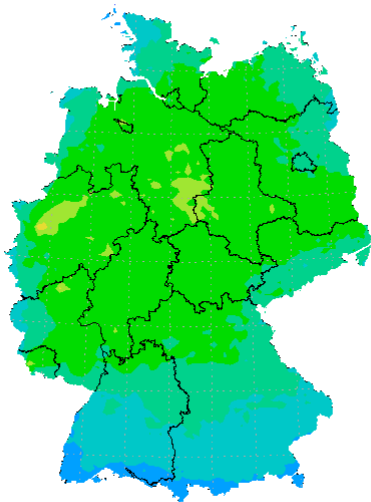
OI: PM_{10} 2030 Minderungspotenzial EWS-LaWi+ bzgl APS $\mu g/m^3$



GRADS: COLA/IGES

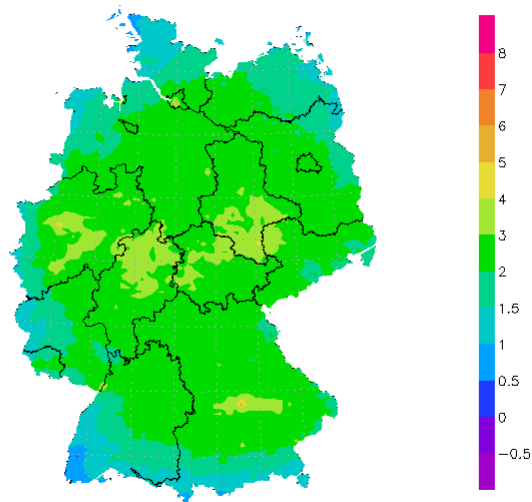
Abbildung 6-45: Zusätzliches relatives Minderungspotenzial der PM₁₀-Jahresmittelwerte in 2030 bezogen auf das mit APS erreichbare Konzentrationsniveau. APS+ (oben links), EWS (oben rechts), EWS+ (unten links) und EWS-LaWi+ (unten rechts) abgeleitet mit der OI-Methodik und den RCG-Ergebnissen für die Szenarien APS, APS+, EWS und EWS+ und EWS-LaWi+.

OI: PM10 2030 Minderungspotenzial APS+ bzgl APS



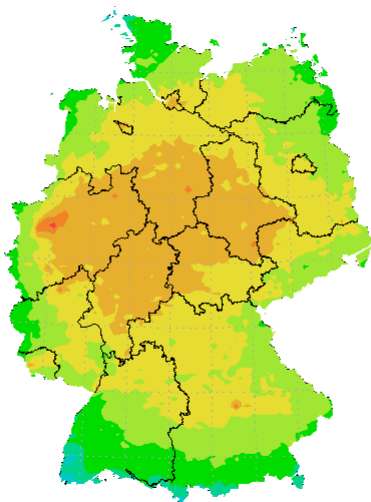
GrADS: COLA/IGES

OI: PM10 2030 Minderungspotenzial EWS bzgl APS %



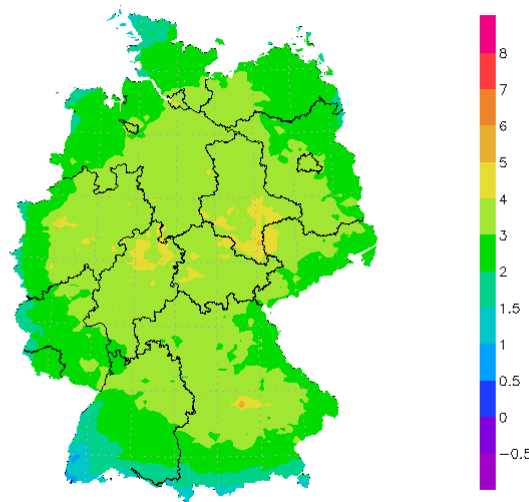
GrADS: COLA/IGES

OI: PM10 2030 Minderungspotenzial EWS+ bzgl APS %



GrADS: COLA/IGES

OI: PM10 2030 Minderungspotenzial EWSLAWI+ bzgl APS %



GrADS: COLA/IGES

6.7 Grenzwertbetrachtungen

6.7.1 Methodik

PM₁₀ und NO₂-Grenzwertüberschreitungen in Deutschland betreffen im Wesentlichen den PM₁₀-Kurzfristgrenzwert (nicht mehr als 35 Tage im Jahr mit einem PM₁₀-Tagesmittelwert > 50 µg/m³) und den NO₂-Jahresmittelwert, der 40 µg/m³ nicht überschreiten darf. Grenzwertüberschreitungen bei Feinstaub und Stickstoffdioxid treten überwiegend an verkehrsnahen Stationen auf (Umweltbundesamt, 2009) und werden damit insbesondere für Stickstoffdioxid durch die Beiträge lokaler Emissionen ausgelöst. Nur beim PM₁₀ liefert der Ferntransport einen größeren Beitrag zu den lokalen Immissionen.

In diesem Kapitel werden die Auswirkungen der Emissionsprognosen auf die Konzentrationen an verkehrsnahen Stationen untersucht. Ausgangspunkt für die Prognose der Luftqualität und die Abschätzungen der Grenzwertüberschreitungen von PM₁₀ und NO₂ ist das Jahr 2005, Zieljahre sind 2020, 2025 und 2030.

Die im Rahmen des Projekts Luft2030 ausgeführten Modellrechnungen für Deutschland basieren auf einer Auflösung von 0.0625° Breite und 0.125° Länge. Dies entspricht in Mitteleuropa einer Maschenweite von circa 7 bis 8 km. Die Bestimmung des Beitrags lokaler Emissionen zur lokalen Belastung kann damit nicht direkt vorgenommen werden, da dazu höher auflösende Berechnungen bis hinein in eine Straßenschlucht notwendig sind (siehe z. B. Stern, 2006). Die Luft2030-Berechnungen präsentieren den regionalen, in großen Ballungsräumen auch den urbanen Hintergrund, auf den die von lokalen Emissionen verursachten Immissionsbeiträge aufsetzen.

In der von Stern (2010f) entwickelten Methodik werden die regionalen Hintergrundberechnungen daher nur benutzt, um die zeitliche Entwicklung des regional/urbanen Hintergrunds abzuschätzen. Die eigentliche Abschätzung der Grenzwertüberschreitungen an verkehrsnahen Stationen erfolgt mit Hilfe einer Methodik, die die Konzentrationsänderung als Folge der lokalen Emissionsänderung (Änderung der Verkehrsemissionen) und der Änderung des Hintergrunds abschätzt und diese Änderung auf die Messung überträgt. Die Abschätzung der Anzahl von Überschreitungen des PM₁₀-Tagesmittelgrenzwerts basiert auf statistischen Beziehungen zwischen dem Jahresmittelwert und der Anzahl von Überschreitungen (Wiegand und Diegmann, 2009). Eine detaillierte Beschreibung dieser Methodik kann in Stern (2010f) gefunden werden.

6.7.1.1 Grenzwertüberschreitungen: PM₁₀

Die Änderung der Anzahl von Tagen mit Überschreitungen des PM₁₀-Kurzfristgrenzwerts an einer Messstation aufgrund der zukünftigen Emissionsentwicklung wird folgendermaßen ermittelt:

1. Berechnung des mittleren Immissionsdeltas an der Verkehrsstation aus der zeitlichen Änderung der Hintergrundbelastung und der zeitlichen Änderung der lokalen Zusatzbelastung. Als Hintergrundbelastung werden die in Kapitel 6.6 berechneten OI-Felder benutzt. Die lokale Zusatzbelastung ergibt sich aus der Differenz zwischen dem gemessenen PM₁₀-Jahresmittelwert und dem OI-Wert am Ort der Messstation. Die zeitliche Änderung der Hintergrundbelastung wird aus den OI-Prognosen abgeleitet. Die Änderung der Zusatzbelastung ergibt sich aus der zeitlichen Änderung der PM₁₀-Verkehrsemissionen am Ort der betrachteten Station.
2. Empirische Ermittlung der Überschreitungstage aus

- a. dem gemessenem PM_{10} -Jahresmittelwert am Rezeptor,
 - b. dem gemessenem PM_{10} -Jahresmittelwert am Rezeptor, vermindert um das Immissionsdelta unterteilt nach Beitrag des Hintergrunds und Beitrag der lokalen Zusatzbelastung,
3. Verminderung der beobachteten Überschreitungstage um die Differenz der im Schritt 2 ermittelten Überschreitungstage.

Untersucht wurden alle verkehrsnahen Messstationen, die im Jahre 2005 mehr als 35 Überschreitungen des PM_{10} -Kurzfristgrenzwertes von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tagesmittelwert) aufwiesen. Diese Überschreitungen sind in Abbildung 6-46 nur für die Stationen mit mehr als 50 Überschreitungen dargestellt. Die höchste Anzahl von Überschreitungstagen wurde am Stuttgarter Neckartor festgestellt (187 Überschreitungstage).

Die zukünftige PM_{10} -Luftqualität in Straßenschluchten wird anhand folgender Szenarien abgeschätzt:

- APS 2020, EWS 2020
- APS 2025
- APS 2030, EWS 2030
- APS+ 2020, EWS+ 2020
- APS+ 2030, EWS+ 2030

Alle diese Szenarien beinhalten unterschiedliche Änderungen der PM_{10} -Hintergrundkonzentrationen aufgrund von direkten (Primärkomponenten) oder indirekten (Vorläuferkomponenten) Emissionsänderungen. Die Ergebnisse für die Szenarien APS2020 und APS2030 werden graphisch dargestellt. Eine tabellarische Auswertung erfolgt für alle betrachteten Szenarien.

Abbildung 6-47 zeigt die für das Referenzjahr 2020 ermittelte Anzahl von Überschreitungstagen an allen verkehrsnahen Stationen, an denen im Jahre 2005 mehr als 50 Überschreitungstage beobachtet wurden. Die Graphik zeigt die beobachtete Anzahl von Überschreitungstagen im Jahr 2005 und die modellierte Abnahme der Überschreitungstage unterteilt in den Beitrag aus der Minderung des Hintergrunds (abgeleitet aus der zeitlichen Differenz der OI-Hintergrundbelastung) und der Minderung der Zusatzbelastung (abgeleitet aus den zeitlichen Änderungen der Verkehrsemissionen).

Es ist offensichtlich, dass auf Basis der verwendeten Emissionsentwicklung APS 2020 auch im Jahre 2020 an einer Anzahl von Stationen noch mit mehr als 35 Überschreitungen des PM_{10} -Kurzfristgrenzwerts zu rechnen ist. Für 2020 muss noch mit mehr als 35 Überschreitungstagen an Stationen gerechnet werden, an denen im Jahre 2005 mehr als 60 bis 65 Überschreitungstage beobachtet wurden. Insgesamt sind dies 9 Stationen.

Der Großteil der Abnahme der Anzahl von Überschreitungstagen ist der Minderung des Hintergrunds zuzuschreiben (Abbildung 6-48). Die Minderung an Überschreitungstagen infolge der lokalen Minderung der Verkehrsemissionen ist an den meisten Stationen deutlich geringer. Lediglich an den beiden höchst belasteten Stationen, Stuttgarter Neckartor und München, Lands-huter Allee, liefert die Minderung der direkten Verkehrsemissionen einen größeren Beitrag zu der Abnahme der Überschreitungstage.

Abbildung 6-46: Verkehrsnahe Stationen mit mehr als 50 beobachteten Überschreitungen eines PM₁₀-Tagesmittelwerts von 50 µg/m³, 2005.

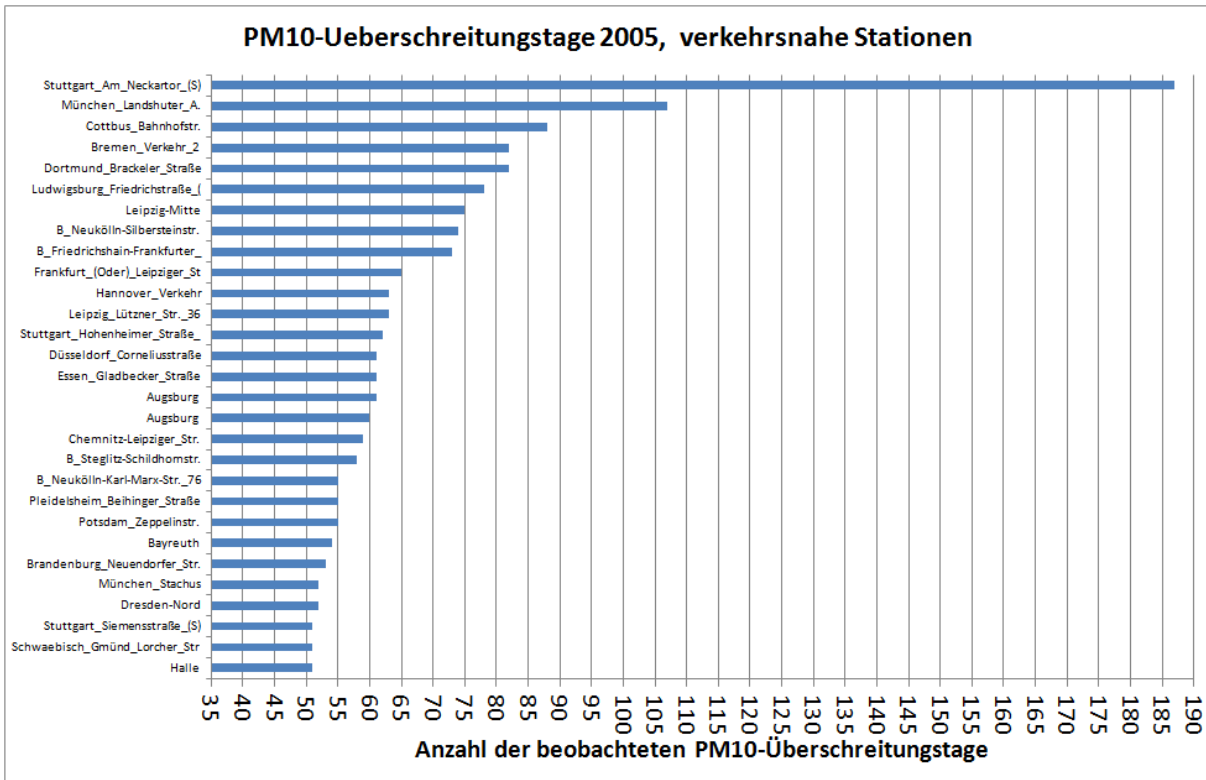
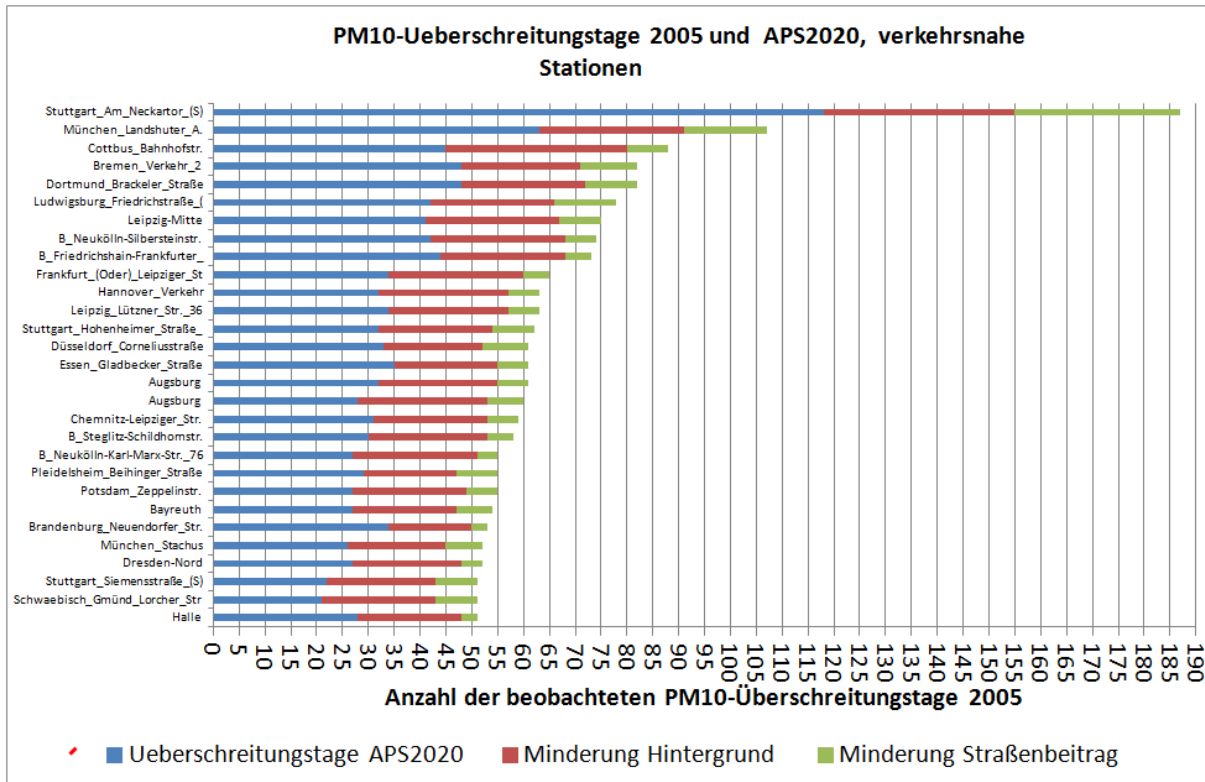
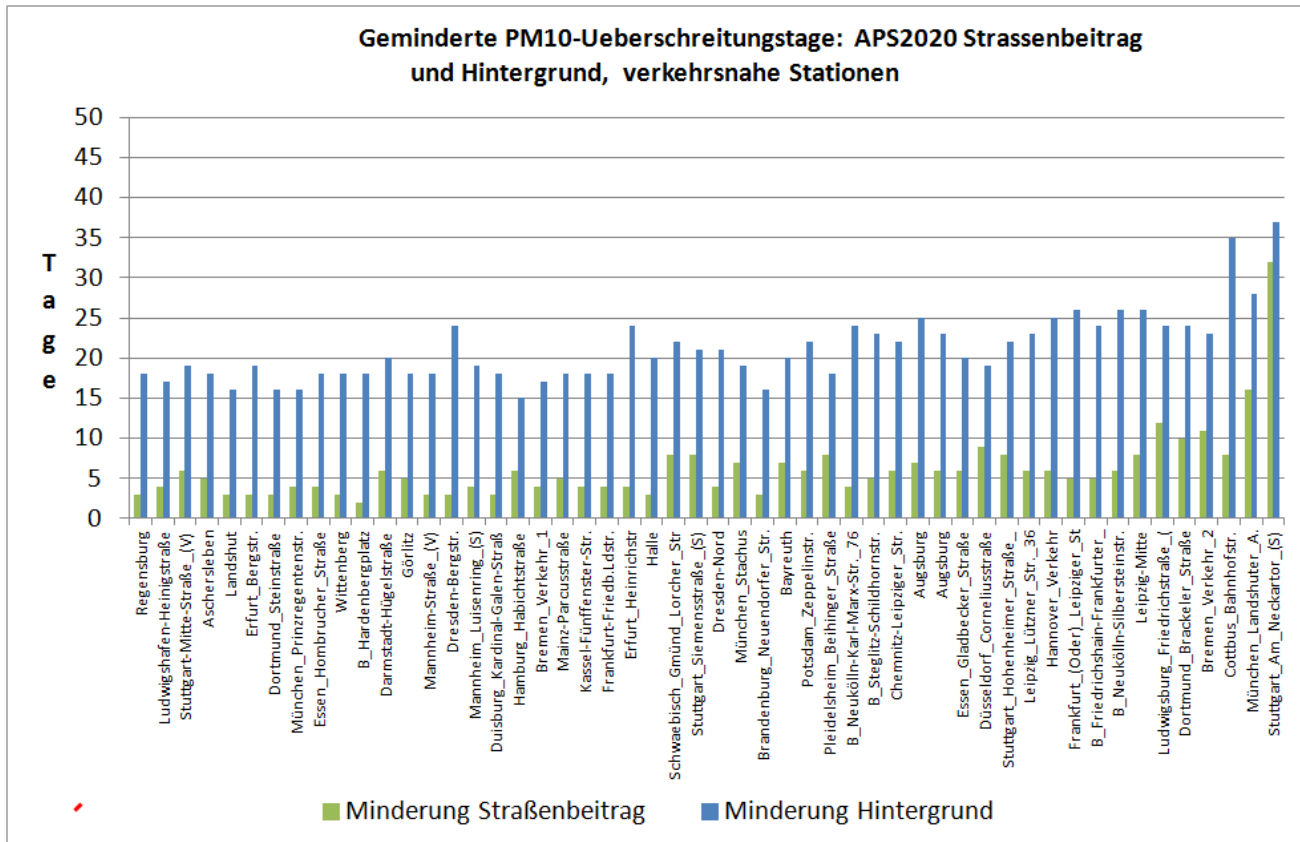


Abbildung 6-47: Modellierter Änderung der Anzahl von Tagen mit Überschreitungen des PM₁₀-Kurzfristgrenzwerts für verkehrsnahen Stationen mit Grenzwertüberschreitungen im Jahre 2005.



Der gesamte Balken (blau+braun+grün) gibt die Anzahl der im Jahre 2005 beobachteten Überschreitungstage an. Der blaue Anteil kennzeichnet die modellierte Anzahl von Überschreitungstagen für das Zieljahr 2020 (Emissionsreferenz APS 2020). Meteorologisches Referenzjahr 2005. Alle Stationen mit mehr als 50 Überschreitungstagen in 2005.

Abbildung 6-48: Modellerte Anzahl von Minderungstagen mit Überschreitungen des PM₁₀-Kurzfristgrenzwerts für verkehrsnahen Stationen.



Grenzwertüberschreitungen im Jahre 2005, unterteilt nach der Minderung durch die Abnahme des PM₁₀-Hintergrunds und nach Minderung durch die Abnahme der PM₁₀-Verkehrsemissionen. Zieljahr 2020 (Emissionsreferenz APS 2020). Meteorologisches Referenzjahr 2005. Alle Stationen mit mehr als 35 Überschreitungstagen in 2005.

Auch im Jahre 2030 muss unter den Bedingungen des APS in etwa mit derselben Anzahl von Stationen wie im Jahre 2020 gerechnet werden, an denen an mehr als 35 Tagen der Kurzfrist-Grenzwert überschritten wird (Abbildung 6-49). Ursache dafür ist die Zunahme der verkehrsbedingten PM₁₀-Emissionen ab 2020 (um circa 5% von 2020 nach 2025, um circa 9% von 2020 nach 2030), die auf eine Zunahme der Verkehrsbewegungen und der damit verbundenen Zunahme der verkehrsbedingten Aufwirbelungs- und Abriebemissionen zurückzuführen ist. Dadurch erhöht sich die Anzahl der Überschreitungstage aus dem Beitrag der verkehrsbedingten Emissionen von 2020 nach 2030 (Abbildung 6-51) obwohl der PM₁₀-Hintergrund und die dadurch verursachte Anzahl von Überschreitungstagen absinken (Abbildung 6-50). Insgesamt kommt es damit entweder zu nur geringen Änderungen der Anzahl von Überschreitungstagen von 2020 nach 2030 oder sogar zu einer Zunahme der Überschreitungstage.

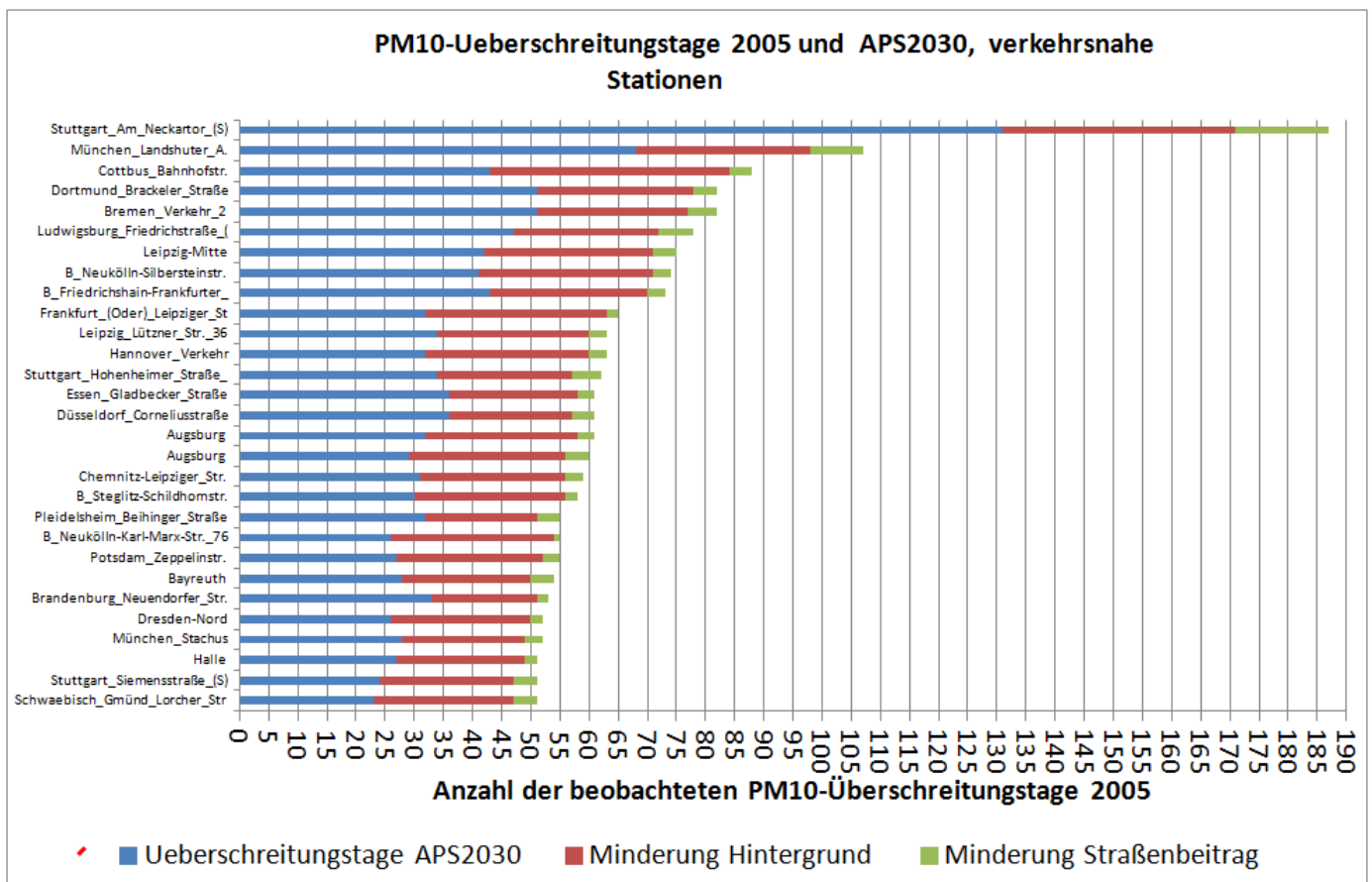
Die Ergebnisse aller Szenariorechnungen sind in Tabelle 6-30 zusammengefasst. Die Tabelle zeigt die Anzahl der beobachteten Überschreitungstage in 2005 und die Anzahl der abgeschätzten Überschreitungstage für 2020, 2025 und 2030 unter den verschiedenen Emissionsbedingungen. An Stationen mit 50 Überschreitungstagen oder weniger kann man ab 2020 bei ähnlichen meteorologischen Bedingungen wie im Jahre 2005 von einer Unterschreitung des Schwellenwerts von 35 Überschreitungstagen ausgehen. Für zahlreiche Stationen mit mehr als 50 Überschreitungstagen in 2005 muss unter Berücksichtigung eines methodenbedingten Unsicherheitsbereichs auch noch nach 2020 mit Überschreitungen des Schwellenwerts gerechnet werden (brauner Bereich in der Tabelle 6-30). An allen Stationen, an denen im Jahre 2005 mehr

als 70 Überschreitungstage beobachtet wurden (9 Stationen), muss auch unter dem schärfsten Emissionsszenario EWS+ im Jahre 2030 noch von mehr als 35 Überschreitungstagen ausgegangen werden (roter Bereich in der Tabelle 6-30).

Es sei angemerkt, dass das Jahr 2005 bezüglich der Anzahl von Überschreitungstagen kein extremes Jahr war. Bei der Anwendung der Methodik z.B. auf das Extremjahr 2003 muss im Vergleich zu 2005 mit einer höheren Anzahl von Stationen gerechnet werden, an denen auch in Zukunft der Schwellenwert von 35 Tagen noch überschritten wird (Stern, 2010f).

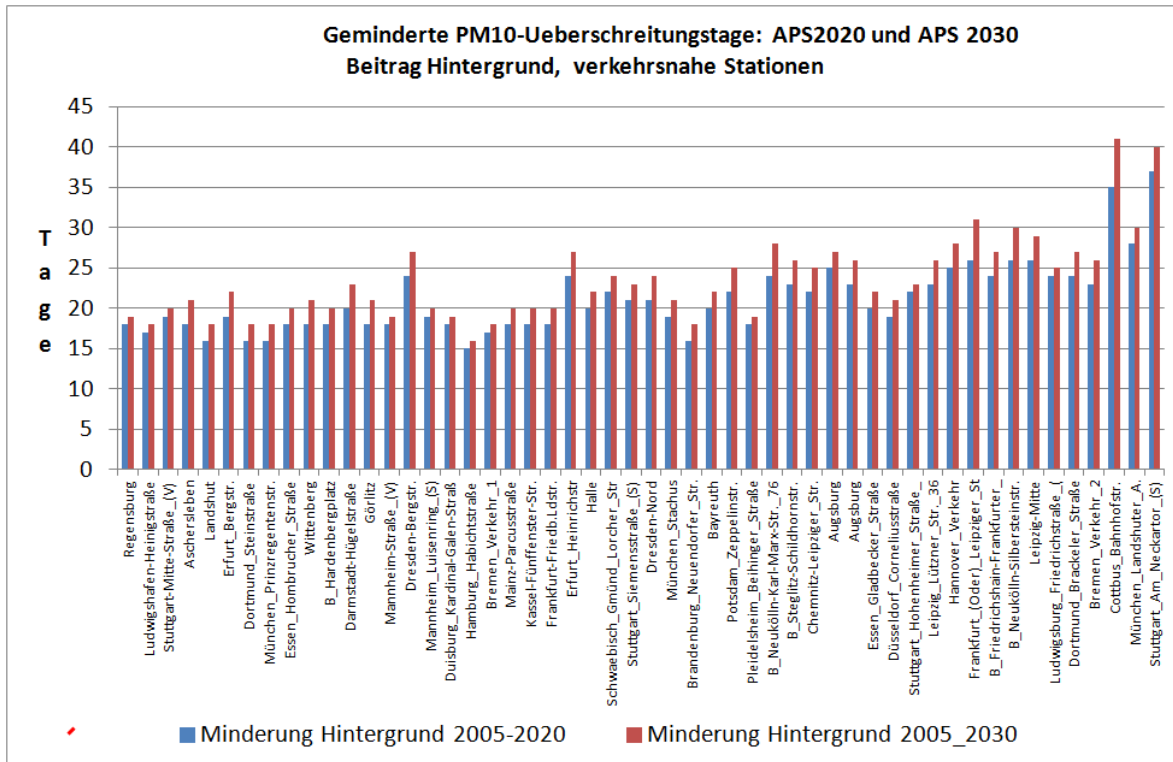
Die Tabelle 6-31 zeigt die an den ausgewählten verkehrsnahen Stationen beobachteten und prognostizierten PM₁₀-Jahresmittelwerte für alle Stationen mit einem Jahresmittelwert > 35 µg/m³. Im Jahre 2005 wurde an 4 Stationen ein PM₁₀-Jahresmittelwert > 40 µg/m³ beobachtet. Durch die prognostizierte Emissionsminderung ist ab dem Jahre 2020 nur noch an einer (Stuttgart, Neckartor) bzw. unter Berücksichtigung eines Unsicherheitsbereiches an zwei Stationen (zusätzlich München, Landshuter Allee) mit einer Überschreitung des Grenzwerts zu rechnen. Die bezogen auf 2020 zunehmenden verkehrsbedingten PM₁₀-Emissionen der Jahre 2025 und 2030 machen sich auch in den Mittelwerten durch eine Zunahme bemerkbar.

Abbildung 6-49: Modellierter Änderung der Anzahl von Tagen mit Überschreitungen des PM₁₀-Kurzfristgrenzwerts für verkehrsnahen Stationen mit Grenzwertüberschreitungen im Jahre 2005.



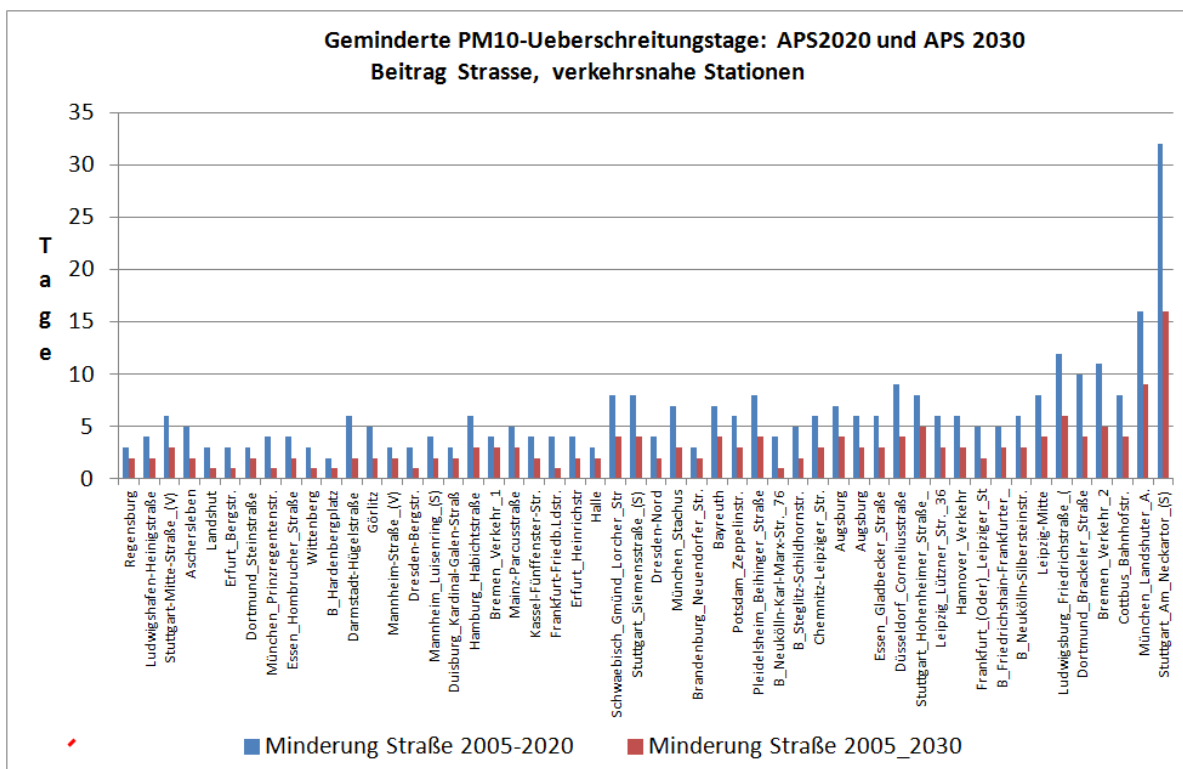
Der gesamte Balken (blau+braun+grün) gibt die Anzahl der im Jahre 2005 beobachteten Überschreitungstage an. Der blaue Anteil kennzeichnet die modellierte Anzahl von Überschreitungstagen für das Zieljahr 2030 (Emissionsreferenz APS 2030). Meteorologisches Referenzjahr 2005. Alle Stationen mit mehr als 50 Überschreitungstagen in 2005.

Abbildung 6-50: Modellierter Anzahl von Minderungstagen mit Überschreitungen des PM₁₀-Kurzfristgrenzwerts durch die Abnahme des PM₁₀-Hintergrunds.



Zieljahr 2020 und 2030 (Emissionsreferenz APS 2020 und APS 2030). Meteorologisches Referenzjahr 2005. Alle verkehrsnahe Stationen mit mehr als 35 Überschreitungstagen in 2005.

Abbildung 6-51: Modellierter Anzahl von Minderungstagen mit Überschreitungen des PM₁₀-Kurzfristgrenzwerts durch die Abnahme der PM₁₀-Verkehrsemissionen.



Zieljahr 2020 und 2030 (Emissionsreferenz APS 2020 und APS 2030). Meteorologisches Referenzjahr 2005. Alle verkehrsnahen Stationen mit mehr als 35 Überschreitungstagen in 2005.

Tabelle 6-30: Anzahl der beobachteten PM₁₀-Überschreitungstage in 2005 für alle Stationen mit mehr als 35 Überschreitungstagen. Abgeschätzte Anzahl der PM₁₀-Überschreitungstage in 2020 und 2030 für unterschiedliche Emissionsszenarien.

		APS 2005	APS 2020	APS+ 2020	EWS 2020	EWS+ 2020	APS 2025	APS 2030	APS+ 2030	EWS 2030	EWS+ 2030
DEBY063	Regensburg	37	16	15	15	14	16	16	15	15	14
DERP041	Ludwigshafen-Heinigstraße	37	16	15	16	15	17	17	16	16	15
DEBW099	Stuttgart-Mitte-Straße_(V)	37	12	11	11	10	13	14	13	12	11
DEST095	Aschersleben	38	15	14	15	13	15	15	14	14	13
DEBY033	Landshut	39	20	19	19	19	20	20	19	19	18
DETH043	Erfurt_Bergstr.	40	18	17	18	16	18	17	16	16	15
DENW101	Dortmund_Steinstraße	40	21	19	19	18	21	20	19	19	17
DEBY114	München_Prinzregentenstr.	40	20	19	19	19	20	21	20	19	18
DENW135	Essen_Hombrucher_Straße	40	18	15	16	14	18	18	16	16	14
DEST092	Wittenberg	42	21	19	20	19	20	20	18	18	17
DEBE067	B_Hardenbergplatz	42	22	20	21	20	21	21	20	19	18
DEHE040	Darmstadt_Hügelstraße	42	16	15	15	14	16	17	15	15	14
DESN020	Görlitz	43	20	20	20	19	20	20	19	19	18
DEBW098	Mannheim-Straße_(V)	43	22	20	21	20	22	22	21	21	20
DESN084	Dresden-Bergstr.	43	16	15	16	15	15	15	14	13	13
DEBW115	Mannheim_Luisenring_(S)	43	20	18	19	18	20	21	19	20	18
DENW112	Duisburg_Kardinal-Galen-Straße	46	25	22	24	22	25	25	22	24	21
DEHH068	Hamburg_Habichtstraße	46	25	24	25	23	26	27	25	25	24
DEHB006	Bremen_Verkehr_1	47	26	25	25	24	26	26	25	25	24
DERP010	Mainz-Parcusstraße	47	24	22	23	21	24	24	23	23	22
DEHE049	Kassel-Fünfenster-Str.	48	26	24	25	24	26	26	25	24	23
DEHE041	Frankfurt-Friedb.Ldstr.	48	26	25	26	24	26	27	25	25	24
DETH081	Erfurt_Heinrichstr	49	21	19	20	19	20	20	19	18	17
DEST075	Halle	51	28	26	27	26	27	27	26	26	25
DEBW114	Schwaebisch_Gmünd	51	21	20	20	19	22	23	22	22	21
DEBW119	Stuttgart_Siemensstraße_(S)	51	22	21	21	20	23	24	23	22	21
DESN061	Dresden-Nord	52	27	25	26	25	26	26	25	24	23
DEBY037	München_Stachus	52	26	26	25	25	27	28	27	26	25
DEBB049	Brandenburg_Neudorfer_Str.	53	34	33	34	32	34	33	32	32	32
DEBY111	Bayreuth	54	27	26	26	25	27	28	27	27	26
DEBB054	Potsdam_Zeppelinstr.	55	27	26	26	25	27	27	26	25	24
DEBW121	Pleidelsheim_Beihinger_Straße	55	29	28	28	28	31	32	31	30	30
DEBE064	B_Neukölln-Karl-Marx-Str._76	55	27	25	26	24	26	26	24	23	22
DEBE061	B_Steglitz-Schildhornstr.	58	30	28	29	27	30	30	28	28	27
DESN083	Chemnitz-Leipziger_Str.	59	31	30	31	29	31	31	30	30	29
DEBY006	Augsburg-Königsplatz	60	28	27	27	27	29	29	29	28	27

		APS 2005	APS 2020	APS+ 2020	EWS 2020	EWS+ 2020	APS 2025	APS 2030	APS+ 2030	EWS 2030	EWS+ 2030
DEBY110	Augsburg-Karlstr.	61	32	31	31	30	32	32	31	31	30
DENW134	Essen_Gladbecker_Straße	61	35	32	33	31	35	36	33	33	31
DENW082	Düsseldorf_Corneliusstraße	61	33	31	32	30	34	36	34	34	33
DEBW116	Stuttgart_Hohenheimer_Str	62	32	30	31	30	33	34	33	32	32
DESN077	Leipzig_Lützner_Str._36	63	34	32	33	31	34	34	32	32	30
DENI048	Hannover_Verkehr	63	32	29	31	28	32	32	30	30	28
DEBB045	Frankfurt_(Oder)_Leipziger Str.	65	34	33	34	32	33	32	30	30	29
DEBE065	Berlin-Frankfurter Allee	73	44	42	42	41	43	43	42	41	40
DEBE063	B_Neukölln-Silbersteinstr.	74	42	40	41	39	42	41	40	39	38
DESN025	Leipzig-Mitte	75	41	39	39	38	41	42	40	39	38
DEBW117	Ludwigsburg_Friedrichstr.(	78	42	41	41	40	45	47	46	45	44
DENW136	Dortmund_Brackeler_Str.	82	48	46	47	44	50	51	48	48	46
DEHB007	Bremen_Verkehr_2	82	48	46	47	45	50	51	49	49	47
DEBB044	Cottbus_Bahnhofstr.	88	45	42	44	41	44	43	41	41	40
DEBY115	München_Landshuter_A.	107	63	61	61	60	65	68	67	65	64
DEBW118	Stuttgart_Am_Neckartor	187	118	116	116	114	125	131	129	127	126

Rot: Mehr als 35 Überschreitungstage, braun: mehr als 30 aber weniger als 36 Überschreitungstage.

Tabelle 6-31: Verkehrsnahen Stationen mit gemessenen PM₁₀-Jahresmittelwerten in 2005 von mehr als 40 µg/m³. Abgeschätzter PM₁₀-Jahresmittelwert in 2020 und 2030 für unterschiedliche Emissionsszenarien.

		APS 2005	APS 2020	APS+ 2020	EWS 2020	EWS+ 2020	APS 2025	APS 2030	APS+ 2030	EWS 2030	EWS+ 2030
DEBW099	Stuttgart-Mitte-Straße_(V)	35	29	29	29	29	29	30	29	29	29
DEBB054	Potsdam_Zeppelinstr.	35	29	28	28	28	29	29	28	28	28
DEBY037	München_Stachus	35	29	29	29	29	30	30	30	29	29
DEBW121	Pleidelshaim_Beihinger_Str.	36	30	29	29	29	30	30	30	30	30
DEBY110	Augsburg-Karlstr.	36	29	29	29	28	29	29	29	29	28
DESN077	Leipzig_Lützner_Str._36	36	29	29	29	28	29	29	29	29	28
DENW134	Essen_Gladbecker_Straße	36	30	29	30	29	30	30	30	30	29
DEBE061	B_Steglitz-Schildhornstr.	36	30	29	29	29	30	30	29	29	29
DEBW114	Schwaebisch_Gmünd_Lorcherstr	36	30	29	29	29	30	30	30	30	29
DEBE064	B_Neukölln-Karl-Marx-Str._76	36	30	30	30	30	30	30	30	29	29
DEBB045	Frankfurt_(O)_Leipziger_Str.	37	30	30	30	30	30	29	29	29	29
DEBY006	Augsburg-Königsplatz	37	30	30	30	30	30	30	30	30	30
DEBE065	B_Friedrichshain-Frankfurter_	37	31	31	31	31	31	31	31	30	30
DEBW119	Stuttgart_Siemensstraße_(S)	37	31	31	31	31	32	32	32	31	31
DENI048	Hannover_Verkehr	37	31	30	30	30	31	31	30	30	30
DENW082	Düsseldorf_Corneliusstr.	38	32	32	32	31	32	33	32	32	32
DEBW116	Stuttgart_Hohenheimer_Str.	38	32	31	31	31	32	32	32	32	32
DEBE063	B_Neukölln-Silbersteinstr.	38	32	31	31	31	32	31	31	31	30
DESN025	Leipzig-Mitte	38	31	31	31	30	31	31	31	31	30

		APS 2005	APS 2020	APS+ 2020	EWS 2020	EWS+ 2020	APS 2025	APS 2030	APS+ 2030	EWS 2030	EWS+ 2030
DENW136	Dortmund_Brackeler_Str.	40	33	32	33	32	33	34	33	33	32
DEHB007	Bremen_Verkehr_2	40	33	33	33	32	34	34	33	33	33
DEBW117	Ludwigsburg_Friedrichstr.	41	34	34	34	34	35	36	35	35	35
DEBB044	Cottbus_Bahnhofstr.	41	33	33	33	32	33	33	32	32	32
DEBY115	München_Landshuter_A.	45	38	37	37	37	38	39	38	38	38
DEBW118	Stuttgart_Am_Neckartor_(S)	55	46	46	46	45	47	48	48	47	47

Rot: Jahresmittelwert > 40 µg/m³. braun: Jahresmittelwert > 35 µg/m³ aber < 41 µg/m³. Gerundet auf volle µg/m³.

6.7.1.2 Grenzwertüberschreitungen: NO₂

Die Grenzwertüberschreitungen der NO₂-Jahresmittelwerte wurden entsprechend der Vorgehensweise für PM₁₀ für die Emissionsreferenzjahre 2020, 2025 und 2030 und das meteorologische Referenzjahr 2005 abgeschätzt. Details zur verwendeten Methodik, insbesondere zur Berücksichtigung des in einer Straßenschlucht photochemisch gebildeten NO₂-Anteils und der NO₂-Direktemission können in Stern (2010f) gefunden werden.

Eingangsgrößen in das NO₂-Modell sind die NO₂-Hintergrundkonzentrationen des Ausgangs- und des Zieljahrs, die verkehrsspezifischen NO_x-Emissionen des Ausgangs- und des Zieljahrs sowie die Anteile der NO₂-Direktemission. Alle Hintergrundkonzentrationen werden ortsspezifisch aus den in Kap. 6.6 beschriebenen OI-Analysen übernommen. Die verkehrsspezifischen NO_x-Emissionen, genauer gesagt das Verhältnis der NO_x-Emissionen des Ausgangsjahrs zu den NO_x-Emissionen des Zieljahrs, werden ortsspezifisch aus den im 2 km-Raster vorliegenden Luft2030-Emissionsdatensätzen abgeleitet. Das hier verwendete verkehrsspezifische NO_x-Emissionsverhältnis ist damit das mittlere Verhältnis der Gitterzelle, in der die untersuchte Straßenstation liegt und nicht das eigentlich benötigte Emissionsverhältnis der spezifischen Straße. Diese Information liegt nicht vor.

Ebenfalls benötigt wird der Anteil der NO₂-Direktemission an den NO_x-Emissionen im Ausgangsjahr und im Zieljahr. Diese NO₂-Emissionsanteile und ihre zeitliche Entwicklungen unterscheiden sich sehr je nach Straßenkategorie (Innerorts-Außerorts-Autobahn) und Kfz-Kategorie. So hat eine Straße mit hohem Lkw-Anteil zumindest unter den gegenwärtigen Emissionsbedingungen einen deutlich geringeren NO₂-Emissionsanteil als eine Straße mit geringem Lkw-Verkehr. In einer Untersuchung verschiedener innerörtlicher Hauptstraßen in Bayern konnten Dünnebeil et al. (2011) für das Jahr 2010 eine Bandbreite der mittleren NO₂-Emissionsanteile von 14% bis 24% ermitteln. Der Anteil der NO₂-Direktemission sollte also ebenfalls ortsspezifisch, d.h. in Abhängigkeit von der jeweiligen Verkehrszusammensetzung berücksichtigt werden. Auch diese Information liegt nicht vor, auch nicht für die Gitterzellen der Luft2030-Emissionsdatensätze, da nur pauschal NO_x-Emissionen und nicht deren Aufteilung in NO- und NO₂-Emissionen ausgewiesen werden. Aus diesem Grunde können hier nur die mit dem TREMOD-Verkehrsmodell von IFEU für mittlere (bundesweites Mittel) innerörtliche Verkehrsverhältnisse abgeleiteten NO_x/NO₂-Emissionsverhältnisse (Dünnebeil, 2014, persönliche Mitteilung) benutzt werden:

- Mittlerer Anteil der NO₂-Direktemission an den NO_x-Verkehrsemissionen im Ausgangsjahr 2005: 12%
- Mittlerer Anteil der NO₂-Direktemission an den NO_x-Verkehrsemissionen in den Zieljahren 2020 bis 2030: 22%

Es wurden 101 verkehrsnahen Stationen betrachtet, an denen im Jahre 2005 eine Überschreitung des NO_2 -Grenzwertes für den Jahresmittelwert (Messung $> 40,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) gemessen wurde. Die Bandbreite der Überschreitungen reicht von wenigen $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bis zu über $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Der höchste NO_2 -Jahresmittelwert wurde in 2005 mit über $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an der Station Landshuter Allee in München gemessen.

Die zukünftige NO_2 -Luftqualität in Straßenschluchten wurde anhand folgender Szenarien abgeschätzt:

- APS 2020, EWS 2020
- APS 2025
- APS 2030, EWS 2030

Alle diese Szenarien führen zu unterschiedlichen Änderungen der NO_2 -Hintergrundkonzentrationen aufgrund von Emissionsänderungen. Die verschärften Szenarien APS+ und EWS+ weisen keine zusätzlichen NO_x -Emissionsminderungen auf und werden deshalb nicht besonders betrachtet.

In Tabelle 6-32 sind die Ergebnisse für alle betrachteten Emissionsszenarien zusammengestellt. Es ist offensichtlich, dass die prognostizierten Emissionsminderungen zu einer starken Abnahme der NO_2 -Jahresmittelwerte an Verkehrsstationen führen. Unter den Emissionsbedingungen des APS und den meteorologischen Bedingungen 2005 muss im Jahre 2020 noch mit großer Wahrscheinlichkeit an mindestens vier Stationen mit einer Überschreitung des Grenzwerts von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gerechnet werden. Bei Berücksichtigung eines Unsicherheitsbereiches von $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sind noch 11 weitere Stationen von Grenzwertverletzungen bedroht. Mit zunehmender NO_x -Emissionsminderung sinkt die Anzahl der Stationen, an denen noch mit Grenzwertverletzungen gerechnet werden muss. Im Jahre 2030 liegen für das APS nur noch eine Münchner Station (Landshuter Allee) im Überschreibungsbereich und eine andere Münchner Station (Stachus) im gefährdeten Konzentrationsbereich.

Die Unsicherheit der hier verwendeten mittleren Anteile der NO_2 -Direktemission wurde bereits angesprochen. Aus diesem Grunde wurden für das APS 2020 zusätzliche Abschätzungen der zu erwartenden NO_2 -Jahresmittelwerte für einen um 4 Prozentpunkte erhöhten (26%) und einen um 4 Prozentpunkte erniedrigten (18%) NO_2 -Direktemissionsanteil durchgeführt. Diese Berechnungen sind in Tabelle 6-33 zusammengefasst. Eine niedrigere Festlegung des NO_x -Anteils, der direkt als NO_2 aus dem Auspuff emittiert wird, führt zu einer geringeren Anzahl von Stationen, an denen unter Berücksichtigung eines Unsicherheitsbereiches noch mit Grenzwertverletzungen gerechnet werden muss (nur noch 9 Stationen für 15% Direktanteil anstatt 15 Stationen für 22% Direktanteil). Erhöht man den Anteil der Direktemissionen von 22% auf 26%, liegen in 2020 noch 23 Stationen im gefährdeten Bereich. An 6 dieser Stationen werden Überschreitungen des Grenzwerts berechnet.

Die von Dünnebeil et al. (2011) für eine Reihe bayerischer Innenstadt-Stationen durchgeführten photochemischen Boxmodellrechnungen zur Entwicklung der NO_2 -Jahresmittelwerte von 2010 nach 2020 erlauben für einen Teil dieser Stationen einen Vergleich mit der hier vorgestellten Abschätzung. Die in der Studie verwendeten verkehrsbezogenen Emissionen beruhen auf detaillierten Emissionsberechnungen mit dem Verkehrsmodell TREMOD ausgehend von der straßenspezifischen Flottenzusammensetzung. Die mit TREMOD berechneten Anteile für die NO_2 -Direktemission sind an nahezu allen in Tabelle 6-34 dargestellten bayerischen Stationen höher als der hier verwendete mittlere Anteil von 22%. Der Vergleich der IFEU-Ergebnisse mit den Ergebnissen des hier verwendeten Ansatzes zeigt eine gute Übereinstimmung der für 2020 prognostizierten NO_2 -Jahresmittelwerte. Mit beiden Modellen wird an den Münchner Stationen

Landshuter Allee und Stachus auch für 2020 noch eine Grenzwertverletzung prognostiziert. Das IFEU-Modell berechnet auch für die Prinzregentenstraße in München in 2020 mit $41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ noch einen NO_2 -Jahresmittelwert über dem Grenzwert. An dieser Station ergibt sich auf Basis des hier verwendeten Screening-Modells unter Verwendung des von TREMOD berechneten NO_2 -Direktanteils (26%) ein Wert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. An der Station Landshuter Allee berechnet IFEU einen höheren NO_2 -Jahresmittelwert als in den Screening-Berechnungen selbst wenn ein NO_2 -Direktanteil von 26% angenommen wird. Hier gilt zu berücksichtigen, dass in dem Screening-Ansatz nicht direkt die NO_x -Emissionen der betrachteten Straße verwendet werden sondern lediglich die Rastermittelwerte der Verkehrsemissionen des Rasters, in der die Station liegt. Dies kann insbesondere bei hoch belasteten Stationen zu einer Unterschätzung führen.

Tabelle 6-32: NO_2 -Jahresmittelwerte 2005 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ an Verkehrsstationen in Deutschland für Stationen, an denen im Jahre 2005 ein Jahresmittelwert von mehr als $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ beobachtet wurde.

		APS2005	APS2020	EWS2020	APS2025	APS2030	EWS2030
DEBY116	Erlangen	41	23	22	19	18	17
DENW173	Neuss_Breitestraße	41	25	25	23	21	20
DEHE011	Hanau	41	24	23	21	20	18
DERP020	Trier-Ostallee	41	21	20	17	15	14
DESH022	Flensburg	41	22	22	18	16	16
DEBB045	Frankfurt_(Oder)_Leipziger_St	42	22	22	18	17	16
DENW077	Hagen_Emilienplatz	43	24	23	20	18	17
DEBY043	München_Moosach	43	26	25	23	22	19
DEBW011	Stuttgart-Zuffenhausen	43	29	27	27	26	23
DENW160	Essen_Krayer_Straße_94	44	26	25	23	21	19
DENW043	Essen-Ost_Steeler_Straße	44	26	25	23	21	19
DESN077	Leipzig_Lützner_Str._36	44	24	23	19	18	16
DENW176	Bonn_Bornheimer_Straße_35a	44	25	24	21	19	18
DENW112	Duisburg_Kardinal-Galen-Straße	44	26	25	23	22	20
DEBE065	B_Friedrichshain-Frankfurter_	44	25	24	21	20	17
DERP024	Koblenz-Friedrich-Ebert-Ring	44	25	24	22	20	19
DEBB054	Potsdam_Zeppelinstr.	44	24	23	20	19	17
DESN061	Dresden-Nord	45	24	23	20	18	17
DENW097	Wuppertal_Friedrich-Engels-Al	45	26	25	23	21	19
DEHE005	Frankfurt-Höchst	45	27	26	23	22	20
DESL020	Saarbrücken-Verkehr	45	23	23	19	17	16
DENW141	Münster_Steinfurter_Straße_	45	24	24	20	18	17
DESH026	Lübeck_Gr._Burgstr.	46	25	24	20	18	17
DEBY053	Nürnberg_Bahnhof	46	28	27	24	23	21
DENW099	Aachen_Kaiserplatz	46	25	24	20	18	17
DENW146	Bielefeld_Detmolder_Straße_9	46	25	24	21	20	18
DERP012	Mainz-Große_Langgasse	46	27	25	23	21	20
DEBB044	Cottbus_Bahnhofstr.	46	25	24	20	18	17
DERP011	Mainz-Rheinallee	46	27	26	23	22	20
DENW101	Dortmund_Steinstraße	47	27	26	24	22	19

		APS2005	APS2020	EWS2020	APS2025	APS2030	EWS2030
DETH081	Erfurt_Heinrichstr	47	25	24	21	19	18
DENW166	Remscheid_Freiheitstraße	47	27	26	22	21	19
DEBW097	Freiburg-Straße	47	25	24	19	18	17
DEBE064	B_Neukölln-Karl-Marx-Str._76	48	27	26	22	21	18
DERP029	Koblenz-Zentralplatz	48	27	26	23	22	20
DENW158	Paderborn_Friedrichstraße_29	48	25	25	20	18	17
DESH028	Ratzeburg	49	26	26	20	19	18
DENW213	Overath_Hauptstraße_55	49	27	26	22	21	19
DEBB049	Brandenburg_Neuendorfer_Str.	49	26	25	20	19	18
DERP041	Ludwigshafen-Heinigstraße	49	35	34	32	31	30
DENW165	Mönchengladbach_Aachener_Stra	49	27	26	22	20	19
DENW214	Dortmund_Borsigstraße	49	29	27	25	23	20
DENW145	Köln_Hohenstaufenring	49	29	28	25	23	21
DEHE049	Kassel-Fünffenster-Str.	49	25	25	20	18	17
DEBE063	B_Neukölln-Silbersteinstr.	49	28	27	23	21	19
DENW162	Essen_Brückstraße	49	29	28	25	23	21
DEBY063	Regensburg	50	26	26	21	19	18
DENW153	Köln_Tunisstraße	50	30	29	26	24	22
DENW134	Essen_Gladbecker_Straße	51	30	29	26	24	22
DENW167	Siegen_Sandstraße_15	51	27	26	21	19	18
DEBY111	Bayreuth	51	26	26	21	19	18
DETH043	Erfurt_Bergstr.	51	28	27	23	21	19
DESN025	Leipzig-Mitte	51	28	27	23	21	20
DENW157	Paderborn_Bahnhofstraße	52	27	27	21	20	19
DEBY006	Augsburg-Königsplatz	52	30	29	25	24	22
DENW172	Neuss_Friedrichstraße_29	52	31	30	27	25	24
DEBW098	Mannheim-Straße_(V)	52	36	35	33	32	31
DENW072	Düsseldorf-Mörsenbroich	52	33	32	29	28	26
DENW170	Essen_Hombrucher_Straße_3	52	31	30	27	24	22
DENW151	Köln_Neumarkt	53	30	30	26	24	22
DENW154	Köln_Turiner_Straße_2	53	32	31	27	25	23
DENW161	Essen_Alfredstraße_9	53	31	30	27	25	22
DENW168	Essen_Gladbecker_Straße_245	54	32	31	27	25	23
DERP010	Mainz-Parcusstraße	54	31	30	26	25	23
DENW164	Köln_Hohenstaufenring_57A	55	32	31	27	25	23
DEHB007	Bremen_Verkehr_2	55	31	30	25	24	22
DENW135	Essen_Hombrucher_Straße	56	33	31	28	26	23
DENW175	Bonn_Reuterstraße_24	56	31	30	25	23	22
DENW137	Hagen_Wehringhauser_Straße_	57	31	30	25	23	21
DEHH064	Hamburg_Kieler_Straße	57	33	32	28	26	24
DENW215	Essen-Frohnhausen	57	34	33	30	28	26

		APS2005	APS2020	EWS2020	APS2025	APS2030	EWS2030
DEHB006	Bremen_Verkehr_1	57	32	31	26	24	23
DENW148	Köln_Justinianstraße	57	34	33	29	27	25
DESH025	Itzehoe_Lindenstr.	57	33	32	28	26	25
DENW171	Essen_Hombrucher_Straße_21	58	34	32	29	26	24
DESN084	Dresden-Bergstr.	58	31	30	25	23	22
DEBW080	Karlsruhe-Straße_(V)	58	34	33	29	27	25
DENW216	Düsseldorf-Bilk	59	36	35	31	29	28
DEBY110	Augsburg-Karlsstr.	59	34	33	28	26	24
DEHH026	Hamburg_Stresemannstraße	59	34	33	29	27	24
DEBE067	B_Hardenbergplatz	59	35	33	29	27	25
DEBE061	B_Steglitz-Schildhornstr.	59	33	31	27	25	22
DENW136	Dortmund_Brackeler_Straße	60	34	33	29	26	24
DESH027	Kiel-Bahnhofstr._Verk.	60	34	34	30	28	27
DENW281	Hagen_Maerkischer_Ring_85	62	34	33	27	25	23
DENIO48	Hannover_Verkehr	63	34	33	28	26	24
DEHE041	Frankfurt-Friedb.Ldstr.	63	36	35	30	28	26
DENW155	Köln_Clevischer_Ring_3	63	36	35	31	28	27
DEHH068	Hamburg_Habichtstraße	64	36	35	30	28	26
DEHE037	Wiesbaden-Ringkirche	64	34	33	29	27	26
DESN083	Chemnitz-Leipziger_Str.	64	35	34	29	26	24
DEBY114	München_Prinzregentenstr.	66	38	37	32	30	27
DENW133	Hagen_Graf-von-Galen-Ring	67	36	35	31	28	27
DEHH070	Hamburg_Max-Brauer-Allee_II_(	68	39	37	32	29	27
DENW082	Düsseldorf_Corneliusstraße	70	42	41	36	34	32
DENW156	Münster_Weseler_Straße_14	71	37	37	33	30	29
DEBY085	München_Luise-Kiesselbach-Pla	72	39	38	34	32	30
DEBW099	Stuttgart-Mitte-Straße_(V)	74	42	40	37	35	32
DEHE040	Darmstadt-Hügelstraße	74	40	39	35	33	31
DEBY037	München_Stachus	76	44	42	39	36	34
DEBY115	München_Landshuter_A.	92	56	54	50	47	44

Abgeschätzter NO₂-Jahresmittelwert in 2020, 2025 und 2030 für unterschiedliche Emissionsszenarien. Rot: Jahresmittelwert > 40 µg/m³. braun: Jahresmittelwert > 35 µg/m³ aber < 41 µg/m³. Gerundet auf volle µg/m³. Anteil der NO₂-Direktemission in 2005: 12%, ab 2020 22%.

Tabelle 6-33: NO₂-Jahresmittelwerte 2005 in µg/m³ an Verkehrsstationen in Deutschland für Stationen, an denen im Jahre 2005 ein Jahresmittelwert von mehr als 40 µg/m³ beobachtet wurde.

		APS2005	APS2020	APS2020	APS2020
		NO ₂ :12%	NO ₂ :18%	NO ₂ :22%	NO ₂ :26%
DEBY116	Erlangen	41	22	23	24
DENW173	Neuss_Breitestraße	41	25	25	26

		APS2005	APS2020	APS2020	APS2020
		NO ₂ :12%	NO ₂ :18%	NO ₂ :22%	NO ₂ :26%
DEHE011	Hanau	41	24	24	25
DERP020	Trier-Ostallee	41	20	21	22
DESH022	Flensburg	41	21	22	24
DEBB045	Frankfurt_(Oder)_Leipziger_St	42	21	22	24
DENW077	Hagen_Emilienplatz	43	23	24	25
DEBY043	München_Moosach	43	26	26	27
DEBW011	Stuttgart-Zuffenhausen	43	29	29	30
DENW160	Essen_Krayer_Straße_94	44	26	26	27
DENW043	Essen-Ost_Steeler_Straße	44	26	26	27
DESN077	Leipzig_Lützner_Str._36	44	22	24	25
DENW176	Bonn_Bornheimer_Straße_35a	44	24	25	26
DENW112	Duisburg_Kardinal-Galen-Straße	44	26	26	27
DEBE065	B_Friedrichshain-Frankfurter_	44	24	25	26
DERP024	Koblenz-Friedrich-Ebert-Ring	44	25	25	26
DEBB054	Potsdam_Zeppelinstr.	44	23	24	25
DESN061	Dresden-Nord	45	23	24	25
DENW097	Wuppertal_Friedrich-Engels-Al	45	26	26	27
DEHE005	Frankfurt-Höchst	45	26	27	28
DESLO20	Saarbrücken-Verkehr	45	22	23	25
DENW141	Münster_Steinfurter_Straße_	45	23	24	25
DESH026	Lübeck_Gr._Burgstr.	46	23	25	26
DEBY053	Nürnberg_Bahnhof	46	27	28	29
DENW099	Aachen_Kaiserplatz	46	23	25	26
DENW146	Bielefeld_Detmolder_Straße_9	46	24	25	27
DERP012	Mainz-Große_Langgasse	46	26	27	27
DEBB044	Cottbus_Bahnhofstr.	46	23	25	26
DERP011	Mainz-Rheinallee	46	26	27	28
DENW101	Dortmund_Steinstraße	47	27	27	28
DETH081	Erfurt_Heinrichstr	47	24	25	26
DENW166	Remscheid_Freiheitstraße	47	26	27	28
DEBW097	Freiburg-Straße	47	23	25	26
DEBE064	B_Neukölln-Karl-Marx-Str._76	48	26	27	28
DERP029	Koblenz-Zentralplatz	48	26	27	28
DENW158	Paderborn_Friedrichstraße_29	48	24	25	27
DESH028	Ratzeburg	49	24	26	28
DENW213	Overath_Hauptstraße_55	49	26	27	28
DEBB049	Brandenburg_Neuendorfer_Str.	49	24	26	27
DERP041	Ludwigshafen-Heinigstraße	49	34	35	35
DENW165	Mönchengladbach_Aachener_Stra	49	26	27	28
DENW214	Dortmund_Borsigstraße	49	28	29	30
DENW145	Köln_Hohenstaufenring	49	28	29	30

		APS2005	APS2020	APS2020	APS2020
		NO ₂ :12%	NO ₂ :18%	NO ₂ :22%	NO ₂ :26%
DEHE049	Kassel-Fünffenster-Str.	49	24	25	27
DEBE063	B_Neukölln-Silbersteinstr.	49	27	28	29
DENW162	Essen_Brückstraße	49	28	29	30
DEBY063	Regensburg	50	25	26	28
DENW153	Köln_Tunisstraße	50	29	30	31
DENW134	Essen_Gladbecker_Straße	51	29	30	31
DENW167	Siegen_Sandstraße_15	51	25	27	29
DEBY111	Bayreuth	51	25	26	28
DETH043	Erfurt_Bergstr.	51	26	28	29
DESN025	Leipzig-Mitte	51	27	28	30
DENW157	Paderborn_Bahnhofstraße	52	25	27	29
DEBY006	Augsburg-Königsplatz	52	29	30	31
DENW172	Neuss_Friedrichstraße_29	52	30	31	32
DEBW098	Mannheim-Straße_(V)	52	36	36	37
DENW072	Düsseldorf-Mörsebroich	52	32	33	34
DENW170	Essen_Hombrucher_Straße_3	52	30	31	32
DENW151	Köln_Neumarkt	53	29	30	32
DENW154	Köln_Turiner_Straße_2	53	30	32	33
DENW161	Essen_Alfredstraße_9	53	30	31	32
DENW168	Essen_Gladbecker_Straße_245	54	31	32	33
DERP010	Mainz-Parcusstraße	54	30	31	32
DENW164	Köln_Hohenstaufenring_57A	55	30	32	33
DEHB007	Bremen_Verkehr_2	55	29	31	32
DENW135	Essen_Hombrucher_Straße	56	31	33	34
DENW175	Bonn_Reuterstraße_24	56	29	31	32
DENW137	Hagen_Wehringhauser_Straße_	57	29	31	32
DEHH064	Hamburg_Kieler_Straße	57	32	33	35
DENW215	Essen-Frohnhausen	57	33	34	35
DEHB006	Bremen_Verkehr_1	57	30	32	33
DENW148	Köln_Justinianstraße	57	33	34	35
DESH025	Itzehoe_Lindenstr.	57	31	33	35
DENW171	Essen_Hombrucher_Straße_21	58	32	34	35
DESN084	Dresden-Bergstr.	58	30	31	33
DEBW080	Karlsruhe-Straße_(V)	58	33	34	35
DENW216	Düsseldorf-Bilk	59	35	36	37
DEBY110	Augsburg-Karlsstr.	59	32	34	35
DEHH026	Hamburg_Stresemannstraße	59	33	34	36
DEBE067	B_Hardenbergplatz	59	33	35	36
DEBE061	B_Steglitz-Schildhornstr.	59	31	33	34
DENW136	Dortmund_Brackeler_Straße	60	33	34	36
DESH027	Kiel-Bahnhofstr._Verk.	60	32	34	36

		APS2005	APS2020	APS2020	APS2020
		NO ₂ :12%	NO ₂ :18%	NO ₂ :22%	NO ₂ :26%
DENW281	Hagen_Maerkischer_Ring_85	62	32	34	36
DENI048	Hannover_Verkehr	63	32	34	36
DEHE041	Frankfurt-Friedb.Ldstr.	63	34	36	38
DENW155	Köln_Clevischer_Ring_3	63	35	36	38
DEHH068	Hamburg_Habichtstraße	64	34	36	38
DEHE037	Wiesbaden-Ringkirche	64	32	34	36
DESN083	Chemnitz-Leipziger_Str.	64	33	35	37
DEBY114	München_Prinzregentenstr.	66	36	38	40
DENW133	Hagen_Graf-von-Galen-Ring	67	34	36	38
DEHH070	Hamburg_Max-Brauer-Allee_II_(	68	37	39	40
DENW082	Düsseldorf_Corneliusstraße	70	40	42	44
DENW156	Münster_Weseler_Straße_14	71	35	37	40
DEBY085	München_Luise-Kiesselbach-Pla	72	37	39	42
DEBW099	Stuttgart-Mitte-Straße_(V)	74	39	42	44
DEHE040	Darmstadt-Hügelstraße	74	37	40	42
DEBY037	München_Stachus	76	41	44	46
DEBY115	München_Landshuter_A.	92	52	56	59

Abgeschätzter NO₂-Jahresmittelwert in 2020 unter den Bedingungen des APS für verschiedene Annahmen des Anteils der NO₂-Direktemission in 2020 (18%, 22% und 26%). Rot: Jahresmittelwert > 40 µg/m³. braun: Jahresmittelwert > 35 µg/m³ aber < 41 µg/m³. Gerundet auf volle µg/m³.

Tabelle 6-34: Gemessene NO₂-Jahresmittelwerte 2005 in µg/m³ an bayerischen Innenstadt-Stationen und abgeschätzte Werte für 2020 unter den Bedingungen des APS.

		LUFT2030				IFEU
		APS2005	APS2020	APS2020	APS2020	2020
		NO ₂ :12%	NO ₂ :18%	NO ₂ :22%	NO ₂ :26%	
DEBY063	Regensburg	50	25	26	28	28 (22.4%)
DEBY006	Augsburg-Königsplatz	52	29	30	31	33 (25.0%)
DEBY110	Augsburg-Karlsstr.	59	32	34	35	34 (23.6%)
DEBY114	München_Prinzregentenstr.	66	36	38	40	41 (26.7%)
DEBY037	München_Stachus	76	41	44	46	44 (25.5%)
DEBY115	München_Landshuter_A.	92	52	56	59	65 (25.3%)

Für verschiedene Annahmen des Anteils der NO₂-Direktemission in 2020 (18%, 22% und 26%). Zusätzlich aufgeführt (IFEU) sind die Berechnungen von Dünnebeil et. al. (2011) mit straßenspezifischen Emissionsanteilen. Die von IFEU verwendeten Anteile der NO₂-Direktemission sind in den Klammern angegeben. Rot: Jahresmittelwert > 40 µg/m³. braun: Jahresmittelwert > 35 µg/m³ aber < 41 µg/m³. Gerundet auf volle µg/m³.

6.8 Hypothetische IIASA-Szenarien

6.8.1.1 Definition der Szenarien

Außerhalb der in den vorhergehenden Kapiteln betrachteten Emissionsprognosen APS und EWS wurden noch zwei weitere Szenarien berechnet, die auf dem von der EU-Kommission am 18.12.2013 vorgelegten Vorschlag für eine neue europäische Luftreinhaltepolitik („Clean Air Policy Package“)⁴⁰ beruhen.

Ein Element dieses Pakets ist ein Vorschlag für eine novellierte NEC-Richtlinie⁴¹. In Anhang II des Richtlinienvorschlags sind für die Schadstoffe SO₂, NO_x, NMVOC, NH₃, PM_{2,5} und CH₄ prozentuale Emissionsminderungsverpflichtungen für den Zeitraum 2005-2030 festgelegt. Die wissenschaftliche Grundlage für diese Emissionsminderungsverpflichtungen bilden verschiedene vom International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) mit dem GAINS online-Modell⁴² berechnete Emissionsszenarien.

Um zu zeigen, welche Immissionssituation sich im Jahr 2030 durch die Umsetzung der vorgeschlagenen Minderungsziele des NEC-Richtlinienentwurfs in Deutschland einstellen würde, wurde in diesem Vorhaben ein so genanntes „NEC-Szenario“ berechnet. Die Grundlage für dieses Szenario bildet das TSAP_Mar13_MTFR⁴³-Szenario für das Jahr 2030 (im Folgenden kurz IIASA MTFR-Szenario) aus der GAINS online-Datenbank, das in etwa die vorgeschlagenen Minderungsverpflichtungen des neuen NEC-Richtlinienentwurfs abbildet. Das MTFR-Szenario setzt auf das ambitionierteste LUFT 2030-Szenario, das EWS+, auf, d.h. es wurde für jeden Schadstoff die prozentuale Änderung berechnet, die notwendig ist, um vom EWS+ 2030 zum IIASA-MTFR-Szenario zu kommen.

Da die Daten im GAINS online-Modell aber ausschließlich nach dem „Fuels sold“-Prinzip, also auf Basis des inländischen Kraftstoffabsatzes bzw. Stromverbrauchs, berechnet werden, mussten sie zunächst mit den im Projekt LUFT 2030 verwendeten Daten nach dem Inlandsprinzip vergleichbar gemacht werden. Dazu wurde zunächst die Differenz zwischen dem EWS+ nach dem Inlandsprinzip und dem EWS+ nach dem Energiebilanzprinzip gebildet (vgl. Tabelle 6-35), diese Differenz wurde schließlich den IIASA-Zahlen hinzugerechnet (vgl. Tabelle 6-36). Zusätzlich ist zu beachten, dass in den GAINS-Daten die NO_x-Emissionen aus der Landwirtschaft und die NH₃-Emissionen aus Gärsubstraten nicht enthalten sind. Die im Projekt LUFT 2030 ermittelten Werte für diese Emissionen wurden deshalb zusätzlich auf die GAINS-Daten aufgeschlagen (vgl. Tabelle 6-36). Tabelle 6-37 zeigt den Vergleich der EWS+-Daten nach dem Inlandsprinzip und der umgerechneten GAINS-Daten für das Jahr 2030.

⁴⁰ http://ec.europa.eu/environment/air/clean_air_policy.htm

⁴¹ NEC = National Emission Ceilings, Emissionshöchstmengen

⁴² <http://gains.iiasa.ac.at/index.php/gains-europe>; GAINS = Greenhouse Gas and Air Pollution Interactions and Synergies

⁴³ Szenario vom März 2013; TSAP = Thematic Strategy on Air Pollution, Thematische Strategie zur Luftreinhaltung; MTFR = Maximum Technical Feasible Reduction, maximal mögliche technische Reduktion

Tabelle 6-35: Berechnung der Differenz zwischen dem EWS+ nach dem Inlandsprinzip und dem EWS+ nach dem Energiebilanzprinzip (Emissionen in kt für 2030)

SO₂	
EWS+ Inlandsprinzip	174
EWS+ Energiebilanzprinzip	173
Δ	1
NO_x (inklusive Emissionen aus der Landwirtschaft)	
EWS+ Inlandsprinzip	716
EWS+ Energiebilanzprinzip	656
Δ	60
NH₃ (inklusive Emissionen aus Gärresten)	
EWS+ Inlandsprinzip	480
EWS+ Energiebilanzprinzip	480
Δ	0
NMVOC⁴⁴	
EWS+ Inlandsprinzip	1.162
EWS+ Energiebilanzprinzip	890
Δ	272
PM_{2,5}	
EWS+ Inlandsprinzip	99
EWS+ Energiebilanzprinzip	89
Δ	10
PM₁₀⁴⁵	
EWS+ Inlandsprinzip	239
EWS+ Energiebilanzprinzip	174
Δ	65

⁴⁴ Die deutliche Differenz zwischen Inlandsprinzip und Energiebilanzprinzip beim Schadstoff NMVOC kommt zustande, weil im Datensatz nach dem Inlandsprinzip die NMVOC-Emissionen aus der Landwirtschaft (ca. 255 kt) enthalten sind, im Datensatz nach dem Energiebilanzprinzip jedoch nicht.

⁴⁵ Die große Differenz zwischen Inlandsprinzip und Energiebilanzprinzip beim Schadstoff PM10 kommt zustande, weil im Datensatz nach dem Inlandsprinzip die Emissionen aus der Wiederaufwirbelung von Staub enthalten sind, im Datensatz nach dem Energiebilanzprinzip jedoch nicht.

Tabelle 6-36: Umrechnung der GAINS-Daten (Emissionen in kt für 2030)

SO₂	
IIASA MTRF Energiebilanzprinzip	268
Δ EWS+ Inlandsprinzip EWS+ Energiebilanzprinzip	1
IIASA MTRF umgerechnet	269
NO_x	
IIASA MTRF Energiebilanzprinzip	445
Δ EWS+ Inlandsprinzip EWS+ Energiebilanzprinzip	60
NO _x -Emissionen aus der Landwirtschaft	112
IIASA MTRF umgerechnet	617
NH₃	
IIASA MTRF Energiebilanzprinzip	302
Δ EWS+ Inlandsprinzip EWS+ Energiebilanzprinzip	0
NH ₃ -Emissionen aus Gärresten	19
IIASA MTRF umgerechnet	321
NMVOC	
IIASA MTRF Energiebilanzprinzip	539
Δ EWS+ Inlandsprinzip EWS+ Energiebilanzprinzip	272
IIASA MTRF umgerechnet	811
PM_{2,5}	
IIASA MTRF Energiebilanzprinzip	65
Δ EWS+ Inlandsprinzip EWS+ Energiebilanzprinzip	10
IIASA MTRF umgerechnet	75
PM₁₀	
IIASA MTRF Energiebilanzprinzip	137
Δ EWS+ Inlandsprinzip EWS+ Energiebilanzprinzip	65
IIASA MTRF umgerechnet	202

Tabelle 6-37: Vergleich der EWS+-Daten nach dem Inlandsprinzip und der umgerechneten GAINS-Daten (Emissionen in kt für 2030)

SO₂	
EWS+ Inlandsprinzip	174
IIASA MTRF	269
NO_x (inklusive Emissionen aus der Landwirtschaft)	
EWS+ Inlandsprinzip	716
IIASA MTRF	617
NH₃ (inklusive Emissionen aus Gärresten)	
EWS+ Inlandsprinzip	480
IIASA MTRF	321
NMVOG	
EWS+ Inlandsprinzip	1.162
IIASA MTRF	811
PM_{2,5}	
EWS+ Inlandsprinzip	99
IIASA MTRF	75
PM₁₀	
EWS+ Inlandsprinzip	239
IIASA MTRF	202

Aus den absoluten Emissionsmengen für das Jahr 2030 lässt sich schließlich errechnen, um wie viele Prozente die Emissionen des EWS+ geändert werden müssen, um zum IIASA-MTRF-Szenario zu kommen:

- SO₂: +54.6%
- NO_x: -13.8%
- NH₃: -33.1%
- NMVOG: -30.2%
- PM_{2,5}: -24.2%
- PM₁₀: -15.5%

Bei allen Schadstoffen außer bei SO₂ führt dieses hypothetische „NEC-Szenario“ also zu einer Minderung der Emissionen über das EWS+ hinaus, beim Schadstoff SO₂ kommt es jedoch zu einer Erhöhung der Emissionen.

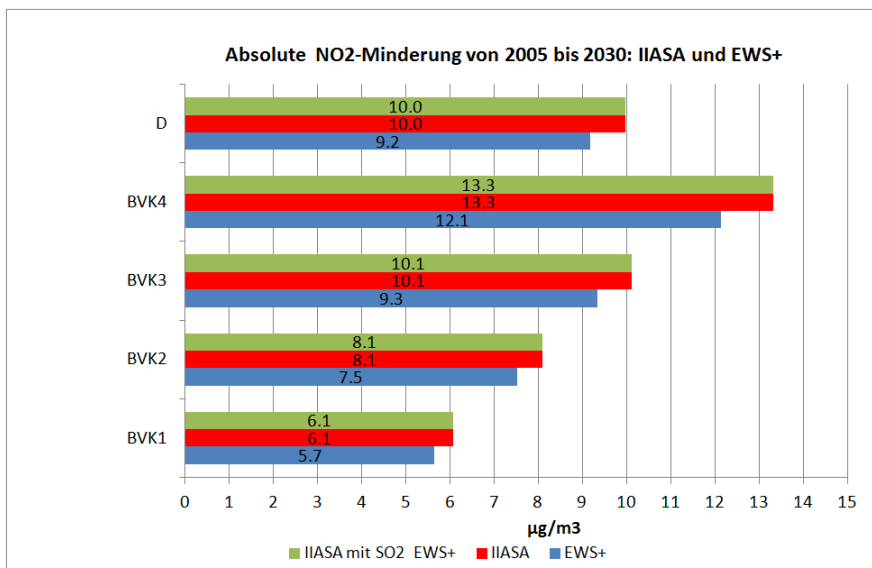
Die deutlich höheren SO₂-Emissionen im Vergleich zum EWS+ dürften aber den Minderungseffekt des „NEC-Szenarios“ insbesondere bei PM_{2,5} abschwächen, da im Vergleich zum EWS+ nun mehr Sulfat gebildet wird. In einem zweiten hypothetischen NEC-Szenario wurde deshalb für SO₂ dieselbe Minderung wie im EWS+ angenommen, die Minderungen bei den anderen Schadstoffen wurden beibehalten.

Die für das IIASA-MTFR-Szenario abgeleiteten Unterschiede zu EWS+ beziehen sich auf die Summe der Emissionen aller Verursachergruppen. Da keine verursacherspezifische Unterschiede vorlagen, wurden für alle Verursachergruppen dieselben Anpassungsfaktoren verwendet.

6.8.1.2 Minderungspotenzial des NEC-Szenarios

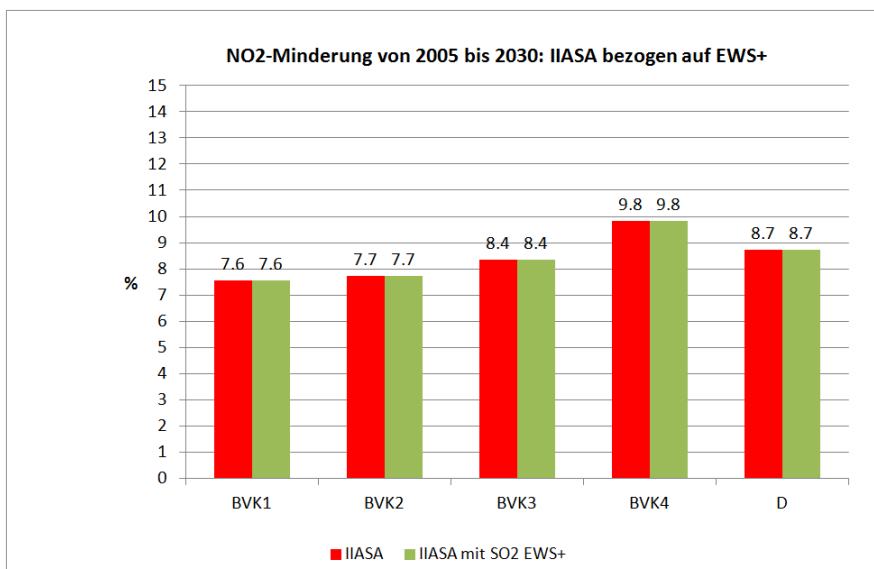
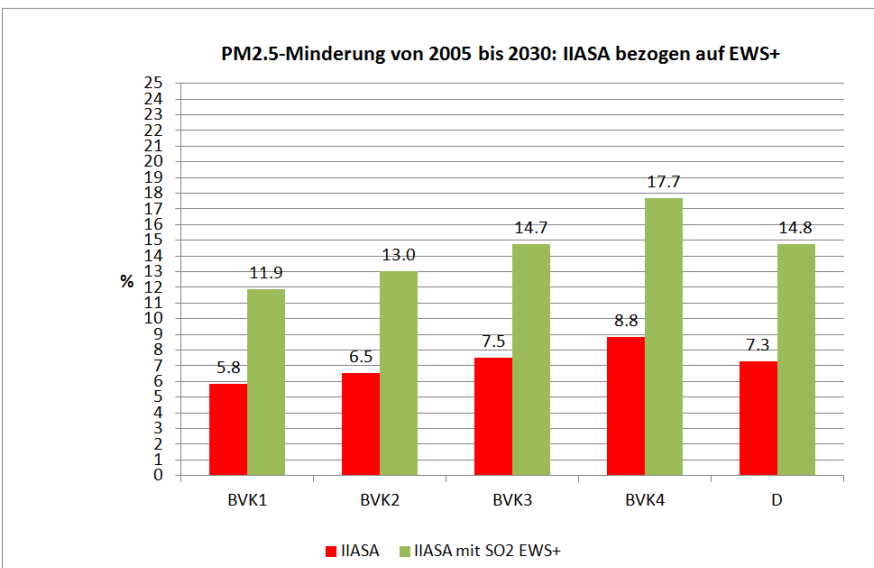
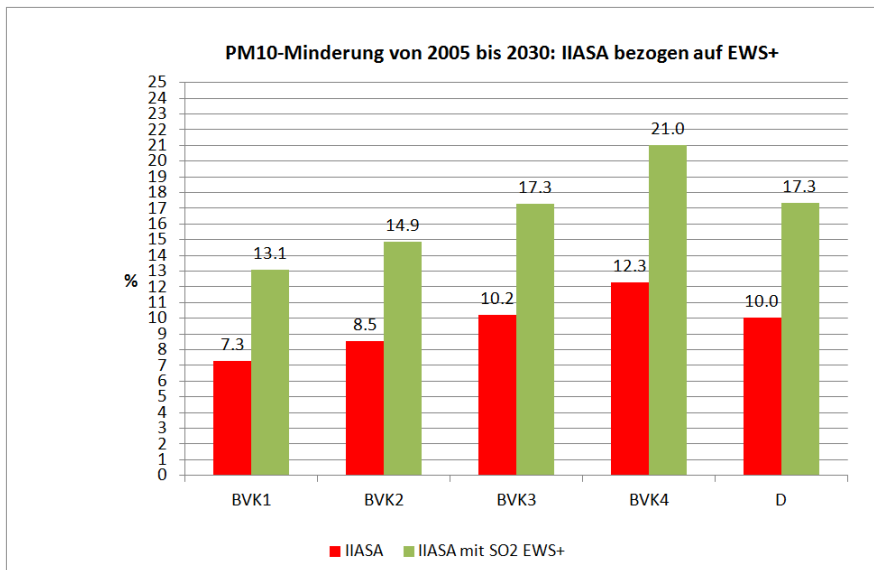
Die Abbildung 6-52 zeigt die bevölkerungsgewichteten PM_{10} -, $PM_{2,5}$ - und NO_2 -Konzentrationsabnahmen von 2005 bis 2030 für die Emissionsreferenz EWS+, für das NEC-Szenario nach IIASA-MTFR und für das NEC-Szenario mit den SO_2 -Emissionen des EWS+. Für PM_{10} ist die auf Basis des NEC-Szenarios erreichbare Minderung um 0.4 (BVK1) bis 0.6 $\mu g/m^3$ (BVK4) höher als diejenige auf Basis des EWS+. Die $PM_{2,5}$ -Abnahme verstärkt sich um 0.2 bis 0.4 $\mu g/m^3$, die NO_2 -Abnahme um 0.4 bis 1.2 $\mu g/m^3$. Das NEC-Szenario beinhaltet für alle Schadstoffe außer SO_2 von 2005 bis 2030 eine größere Emissionsminderung als das EWS+. Für SO_2 sieht das EWS+ dagegen eine deutlich stärkere Emissionsminderung vor als das NEC-Szenario. Lässt man die SO_2 -Emissionen auf dem Stand des EWS+2030 und mindert die anderen Schadstoffemissionen gemäß den Vorgaben des NEC-Szenarios wird die PM-Minderungskapazität des reinen NEC-Szenarios für PM_{10} und $PM_{2,5}$ noch um circa 0.2 $\mu g/m^3$ bis circa 0.4 $\mu g/m^3$ verstärkt. Ursache der erhöhten Minderungskapazität ist die Verringerung der Sulfat Produktion als Folge der niedrigeren SO_2 -Emissionen des modifizierten NEC-Szenarios. Die zusätzliche relative Minderungskapazität des NEC-Szenarios bezogen auf das EWS+ zeigt die Abbildung 6-53. Das NEC-Szenario führt im Vergleich zum EWS+ zu einer circa 7% bis 12% höheren PM_{10} -Minderungskapazität und zu einer circa 6 bis 9% höheren $PM_{2,5}$ -Minderungskapazität. Für NO_2 erhöht sich die Minderungskapazität um circa 8% bis 10%. Die Absenkung der SO_2 -Emissionen des NEC-Szenarios auf das Niveau des EWS+ bewirkt keine Änderung beim NO_2 , da die Kopplung der SO_2 -Chemie mit der NO_2 -Chemie von untergeordneter Bedeutung ist. Der Effekt der verringerten SO_2 -Emissionen zeigt sich aber deutlich bei den PM-Komponenten: Die im Vergleich mit dem EWS+ schon erhöhte PM-Minderungskapazität des "reinen" NEC-Szenarios verstärkt sich noch um weitere 6% (BVK1) bis 9% (BVK4). Insgesamt führt das modifizierte NEC-Szenario mit den niedrigeren SO_2 -Emissionen des EWS+ zu einer Erhöhung der PM_{10} -Minderungskapazität des EWS+ um 13% (BVK1) bis 21% (BVK4). Die entsprechenden Zahlen der zusätzlichen $PM_{2,5}$ -Minderungskapazität sind 12% (BVK1) und 18% (BVK4).

Abbildung 6-52: Bevölkerungsgewichtete PM_{10} -, $PM_{2,5}$ - und NO_2 -Konzentrationsminderungen von 2005 bis 2030.



Emissionsreferenz EWS+, NEC-Szenario nach IIASA-MTFR (IIASA) und NEC-Szenario mit SO_2 -Emission wie bei EWS+ (IIASA mit SO_2 EWS+). Deutschland und vier Bevölkerungsklassen.

Abbildung 6-53: Über das EWS+ hinaus erreichbare relative PM_{10} -, $PM_{2,5}$ - und NO_2 -Immissionsminderung für das NEC-Szenario nach IIASA-MTFR und NEC-Szenario mit SO_2 -Emission wie bei EWS+. Deutschland und vier Bevölkerungsklassen.



7 Quellenverzeichnis

- [2.BImSchV., 2001]: Jost, D., Zweite Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes (Verordnung zur Emissionsbegrenzung von leichtflüchtigen Halogenkohlenwasserstoffen-2.BImSchV), Die neue TA Luft, WEKA Fachverlag, Augsburg, 1999 und Verordnung zur Umsetzung der Richtlinie 1999/13/EG über die Begrenzung von Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen vom 21. August 2001, Artikel 2: Änderung der Verordnung von leichtflüchtigen Halogenkohlenwasserstoffen, Bundesgesetzblatt, Jahrgang 2001, Teil I, Nr.44, Bonn, 2001
- [4.BImSchV, 2010]: Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen-4.BImSchV) vom 24.07.1985 (BGBl I S. 1586), zuletzt geändert 2010, Bonn, 2010
- [31.BImSchV, 2001]: Einunddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung zur Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen bei der Verwendung organischer Lösemittel in bestimmten Anlagen) vom 21. August 2001 (BGBl I S. 2180), Bonn 2001
- [Amann et al. 2008] Amman, M, W. Asman, I. Bertok, J. Cofala, C. Heyes, Z. Klimont, P. Rafaj, W. Schöpp and F. Wagner: NEC Scenario Analysis Report Nr. 6, National Emissions Ceilings for 2020 based on the 2008 Climate & Energy Package, International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), July 2008
- [Amann et al. 2011] Amman, M. and W. Schöpp: Calculation of cause-specific mortality impacts of fine particulate matter in GAINS, Background paper for the Meeting of the UNECE Task Force on Health, Version 1 – May 2011, Centre for Integrated Assessment Modelling (CIAM) and International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), May 2011
- [BAFU 2008] Schäffeler, U.; Keller, M.: Treibstoffverbrauch und Schadstoffemissionen des Off-road-Sektors. Studie für die Jahre 1980–2020. Bundesamt für Umwelt, Bern, 2008.
- [BIPRO, 2002]: Screening study to identify reductions in VOC Emissions due to the restrictions in the VOC content of products, BIPRO, AFC Consult, DFIU, DG Environment, Brüssel, 2002
- [Bultjes et al. 2010] Bultjes, P., W. Jörß, W., R. Stern, J. Theloke (2010) Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung. PAREST-Endbericht, Schlussbericht an das Umweltbundesamt zum Forschungsvorhabens FKZ 206 43 200/01. UBA-Texte 9/2012. Umweltbundesamt, www.umweltbundesamt.de
- [CEIP 2011] CEIP (Centre on Emission Inventories and Projections): WebDab – EMEP database: <http://www.ceip.at/webdab-emission-database/> (accessed in October 2011)
- [ChemVOCFarbV, 2004]: Chemikalienrechtliche Verordnung zur Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen (VOC) durch Beschränkung des Inverkehrbringens lösemittelhaltiger Farben und Lacke (Lösemittelhaltige Farben- und Lackverordnung - ChemVOCFarbV) vom 16. Dezember 2004, BGBl. I S. 3508, Bonn, 2004
- [Cofala 2011] Cofala, J., International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), Personal communication, October 2011
- [Cuvelier et al. 2013] Cuvelier, C., P. Thunis, D. Karam, M. Schaap, C. Hendriks, R. Kranenburg, H. Fagerli, A. Nyiri, D. Simpson, P. Wind, M. Schulz, B. Bessagnet, A. Colette, E. Terrenoire, L. Rouil, R. Stern, A. Graff, J.M. Baldasano and M.T. Pay. (2013). ScaleDep: Performance of European chemistry-transport models as function of horizontal spatial resolution. EMEP MSC-W Technical Report 1/2013

- [DECOPAINT, 2004]: Richtlinie 2004/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. April 2004 über die Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen aufgrund der Verwendung organischer Lösemittel in bestimmten Farben und Lacken und in Produkten der Fahrzeugreparaturlackierung sowie zur Änderung der Richtlinie 1999/13/EG, Brüssel, 2004
- [DECOPAINT Review, 2009]: Tebert, C., Volz, S., Terwoert, J., Klotz, V., Müller, W., Theloke, J., Vencovsky, D., Fleet, D., Kallay, T. K., Implementation and review of directive 2004/42/EC, European Commission Service Contract No. 070307/2007/483710/MAR/C3, Final Report, 2009
- [Denier van der Gon et al. 2009] Denier van der Gon, H.A.C., A.J.H. Visschedijk, H. van der Brug: Gridded European emission data for the projection years 2010 2015 and 2020 based on the IASA GAINS NEC scenarios, A contribution to UBA- Projekt Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung, TNO report TNO-034-UT-2009-02306_RPT-ML, Utrecht, 2009
- [Denier van der Gon et al. 2010] Denier van der Gon, H.A.C., A.J.H. Visschedijk, H. van der Brug hand R. Droge, A high resolution European emission database for the year 2005, A contribution to UBA-Projekt "Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung" – PAREST: Partikelreduktionsstrategien – Particle Reduction Strategies, TNO Report TNO-034-UT-2010-01895_RPT-ML, June 2010
- [Dünnebeil 2011]Dünnebeil, F., Rehberger, I., Lambrecht, U. (2011). Szenarien zur Entwicklung der NO₂-Immissionsbelastung an verkehrsnahen Luftmessstationen in Bayern. Teil 1: Immissions-situation im Jahre 2010 und Referenzszenarien für 2015 und 2020. IFEU- Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH. www.ifeu.de
- [EEA 2011] EEA (European Environment Agency), Datasets: http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data#c5=all&c11=air&c17=&c0=5&b_start=0 (accessed in October 2011)
- [FNR 2010] FNR (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe) (2010): Leitfaden Bioenergie. Von der Gewinnung bis zur Nutzung.
- [FNR 2011] FNR (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe) (2011): Basisdaten Bioenergie Deutschland, September 2011.
- [GOTH 2011] GOTH_PRIMESBL2009_July2011: PRIMES 2009 baseline scenario as used as a basis for the CIAM 2/2011 scenarios (CLE not COB) http://gains.iiasa.ac.at/gains/scenario/desc?idscenario_groups=all&idscenarios=GOTH_PRIMESBL2009_July2011&versionID=EUN#GOTH_PRIMESBL2009_July2011 (accessed in October 2011)
- [Haenel et al. 2012] Haenel H-D, Rösemann C, Dämmgen U, Poddey E, Freibauer A, Döhler H, Eurich-Menden B, Wulf S, Dieterle M, Osterburg B (2012): Berechnung von gas- und partikel-förmigen Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft 1990 – 2010. Report zu Methoden und Daten (RMD) Berichterstattung 2012. Landbauforschung Sonderheft 356.. Im Internet: http://literatur.vti.bund.de/digbib_extern/dn050109.pdf [zitiert am 25.06.2013]
- [IIASA 2011] IIASA GAINS (Greenhouse Gas and Air Pollution Interactions and Synergies) Model <http://gains.iiasa.ac.at/gains/EUR/index.login?logout=1> (accessed in October 2011)
- [IFEU 2004] Lambrecht, U.; Helms, H., Kullmer, K.; Knörr, W.; Entwicklung eines Modells zur Berechnung der Luftschadstoffemissionen und des Kraftstoffverbrauchs von Verbrennungsmotoren in mobilen Geräten und Maschinen. Im Auftrag des Umweltbundesamtes; IFEU - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH. Januar 2004.

- [IFEU 2009] Lambrecht, U.; Helms, H.; Knörr, W.; Aktualisierung des Modells TREMOD – Mobile Machinery (TREMOM-MM); Heidelberg, Im Auftrag des Umweltbundesamtes; IFEU - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH; Februar 2009.
- [IFEU 2010] TREMOD-MM (Version 2.1) – Korrigendum vom 11.02.2010.
- [IFEU 2012] Knörr, W. et. al: Aktualisierung "Daten- und Rechenmodell: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2030" (TREMOM, Version 5.3) für die Emissionsberichtserstattung 2013 (Berichtsperiode 1990-2011); im Auftrag des Umweltbundesamtes; FKZ 360 16 037; Heidelberg, September 2012
- [INFRAS 2010] Keller, M. et al.: Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 3.1; im Auftrag des Umweltbundesamtes in Deutschland, des Umweltbundesamtes in Österreich und des BUWAL der Schweiz; Bern, Februar 2010
- [Jörß et al. 2010] Jörß, W., U. Kugler, J. Theloke (2010): Emissionen im PAREST-Referenzszenario 2005 – 2020. Forschungs-Teilbericht an das Umweltbundesamt, im Rahmen des PAREST-Vorhabens: FKZ 206 43 200/01 „Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung“, Berlin: IZT
- [Jörß und Degel 2010] Jörß, W. und M. Degel (2010): Energieszenarien für PAREST. Forschungs-Teilbericht an das Umweltbundesamt, im Rahmen des PAREST-Vorhabens: FKZ 206 43 200/01 „Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung“, Berlin: IZT
- [Jozwicka 2010] Jozwicka, M., Kuenen, J.J.P., Denier van der Gon, H.A.C., Visschedijk, A.J.H., van Gijlswijk, R.N. (2012) Gridded anthropogenic European emission data for the base year 2005 and projection years 2020, 2025 and 2030. TNO-060-UT-2012-01013
- [Jozwicka et al. 2013] Jozwicka, M., Kuenen, J.J.P., Denier van der Gon, H.A.C., Visschedijk, A.J.H., van Gijlswijk, R.N. (2012) Gridded anthropogenic European emission data for the base year 2005 and projection years 2020, 2025 and 2030. TNO-060-UT-2012-01013
- [Kerschbaumer, A. 2010a]: Abhängigkeit der RCG-Simulationen von unterschiedlichen meteorologischen Treibern. Forschungs-Teilbericht an das Umweltbundesamt, im Rahmen des PAREST-Vorhabens: FKZ 206 43 200/01 „Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung“, Institut für Meteorologie der Freien Universität Berlin. UBA-Texte 55/2013, Umweltbundesamt. www.umweltbundesamt.de
- [Kerschbaumer, A. 2010b]: Ein Meteorologievergleich zum besseren Verständnis der unterschiedlichen Schadstoffkonzentrationssimulationen mit verschiedenen Chemie-Transport-Modellen Forschungs-Teilbericht an das Umweltbundesamt, im Rahmen des PAREST-Vorhabens: FKZ 206 43 200/01 „Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung“, Institut für Meteorologie der Freien Universität Berlin. UBA-Texte 56/2013, Umweltbundesamt. www.umweltbundesamt.de
- [Kuenen et al. 2011] Kuenen, J., A.J.H. Visschedijk, H.A.C. Denier van der Gon, R. van Gijlswijk. (2010): CO2OP Emissions – Report (not published).
- [Liebetau et al. 2011] Liebetau J, Daniel-Gromke J, Oehmichen K, Weiland P, Friehe J, Clemens J, Hafermann C (2011): Emissionsanalyse und Quantifizierung von Stoffflüssen durch Biogasanlagen im Hinblick auf die ökologische Bewertung der landwirtschaftlichen Biogasgewinnung und Inventarisierung der deutschen Landwirtschaft (FKZ: 22023606). Endbericht für ein Projekt für die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe. Im Internet: <http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/berichte/22023606.pdf> [zitiert am 25.06.2013]

- [Mantau und Sörgel 2006] MANTAU, U. u. SÖRGE, C. 2006: Energieholzverwendung in privaten Haushalten.
- [Moss et al 2010] Moss, R.H., J.A. Edmonds, K.A. Hibbard, M.R. Manning, S.K. Rose, D.P. van Vuuren, T.R. Carter, S. Emori, M. Kainuma, T. Kram, G.A. Meehl, J.F.B. Mitchell, N. Nakicenovic, K. Riahi, S.J. Smith, R.J. Stouffer, A.M. Thomson, J.P. Weyant and T.J. Wilbanks: The next generation of scenarios for climate change research and assessment, Nature 463, 747-756, February 2010
- [Öko-Institut 2009] Umweltbundesamt [Hrsg.]: F. Matthes u.a.: „Politiksznarien für den Klimaschutz V – auf dem Weg zum Strukturwandel – Treibhausgas-Emissionsszenarien bis zum Jahr 2030“. Öko-Institut, FZ Jülich IEF-STE, DIW Berlin, Fraunhofer ISI Karlsruhe; im Auftrag des Umweltbundesamtes. Dessau-Roßlau, 2009.
- [Öko-Institut 2011] Umweltbundesamt [Hrsg.]: V. Graichen u.a.: Energieeffizienz in Zahlen. Öko-Institut, Fraunhofer ISI Karlsruhe, H.J. Ziesing; im Auftrag des Umweltbundesamtes (FKZ 3708 41 121). Dessau-Roßlau 2011.
- [Öko-Institut 2013] Umweltbundesamt [Hrsg.]: F. Matthes u.a.: „Politiksznarien für den Klimaschutz VI – Treibhausgas-Emissionsszenarien bis zum Jahr 2030“. Öko-Institut, FZ Jülich IEK-STE, DIW Berlin, Fraunhofer ISI Karlsruhe; im Auftrag des Umweltbundesamtes. Dessau-Roßlau, 2013.
- [PROGNOS, 2010]: Böhmer, M., Ehrentraut, O., Erhardt, T., Fischer, D., Funke, C., Gramke, K., Limbers, J., Plume, A.-M., Schneidenbach, T., Schüssler, R., PROGNOSE Deutschland Report 2035, Basel, 2010, http://www.prognos.com/fileadmin/pdf/Reports/Deutschlandreport/D-Report_2035_Textband_Inhaltsverzeichnis.pdf
- [Road Markings, 2011]: C. Tebert, C., Volz, S., Müller, W., Theloke, J., Report on potential scope of extension of the directive covering road markings, Review of directive 2004/42/EC, DoW/GEVEKO, 2011
- [Rösemann et al. 2013] Rösemann C, Haenel H-D, Dämmgen U, Poddey E, Freibauer A, Wulf S, Eurich-Menden B, Döhler H, Schreiner C, Bauer B, Osterburg B (2013): Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft 1990 – 2011. Report zu Methoden und Daten (RMD) Berichterstattung 2013. Thünen Report 1. Im Internet: http://literatur.vti.bund.de/digbib_extern/dn051713.pdf [zitiert am 25.06.2013]
- [Scholwin et al. 2011] Scholwin F, Trommler M, Rensberg N, Krautz A, Hennig C, Zimmer Y, Gömann H, Kreins P, Witte T de, Ellsiepen S, Röder N, Osterburg B et al. (2011): Nachhaltige Biogaserzeugung in Deutschland - Bewertung der Wirkungen des EEG: Endbericht [online]. Leipzig: Deutsches BiomasseForschungsZentrum. Im Internet: <http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/berichte/22003410.pdf> [zitiert am 25.06.2013]
- [Statistisches Bundesamt 2011] Fachserie 3 Reihe 2.2.2: Land und Forstwirtschaft, Fischerei: Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft in landwirtschaftlichen Betrieben - Erhebung zur Wirtschaftsdüngerausbringung. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
- [Stern 2003] Stern, Rainer (2003): Entwicklung und Anwendung des chemischen Transportmodells REM/CALGRID. Abschlussbericht zum Forschungs- und Entwicklungsvorhaben 298 41 252 des Umweltbundesamtes „Modellierung und Prüfung von Strategien zur Verminderung der Belastung durch Ozon“.
- [Stern 2004] Stern, Rainer (2004): Weitere Entwicklung und Anwendung des chemischen Transportmodells REM-CALGRID für die bundeseinheitliche Umsetzung der EU-Rahmenrichtlinie Luftqualität und ihrer Tochterrichtlinien. Abschlussbericht zum F&E-

Vorhaben 201 43 250 des Umweltbundesamts „Anwendung modellgestützter Beurteilungssysteme für die bundeseinheitliche Umsetzung der EU-Rahmenrichtlinie Luftqualität und ihrer Tochterrichtlinien“

- [Stern 2006]Stern, Rainer (2006): Der Beitrag des Ferntransports zu den PM₁₀- und den NO₂-Konzentrationen in Deutschland unter besonderer Betrachtung der polnischen Emissionen: Eine Modellstudie. Abschlussbericht zu dem F&E-Vorhaben 204 42 202/03 „Analyse und Bewertung der Immissionsbelastung durch Feinstaub in Deutschland durch Ferntransporte“ und zu dem F&E-Vorhaben 202 43 270 „Entwicklung von Modellen zur Identifizierung von Schadstoffquellen -insbesondere im Verkehrs Bereich- im Rahmen der 22. BImSchV – Dokumentation“
- [Stern, R. 2010a]: The Chemical Transport Model REM-CALGRID. Model formulation and user's guide. Institut für Meteorologie der Freien Universität Berlin.
- [Stern, R. 2010b]: Anwendung von chemischen Transportmodellen im Rahmen des PAREST-Projekts: Ergebnisvergleich REM-CALGRID, LOTOS-EUROS und MUSCAT-COSMO. Forschungsteilbericht im Rahmen des PAREST-Vorhabens: FKZ 206 43 200/01 „Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung“. Berlin, Institut für Meteorologie der Freien Universität Berlin. UBA-Texte 64/2013, Umweltbundesamt. www.umweltbundesamt.de
- [Stern, R. 2010c]: PM₁₀-Ursachenanalyse auf der Basis hypothetischer Emissionsszenarien. Forschungsteilbericht im Rahmen des PAREST-Vorhabens: FKZ 206 43 200/01 „Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung“. Berlin, Institut für Meteorologie der Freien Universität Berlin. UBA-Texte 60/2013, Umweltbundesamt. www.umweltbundesamt.de
- [Stern, R. 2010d]: Anwendung von chemischen Transportmodellen im Rahmen des PAREST-Projekts: Ergebnisvergleich REM-CALGRID, LOTOS-EUROS und MUSCAT-COSMO. Forschungsteilbericht im Rahmen des PAREST-Vorhabens: FKZ 206 43 200/01 „Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung“. Berlin, Institut für Meteorologie der Freien Universität Berlin. UBA-Texte 64/2013, Umweltbundesamt. www.umweltbundesamt.de
- [Stern, R. 2010e]: Analyse der Unsicherheiten/Bandbreiten in der im PAREST-Projekt verwendeten Kausalkette Emission-Transmission-Immission. Forschungsteilbericht im Rahmen des PAREST-Vorhabens: FKZ 206 43 200/01 „Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung“. Berlin, Institut für Meteorologie der Freien Universität Berlin. UBA-Texte 66/2013, Umweltbundesamt. www.umweltbundesamt.de
- [Stern, R. 2010f]: Prognose der Luftqualität und Abschätzung von Grenzwertüberschreitungen in Deutschland für die Referenzjahre 2010, 2015 und 2010. Forschungsteilbericht im Rahmen des PAREST-Vorhabens: FKZ 206 43 200/01 „Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung“. Berlin, Institut für Meteorologie der Freien Universität Berlin. UBA-Texte 65/2012. Umweltbundesamt, www.umweltbundesamt.de
- [Theloke et al., 2000]: Theloke, J., Obermeier, A., Friedrich, R., Ermittlung der Lösemittlemissionen 1994 in Deutschland und Methoden zur Fortschreibung, Umweltbundesamt, Berlin, 2000
- [Theloke, 2005]: NMVOC-Emissionen aus der Lösemittelanwendung und Möglichkeiten zu ihrer Minderung. Fortschritt-Berichte VDI Reihe 15 Nr. 252. Düsseldorf: VDI-Verlag 2005
- [Theloke et al., 2007]: Theloke, J., Calaminus, B., Dünnebeil, F., Friedrich, R., Helms, H., Kuhn, A., Lambrecht, U., Nicklaß, D., Pregger, T., Reis, S., Wenzel, S., 2007: Maßnahmen zur Einhaltung der Emissionshöchstmengen der NEC- Richtlinie – Maßnahmen zur weiteren Verminde-

zung der Emissionen an NO_x und SO₂ und NMVOC in Deutschland, Hrsg. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau

- [Theloke et al. 2010] Theloke, J. U. Kugler, T. Kampffmeyer, M. Uzbasich, U. Dämmgen (2010a). Beschreibung der Minderungsmaßnahmen in PAREST – Maßnahmenblätter. Forschungs-Teilbericht im Rahmen des PAREST-Vorhabens: FKZ 206 43 200/01 „Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung“. IER-Universität Stuttgart.
- [Theloke et al 2011] Theloke, J., M.Blesl, D. Bruchhof, T.Kampffmeyer, U. Kugler, M. Uzbasich, K. Schenk, H. Denier van der Gon, S. Finardi, P. Radice, R. S. Sokhi, K. Ravindra, S. Beevers, S. Grimmond, I. Coll, R. Friedrich, D. van den Hout: European and megacity baseline scenarios for 2020, 2030 and 2050, MEGAPOLI Deliverable report 1.3, 2011.
- [Thiruchittampalam et al. 2010] B. Thiruchittampalam, R. Köble, J. Theloke, U. Kugler, M. Uzbasich, T. Kampffmeyer: Berechnung von räumlich hochaufgelösten Emissionen für Deutschland., Satellitenbericht zu „Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung“, UFOPLAN Vorhaben, FKZ 206 43 200/01
- [TNO 2009] Schaap, M., A.M.M. Manders, E.C.J. Hendriks, J.M. Cnossen, A.J.S. Segers, H.A.C. Denier van der Gon, M. Jozwicka, F. Sauter, G. Velders, J. Mathijssen, P.J.H. Builtjes (2009): Regional Modelling of Particulate Matter for the Netherlands. Technical Report BOP, research carried out for Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment (VROM), Bilthoven, Niederlande.
- [UBA 2009] Umweltbundesamt (2009): Entwicklung der Luftqualität in Deutschland. www.umweltbundesamt.de
- [Wiegand 2009]Wiegand, G. und Diegmann, V. (2009). PM₁₀ - Anzahl Überschreitungen Tagesmittelwert-Grenzwert versus Jahresmittelwert. Forschungs-Teilbericht an das Umweltbundesamt, im Rahmen des PAREST-Vorhabens: FKZ 206 43 200/01 „Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung“, IVU-Umwelt GmbH Freiburg. UBA-Texte 69/2013. Umweltbundesamt, www.umweltbundesamt.de

8 Anhang I / Annex I: Gridded anthropogenic European emission data for the base year 2005 and projection years 2020, 2025 and 2030

Content

8 Anhang I / Annex I: Gridded anthropogenic European emission data for the base year 2005 and projection years 2020, 2025 and 2030.....	315
Content.....	315
List of tables	316
List of figures	317
8.1 Summary.....	318
8.2 Introduction	318
8.3 Approach	319
8.3.1 Domain of the study	320
8.3.2 Air pollutants and classification of sectors.....	322
8.4 Base year emissions for Europe	322
8.4.1 Selection of emission data.....	322
8.4.2 Comparison between PAREST and Luft 2030 base year.....	327
8.5 Emission projections for Europe.....	329
8.5.1 Chosen scenario.....	329
8.5.2 Results.....	331
8.6 Spatial distribution of the emissions.....	334
8.6.1 Gridding procedure.....	334
8.6.2 NO _x emissions	334
8.6.3 PM ₁₀ emissions.....	337
8.7 Conclusions.....	339
8.8 References.....	340
8.9 Appendices.....	341
8.9.1 Appendix A: Emission trends (Gg) in the European Domain per pollutant / country group / SNAP / year.....	341
8.9.2 Appendix B: National total emission data per year.....	345
8.9.3 Appendix C: European anthropogenic emission data for NO _x , SO ₂ , NMVOC, CH ₄ , NH ₃ , CO, PM ₁₀ and PM _{2.5} for the years 2005, 2020, 2025 and 2030 per country by source sector.....	350

List of tables

Table 8-1:	The European Domain: countries, seas and country groups included in this project.	321
Table 8-2:	Description of source categories	322
Table 8-3:	Origin of the emission data for 2005.....	326
Table 8-4:	CH ₄ emission trends (Gg) by country group and by source sector.....	341
Table 8-5:	CO emission trends (Gg) by country group and by source sector.....	341
Table 8-6:	NH ₃ emission trends (Gg) by country group and by source sector.	342
Table 8-7:	NMVOC emission trends (Gg) by country group and by source sector.....	342
Table 8-8:	NO _x emission trends (Gg) by country group and by source sector.	343
Table 8-9:	PM _{2.5} emission trends (Gg) by country group and by source sector.....	343
Table 8-10:	PM ₁₀ emission trends (Gg) by country group and by source sector.....	344
Table 8-11:	SO ₂ emission trends (Gg) by country group and by source sector.	344
Table 8-12:	Summary of the 2005 emission data by country and substance (Gg).....	345
Table 8-13:	Summary of the 2005 emission data by sea and substance (Gg).	346
Table 8-14:	Summary of the 2020 emission data by country and substance (Gg).....	346
Table 8-15:	Summary of the 2020 emission data by sea and substance (Gg).	347
Table 8-16:	Summary of the 2025 emission data by country and substance (Gg).....	347
Table 8-17:	Summary of the 2025 emission data by sea and substance (Gg).	348
Table 8-18:	Summary of the 2030 emission data by country and substance (Gg).....	349
Table 8-19:	Summary of the 2030 emission data by country / sea and substance (Gg).....	350

List of figures

Figure 1:	The European Domain of this study	320
Figure 2	Emissions of PM ₁₀ , PM _{2.5} , NO _x , NMVOC, SO _x , CO, NH ₃ , CH ₄ per SNAP sector per country group (EU15, EU12 and non EU) in 2005 for PAREST and Luft 2030 database.....	328
Figure 3	Emission totals for Germany (left) and EU27+ (right) according to the PRIMES2009_july2011 scenario (note the factor 10 difference in the Y-axis legend).	330
Figure 4	Emission totals for EU27+ according to the PRIMES July 2011 scenario compared to the NEC 6 Current Legislation scenario.	331
Figure 5	Emission trends for PM ₁₀ , PM _{2.5} , NO _x , NMVOC, NH ₃ and SO ₂ for defined country groups.	332
Figure 6	Emission trends for PM ₁₀ , PM _{2.5} , NO _x , NMVOC, NH ₃ and SO ₂ in the European Domain per SNAP sector.	333
Figure 7	Distribution of NO _x emission in 2005 (emissions expressed in tonnes per grid cell).....	335
Figure 8	Difference in NO _x emissions between the base year (2005) and the projection year 2020 (emissions expressed in tonnes per grid cell). Negative values indicate a projected increase of NO _x emissions in 2020 compared to 2005.	335
Figure 9	Difference in NO _x emissions between the base year (2005) and the projection year 2030 (emissions expressed in tonnes per grid cell). Negative values indicate a projected increase of NO _x emissions in 2030 compared to 2005.	336
Figure 10	Distribution of PM ₁₀ emission in 2005 (emissions expressed in tonnes per grid cell).....	337
Figure 11	Difference in PM ₁₀ emissions between the base year (2005) and the projection year 2020 (emissions expressed in tonnes per gridding cell).....	338
Figure 12	Difference in PM ₁₀ emissions between the base year (2005) and the projection year 2030 (emissions expressed in tonnes per gridding cell). Negative values indicate a projected increase of PM ₁₀ emissions in 2030 compared to 2005.....	338

Summary

A transparent and consistent emission inventory is a prerequisite for (predictive) modelling of air quality and it is a starting point to explore future emission trends (emission projections). For the Luft 2030 project, TNO has been asked to deliver the European background emission inventory data for the base year 2005 and for the projection years 2020, 2025 and 2030.

The new gridded European emission inventory for the substances NO_x, SO₂, NMVOC, CH₄, NH₃, CO, PM₁₀ and PM_{2.5} is a follow-up of a previous UBA project. The emissions by substance are given at the SNAP 97 (Selected Nomenclature of Air Pollutants) 1st level. The study area extends beyond the EU boundaries and encompassed 42 countries.

The new TNO 2005 base year emission inventory was set up using, as much as possible, official reported emission data at the source sector level, supplemented by other estimates or expert judgements based on the available data sources. This ensures incorporation of national expertise as well as staying close to what is accepted by policy makers in Europe.

Estimates for future emissions (2020, 2025 and 2030) were obtained using the GAINS model and the GOTH_PRIMESBL_2009_July2011, PRIMES 2009 baseline scenario. To calculate emission grids scaling factors, expressed as ratio of the emission in the projected year to the emission in 2005, were used. Scaling was done at the level of country / sector / pollutant / year combination.

Overall the activity has resulted in a consistent set of high resolution emission maps for Europe for the base year 2005 and the future years 2020, 2025 and 2030.

8.1 Introduction

A transparent and consistent emission inventory is a prerequisite for (predictive) modelling of air quality. It allows identification of the (relative) importance of sources for (further) reducing the release of pollutants to the environment. The emission inventory is a starting point to explore future emission trends (emission projections). By determining and describing the present situation, emission reductions due to policies, technological improvements, etc. can be evaluated and (autonomous) changes and trends can be identified and analysed.

In order to be able to quantify the contribution of non-German emission sources to expected future concentrations of air pollutants over Germany, the project "Luftqualität 2020/2030: Weiterentwicklung von Prognosen für Luftschadstoffe unter Berücksichtigung von Klimastrategien" (referred later in this report as "Luft 2030") needed projected gridded emission data for Europe, for the years 2020, 2025 and 2030. TNO has been asked to deliver the European background emission inventory data for these years and for the base year 2005. The year 2005 is needed because the relative change from 2005 to the projected year will be used to scale the base year emissions to other years.

The new emission database described in this document is a follow-up of a previous UBA project where TNO prepared a gridded European anthropogenic emission database for the year 2005 (Denier van der Gon et al., 2010) and for the projection years: 2010, 2015 and 2020 (Denier van der Gon et al., 2009). The new TNO 2005 emission inventory is based, where possible, on official submissions of reported emissions by countries, supplemented by other estimates or expert judgements based on the available data sources. Estimates for future emissions (2020, 2025 and 2030) were obtained using the GAINS model and the GOTH_PRIMESBL_2009_July2011, PRIMES 2009 baseline scenario. The GOTH_PRIMESBL_2009_July2011 was the basis for the CIAM 2/2011

CLE scenario. A further description of this scenario and the approach followed in this study are presented in the next Chapters of this report.

8.2 Approach

The aim of this study was to make a gridded European emission inventory for the substances NO_x, SO₂, NMVOC, CH₄, NH₃, CO, PM₁₀ and PM_{2.5}, for the years 2005, 2020, 2025 and 2030.

A first step was to set up a new updated TNO 2005 base year emission inventory (Luft 2030) for the required substances. As much as possible, official reported emissions at the source sector level were used. This ensures incorporation of national expertise as well as staying close to what is accepted by policy makers in Europe. The emissions were downloaded from all relevant sources and these data were compared against each other. The first source of emission data was WebDab-EMEP database⁴⁶. This is the emission database of EMEP (Co-operative programme for monitoring and evaluation of long range transmission of air pollutants in Europe) open to public for interactive use via Internet. WebDab stores emissions of Main Pollutants, Heavy Metals, Persistent Organic Pollutants and Particulate Matter, which are available as totals, sector totals and as gridded emissions. Besides storing officially reported data, WebDab follows a gap-filling procedure in case country data are missing. The second source of country-reported emission data is the European Environmental Agency (EEA⁴⁷). EEA takes the data from EMEP for the EU countries and does some additional gap-filling where needed. However, it is found that the data between EMEP and EEA sometimes differ. In some cases, the EEA has data for a certain country while EMEP doesn't, or the other way around. Therefore, it has been chosen to use both as independent data sources.

In spite of EMEP's gap-filling routine, the country-reported emissions by EMEP and the EEA may still show gaps and contain errors. Therefore, various consistency checks were made and in case the reported emissions were not considered to be of sufficient quality, alternative expert emission data from the IIASA GAINS model or TNO defaults (e.g. CO2OP project (Kuenen et al., 2010)) were used instead. Chapter 3.1 presents the overview of the emission data source selection.

When the new 2005 base year emission inventory was set up a comparison was made between these data (Luft 2030) and the "old" TNO 2005 emission inventory (PAREST). Differences do exist, because countries may report updated emissions for all years in the past each year. Since methodologies develop (based on new scientific insights, or missing sources that were discovered), the emissions also develop. Also emissions from the IIASA GAINS model⁴⁸ and TNO defaults have been adjusted in the years, therefore these will be different from earlier estimates for 2005. Section 3.2 presents comparisons of these two datasets.

Gridding of the 2005 inventory was done in a straightforward way. From the existing earlier TNO 2005 grid (used for PAREST), fraction maps were derived for each pollutant, country and source sector, giving for each of these the distribution of the emissions (in relative terms) over the country. By multiplying this again with the new emission values, the new emission distribution pattern was obtained.

⁴⁶ <http://www.ceip.at/webdab-emission-database/>

⁴⁷ http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data#c5=all&c11=air&c17=&c0=5&b_start=0

⁴⁸ <http://gains.iiasa.ac.at/gains/EUR/index.login?logout=1>

As the next step, projected emissions for a selected scenario (Goth_PRIMESBL 2009_July2011) for the years 2005, 2020, 2025 and 2030 were downloaded from the GAINS-Europe online model. Scaling Factors (SF) expressed as ratio of the emission in the projected year to the emission in 2005 were calculated. Then the

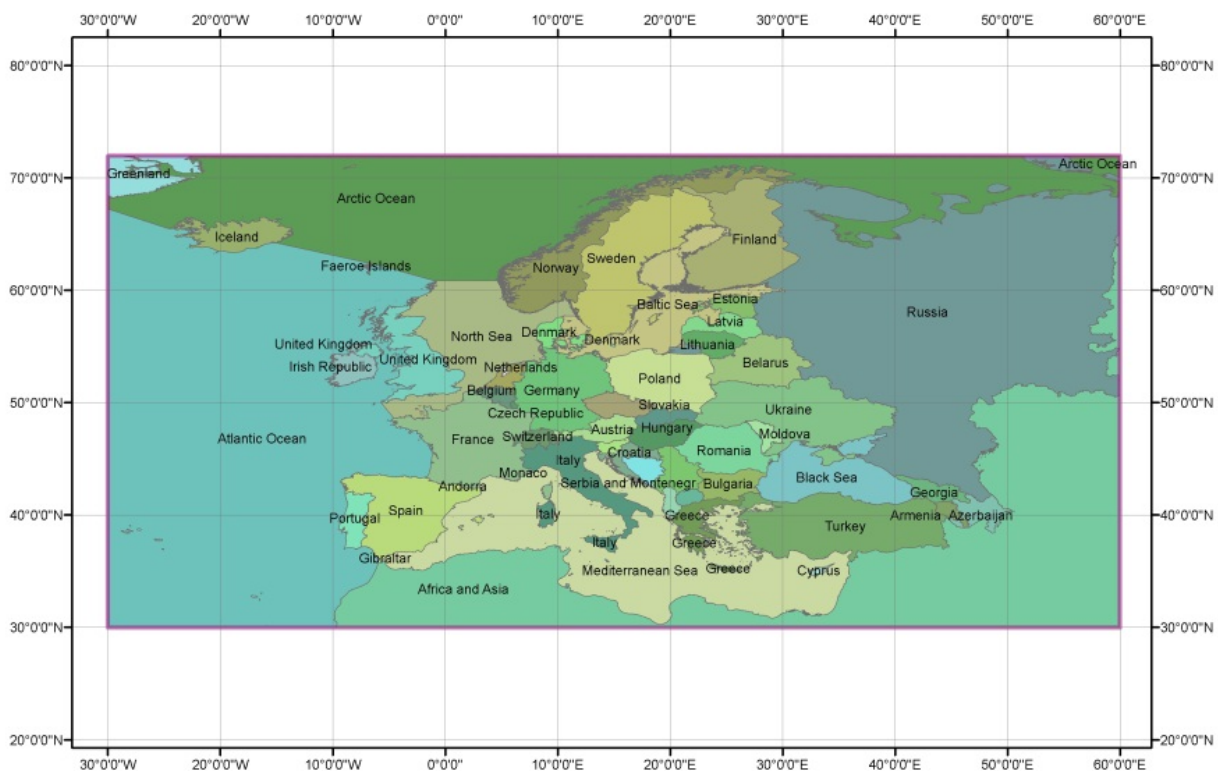
gridded emission projections were prepared by scaling 2005 emission grids according to these SF. The emissions were not scaled using national totals but were first broken down by source category (SNAP level 1) since changes in emissions are not uniform but differ by source category. Scaling was done at the level of country / sector / pollutant / year combination (Denier van der Gon et al., 2010. See also Chapter 4).

In Chapter 5, emission maps are presented for two selected pollutants: NO_x and PM₁₀. These maps show baseline emissions in 2005 and a relative difference between projected and baseline emissions.

8.2.1 Domain of the study

The domain of this study, “the European Domain”, is presented in Figure 1. The resolution of the gridded emission data is 1/8 ° x 1/16 ° longitude-latitude, which is about 7 x 8 km² (depending on latitude).

Figure 1: The European Domain of this study



The study area extends well beyond the EU boundaries and encompasses 42 countries (see for a listing of the included countries, marine areas and defined country groups).

Table 8-1: The European Domain: countries, seas and country groups included in this project.

Country groups	Acronym	Countries	Country group/sea	Acronym	Countries/seas
EU15+ NOR, CHE	AUT	Austria	NON EU	ALB	Albania
	BEL	Belgium		ARM	Armenia
	CHE	Switzerland		AZE	Azerbaijan
	DEU	Germany		BIH	Bosnia & Herzegovina
	DNK	Denmark		BLR	Belarus
	ESP	Spain		GEO	Georgia
	FIN	Finland		HRV	Croatia
	FRA	France		MDA	Republic of Moldova
	GBR	United Kingdom		MKD	FYR of Macedonia
	GRC	Greece		RUS	Russian Federation
	IRL	Ireland		TUR	Turkey
	ITA	Italy		UKR	Ukraine
	LUX	Luxembourg		YUG	Serbia and Montenegro (former Yugoslavia)
	EU12	NLD		Netherlands	SEA	ATL	Remaining North-East At- lantic Ocean
NOR		Norway	BAS	Baltic Sea	
PRT		Portugal	BLS	Black Sea	
SWE		Sweden	MED	Mediterranean Sea	
EU12	BGR	Bulgaria		NOS	North Sea
	CYP	Cyprus			
	CZE	Czech Republic			
	EST	Estonia			
	HUN	Hungary			
	LTU	Lithuania			
	LVA	Latvia			
	MLT	Malta			
	POL	Poland			
	ROU	Romania			
	SVK	Slovakia			
SVN	Slovenia				

The very small European states as Andorra, Liechtenstein, Monaco, San Marino and Vatican city are not included as individual countries.

ISL (Iceland) is not included in the 2005 inventory, since the maps for distributing emissions over the country are not available from the previous gridded inventory. However, since the country is at the border of the domain and will only give a very small contribution to countries over the continent (due to e.g. lifetime of PM) it is assumed to be of negligible influence.

8.2.2 Air pollutants and classification of sectors

The substances taken into consideration in the inventory are SO₂, NO_x, NH₃, CO, NMVOC, CH₄, PM₁₀ and PM_{2.5}. The emissions by substance are given at the SNAP 97 (Selected Nomenclature of Air Pollutants) 1st level that consists of 11 source categories (Table 8-2).

Table 8-2: Description of source categories

SNAP	Description
1	Public electricity and other energy transformation
2	Small combustion plants
3*	Industrial combustion and processes with contact
4*	Industrial process emission
34*	Industry (combustion + processes)
5	Fossil fuel production
6	Solvent and product use
7**	Road Transport
71	Road transport Gasoline
72	Road transport Diesel
73	Road transport LPG
74	Non-exhaust (volatilization)
75	Non-exhaust (brake wear, tyre wear, road wear)
8	Other (non-road) transport and mobile machinery
9	Waste disposal
10	Agriculture
11***	Nature

* Note: SNAP34 aggregates emissions from SNAP 3 and SNAP4

** Note: SNAP 71-75 are self-defined by TNO to increase detail of information.

***Note: Emissions for SNAP 11 (nature) were not prepared.

8.3 Base year emissions for Europe

8.3.1 Selection of emission data

The basic input data which is needed in order to create gridded emission are emissions of selected pollutants by country, by sector, by year. These emission data should be transparent, consistent, comparable, complete and accurate. Thus the emission data sources were chosen carefully.

For the substances CO, CH₄, NMVOC, NH₃, NO_x and SO₂ countries have been obliged to submit official emission data for many years now. During this period the quality of the official emission data has risen to a generally high level with many country-specific factors being taken into account. Therefore, data submitted by individual countries are often more accurate than estimates obtained by using a generic method, based on emission factors that have only limited regional or technological differentiation. For PM emission data reporting obligations are of a more recent date, and country coverage is still not complete.

For all substances reporting errors and other inconsistencies in the submitted data occur. For example; country emission estimates may be off by orders of magnitude for unknown reasons; sector data may show large discrepancies to the reported national total when summed. Therefore, we have submitted all official sectoral emission data to a consistency check and assessed whether the order of magnitude of the national total is within, at least in our view, reasonable boundaries. In case we suspected errors, the official country data were rejected in favour of a default TNO emission estimate or data from the IIASA GAINS model.

8.3.1.1 Short descriptions of the available emission databases

8.3.1.1.1 Reported emissions: European Environment Agency Fehler! Textmarke nicht definiert.

- Official national emissions reported by countries both to the Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (LRTAP Convention) and to the UNFCCC and to the EU Greenhouse Gas Monitoring Mechanism.
- Data were downloaded in October 2011, reflecting the latest versions available (CLRTAP v10, UNFCCC v11) at the start of this study. The download contained all official reported emission data up to (and including) 2009.
- Data were reported in the official reporting formats (CRF and NFR, respectively).
- Pollutants covered include all relevant greenhouse gases, the key air pollutants (NO_x, SO_x, CO, NMVOC, NH₃, PM₁₀, PM_{2.5} and the priority heavy metals and dioxins/furans).
- Available years are from 1990 up to 2 years prior to the current one, since the reporting is always 2 years behind.
- Selected year: 2005
- Spatial coverage: emissions are for the country as a whole only (not gridded), and include all 32 EEA countries – those are EU27 plus Norway, Switzerland, Croatia, Turkey and Iceland. Some other countries that also report are not available from this database (e.g. Balkan and former Soviet countries).

8.3.1.1.2 WebDab - EMEP database Fehler! Textmarke nicht definiert.

- Emission data officially submitted by the Parties to the CLRTAP, to the EMEP project via the UNECE secretariat.
- Data were downloaded from the Centre on Emission Inventories and Projections (www.ceip.at) in March, 2012. It was decided to use the latest reported data by the countries (submissions of 2011).
- Emissions on main pollutants, heavy metals, persistent organic pollutants and PM were available as totals/sectors and as gridded emissions both for officially reported data and gap-filled emissions.
- Emissions as reported by parties (1980 to (N-2)year).
- Selected year: 2005, data reported in 2011.
- Spatial coverage: all countries reporting to the UNECE, EU27.
- 4 distinctly different emission categories are available. They link to the four sets of UNECE Guidelines for Estimating and Reporting emission data, NFR09 / Guidelines

2009⁴⁹, NFR02 / Guidelines 2002⁵⁰, NFR01 / Guidelines 2001⁵¹, and SNAP / Guidelines 1997⁵². For this study, only emissions submitted under the latest reporting guidelines (NFR09) have been considered.

- National Totals/Sectors (CEIP_NFR02 and CEIP_NFR09) for CO, NH₃, NMVOC, NO_x, SO_x, PM₁₀ and PM_{2.5} were downloaded.

8.3.1.1.3 TNO inventory: CO2OP⁵³

- Bottom-up emission inventory using GAINS activity data for all sectors and combining these with emission factors from various sources.
- Emissions of CO₂, CO and NO_x.
- Emissions for 2005 and 2020.
- Spatial coverage: UNECE-Europe, which includes 43 countries.

8.3.1.1.4 Modelled emissions: GAINS

- The Greenhouse Gas and Air Pollution Interactions and Synergies (GAINS)-Model provides a consistent framework for the analysis of co-benefits reduction strategies from air pollution and greenhouse gas sources.
- Pollutants covered: CO₂, CH₄, NH₃, NO_x, N₂O, SO₂, VOC, PM₁₀, PM_{2.5}, PM1 and TSP.
- The model covers all European countries as individual emission sources.

8.3.1.2 Data source selection

The new data sets have been downloaded from all the available data sources. The final choice which data source to use has been based on expert judgement, taking into account the following criteria:

- Availability of the emission data.
- The distribution among SNAP sectors per pollutant.
- Time series of reported emissions (within 10-year period 2000-2009).

In principle, data submitted by individual Member State (MS) are often more accurate than estimates obtained by using a generic method. Therefore it was preferable to use officially reported data. The officially reported emission data from WebDab (CEIP_NFR09) and EEA have been selected as the most up-to-date, consistent, complete and accurate source of emission data and WebDab has been used as final source of the new 2005 emission set. GAINS emission data have been used as a backup option wherever country-supplied emission data were not available or likely contained errors. Since GAINS does not provide CO emission data, the CO2OP inventory was used as a backup option for countries which did not submit official CO emission data for

⁴⁹ http://www.ceip.at/fileadmin/inhalte/emep/reporting_2009/Rep_Guidelines_ECE_EB_AIR_97_e.pdf

⁵⁰ <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2002/eb/ge1/eb.air.ge.1.2002.7.e.pdf>

⁵¹ <http://www.emep.int/emis2006/eb.air.ge.1.2001.6.add1.e.pdf>

⁵² http://www.eea.europa.eu/publications/technical_report_2001_3

⁵³ (Kuenen et al., 2010)

2005. Various further consistency and quality checks were applied. It involved tests whether the country data were complete e.g. all expected sector contributors were in fact present or whether $PM_{2.5} < PM_{10}$. Table 8-3 presents the final result and gives an overview of the emission data sources per country and per pollutant.

Table 8-3: Origin of the emission data for 2005.

ISO3	CH4	CO	NH ₃	NM VOC	NO _x	PM _{2,5}	PM ₁₀	SO _x
ALB	GAINS	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09
AUT	EEA	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09
BEL	EEA	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09
BGR	EEA	EEA	GAINS	GAINS	EEA	GAINS	GAINS	EEA
BIH	GAINS	CO2OP	GAINS	GAINS	GAINS	GAINS	GAINS	GAINS
BLR	GAINS	CO2OP	GAINS	GAINS	GAINS	GAINS	GAINS	GAINS
CHE	EEA	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09
CYP	EEA	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09
CZE	EEA	CO2OP	EEA	EEA	EEA	GAINS	GAINS	EEA
DEU	EEA	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09
DNK	EEA	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09
ESP	EEA	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09
EST	EEA	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09
FIN	EEA	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09
FRA	EEA	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09
GBR	EEA	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09
GRC	EEA	EEA	EEA	EEA	EEA	GAINS	GAINS	EEA
HRV	GAINS	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09
HUN	EEA	EEA	EEA	EEA	EEA	EEA	EEA	EEA
IRL	EEA	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09
ISL	EEA	CEIP_NFR09	GAINS	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	GAINS	GAINS	CEIP_NFR09
ITA	EEA	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09
LTU	EEA	EEA	EEA	GAINS	EEA	EEA	EEA	EEA
LUX	EEA	CO2OP	EEA	GAINS	GAINS	GAINS	GAINS	GAINS
LVA	EEA	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09
MDA	GAINS	CO2OP	GAINS	GAINS	GAINS	GAINS	GAINS	GAINS
MKD	GAINS	CO2OP	GAINS	GAINS	GAINS	GAINS	GAINS	GAINS
MLT	EEA	CO2OP	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	EEA	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	EEA
NLD	EEA	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09
NOR	EEA	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09
POL	EEA	CO2OP	EEA	GAINS	GAINS	EEA	EEA	GAINS
PRT	EEA	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09
ROU	EEA	CO2OP	EEA	GAINS	EEA	GAINS	GAINS	GAINS
RUS	GAINS	CO2OP	GAINS	GAINS	GAINS	GAINS	GAINS	GAINS
SVK	EEA	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09
SVN	EEA	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09
SWE	EEA	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09	CEIP_NFR09
TUR	EEA	CO2OP	GAINS	GAINS	GAINS	GAINS	GAINS	GAINS
UKR	GAINS	CO2OP	GAINS	GAINS	GAINS	GAINS	GAINS	GAINS

YUG	GAINS	CO2OP	GAINS	GAINS	GAINS	GAINS	GAINS	GAINS
-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

8.3.1.3 Improvements to the dataset

A number of changes have been made to reported data and to GAINS data for all countries in order to make the dataset created here consistent between countries. The most important are:

- Agricultural waste burning is included in GAINS, but only in some of the country reports. In the country-submitted data this source is reported separately (NFR 4.F) but it is difficult to assess whether these data are correct. We found large differences between countries in terms of pollutants covered and the ratio between pollutants. For consistency reasons, it has been chosen not to use reported data for agricultural waste burning but to use the GAINS estimates for agricultural waste burning for all countries.
- NMVOC emissions from agriculture were not taken into account. There is an ongoing discussion whether or not to include this NMVOC source in inventories (some countries report this source, but most countries do not). For the sake of a consistent European inventory, it has been chosen to exclude all agricultural emissions of NMVOC, except those from agricultural waste burning.
- GAINS data for CH₄ for the source category “OTHER_CH4” have been excluded since it is unclear what exactly they represent, and sometimes negative emissions are reported.

These improvements may cause small deviations of the emission totals used here (Luft 2030) compared to official reported data.

8.3.2 Comparison between PAREST and Luft 2030 base year

Both PAREST and Luft 2030 base year 2005 emission grids were set up using official reported emissions at the source sector level for as much as possible without hazarding the quality of the final result.

It should be realized that officially reported emission for 2005 are not stable because countries report emissions annually, including revised figures for past years. The overall picture does not change dramatically but emissions compared to the values used by Denier van der Gon et al. 2010 for the PAREST base year (the PAREST grid) set may differ by about 5%. The disadvantage of adjusting the 2005 base year is that the PAREST runs may not be fully comparable to the Luft 2030 base year 2005 runs. Being fully up-to-date using the latest 2005 data is however considered more important.

The previous section described the methodology to update the 2005 emissions. The final set of the country group total emissions can be found in Appendix A (chapter 8.9.1) and national total emission data for the year 2005 in Appendix B (chapter 8.9.2). The next step was to compare the updated Luft 2030 set with the PAREST set, defined in the previous project.

Figure 2 below presents the comparison between emissions of all pollutants: PM₁₀, PM_{2.5}, NO_x, NMVOC, SO_x, CO, NH₃ and CH₄, per SNAP category and per country group in 2005 for the PAREST and Luft 2030 baseline emissions.

Figure 2 Emissions of PM₁₀, PM_{2.5}, NO_x, NMVOC, SO_x, CO, NH₃, CH₄ per SNAP sector per country group (EU15, EU12 and non EU) in 2005 for PAREST and Luft 2030 database.

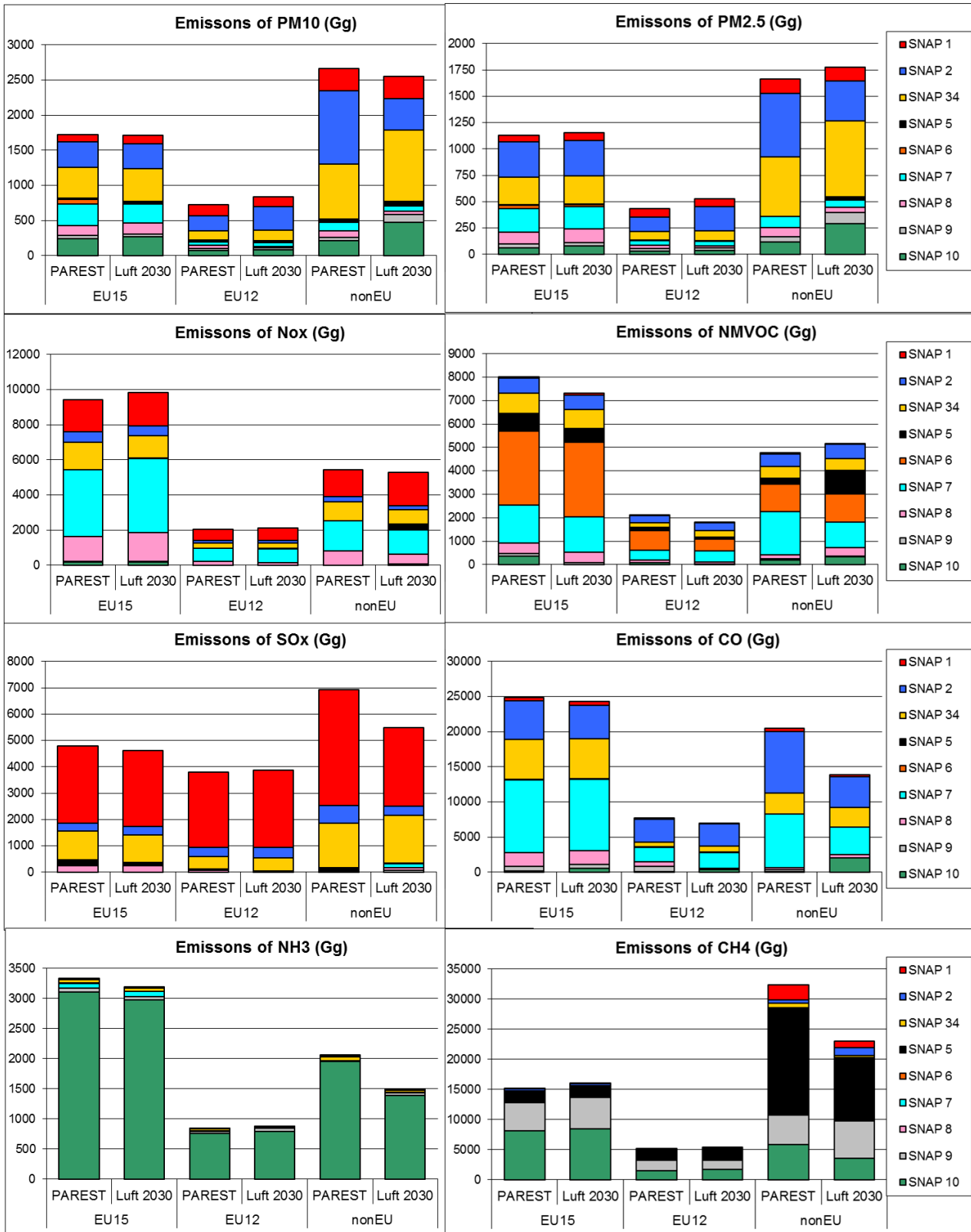


Figure 2 shows that the emissions changed, for both the EU15, the EU12, as well as for other countries (non EU).

For EU countries, most emission data are based on reported data and the differences between the old and the new set are due to revisions of reported data. In fact, countries report each year for all historic years as well and this ensures that the latest expertise regarding sources and emission factors is taken into account. However, this also implies that reported emission factors for a given emission year are not stable, i.e. they can be updated each year.

For a number of (mostly non EU) countries, reported data were not available or not considered of sufficient quality. In these cases IIASA GAINS estimates or TNO estimates were used. By looking at the non EU figures it is clear that also these emissions changed over time. In fact biggest discrepancies were found for the non EU countries (Figure 2).

8.4 Emission projections for Europe

Emission projections were made for the substances NO_x, SO₂, NMVOC, CH₄, NH₃, CO, PM₁₀ and PM_{2.5} for the years 2020, 2025 and 2030 for the EU27 and other European countries. This Chapter describes the selected scenario, presents the methodology for making the projections and shows the results.

8.4.1 Chosen scenario

For making the emission projections the following data sources have been considered:

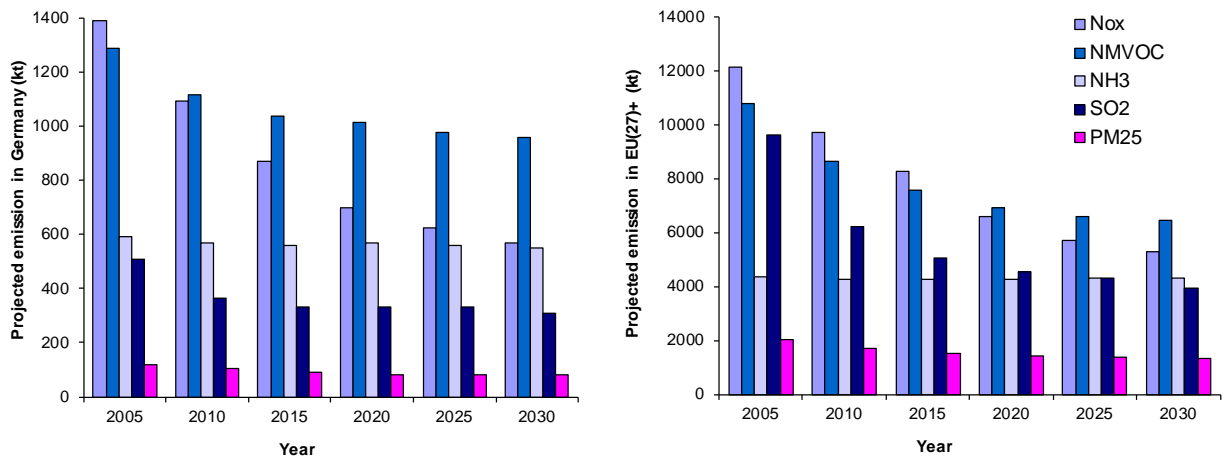
- Recent scenario data were available from the Megapoli project (Theloke et al., 2011).
- The database of the Representative Concentration Pathways (RCPs) project (Moss et al. 2010).
- The IIASA GAINS model (e.g., Amann et al., 2008).

The Luft 2030 project required emission time series by source sector and country that are consistent for the years 2005, 2010, 2020 and 2030. The year 2005 was needed because the relative change from 2005 to the projected year was used to scale the base year emissions to other years. After comparison of the three mentioned data sources the GAINS model appeared to be the most suitable source for the input data. It is consistent, complete and links in closely with European policy making such as the revision of the NEC directive and the revision of the Gothenburg protocol. IIASA (J. Cofala, pers. Communication Oct 2011) has advised to use the latest PRIMES 2009 baseline scenario that was the basis for the CIAM Report 2 (Amann et al., 2011). This scenario was updated in August 2011, which involved a calibration to the latest country inventories and latest COPERT results for road transport. In the online version of the GAINS Europe model (see <http://gains.iiasa.ac.at/gains/EUR/index.login?logout=1>) this scenario has the ID "GOTH_PRIMESBL2009_July2011".

8.4.1.1 The PRIMES2009 July 2011 scenario

Figure 3 shows the total emissions per substance for Germany and the EU27+ (which comprises the EU27 plus Norway, Switzerland and Turkey) according to this scenario for the period 2005 to 2030. Germany is shown here as illustration only because the projections for Germany will have a different basis (constructed within this Luftqualität 2020/2030 project by German partners). Germany seems to follow the European trend. In the PRIMES 2009 scenario, the policy assumptions imply that emissions tend to stabilise after 2020 for most substances, or at least no longer decrease with the rate observed in the previous decade. There is no reduction at all expected for NH₃.

Figure 3 Emission totals for Germany (left) and EU27+ (right) according to the PRIMES2009_july2011 scenario (note the factor 10 difference in the Y-axis legend).

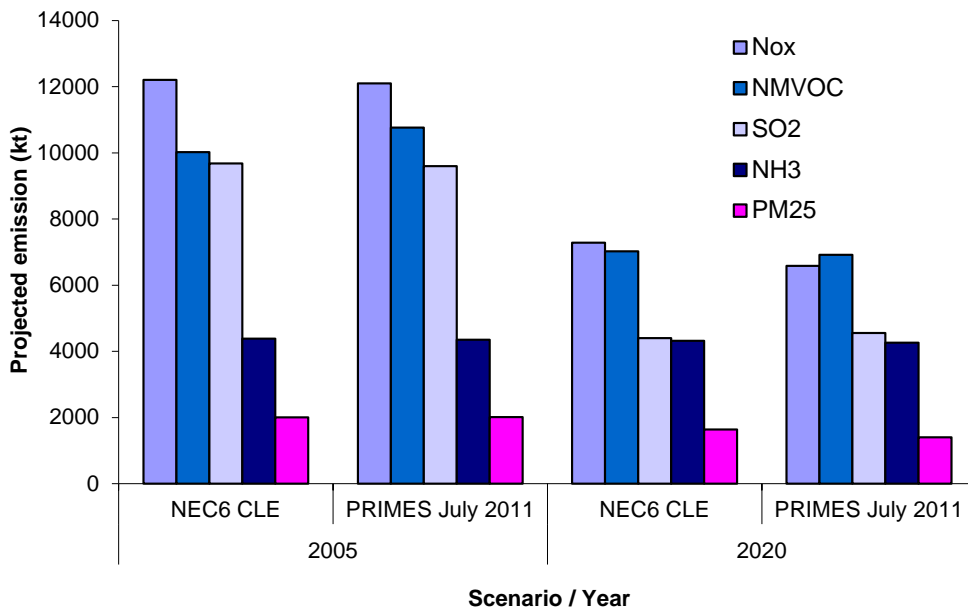


The PRIMES2009 July 2011 scenario has been developed for the EU27. IIASA provides default scenario data for other countries that increase in quality starting with the former Soviet States, then Turkey and the Balkan States, then Iceland and finally Norway and Switzerland.

8.4.1.2 Comparison to PAREST project base year and projections

In the PAREST project the European emission scenarios for 2020 (Denier van der Gon et al, 2009) were based on the NEC 6 scenarios (Amann et al., 2008). Figure 4 compares the old NEC 6 Current Legislation (CLE) scenario with the new PRIMES2009 July 2011 scenario for the EU27+. It can be observed that for 2005 NMVOC emissions are higher in PRIMES2009 (about 7%) while the emission of the other substances is comparable (<1%). Differences between the two scenarios are more pronounced for 2020. The PRIMES2009 NO_x emission for this year is 10% lower than the NEC 6 CLE total, SO₂ 4% higher and PM emission is almost 15% lower than the NEC 6 CLE total. So, for all substances except NH₃ the relative increase between 2005 and 2020 will change compared to PAREST. Differences in national total for individual countries and sectors can even be much higher, values up to 30% are no exception (data not shown). [note that the impact on concentrations will be less extreme e.g. due to contributions of natural sources and atmospheric chemistry and transport]. Overall, Figure 4 shows that the trends going from 2005 to 2020 will be similar compared to the trend as used in the previous UBA PAREST project.

Figure 4 Emission totals for EU27+ according to the PRIMES July 2011 scenario compared to the NEC 6 Current Legislation scenario.



8.4.2 Results

Projected emissions according to the selected scenario (Goth PRIMESBL 2009_July2011) for the years 2020, 2025 and 2030 were downloaded from the GAINS-Europe online model⁵⁴. Scaling Factors (SF) expressed as ratio of the emission in the projected year to the emission in 2005 were calculated⁵⁵

It is important to mention that the GAINS projections are not made for all 42 countries included in this study (Table 1). For three countries (ARM, AZE, GEO) there was no data available with projected emissions, thus for those countries the SFs for Turkey were used.

The emissions were not scaled using national totals but were first broken down by source category (SNAP level 1) since changes in emissions over time are not uniform but differ by source category. Scaling was done at the level of country / sector / pollutant / year combination, using this formula:

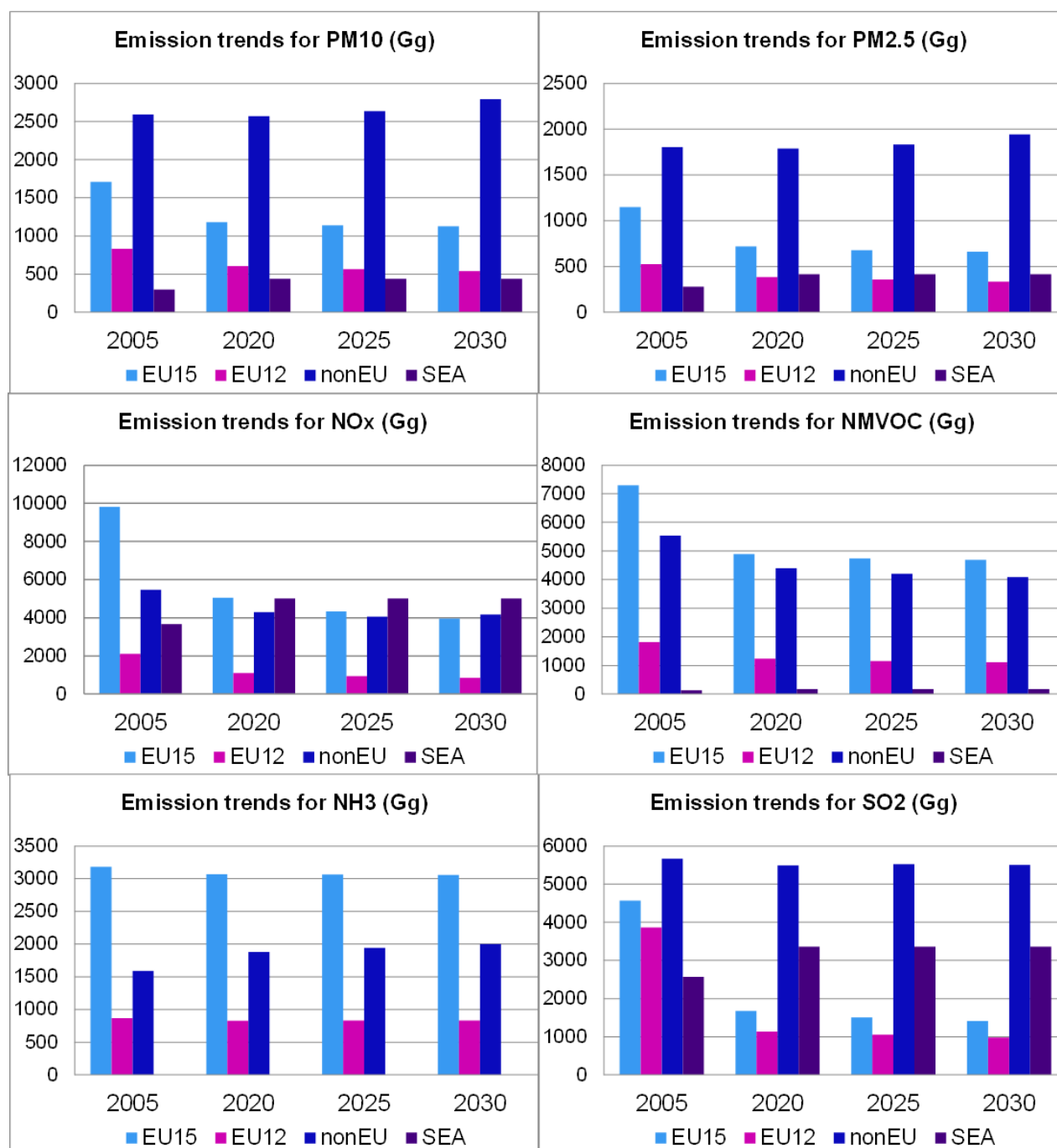
$$E_{\text{year}_x, \text{pollutant}_y, \text{SNAP}_z} = E_{2005, \text{pollutant}_y, \text{SNAP}_z} * SF_{\text{year}_x, \text{pollutant}_y, \text{SNAP}_z}$$

Figure 5 presents the future emission trends for the selected pollutants. In the appendices of chapter 8.9 the underlying data is presented. Appendix A (chapter 8.9.1) presents the emission trends in European Domain per pollutant per country group, per SNAP sector and per year. Appendix B (chapter 8.9.2) presents the projected emissions per country, per year and per pollutant as derived in this study. Appendix C (chapter 8.9.3) provides the Luft 2030 emission data per country, per year, per pollutant and per SNAP sector. Due to the size of Appendix C (chapter 8.9.3) it is organized in a separate document available on request.

⁵⁴ <http://gains.iiasa.ac.at/gains/EUR/index.login?logout=1>

⁵⁵ It is the first step in making the projection of emissions. Chapter 5 describes it further. It presents the gridding and the emission maps.

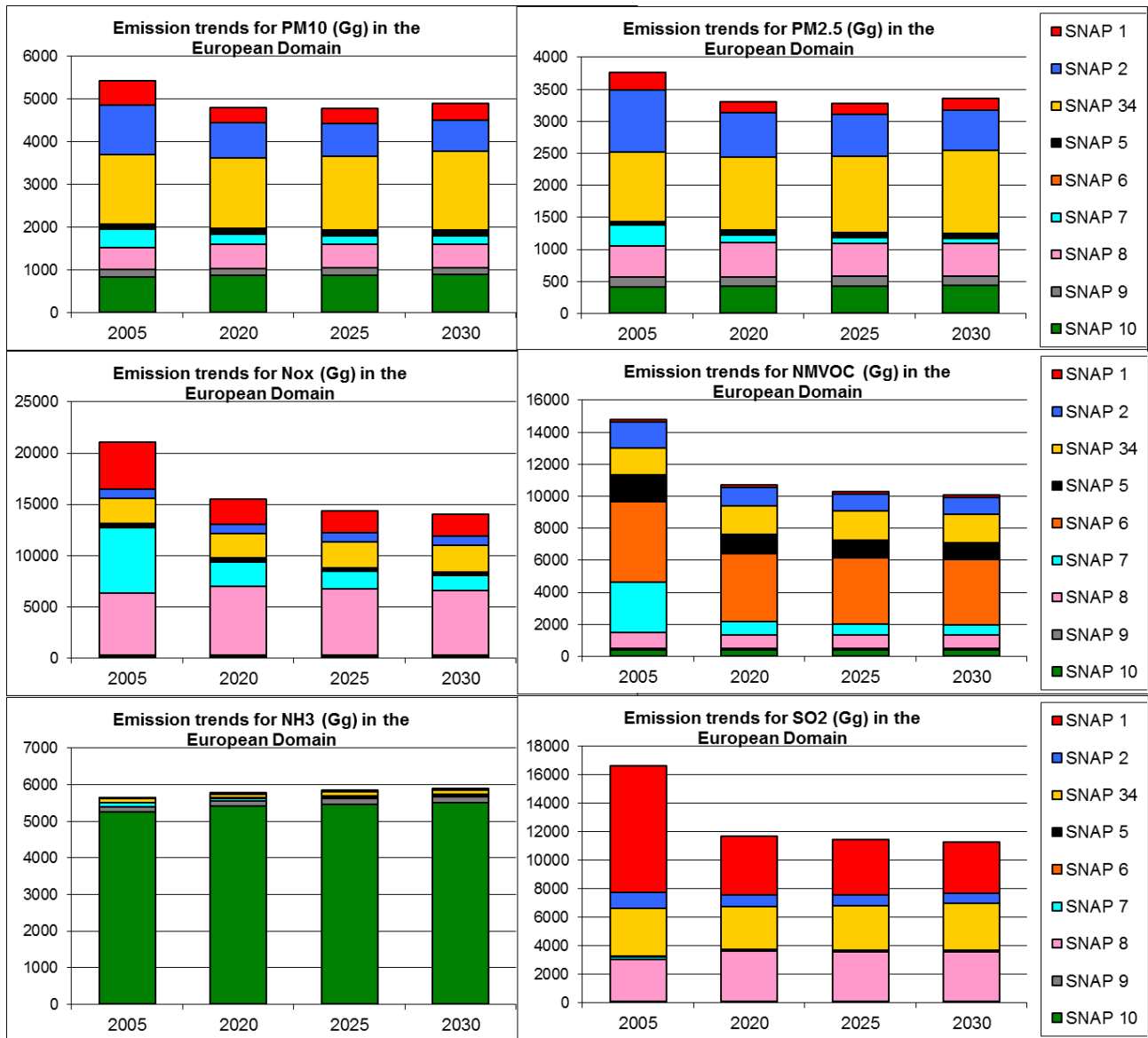
Figure 5 Emission trends for PM₁₀, PM_{2.5}, NO_x, NMVOC, NH₃ and SO₂ for defined country groups.



As shown in Figure 5, the future emission of all pollutants in the EU15 are decreasing compared to 2005. This is the result of implemented environmental policies and measures as well as the result of technology development. For non EU countries the emission for both PM_{2.5} and PM₁₀ are slightly increasing in the future (since only few shared emission reduction policies have been identified by IASA for these countries) and NO_x and NMVOC are decreasing (mainly due the renewal of road vehicle fleets). Important to mention is that NO_x, SO₂ and PM emissions from sea shipping are increasing.

The future emission trends in the specific sectors were also analysed. Figure 6 presents these trends per SNAP sector for selected pollutants (PM₁₀, PM_{2.5}, NO_x, NMVOC, NH₃ and SO₂) for all countries included in this study. (see appendices A,B and C in chapters 8.9.1, 8.9.2, 8.9.3 for tables with corresponding emissions).

Figure 6 Emission trends for PM₁₀, PM_{2.5}, NO_x, NMVOC, NH₃ and SO₂ in the European Domain per SNAP sector.



As shown in the Figure 6, the overall projected emissions of selected pollutants decrease in comparison to 2005, in spite of certain SNAP sectors showing an increase. Emissions of PM_{2.5} and PM₁₀ decrease less than emissions of NO_x and NMVOC. Moreover, total PM emissions in 2030 increase again in comparison to 2025 (Figure 5 and Figure 6).

8.5 Spatial distribution of the emissions

Future emissions were already introduced in the previous Chapter and in the Figure 5 and Figure 6. The final step to be taken is gridding the emissions for the base year (2005) as well as for the future years (2020, 2025 and 2030).

8.5.1 Gridding procedure

The gridding of the emissions for all years has been done in a straightforward way. It starts from the existing PAREST 2005 gridded emission inventory (Denier van der Gon et al. 2010). This map was created using the best available information at the time on point sources, road networks and other proxy parameters for distributing the emissions. From this map, emission distributions per country, pollutant and source category (SNAP level 1) have been calculated and converted to normalised distributions. The results give for each country, pollutant and source category (SNAP level 1) the distribution of the emissions over the grid (adding up to 1 when summing over all grid cells in a country).

These normalised distributions have then been multiplied with the new 2005 emission values per country, pollutant and source category, which results in the new 2005 European emission grid used as the baseline in this project.

Thereafter, the 2020, 2025 and 2030 grids have been calculated by applying the scaling factors (per country, pollutant and source category) to each grid cell.

This chapter presents the results of this procedure and shows the resulting emission maps. Two pollutants were selected: NO_x and PM₁₀. First distributed emissions in 2005 are shown and later the emission changes in 2020 and 2030 compared to 2005. The latter presents the difference between emissions in 2005 and emissions in the projected year.

8.5.2 NO_x emissions

NO_x emissions in 2005 are presented in Figure 7. Emissions vary between 0-120000 tonnes/cell/year with an indicative average value ranging from 50-250 tonnes/cell/year. The differences between 2005 and projected emissions in 2020 and 2030 following the GOTH_PRIMESBL2009_july2011 are presented in Figure 8 and in Figure 9 respectively. The legend scale in both figures (2020 and 2030) is the same and a red scale indicates an increase of NO_x in future years and a blue scale a decrease. NO_x emissions from shipping are projected to increase significantly in 2020 followed by a projected slight decrease in 2030. NO_x emission in the EU27, in both projected years, are decreasing or stabilizing due to implemented environmental legislation, mainly the regulation of vehicle exhaust emissions.

Figure 7 Distribution of NO_x emission in 2005 (emissions expressed in tonnes per grid cell).

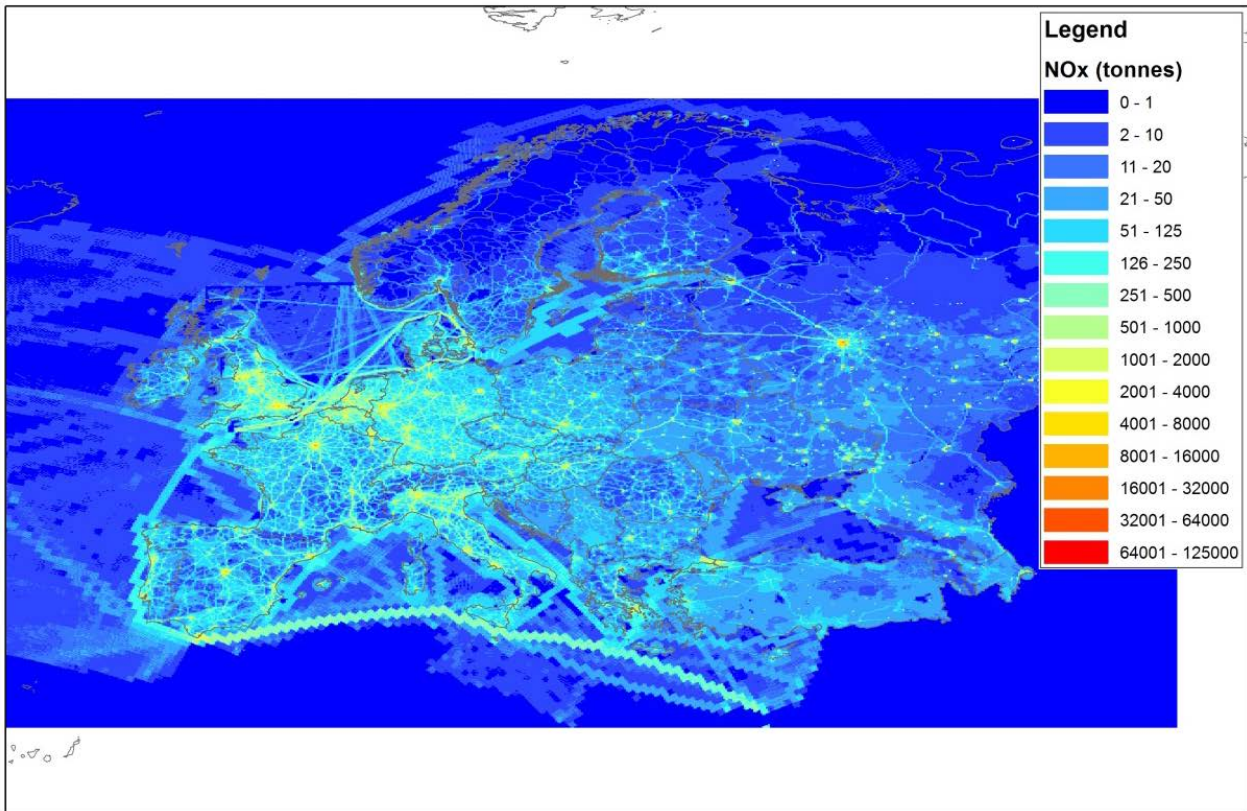


Figure 8 Difference in NO_x emissions between the base year (2005) and the projection year 2020 (emissions expressed in tonnes per grid cell). Negative values indicate a projected increase of NO_x emissions in 2020 compared to 2005.

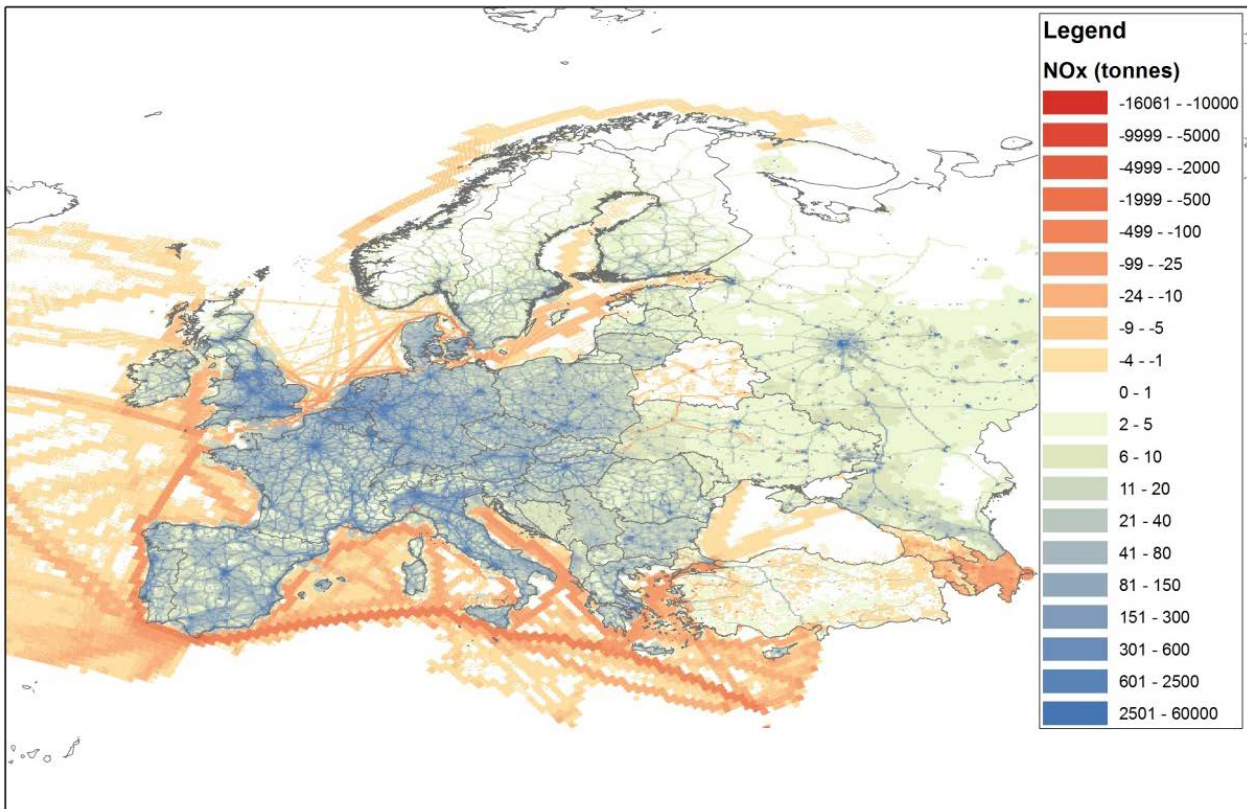
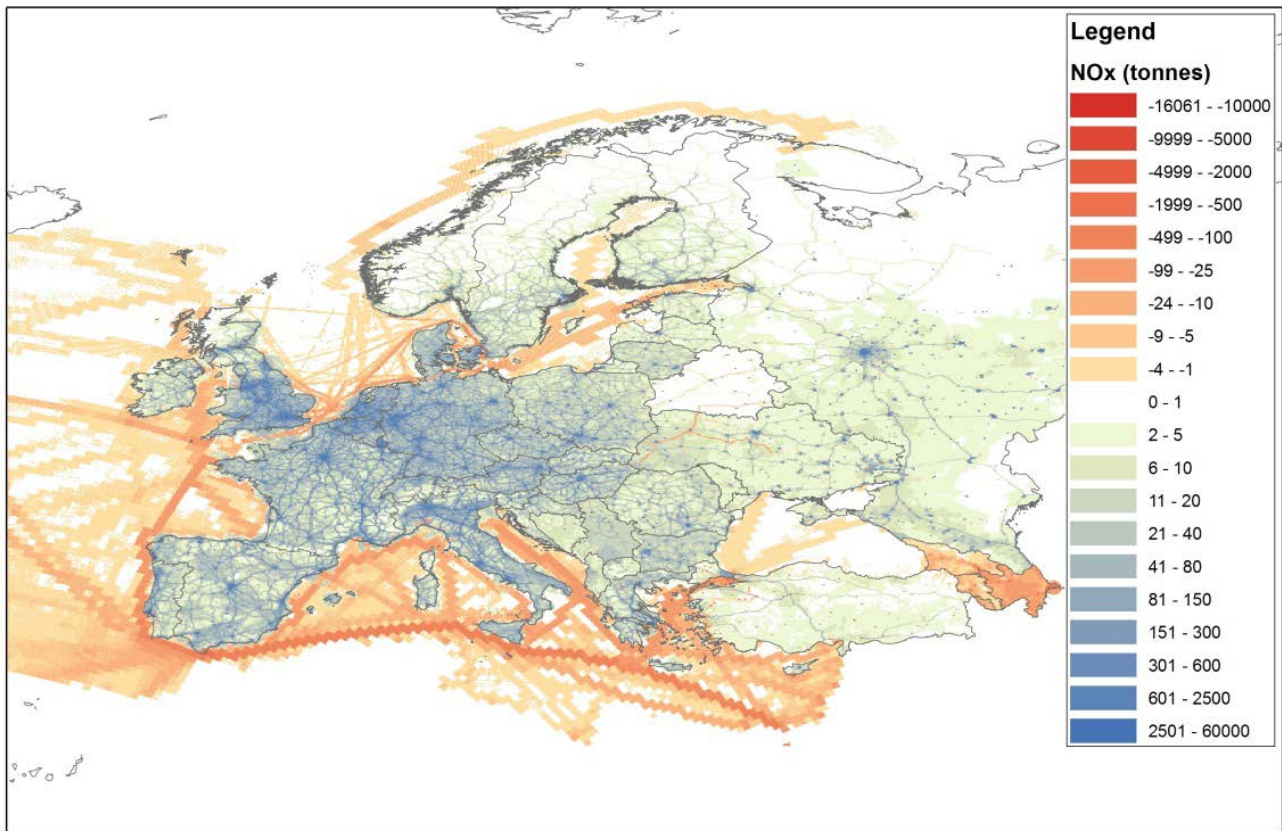


Figure 9 Difference in NO_x emissions between the base year (2005) and the projection year 2030 (emissions expressed in tonnes per grid cell). Negative values indicate a projected increase of NO_x emissions in 2030 compared to 2005.



8.5.3 PM₁₀ emissions

The PM₁₀ emissions in 2005 are presented in Figure 10. Emissions vary between 0-90000 tonnes/cell/year with an indicative average value ranging from 20-100 tonnes/cell/year. The differences between these emissions and projected emissions in 2020 and 2030 following the GOTH_PRIMESBL2009_july2011 are presented in Figure 11 and in Figure 12 respectively. The legend scale in both figures (2020 and 2030) is the same, with a red scale indicating an increase of PM₁₀ emissions in future years and a blue scale a decrease. In both projected years the projected increase in PM₁₀ emissions from sea shipping can be observed. There is a significant projected increase in PM₁₀ emissions in Ukraine, Georgia, Armenia and Azerbaijan in 2020 (due to a projected increase in industrial production), followed by a decrease in 2030, especially in Ukraine. In 2020 and 2030 a projected substantial increase is observed also in Istanbul and Ankara. In the majority of the EU27, the PM₁₀ emissions in both projected years are decreasing.

Figure 10 Distribution of PM₁₀ emission in 2005 (emissions expressed in tonnes per grid cell).

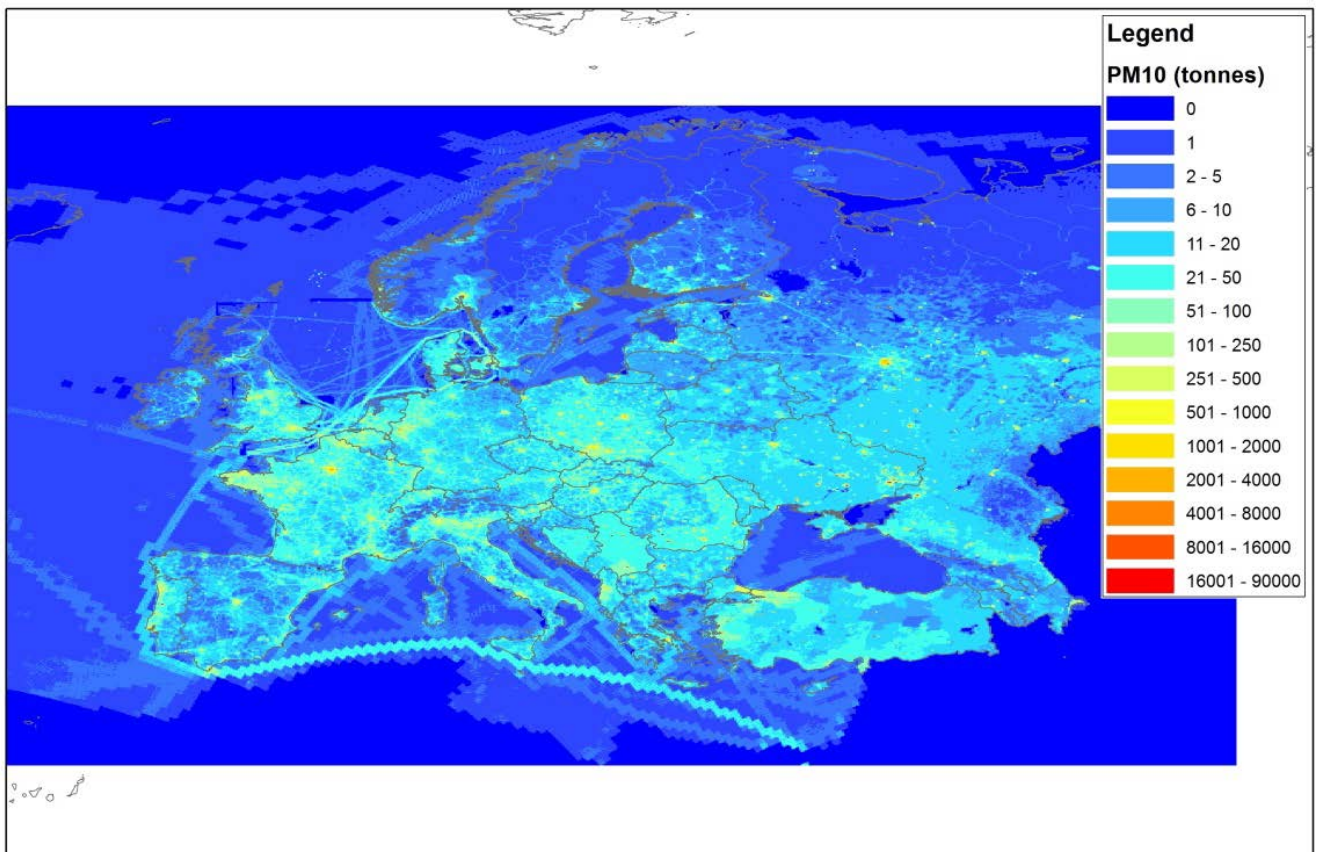
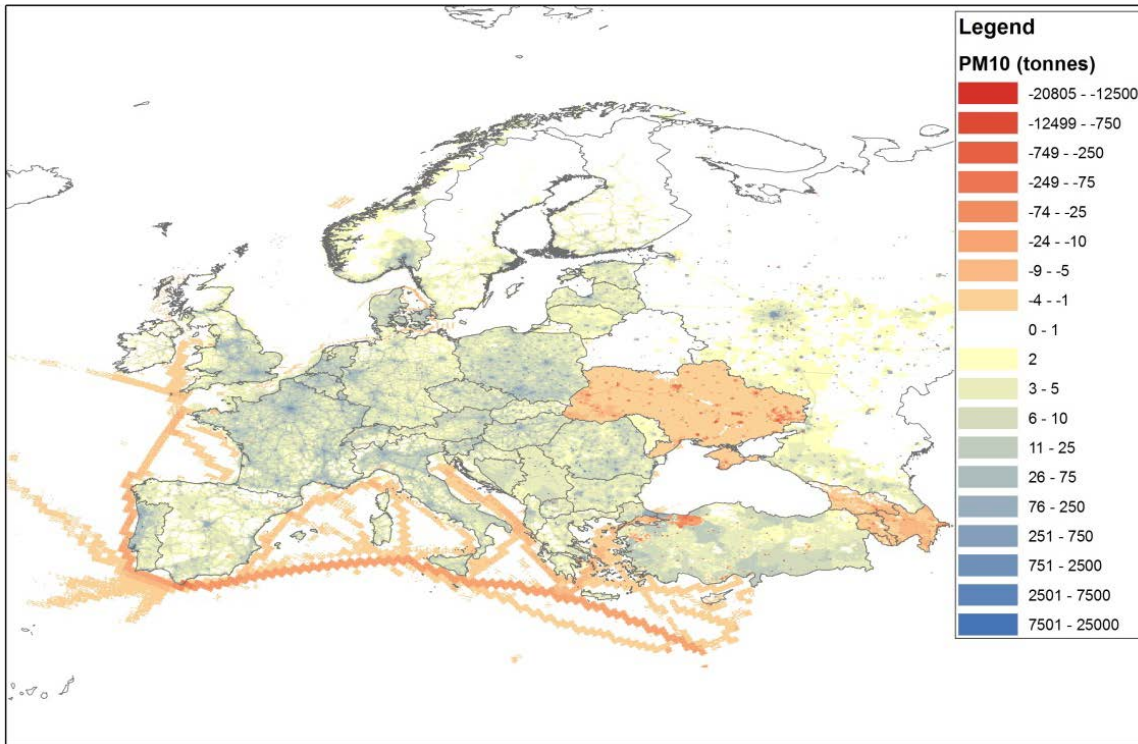
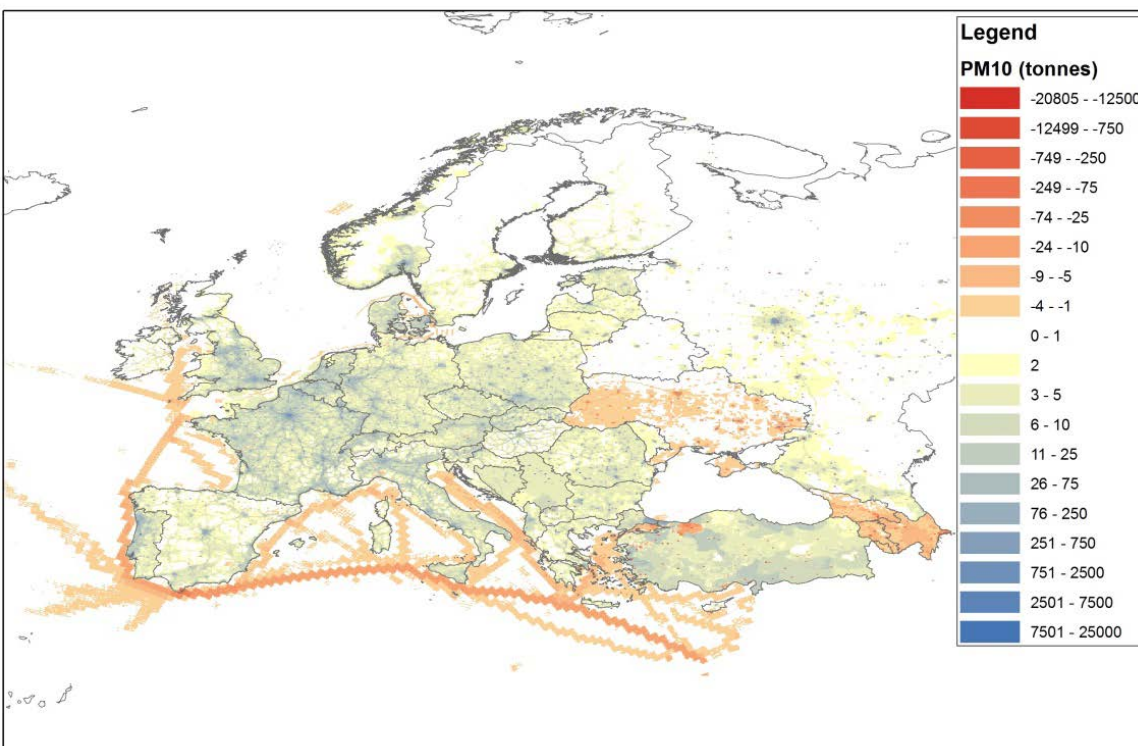


Figure 11 Difference in PM₁₀ emissions between the base year (2005) and the projection year 2020 (emissions expressed in tonnes per gridding cell).



Negative values indicate a projected increase of PM₁₀ emissions in 2020 compared to 2005.

Figure 12 Difference in PM₁₀ emissions between the base year (2005) and the projection year 2030 (emissions expressed in tonnes per gridding cell). Negative values indicate a projected increase of PM₁₀ emissions in 2030 compared to 2005.



Negative values indicate a projected increase of PM₁₀ emissions in 2030 compared to 2005.

8.6 Conclusions

This report describes a new gridded European emission inventory for 2005, with projected emission grids for 2020, 2025 and 2030.

For the 2005 base year, the officially reported emission data from WebDab (CEIP_NFR09) and EEA have been used wherever possible, to stay as close as possible to the officially reported emissions which are used for policy applications. However, for a number of countries and pollutants, these data were rejected either because of insufficient quality, or because the data were not available. This mostly occurs for non EU countries. For these countries, alternative estimates have been used from the IIASA GAINS model or TNO expert judgement. In this way, a complete set of emissions by country and source sector for 2005 was obtained.

These emissions have been distributed over the European grid based on the existing distribution previously developed by TNO in the PAREST project, which meant that for each grid cell the emission value by pollutant, country and source sector has been scaled to reflect the new revised 2005 totals. The new 2005 gridded emission inventory is – for most countries – now fully consistent with the officially reported emissions by country under international conventions with minor deviations due to changes in the allocation of emissions for one or two sources (e.g. Agricultural waste burning).

To calculate emission grids for the future years (2020, 2025 and 2030) a scaling was performed. The IIASA GAINS scenario “GOTH_PRIMESBL2009_July2011” was selected to project emissions to 2020, 2025 and 2030. The emissions were not scaled using national totals but were first broken down by source category (SNAP level 1).

The future emissions of all pollutants in the EU15 are lower than in 2005. For non EU countries the emissions for both $PM_{2.5}$ and PM_{10} are slightly increasing in the future while emissions of NO_x and NMVOC are decreasing. NO_x and PM emissions from sea shipping are increasing in the future.

The overall projected emissions of selected pollutants decrease in comparison to 2005, in spite of certain source sectors showing an increase (increase of PM from SNAP34 and increase of NO_x from SNAP8). Emissions of $PM_{2.5}$ and PM_{10} decrease less than emissions of NO_x and NMVOC. Total PM emissions in 2030 increase again in comparison to 2025.

8.7 References

- Amann, M., W. Asman, I. Bertok, J. Cofala, C. Heyes, Z. Klimont, P. Rafaj, W. Schöpp and F. Wagner, NEC Scenario Analysis Report Nr. 6, National Emissions Ceilings for 2020 based on the 2008 Climate & Energy Package, International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), July 2008
- Amann, M. and W. Schöpp, Calculation of cause-specific mortality impacts of fine particulate matter in GAINS, Background paper for the Meeting of the UNECE Task Force on Health, Version 1 – May 2011, Centre for Integrated Assessment Modelling (CIAM) and International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), May 2011
- CEIP (Centre on Emission Inventories and Projections), WebDab – EMEP database: <http://www.ceip.at/webdab-emission-database/> (accessed in October 2011)
- Cofala, J., International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), Personal communication, October 2011
- Denier van der Gon, H.A.C., A.J.H. Visschedijk, H. van der Brugh, Gridded European emission data for the projection years 2010 2015 and 2020 based on the IIASA GAINS NEC scenarios, A contribution to UBA- Projekt Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung, TNO report TNO-034-UT-2009-02306_RPT-ML, Utrecht, 2009
- Denier van der Gon, H.A.C., A.J.H. Visschedijk, H. van der Brug hand R. Droge, A high resolution European emission database for the year 2005, A contribution to UBA-Projekt “Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung” – PAREST: Partikelreduktionsstrategien – Particle Reduction Strategies, TNO Report TNO-034-UT-2010-01895_RPT-ML, June 2010
- EEA (European Environment Agency), Datasets: http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data#c5=all&c11=air&c17=&c0=5&b_start=0 (accessed in October 2011)
- GOTH_PRIMESBL2009_July2011 PRIMES 2009 baseline scenario as used as a basis for the CIAM 2/2011 scenarios (CLE not COB)
http://gains.iiasa.ac.at/gains/scenario/desc?idscenario_groups=all&idscenarios=GOTH_PRIMESBL2009_July2011&versionID=EUN#GOTH_PRIMESBL2009_July2011 (accessed in October 2011)
- IIASA GAINS (Greenhouse Gas and Air Pollution Interactions and Synergies) Model
<http://gains.iiasa.ac.at/gains/EUR/index.login?logout=1> (accessed in October 2011)
- Kuenen, J., A.J.H. Visschedijk, H.A.C. Denier van der Gon, R. van Gijlswijk. (2010) CO2OP Emissions – Report (not published).
- Moss, R.H., J.A. Edmonds, K.A. Hibbard, M.R. Manning, S.K. Rose, D.P. van Vuuren5 T.R. Carter, S. Emori, M. Kainuma, T. Kram, G.A. Meehl, J.F.B. Mitchell, N. Nakicenovic, K. Riahi, S.J. Smith, R.J. Stouffer, A.M. Thomson, J.P. Weyant and T.J. Wilbanks, The next generation of scenarios for climate change research and assessment, Nature 463, 747-756, February 2010
- Theloke, J., M.Blesl, D. Bruchhof, T.Kampffmeyer, U. Kugler, M. Uzbasich, K. Schenk, H. Denier van der Gon, S. Finardi, P. Radice, R. S. Sokhi, K. Ravindra, S. Beevers, S. Grimmond, I. Coll, R. Friedrich, D. van den Hout, European and megacity baseline scenarios for 2020, 2030 and 2050, MEGAPOLI Deliverable report 1.3, 2011.

8.8 Appendices

8.8.1 Appendix A: Emission trends (Gg) in the European Domain per pollutant / country group / SNAP / year

Table 8-4: CH₄ emission trends (Gg) by country group and by source sector.

	2005	2020	2025	2030
EU15	16094	12476	12127	11820
EU12	5321	3993	3838	3699
nonEU	23769	28893	29551	30015
SEA	0	0	0	0
Total European Domain	45184	45362	45516	45534
SNAP 1	1236	1112	1119	1134
SNAP 2	1855	1778	1838	1883
SNAP 34	446	424	429	434
SNAP 5	14425	17313	17061	16857
SNAP 6	0	0	0	0
SNAP 7	157	61	56	55
SNAP 8	12	12	12	12
SNAP 9	13111	10584	10911	11084
SNAP 10	13942	14077	14090	14075
Total European Domain	45184	45362	45516	45534

Table 8-5: CO emission trends (Gg) by country group and by source sector.

	2005	2020	2025	2030
EU15	24270	15938	15938	15938
EU12	6995	4912	4912	4912
nonEU	14467	10665	10665	10665
SEA	369	509	509	509
Total European Domain	46101	32025	32025	32025
SNAP 1	879	903	903	903
SNAP 2	12617	11876	11876	11876
SNAP 34	9316	9177	9177	9177
SNAP 5	103	115	115	115
SNAP 6	0	0	0	0
SNAP 7	16506	3395	3395	3395
SNAP 8	3038	2933	2933	2933
SNAP 9	669	651	651	651
SNAP 10	2975	2975	2975	2975
Total European Domain	46101	32025	32025	32025

Table 8-6: NH₃ emission trends (Gg) by country group and by source sector.

	2005	2020	2025	2030
EU15	3182	3066	3062	3056
EU12	868	828	831	831
nonEU	1589	1880	1943	2001
SEA	0	0	0	0
Total European Domain	5639	5774	5835	5888
SNAP 1	8	10	10	10
SNAP 2	17	16	17	17
SNAP 34	99	110	117	121
SNAP 5	1	1	1	1
SNAP 6	10	15	15	15
SNAP 7	100	62	59	58
SNAP 8	1	2	2	2
SNAP 9	138	148	148	148
SNAP 10	5265	5409	5466	5516
Total European Domain	5639	5774	5835	5888

Table 8-7: NMVOC emission trends (Gg) by country group and by source sector.

	2005	2020	2025	2030
EU15	7300	4890	4744	4689
EU12	1815	1238	1160	1118
nonEU	5532	4396	4208	4085
SEA	125	172	172	172
Total European Domain	14772	10696	10284	10064
SNAP 1	156	149	143	128
SNAP 2	1588	1148	1078	1048
SNAP 34	1678	1788	1805	1815
SNAP 5	1702	1202	1112	1020
SNAP 6	5030	4220	4143	4118
SNAP 7	3124	837	667	608
SNAP 8	989	849	832	823
SNAP 9	140	142	142	142
SNAP 10	365	363	363	363
Total European Domain	14772	10696	10284	10064

Table 8-8: NO_x emission trends (Gg) by country group and by source sector.

	2005	2020	2025	2030
EU15	9804	5050	4335	3955
EU12	2113	1107	944	857
nonEU	5466	4299	4059	4169
SEA	3671	5015	5015	5015
Total European Domain	21054	15472	14352	13996
SNAP 1	4553	2445	2141	2062
SNAP 2	955	920	917	906
SNAP 34	2440	2360	2477	2630
SNAP 5	357	358	358	358
SNAP 6	0	0	0	0
SNAP 7	6450	2405	1705	1427
SNAP 8	6024	6727	6499	6358
SNAP 9	80	61	61	61
SNAP 10	196	195	195	195
Total European Domain	21054	15472	14352	13996

Table 8-9: PM_{2.5} emission trends (Gg) by country group and by source sector.

	2005	2020	2025	2030
EU15	1150	719	678	663
EU12	527	385	358	336
nonEU	1804	1788	1832	1941
SEA	282	416	416	416
Total European Domain	3762	3307	3284	3355
SNAP 1	276	170	174	184
SNAP 2	963	701	658	631
SNAP 34	1087	1134	1187	1286
SNAP 4	623	681	701	765
SNAP 5	44	62	62	62
SNAP 6	19	20	20	21
SNAP 7	324	115	90	83
SNAP 8	475	533	515	506
SNAP 9	167	149	149	150
SNAP 10	407	424	429	434
Total European Domain	3762	3307	3284	3355

Table 8-10: PM₁₀ emission trends (Gg) by country group and by source sector

	2005	2020	2025	2030
EU15	1709	1183	1142	1127
EU12	833	607	566	539
nonEU	2590	2569	2635	2795
SEA	297	439	439	439
Total European Domain	5430	4798	4781	4900
SNAP 1	577	353	362	386
SNAP 2	1146	829	766	728
SNAP 34	1642	1644	1715	1851
SNAP 5	97	115	115	115
SNAP 6	25	26	26	26
SNAP 7	416	228	207	204
SNAP 8	515	568	548	538
SNAP 9	184	166	166	166
SNAP 10	828	868	877	887
Total European Domain	5430	4798	4781	4900

Table 8-11: SO₂ emission trends (Gg) by country group and by source sector.

	2005	2020	2025	2030
EU15	4564	1678	1508	1416
EU12	3866	1139	1055	984
nonEU	5673	5496	5526	5507
SEA	2566	3360	3360	3360
Total European Domain	16669	11673	11448	11267
SNAP 1	8945	4106	3877	3576
SNAP 2	1085	801	776	742
SNAP 34	2646	2372	2456	2581
SNAP 5	99	99	99	99
SNAP 6	0	0	0	0
SNAP 7	181	12	13	13
SNAP 8	2940	3577	3500	3500
SNAP 9	58	40	39	39
SNAP 10	14	17	17	17
Total European Domain	16669	11673	11448	11267

8.8.2 Appendix B: National total emission data per year

Table 8-12: Summary of the 2005 emission data by country and substance (Gg).

ISO3	name	CH4	CO	NH ₃	NM VOC	NO _x	PM _{2.5}	PM ₁₀	SO ₂
ALB	Albania	102	161	27	33	29	14	18	39
ARM	Armenia	153	74	15	27	9	5	7	10
AUT	Austria	291	821	63	164	237	23	39	27
AZE	Azerbaijan	442	174	51	281	113	18	27	185
BEL	Belgium	326	797	72	154	290	26	36	145
BGR	Bulgaria	466	440	64	134	203	50	75	1143
BIH	Bosnia & Herzegovina	166	94	18	41	34	19	36	225
BLR	Belarus	594	480	117	202	167	53	71	84
CHE	Switzerland	181	322	63	99	92	10	21	18
CYP	Cyprus	51	26	6	11	21	3	4	36
CZE	Czech Republic	560	934	68	182	278	34	48	219
DEU	Germany	2725	3726	578	1163	1589	122	217	539
DNK	Denmark	273	466	84	117	182	25	32	23
ESP	Spain	1705	1986	367	819	1410	113	158	1274
EST	Estonia	80	166	10	37	36	21	28	76
FIN	Finland	216	533	36	132	177	34	51	69
FRA	France	3121	5412	751	1226	1431	320	493	463
GBR	United Kingdom	2306	3481	309	1079	1560	82	133	698
GEO	Georgia	151	347	38	53	52	7	10	14
GRC	Greece	443	751	68	222	419	53	79	528
HRV	Croatia	149	377	41	105	82	14	20	64
HUN	Hungary	430	592	80	176	203	33	54	147
IRL	Ireland	618	194	113	56	127	11	17	71
ITA	Italy	1956	3570	416	1272	1222	146	181	403
LTU	Lithuania	171	221	40	79	57	12	14	42
LUX	Luxembourg	22	15	5	14	51	3	4	2
LVA	Latvia	96	279	16	73	37	28	34	7
MDA	Republic of Moldova	111	184	17	31	26	10	15	7
MKD	FYR of Macedonia	64	63	8	21	32	12	22	100
MLT	Malta	12	10	2	3	9	1	2	11
NLD	Netherlands	819	668	129	176	341	18	32	65
NOR	Norway	209	388	23	222	206	51	58	24
POL	Poland	1790	2533	327	546	786	138	290	1235
PRT	Portugal	599	558	53	201	292	83	118	180
ROU	Romania	1343	1352	208	459	333	153	218	821
RUS	Russian Federation	15118	6206	525	3140	3118	803	1154	1960
SVK	Slovakia	219	285	29	76	104	39	47	89
SVN	Slovenia	103	157	18	37	47	14	19	40

ISO3	name	CH ₄	CO	NH ₃	NM VOC	NO _x	PM _{2.5}	PM ₁₀	SO ₂
SWE	Sweden	282	582	53	184	176	29	42	36
TUR	Turkey	2494	2647	416	660	733	354	472	1464
UKR	Ukraine	3902	3193	252	785	907	430	629	1065
YUG	Yugoslavia	321	465	64	155	165	64	109	454

Table 8-13: Summary of the 2005 emission data by sea and substance (Gg).

ISO3	name	CH ₄	CO	NH ₃	NM VOC	NO _x	PM _{2.5}	PM ₁₀	SO ₂
ATL	Remaining North-East Atlantic Ocean	0	68	0	23	692	54	57	474
BAS	Baltic Sea	0	35	0	12	343	25	27	245
BLS	Black Sea	0	9	0	3	90	7	7	65
MED	Mediterranean Sea	0	182	0	61	1807	139	147	1257
NOS	North Sea	0	75	0	26	739	56	59	526

Table 8-14: Summary of the 2020 emission data by country and substance (Gg).

ISO3	name	CH ₄	CO	NH ₃	NM VOC	NO _x	PM _{2.5}	PM ₁₀	SO ₂
ALB	Albania	118	96	37	26	23	12	16	14
ARM	Armenia	379	102	33	43	17	7	11	16
AUT	Austria	227	557	65	108	110	14	30	20
AZE	Azerbaijan	1102	185	113	495	212	30	53	458
BEL	Belgium	318	837	76	118	169	18	27	80
BGR	Bulgaria	286	259	59	84	94	34	46	204
BIH	Bosnia & Herzegovina	164	58	19	28	22	12	18	44
BLR	Belarus	704	339	145	176	149	53	71	89
CHE	Switzerland	183	200	65	66	55	7	15	14
CYP	Cyprus	42	13	5	7	13	1	2	2
CZE	Czech Republic	409	612	58	119	152	25	37	117
DEU	Germany	1993	2280	560	910	886	79	154	327
DNK	Denmark	236	294	60	73	85	14	21	14
ESP	Spain	1465	1485	364	581	689	69	106	261
EST	Estonia	58	126	9	25	22	9	12	30
FIN	Finland	162	328	37	91	128	27	42	37
FRA	France	2509	4216	729	695	609	206	361	201
GBR	United Kingdom	1551	1507	289	737	666	45	88	232
GEO	Georgia	352	356	85	78	98	10	17	29
GRC	Greece	380	477	64	136	301	32	47	120
HRV	Croatia	160	249	43	74	53	11	17	17
HUN	Hungary	278	283	73	131	95	27	46	103
IRL	Ireland	587	75	108	42	64	7	11	28
ITA	Italy	1496	2333	400	805	700	100	133	221

ISO3	name	CH ₄	CO	NH ₃	NMVOC	NO _x	PM _{2.5}	PM ₁₀	SO ₂
LTU	Lithuania	123	167	38	52	26	8	10	6
LUX	Luxembourg	20	11	4	6	17	2	3	1
LVA	Latvia	56	235	15	59	24	23	29	5
MDA	Republic of Moldova	111	90	17	25	20	9	14	5
MKD	FYR of Macedonia	62	43	9	14	20	7	10	15
MLT	Malta	8	10	1	3	4	0	1	3
NLD	Netherlands	588	301	124	133	166	9	22	31
NOR	Norway	184	286	23	123	165	29	36	22
POL	Poland	1433	1834	335	351	429	112	238	468
PRT	Portugal	389	428	51	149	156	43	55	45
ROU	Romania	1053	1102	196	303	158	108	141	145
RUS	Russian Federation	18641	4218	548	2219	2151	844	1213	1834
SVK	Slovakia	165	157	24	78	64	26	30	37
SVN	Slovenia	84	114	16	27	28	12	16	17
SWE	Sweden	188	323	47	117	84	18	31	24
TUR	Turkey	3247	2020	493	471	802	326	473	1780
UKR	Ukraine	3566	2587	284	641	640	422	596	1101
YUG	Yugoslavia	287	322	54	107	91	45	61	92

Table 8-15: Summary of the 2020 emission data by sea and substance (Gg).

ISO3	name	CH ₄	CO	NH ₃	NMVOC	NO _x	PM _{2.5}	PM ₁₀	SO ₂
ATL	Remaining North-East Atlantic Ocean	0	115	0	40	1114	98	103	848
BAS	Baltic Sea	0	35	0	12	395	28	29	166
BLS	Black Sea	0	11	0	4	98	9	9	76
MED	Mediterranean Sea	0	272	0	91	2602	223	236	1923
NOS	North Sea	0	75	0	26	805	58	61	347

Table 8-16: Summary of the 2025 emission data by country and substance (Gg).

ISO3	name	CH ₄	CO	NH ₃	NMVOC	NO _x	PM _{2.5}	PM ₁₀	SO ₂
ALB	Albania	135	96	43	24	22	11	16	15
ARM	Armenia	389	102	34	43	16	7	11	17
AUT	Austria	222	557	65	108	94	13	30	19
AZE	Azerbaijan	1125	185	117	493	197	30	55	449
BEL	Belgium	317	837	76	111	149	17	27	80
BGR	Bulgaria	269	259	61	76	81	32	44	178
BIH	Bosnia & Herzegovina	166	58	20	26	21	12	18	46
BLR	Belarus	781	339	148	158	150	53	72	91
CHE	Switzerland	182	200	64	62	53	8	15	11
CYP	Cyprus	47	13	6	7	10	1	2	2

ISO3	name	CH ₄	CO	NH ₃	NMVOC	NO _x	PM _{2.5}	PM ₁₀	SO ₂
CZE	Czech Republic	393	612	58	116	124	24	36	101
DEU	Germany	1879	2280	549	877	814	78	154	327
DNK	Denmark	230	294	59	60	71	13	20	14
ESP	Spain	1450	1485	363	599	588	65	104	233
EST	Estonia	58	126	9	22	18	9	12	27
FIN	Finland	152	328	37	93	123	27	41	38
FRA	France	2496	4216	731	663	487	191	346	192
GBR	United Kingdom	1462	1507	293	736	562	41	84	181
GEO	Georgia	373	356	88	77	91	10	17	29
GRC	Greece	362	477	65	132	241	30	44	94
HRV	Croatia	168	249	44	69	46	11	17	18
HUN	Hungary	253	283	73	120	76	23	41	104
IRL	Ireland	597	75	109	41	55	7	11	26
ITA	Italy	1427	2333	401	748	585	91	125	169
LTU	Lithuania	112	167	37	51	21	8	9	6
LUX	Luxembourg	19	11	4	6	12	1	3	1
LVA	Latvia	55	235	15	48	19	21	26	5
MDA	Republic of Moldova	111	90	18	22	19	9	13	5
MKD	FYR of Macedonia	58	43	9	12	18	7	10	15
MLT	Malta	9	10	2	3	3	0	1	2
NLD	Netherlands	582	301	124	132	147	9	21	31
NOR	Norway	182	286	23	121	155	28	35	24
POL	Poland	1374	1834	347	334	370	99	213	442
PRT	Portugal	385	428	51	141	126	41	52	48
ROU	Romania	1025	1102	186	278	142	102	134	137
RUS	Russian Federation	18887	4218	555	2085	1957	843	1217	1910
SVK	Slovakia	160	157	23	79	60	29	33	39
SVN	Slovenia	83	114	16	25	20	11	15	12
SWE	Sweden	184	323	46	115	71	18	30	21
TUR	Turkey	3542	2020	519	467	801	350	510	1764
UKR	Ukraine	3548	2587	294	632	637	445	620	1072
YUG	Yugoslavia	267	322	53	100	86	44	60	94

Table 8-17: Summary of the 2025 emission data by sea and substance (Gg).

ISO3	name	CH ₄	CO	NH ₃	NMVOC	NO _x	PM _{2.5}	PM ₁₀	SO ₂
ATL	Remaining North-East Atlantic Ocean	0	115	0	40	1114	98	103	848
BAS	Baltic Sea	0	35	0	12	395	28	29	166
BLS	Black Sea	0	11	0	4	98	9	9	76
MED	Mediterranean Sea	0	272	0	91	2602	223	236	1923
NOS	North Sea	0	75	0	26	805	58	61	347

Table 8-18: Summary of the 2030 emission data by country and substance (Gg).

ISO3	name	CH ₄	CO	NH ₃	NM VOC	NO _x	PM _{2.5}	PM ₁₀	SO ₂
ALB	Albania	129	96	42	23	19	11	16	15
ARM	Armenia	395	102	35	42	17	7	11	18
AUT	Austria	221	557	65	108	88	13	31	19
AZE	Azerbaijan	1135	185	121	493	200	30	57	396
BEL	Belgium	320	837	77	108	147	17	27	79
BGR	Bulgaria	270	259	60	72	76	30	43	155
BIH	Bosnia & Herzegovina	163	58	21	25	20	12	18	49
BLR	Belarus	874	339	152	150	153	53	72	96
CHE	Switzerland	182	200	64	61	50	8	15	11
CYP	Cyprus	51	13	6	7	9	1	2	2
CZE	Czech Republic	381	612	57	113	114	22	34	97
DEU	Germany	1761	2280	541	844	755	76	152	301
DNK	Denmark	227	294	59	58	64	12	19	14
ESP	Spain	1437	1485	370	593	508	63	103	216
EST	Estonia	56	126	9	22	17	9	11	28
FIN	Finland	148	328	37	96	119	26	40	39
FRA	France	2488	4216	727	646	435	188	342	178
GBR	United Kingdom	1382	1507	294	748	512	41	84	164
GEO	Georgia	392	356	91	75	95	10	17	26
GRC	Greece	356	477	65	130	217	29	44	90
HRV	Croatia	173	249	46	66	42	10	16	18
HUN	Hungary	233	283	71	113	67	21	38	104
IRL	Ireland	587	75	109	41	52	6	10	25
ITA	Italy	1382	2333	398	728	524	92	127	156
LTU	Lithuania	106	167	38	50	18	7	9	6
LUX	Luxembourg	19	11	4	6	10	1	3	1
LVA	Latvia	52	235	15	47	17	18	23	5
MDA	Republic of Moldova	106	90	19	21	17	9	13	6
MKD	FYR of Macedonia	54	43	9	11	16	6	9	14
MLT	Malta	8	10	2	3	2	0	1	1
NLD	Netherlands	575	301	126	132	136	8	20	28
NOR	Norway	178	286	24	121	152	26	34	25
POL	Poland	1335	1834	342	325	330	95	206	403
PRT	Portugal	378	428	53	158	118	38	49	47
ROU	Romania	972	1102	193	265	132	95	127	133
RUS	Russian Federation	19056	4218	562	1998	1958	857	1241	1979
SVK	Slovakia	157	157	22	79	55	28	32	37
SVN	Slovenia	80	114	16	25	19	9	14	12
SWE	Sweden	179	323	44	113	68	18	30	22
TUR	Turkey	3850	2020	546	458	851	372	541	1557

ISO3	name	CH ₄	CO	NH ₃	NM VOC	NO _x	PM _{2.5}	PM ₁₀	SO ₂
UKR	Ukraine	3438	2587	304	623	699	520	723	1239
YUG	Yugoslavia	250	322	52	97	83	45	60	96

Table 8-19: Summary of the 2030 emission data by country / sea and substance (Gg).

ISO3	name	CH ₄	CO	NH ₃	NM VOC	NO _x	PM _{2.5}	PM ₁₀	SO ₂
ATL	Remaining North-East Atlantic Ocean	0	115	0	40	1114	98	103	848
BAS	Baltic Sea	0	35	0	12	395	28	29	166
BLS	Black Sea	0	11	0	4	98	9	9	76
MED	Mediterranean Sea	0	272	0	91	2602	223	236	1923
NOS	North Sea	0	75	0	26	805	58	61	347

8.8.3 Appendix C: European anthropogenic emission data for NO_x, SO₂, NM VOC, CH₄, NH₃, CO, PM₁₀ and PM_{2.5} for the years 2005, 2020, 2025 and 2030 per country by source sector

This data is available on request.

Please contact Magdalena Jozwicka: magdalena.jozwicka@tno.nl

9 Anhang II: Erzeugungsdaten für ausgewählte energieintensive Produkte

Tabelle 9-1: Erzeugungsdaten für ausgewählte energieintensive Produkte/Prozesse

	Erzeugung in kt		
	2008	2020	2030
Sintern	30.074	27.079	23.042
Oxygenstahl-Hochofen	31.193	28.721	24.565
Elektrostahl	14.639	17.018	17.797
Walzstahl	39.805	40.432	39.241
Koksofen	8.423	7.180	6.141
Schmelzreduktionsverfahren	-	1.000	3.000
Direktes Reduktionverfahren	520	593	593
Eisen und Stahl	124.654	122.023	114.379
Aluminium primär	606	550	485
Aluminium sekundär	721	824	899
Aluminium Strangpressen	590	617	680
Aluminium Gießereien	789	828	828
Aluminium Walzen	1.896	2.069	2.281
Kupfer primär	301	350	350
Kupfer sekundär	389	301	301
Kupferbearbeitung	1.866	1.858	1.858
Primärzink	214	238	238
Sekundärzink	78	89	89
NE-Metalle	7.450	7.724	8.009
Behälterglas	4.451	4.601	4.818
Flachglas	1.802	1.906	1.996
Glasfaser	864	1.064	1.114
Glas	7.515	8.075	8.455
übriges Glas	398	504	527
Haushaltswaren	50	57	58
Sanitärkeramik	64	65	65
Technische Keramik u. Sonstige	250	242	242
Feuerfestkeramik	1.034	1.009	1.046
Fliesen, Platten, andere	1.259	1.289	1.332
Keramik	2.657	2.662	2.743
Papier	22.828	25.040	25.567
Zellstoffverfahren	1.520	1.355	1.107
Holzstoff- Verfahren	1.383	1.490	1.217
Altpapierstoff	15.600	17.242	17.929
Papiergewerbe	41.331	45.127	45.820

	Erzeugung in kt		
	2008	2020	2030
Adipinsäure	428	456	552
Ammoniak 1, Erdgas	2.197	2.569	2.569
Ammoniak 2, andere KW	1.082	880	880
Calciumcarbid	223	190	190
Industrieruß	656	665	665
Chlor, Diaphragma-Verfahren	1.376	1.162	-
Chlor, Membran-Verfahren	2.505	3.615	4.777
Chlor, Amalgam-Verfahren	883	-	-
Ethylen1, Naphta	3.749	4.014	4.426
Ethylen 2, gasförmige KW	400	428	472
Ethylen 3, andere KW	800	856	944
Methanol 1, Erdgas	370	445	445
Methanol 2, erdölbasierte KW	1.226	1.478	1.478
Methanol 3, Klärschlamm	84	101	101
Salpetersäure	5.324	5.604	5.604
Sauerstoff [Tsd. m ³]	7.210	8.082	8.910
Polycarbonat	397	601	727
Polyethylen	2.728	3.287	3.624
Polypropylen	2.006	2.227	2.455
Polysulfone	288	449	594
Soda	1.567	1.415	1.415
TDO	763	528	639
Titandioxid 1, Sulfat	347	369	406
Titandioxid 2, Chlor	108	114	126
Chemie	36.717	39.535	41.999
Klinkerbrennen (trocken)	23.457	23.790	22.122
Klinkerbrennen (halbtrocken)	1.909	-	-
Klinkerbrennen (feucht)	-	-	-
Aufbereitung von Kalkstein	21.000	24.450	23.289
Gips	953	953	953
Zementmahlen	33.581	32.589	32.061
Kalkmahlen	5.359	5.250	5.250
Ziegel	13.221	12.956	12.746
Kalkbrennen	7.012	7.000	7.000
Nicht metallische Mineralstoffe	106.492	106.988	103.421
Zucker	3.655	3.963	3.884
Molkerei	12.533	14.298	14.015
Bierbrauen	9.991	9.951	9.560
Fleischverarbeitung	4.208	4.880	4.929
Backwaren	4.661	4.504	4.459

Stärke	1.441	1.885	1.866
Nahrungsmittel	36489	39481	38713

10 Anhang III: Modellierung mit Hilfe eines Chemie-Transport-Modells

10.1 Die RCG-Modellgebiete

Zur Anwendung des RCG-Modells im Projekt Luftqualität 2020/2030 werden Berechnungen in den zwei Skalen Europa und Deutschland (Nest 1) durchgeführt. Die Randbedingungen für Nest 1 liefert die europaweite RCG-Anwendung im so genannten Nest 0. Abbildung 10-1 und Abbildung 10-2 zeigen die zwei hier verwendeten Modellgebiete.

Abbildung 10-1: RCG-Rechengebiet Nest 0 (NO): Europäischer Hintergrund, Auflösung circa $32 \times 28 \text{ km}^2$, 0.25° Breite, 0.5° Länge, 82×125 Gitterzellen, Rechengebiet: -10°W bis 30°Ost , 35.25°N bis 66.0°N

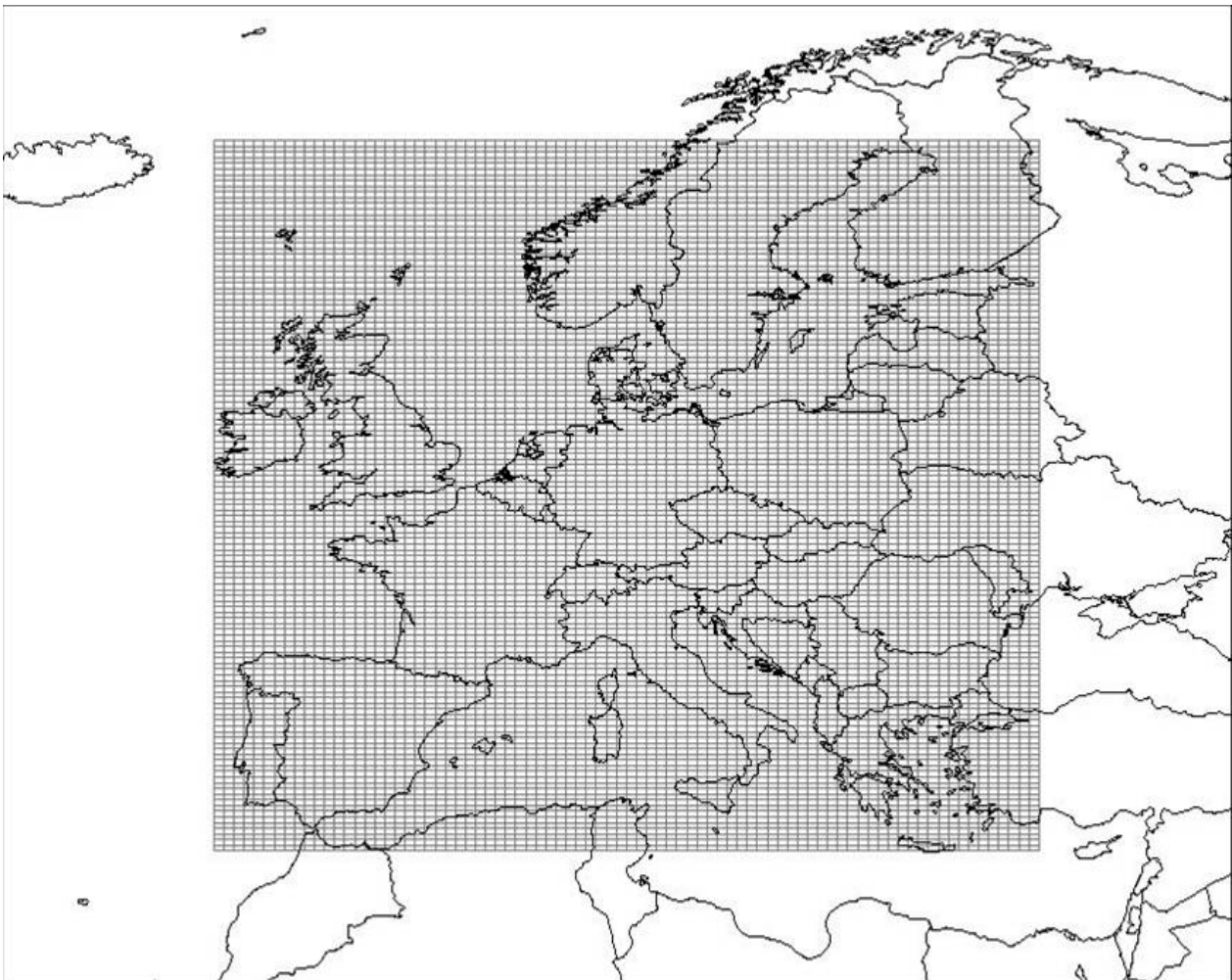
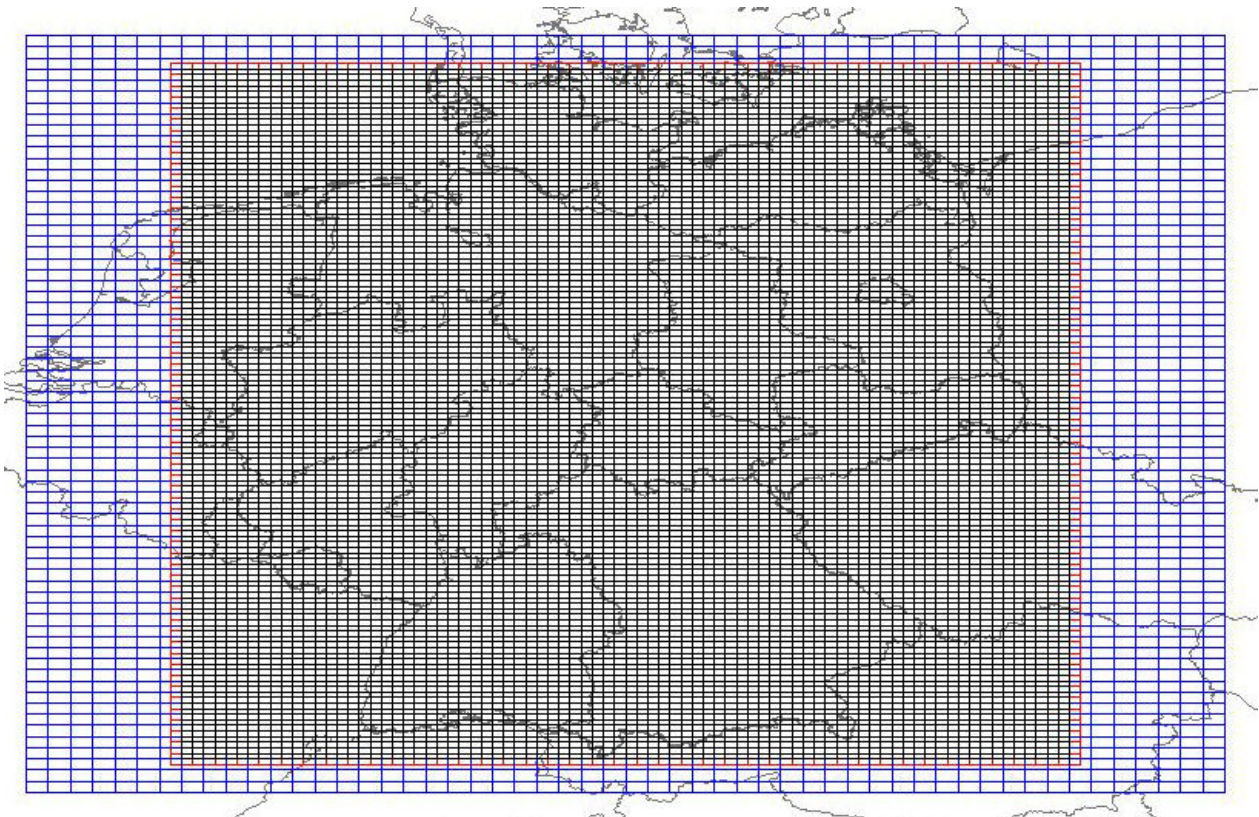


Abbildung 10-2: Nest 1 (N1) Deutschland, Auflösung circa 8 km x 7 km, 0.0625° Breite, 0.125° Länge (N0/4, N1/2), 82 x 126 Gitterzellen (schwarz) incl. Randreihen (rot), Rechengebiet: 5.5° O bis 15.5° O, 47.25° N bis 55.0° N



10.2 Für die Ausbreitungsrechnung verwendete Emissionen in Deutschland: Referenzjahre 2005, 2020, 2025 und 2030

In diesem Anhang sind die für die RCG-Ausbreitungsrechnungen in Deutschland benutzten Emissionen der Referenzjahre 2005, 2020, 2025 und 2030 zusammengestellt. Diese Angaben beruhen auf den In Kapitel 3 beschriebenen Szenarien.

10.2.1 Emissionen 2005

Tabelle 10-1: Emissionen (t/Jahr) APS-Referenz 2005, Deutschland für 15 Verursachergruppen. Abgeleitet aus den von IER gelieferten Raster-Daten.

2005		NO _x	NM VOC	SOX	NH ₃	PM _{2.5}	PM ₁₀
1	Combustion_in_energy_and_transformation_industries	290.001	11.395	288.567	2.779	10.560	11.975
2	Non-industrial_combustion_plants	92.804	38.483	69.654	2.838	24.166	25.563
3	Combustion_in-manufacturing_industry	88.827	6.742	58.917	980	6.533	8.464
4	Production_processes	97.806	56.845	85.467	12.037	17.525	55.406
5	Extraction_and_distribution_of_fossil_fuels	7.903	69.627	11.271	0	383	1.759
6	Solvent_and_other_product_use	0	742.624	0	1.733	9.068	9.068
7	Road_Transport_Gasoline	167.604	168.631	406	22.680	2.099	2.099
8	Road_Transport_Diesel	584.172	31.747	430	407	24.475	24.475
9	Brake_and_Tyrewear	0	0	0	0	10.339	19.141
10	Road_Transport_Volatilisation_Losses	0	8.379	0	0	0	0
11	Road_Dust_Resuspension	0	0	0	0	4.710	47.098
12	Other_mobile_sources_and_machinery	192.414	59.129	1.822	91	21.927	21.927
13	Waste_Handling_and_Disposal	113	5	20	0	6	7
14	Agriculture	112.480	254.742	0	535.276	6.302	39.466
15	Airports	9.691	1.143	224	140	73	73
	SUM OVER ALL SECTORS	1.643.814	1.449.491	516.778	578.960	138.165	266.521

Erklärung der Abkürzungen und Zeichen: APS = Aktuelle Politik-Szenario, EWS = Energiewende-Szenario, + = Mit zusätzlichen Maßnahmen, LaWi = Landwirtschaft

10.2.2 Emissionen 2020

Tabelle 10-2: Emissionen (t/Jahr) APS-Referenz 2020, Deutschland für 15 Verursachergruppen. Abgeleitet aus den von IER gelieferten Raster-Daten.

2020		NO _x	NM VOC	SOX	NH ₃	PM _{2.5}	PM ₁₀
1	Combustion_in_energy_and_transformation_industries	260.555	15.419	176.566	2.438	8.419	9.540
2	Non-industrial_combustion_plants	87.356	49.525	52.006	2.162	23.098	24.920
3	Combustion_in-manufacturing_industry	108.875	13.359	42.080	1.582	11.034	13.025
4	Production_processes	83.686	54.648	80.841	13.170	12.018	45.556
5	Extraction_and_distribution_of_fossil_fuels	6.707	62.972	9.564	0	373	1.595
6	Solvent_and_other_product_use	0	645.326	0	1.733	8.791	8.791
7	Road_Transport_Gasoline	35.066	65.177	244	10.250	618	618
8	Road_Transport_Diesel	191.674	10.403	526	579	3.166	3.166
9	Brake_and_Tyrewear	0	0	0	0	12.069	22.354
10	Road_Transport_Volatilisation_Losses	0	2.638	0	0	0	0
11	Road_Dust_Resuspension	0	0	0	0	5.522	55.220
12	Other_mobile_sources_and_machinery	112.380	28.445	641	77	8.348	8.348
13	Waste_Handling_and_Disposal	154	7	27	0	8	10
14	Agriculture	112.168	254.742	0	550.396	6.265	38.915
15	Airports	13.173	1.213	241	205	63	63
	SUM OVER ALL SECTORS	1.011.793	1.203.874	362.736	582.591	99.791	232.119

Tabelle 10-3: Änderung (%) der Emissionen der APS-Referenz 2020 bezogen auf die APS-Referenz 2005, Deutschland.

2020-2005		NO _x	NM VOC	SOX	NH ₃	PM25	PM ₁₀
1	Combustion_in_energy_and_transformation_industries	-10,2	35,3	-38,8	-12,3	-20,3	-20,3
2	Non-industrial_combustion_plants	-5,9	28,7	-25,3	-23,8	-4,4	-2,5
3	Combustion_in-manufacturing_industry	22,6	98,1	-28,6	61,4	68,9	53,9
4	Production_processes	-14,4	-3,9	-5,4	9,4	-31,4	-17,8
5	Extraction_and_distribution_of_fossil_fuels	-15,1	-9,6	-15,1		-2,7	-9,4
6	Solvent_and_other_product_use		-13,1		0,0	-3,1	-3,1
7	Road_Transport_Gasoline	-79,1	-61,3	-39,9	-54,8	-70,6	-70,6
8	Road_Transport_Diesel	-67,2	-67,2	22,4	42,4	-87,1	-87,1
9	Brake_and_Tyrewear					16,7	16,8
10	Road_Transport_Volatilisation_Losses		-68,5				
11	Road_Dust_Resuspension					17,2	17,2
12	Other_mobile_sources_and_machinery	-41,6	-51,9	-64,8	-15,6	-61,9	-61,9
13	Waste_Handling_and_Disposal	36,9	38,3	36,7		37,9	37,0
14	Agriculture	-0,3	0,0		2,8	-0,6	-1,4
15	Airports	35,9	6,2	7,4	46,9	-14,3	-14,3
	SUM OVER ALL SECTORS	-38,4	-16,9	-29,8	0,6	-27,8	-12,9

Tabelle 10-4: Emissionen (t/Jahr) APS+-Referenz 2020, Deutschland für 15 Verursachergruppen. Abgeleitet aus den von IER gelieferten Raster-Daten.

APS+2020		NO _x	NM VOC	SOX	NH ₃	PM25	PM ₁₀
1	Combustion_in_energy_and_transformation_industries	243.298	15.419	131.203	2.438	6.509	7.319
2	Non-industrial_combustion_plants	80.737	49.525	52.006	2.162	23.098	24.920
3	Combustion_in-manufacturing_industry	105.665	13.359	39.255	1.582	10.735	12.880
4	Production_processes	67.739	54.648	52.503	11.800	12.016	45.304
5	Extraction_and_distribution_of_fossil_fuels	6.707	62.972	9.564	0	373	1.595
6	Solvent_and_other_product_use	0	568.761	0	1.733	8.791	8.791
7	Road_Transport_Gasoline	35.066	65.177	244	10.250	618	618
8	Road_Transport_Diesel	191.674	10.403	526	579	3.166	3.166
9	Brake_and_Tyrewear	0	0	0	0	12.069	22.354
10	Road_Transport_Volatilisation_Losses	0	2.638	0	0	0	0
11	Road_Dust_Resuspension	0	0	0	0	5.522	55.220
12	Other_mobile_sources_and_machinery	112.380	28.445	641	77	8.348	8.348
13	Waste_Handling_and_Disposal	154	7	27	0	8	10
14	Agriculture	112.168	254.742	0	448.132	6.265	38.915
15	Airports	13.173	1.213	241	205	63	63
	SUM OVER ALL SECTORS	968.759	1.127.308	286.209	478.957	97.582	229.501

Tabelle 10-5: Änderung (%) der Emissionen der APS+-Referenz 2020 bezogen auf die APS-Referenz 2005, Deutschland.

2020-2005 (%)		NO _x	NM VOC	SOX	NH ₃	PM25	PM ₁₀
1	Combustion_in_energy_and_transformation_industries	-16,1	35,3	-54,5	-12,3	-38,4	-38,9
2	Non-industrial_combustion_plants	-13,0	28,7	-25,3	-23,8	-4,4	-2,5
3	Combustion_in-manufacturing_industry	19,0	98,1	-33,4	61,4	64,3	52,2
4	Production_processes	-30,7	-3,9	-38,6	-2,0	-31,4	-18,2
5	Extraction_and_distribution_of_fossil_fuels	-15,1	-9,6	-15,1		-2,7	-9,4
6	Solvent_and_other_product_use		-23,4		0,0	-3,1	-3,1
7	Road_Transport_Gasoline	-79,1	-61,3	-39,9	-54,8	-70,6	-70,6
8	Road_Transport_Diesel	-67,2	-67,2	22,4	42,4	-87,1	-87,1
9	Brake_and_Tyrewear					16,7	16,8
10	Road_Transport_Volatilisation_Losses		-68,5				
11	Road_Dust_Resuspension					17,2	17,2
12	Other_mobile_sources_and_machinery	-41,6	-51,9	-64,8	-15,6	-61,9	-61,9
13	Waste_Handling_and_Disposal	36,9	38,3	36,7		37,9	37,0
14	Agriculture	-0,3	0,0		-16,3	-0,6	-1,4
15	Airports	35,9	6,2	7,4	46,9	-14,3	-14,3
	SUM OVER ALL SECTORS	-41,1	-22,2	-44,6	-17,3	-29,4	-13,9

Tabelle 10-6: Emissionen (t/Jahr) EWS-Referenz 2020, Deutschland für 15 Verursachergruppen. Abgeleitet aus den von IER gelieferten Raster-Daten.

EWS2020		NO _x	NM VOC	SOX	NH ₃	PM25	PM ₁₀
1	Combustion_in_energy_and_transformation_industries	227.362	13.970	141.414	2.240	7.011	7.900
2	Non-industrial_combustion_plants	56.517	53.248	42.425	1.615	24.875	26.862
3	Combustion_in-manufacturing_industry	106.708	13.461	36.392	1.536	11.122	13.124
4	Production_processes	83.681	54.600	80.815	13.170	12.016	45.554
5	Extraction_and_distribution_of_fossil_fuels	6.707	62.972	9.564	0	373	1.595
6	Solvent_and_other_product_use	0	645.326	0	1.733	8.791	8.791
7	Road_Transport_Gasoline	34.854	64.480	219	10.269	619	619
8	Road_Transport_Diesel	191.794	10.330	502	577	3.159	3.159
9	Brake_and_Tyrewear	0	0	0	0	12.019	22.256
10	Road_Transport_Volatilisation_Losses	0	2.352	0	0	0	0
11	Road_Dust_Resuspension	0	0	0	0	5.499	54.987
12	Other_mobile_sources_and_machinery	112.101	28.349	624	76	8.342	8.342
13	Waste_Handling_and_Disposal	154	7	27	0	8	10
14	Agriculture	112.168	254.742	0	555.112	6.265	38.915
15	Airports	12.454	1.147	228	194	59	59
	SUM OVER ALL SECTORS	944.500	1.204.982	312.210	586.520	100.156	232.171

Schlussbericht: Luftqualität 2020/2030: Weiterentwicklung von Prognosen für Luftschadstoffe unter Berücksichtigung von Klimastrategien
Tabelle 10-7: Änderung (%) der Emissionen der EWS-Referenz 2020 bezogen auf die APS-Referenz 2005, Deutschland.

2020-2005 (%)		NO _x	NM VOC	SOX	NH ₃	PM ₂₅	PM ₁₀
1	Combustion_in_energy_and_transformation_industries	-21,6	22,6	-51,0	-19,4	-33,6	-34,0
2	Non-industrial_combustion_plants	-39,1	38,4	-39,1	-43,1	2,9	5,1
3	Combustion_in-manufacturing_industry	20,1	99,7	-38,2	56,7	70,2	55,1
4	Production_processes	-14,4	-4,0	-5,4	9,4	-31,4	-17,8
5	Extraction_and_distribution_of_fossil_fuels	-15,1	-9,6	-15,1		-2,7	-9,4
6	Solvent_and_other_product_use		-13,1		0,0	-3,1	-3,1
7	Road_Transport_Gasoline	-79,2	-61,8	-46,0	-54,7	-70,5	-70,5
8	Road_Transport_Diesel	-67,2	-67,5	16,8	41,8	-87,1	-87,1
9	Brake_and_Tyrewear					16,2	16,3
10	Road_Transport_Volatilisation_Losses		-71,9				
11	Road_Dust_Resuspension					16,8	16,7
12	Other_mobile_sources_and_machinery	-41,7	-52,1	-65,8	-16,7	-62,0	-62,0
13	Waste_Handling_and_Disposal	36,9	38,3	36,7		37,9	37,0
14	Agriculture	-0,3	0,0		3,7	-0,6	-1,4
15	Airports	28,5	0,4	1,6	38,9	-18,9	-18,9
	SUM OVER ALL SECTORS	-42,5	-16,9	-39,6	1,3	-27,5	-12,9

Tabelle 10-8: Emissionen (t/Jahr) EWS+-Referenz 2020, Deutschland für 15 Verursachergruppen. Abgeleitet aus den von IER gelieferten Raster-Daten.

EWS+2020		NO _x	NM VOC	SOX	NH ₃	PM25	PM ₁₀
1	Combustion_in_energy_and_transformation_industries	210.041	13.970	105.140	2.438	5.622	6.298
2	Non-industrial_combustion_plants	53.226	53.255	42.431	2.162	24.876	26.862
3	Combustion_in-manufacturing_industry	101.853	13.461	34.423	1.582	10.846	13.005
4	Production_processes	67.734	54.600	52.476	11.800	12.015	45.302
5	Extraction_and_distribution_of_fossil_fuels	6.707	62.972	9.564	0	373	1.595
6	Solvent_and_other_product_use	0	568.761	0	1.733	8.791	8.791
7	Road_Transport_Gasoline	34.854	64.480	219	10.269	619	619
8	Road_Transport_Diesel	191.794	10.330	502	577	3.159	3.159
9	Brake_and_Tyrewear	0	0	0	0	12.019	22.256
10	Road_Transport_Volatilisation_Losses	0	2.352	0	0	0	0
11	Road_Dust_Resuspension	0	0	0	0	5.499	54.987
12	Other_mobile_sources_and_machinery	112.101	28.349	624	77	8.342	8.342
13	Waste_Handling_and_Disposal	154	7	27	0	8	10
14	Agriculture	112.168	254.742	0	450.906	6.265	38.915
15	Airports	12.454	1.147	228	194	59	59
	SUM OVER ALL SECTORS	903.085	1.128.424	245.632	481.737	98.490	230.198

Tabelle 10-9: Änderung (%) der Emissionen der EWS+-Referenz 2020 bezogen auf die APS-Referenz 2005, Deutschland.

2020-2005 (%)		NO _x	NMVOc	SO _x	NH ₃	PM _{2.5}	PM ₁₀
1	Combustion_in_energy_and_transformation_industries	-27,6	22,6	-63,6	-12,3	-46,8	-47,4
2	Non-industrial_combustion_plants	-42,6	38,4	-39,1	-23,8	2,9	5,1
3	Combustion_in-manufacturing_industry	14,7	99,7	-41,6	61,4	66,0	53,7
4	Production_processes	-30,7	-4,0	-38,6	-2,0	-31,4	-18,2
5	Extraction_and_distribution_of_fossil_fuels	-15,1	-9,6	-15,1		-2,7	-9,4
6	Solvent_and_other_product_use		-23,4		0,0	-3,1	-3,1
7	Road_Transport_Gasoline	-79,2	-61,8	-46,0	-54,7	-70,5	-70,5
8	Road_Transport_Diesel	-67,2	-67,5	16,8	41,8	-87,1	-87,1
9	Brake_and_Tyrewear					16,2	16,3
10	Road_Transport_Volatilisation_Losses		-71,9				
11	Road_Dust_Resuspension					16,8	16,7
12	Other_mobile_sources_and_machinery	-41,7	-52,1	-65,8	-15,6	-62,0	-62,0
13	Waste_Handling_and_Disposal	36,9	38,3	36,7		37,9	37,0
14	Agriculture	-0,3	0,0		-15,8	-0,6	-1,4
15	Airports	28,5	0,4	1,6	38,9	-18,9	-18,9
	SUM OVER ALL SECTORS	-45,1	-22,2	-52,5	-16,8	-28,7	-13,6

Tabelle 10-10: Emissionen (t/Jahr) EWS-LAWI+-Referenz 2020, Deutschland für 15 Verursachergruppen. Abgeleitet aus den von IER gelieferten Raster-Daten.

EWS-LAWI+2020		NO _x	NM VOC	SOX	NH ₃	PM25	PM ₁₀
1	Combustion_in_energy_and_transformation_industries	227.362	13.970	141.414	2.240	7.011	7.900
2	Non-industrial_combustion_plants	56.517	53.248	42.425	1.615	24.875	26.862
3	Combustion_in-manufacturing_industry	106.708	13.461	36.392	1.536	11.122	13.124
4	Production_processes	83.681	54.600	80.815	13.170	12.016	45.554
5	Extraction_and_distribution_of_fossil_fuels	6.707	62.972	9.564	0	373	1.595
6	Solvent_and_other_product_use	0	645.326	0	1.733	8.791	8.791
7	Road_Transport_Gasoline	34.854	64.480	219	10.269	619	619
8	Road_Transport_Diesel	191.794	10.330	502	577	3.159	3.159
9	Brake_and_Tyrewear	0	0	0	0	12.019	22.256
10	Road_Transport_Volatilisation_Losses	0	2.352	0	0	0	0
11	Road_Dust_Resuspension	0	0	0	0	5.499	54.987
12	Other_mobile_sources_and_machinery	112.101	28.349	624	76	8.342	8.342
13	Waste_Handling_and_Disposal	154	7	27	0	8	10
14	Agriculture	112.168	254.742	0	450.906	6.265	38.915
15	Airports	12.454	1.147	228	194	59	59
	SUM OVER ALL SECTORS	944.500	1.204.982	312.210	482.313	100.156	232.171

Tabelle 10-11: Änderung (%) der Emissionen der EWS-LAWI+-Referenz 2020 bezogen auf die APS-Referenz 2005, Deutschland.

2020-2005 (%)		NO _x	NM ₁₀ VOC	SO _x	NH ₃	PM _{2.5}	PM ₁₀
1	Combustion_in_energy_and_transformation_industries	-21,6	22,6	-51,0	-19,4	-33,6	-34,0
2	Non-industrial_combustion_plants	-39,1	38,4	-39,1	-43,1	2,9	5,1
3	Combustion_in-manufacturing_industry	20,1	99,7	-38,2	56,7	70,2	55,1
4	Production_processes	-14,4	-4,0	-5,4	9,4	-31,4	-17,8
5	Extraction_and_distribution_of_fossil_fuels	-15,1	-9,6	-15,1		-2,7	-9,4
6	Solvent_and_other_product_use		-13,1		0,0	-3,1	-3,1
7	Road_Transport_Gasoline	-79,2	-61,8	-46,0	-54,7	-70,5	-70,5
8	Road_Transport_Diesel	-67,2	-67,5	16,8	41,8	-87,1	-87,1
9	Brake_and_Tyrewear					16,2	16,3
10	Road_Transport_Volatilisation_Losses		-71,9				
11	Road_Dust_Resuspension					16,8	16,7
12	Other_mobile_sources_and_machinery	-41,7	-52,1	-65,8	-16,7	-62,0	-62,0
13	Waste_Handling_and_Disposal	36,9	38,3	36,7		37,9	37,0
14	Agriculture	-0,3	0,0		-15,8	-0,6	-1,4
15	Airports	28,5	0,4	1,6	38,9	-18,9	-18,9
	SUM OVER ALL SECTORS	-42,5	-16,9	-39,6	-16,7	-27,5	-12,9

10.2.3 Emissionen 2025

Tabelle 10-12: Emissionen (t/Jahr) APS-Referenz 2025, Deutschland für 15 Verursachergruppen. Abgeleitet aus den von IER gelieferten Raster-Daten.

2025		NO _x	NM VOC	SOX	NH ₃	PM25	PM ₁₀
1	Combustion_in_energy_and_transformation_industries	250.618	15.303	169.968	2.317	8.218	9.311
2	Non-industrial_combustion_plants	84.736	53.181	45.978	1.935	24.535	26.465
3	Combustion_in-manufacturing_industry	110.503	13.607	42.928	1.631	11.243	13.246
4	Production_processes	83.439	54.623	81.729	13.427	12.004	45.904
5	Extraction_and_distribution_of_fossil_fuels	6.707	62.972	9.564	0	380	1.626
6	Solvent_and_other_product_use	0	685.582	0	1.733	8.791	8.791
7	Road_Transport_Gasoline	28.258	55.899	206	10.017	530	530
8	Road_Transport_Diesel	134.922	9.743	511	610	1.664	1.664
9	Brake_and_Tyrewear	0	0	0	0	12.804	23.718
10	Road_Transport_Volatilisation_Losses	0	2.508	0	0	0	0
11	Road_Dust_Resuspension	0	0	0	0	5.911	59.111
12	Other_mobile_sources_and_machinery	100.936	26.275	600	74	6.495	6.495
13	Waste_Handling_and_Disposal	154	7	27	0	8	10
14	Agriculture	112.168	254.742	0	550.396	6.275	38.961
15	Airports	14.641	1.347	267	227	69	69
	SUM OVER ALL SECTORS	927.082	1.235.788	351.777	582.366	98.926	235.900

Tabelle 10-13: Änderung (%) der Emissionen der APS-Referenz 2025 bezogen auf die APS-Referenz 2005, Deutschland.

2025-2005 (%)		NO _x	NM VOC	SOX	NH ₃	PM25	PM ₁₀
1	Combustion_in_energy_and_transformation_industries	-13,6	34,3	-41,1	-16,6	-22,2	-22,2
2	Non-industrial_combustion_plants	-8,7	38,2	-34,0	-31,8	1,5	3,5
3	Combustion_in-manufacturing_industry	24,4	101,8	-27,1	66,4	72,1	56,5
4	Production_processes	-14,7	-3,9	-4,4	11,5	-31,5	-17,1
5	Extraction_and_distribution_of_fossil_fuels	-15,1	-9,6	-15,1		-0,7	-7,5
6	Solvent_and_other_product_use		-7,7		0,0	-3,1	-3,1
7	Road_Transport_Gasoline	-83,1	-66,9	-49,2	-55,8	-74,8	-74,8
8	Road_Transport_Diesel	-76,9	-69,3	18,9	50,0	-93,2	-93,2
9	Brake_and_Tyrewear					23,8	23,9
10	Road_Transport_Volatilisation_Losses		-70,1				
11	Road_Dust_Resuspension					25,5	25,5
12	Other_mobile_sources_and_machinery	-47,5	-55,6	-67,1	-18,2	-70,4	-70,4
13	Waste_Handling_and_Disposal	36,9	38,3	36,7		37,9	37,0
14	Agriculture	-0,3	0,0		2,8	-0,4	-1,3
15	Airports	51,1	17,8	19,0	62,7	-5,2	-5,2
	SUM OVER ALL SECTORS	-43,6	-14,7	-31,9	0,6	-28,4	-11,5

10.2.4 Emissionen 2030

Tabelle 10-14: Emissionen (t/Jahr) APS-Referenz 2030, Deutschland für 15 Verursachergruppen. Abgeleitet aus den von IER gelieferten Raster-Daten.

2030		NO _x	NM VOC	SOX	NH ₃	PM25	PM ₁₀
1	Combustion_in_energy_and_transformation_industries	211.925	13.933	135.512	2.094	6.819	7.735
2	Non-industrial_combustion_plants	82.068	56.802	40.175	1.706	25.962	27.998
3	Combustion_in-manufacturing_industry	112.792	13.869	41.909	1.710	11.418	13.429
4	Production_processes	83.190	54.598	82.733	13.683	11.992	46.263
5	Extraction_and_distribution_of_fossil_fuels	6.707	62.971	9.564	0	388	1.659
6	Solvent_and_other_product_use	0	695.226	0	1.733	8.791	8.791
7	Road_Transport_Gasoline	23.885	48.196	173	8.962	449	449
8	Road_Transport_Diesel	108.800	9.096	481	608	1.189	1.189
9	Brake_and_Tyrewear	0	0	0	0	13.287	24.616
10	Road_Transport_Volatilisation_Losses	0	2.373	0	0	0	0
11	Road_Dust_Resuspension	0	0	0	0	6.204	62.042
12	Other_mobile_sources_and_machinery	93.509	24.963	561	72	5.383	5.383
13	Waste_Handling_and_Disposal	154	7	27	0	8	10
14	Agriculture	112.168	254.742	0	550.396	6.286	39.008
15	Airports	16.259	1.493	295	251	77	77
	SUM OVER ALL SECTORS	851.456	1.238.269	311.430	581.215	98.252	238.648

Schlussbericht: Luftqualität 2020/2030: Weiterentwicklung von Prognosen für Luftschadstoffe unter Berücksichtigung von Klimastrategien
Tabelle 10-15: Änderung (%) der Emissionen der APS-Referenz 2030 bezogen auf die APS-Referenz 2005, Deutschland.

2030-2005 (%)		NO _x	NM VOC	SOX	NH ₃	PM25	PM ₁₀
1	Combustion_in_energy_and_transformation_industries	-26,9	22,3	-53,0	-24,6	-35,4	-35,4
2	Non-industrial_combustion_plants	-11,6	47,6	-42,3	-39,9	7,4	9,5
3	Combustion_in-manufacturing_industry	27,0	105,7	-28,9	74,5	74,8	58,7
4	Production_processes	-14,9	-4,0	-3,2	13,7	-31,6	-16,5
5	Extraction_and_distribution_of_fossil_fuels	-15,1	-9,6	-15,1		1,3	-5,7
6	Solvent_and_other_product_use		-6,4		0,0	-3,1	-3,1
7	Road_Transport_Gasoline	-85,7	-71,4	-57,5	-60,5	-78,6	-78,6
8	Road_Transport_Diesel	-81,4	-71,3	12,0	49,4	-95,1	-95,1
9	Brake_and_Tyrewear					28,5	28,6
10	Road_Transport_Volatilisation_Losses		-71,7				
11	Road_Dust_Resuspension					31,7	31,7
12	Other_mobile_sources_and_machinery	-51,4	-57,8	-69,2	-21,1	-75,4	-75,4
13	Waste_Handling_and_Disposal	36,9	38,3	36,7		37,9	37,0
14	Agriculture	-0,3	0,0		2,8	-0,3	-1,2
15	Airports	67,8	30,7	31,7	80,0	4,9	4,9
	SUM OVER ALL SECTORS	-48,2	-14,6	-39,7	0,4	-28,9	-10,5

Tabelle 10-16: Emissionen (t/Jahr) APS+-Referenz 2030, Deutschland für 15 Verursachergruppen. Abgeleitet aus den von IER gelieferten Raster-Daten.

APS+2030		NO _x	NM VOC	SOX	NH ₃	PM25	PM ₁₀
1	Combustion_in_energy_and_transformation_industries	195.382	13.933	107.093	2.094	5.627	6.348
2	Non-industrial_combustion_plants	76.718	56.802	40.175	1.706	25.962	27.998
3	Combustion_in-manufacturing_industry	108.303	13.869	40.146	1.710	11.164	13.321
4	Production_processes	68.121	54.598	55.384	12.232	11.991	46.043
5	Extraction_and_distribution_of_fossil_fuels	6.707	62.971	9.564	0	388	1.659
6	Solvent_and_other_product_use	0	614.790	0	1.733	8.791	8.791
7	Road_Transport_Gasoline	23.885	48.196	173	8.962	449	449
8	Road_Transport_Diesel	108.800	9.096	481	608	1.189	1.189
9	Brake_and_Tyrewear	0	0	0	0	13.287	24.616
10	Road_Transport_Volatilisation_Losses	0	2.373	0	0	0	0
11	Road_Dust_Resuspension	0	0	0	0	6.204	62.042
12	Other_mobile_sources_and_machinery	93.509	24.963	561	72	5.383	5.383
13	Waste_Handling_and_Disposal	154	7	27	0	8	10
14	Agriculture	112.168	254.742	0	448.132	6.286	39.008
15	Airports	16.259	1.493	295	251	77	77
	SUM OVER ALL SECTORS	810.005	1.157.833	253.899	477.500	96.805	236.934

Tabelle 10-17: Änderung (%) der Emissionen der APS+-Referenz 2030 bezogen auf die APS-Referenz 2005, Deutschland.

2030-2005 (%)		NO _x	NMVOc	SOX	NH ₃	PM25	PM ₁₀
1	Combustion_in_energy_and_transformation_industries	-32,6	22,3	-62,9	-24,6	-46,7	-47,0
2	Non-industrial_combustion_plants	-17,3	47,6	-42,3	-39,9	7,4	9,5
3	Combustion_in-manufacturing_industry	21,9	105,7	-31,9	74,5	70,9	57,4
4	Production_processes	-30,4	-4,0	-35,2	1,6	-31,6	-16,9
5	Extraction_and_distribution_of_fossil_fuels	-15,1	-9,6	-15,1		1,3	-5,7
6	Solvent_and_other_product_use		-17,2		0,0	-3,1	-3,1
7	Road_Transport_Gasoline	-85,7	-71,4	-57,5	-60,5	-78,6	-78,6
8	Road_Transport_Diesel	-81,4	-71,3	12,0	49,4	-95,1	-95,1
9	Brake_and_Tyrewear					28,5	28,6
10	Road_Transport_Volatilisation_Losses		-71,7				
11	Road_Dust_Resuspension					31,7	31,7
12	Other_mobile_sources_and_machinery	-51,4	-57,8	-69,2	-21,1	-75,4	-75,4
13	Waste_Handling_and_Disposal	36,9	38,3	36,7		37,9	37,0
14	Agriculture	-0,3	0,0		-16,3	-0,3	-1,2
15	Airports	67,8	30,7	31,7	80,0	4,9	4,9
	SUM OVER ALL SECTORS	-50,7	-20,1	-50,9	-17,5	-29,9	-11,1

Tabelle 10-18: Emissionen (t/Jahr) EWS-Referenz 2030, Deutschland für 15 Verursachergruppen. Abgeleitet aus den von IER gelieferten Raster-Daten.

EWS2030		NO _x	NM VOC	SOX	NH ₃	PM25	PM ₁₀
1	Combustion_in_energy_and_transformation_industries	158.462	11.009	79.435	1.701	4.569	5.151
2	Non-industrial_combustion_plants	47.523	66.111	15.558	546	29.903	32.299
3	Combustion_in-manufacturing_industry	105.010	13.239	29.643	1.568	10.902	12.857
4	Production_processes	83.182	54.566	82.691	13.683	11.991	46.262
5	Extraction_and_distribution_of_fossil_fuels	6.707	62.971	9.564	0	388	1.659
6	Solvent_and_other_product_use	0	695.226	0	1.733	8.791	8.791
7	Road_Transport_Gasoline	23.608	47.015	160	9.091	455	455
8	Road_Transport_Diesel	109.695	8.980	395	609	1.191	1.191
9	Brake_and_Tyrewear	0	0	0	0	13.292	24.617
10	Road_Transport_Volatilisation_Losses	0	2.139	0	0	0	0
11	Road_Dust_Resuspension	0	0	0	0	6.215	62.150
12	Other_mobile_sources_and_machinery	92.459	24.695	511	69	5.360	5.360
13	Waste_Handling_and_Disposal	154	7	27	0	8	10
14	Agriculture	112.168	254.742	0	552.754	6.286	39.008
15	Airports	13.472	1.237	245	208	63	63
	SUM OVER ALL SECTORS	752.438	1.241.937	218.227	581.961	99.413	239.873

Schlussbericht: Luftqualität 2020/2030: Weiterentwicklung von Prognosen für Luftschadstoffe unter Berücksichtigung von Klimastrategien
Tabelle 10-19: Änderung (%) der Emissionen der EWS-Referenz 2030 bezogen auf die APS-Referenz 2005, Deutschland.

2030-2005 (%)		NO _x	NM VOC	SOX	NH ₃	PM ₂₅	PM ₁₀
1	Combustion_in_energy_and_transformation_industries	-45,4	-3,4	-72,5	-38,8	-56,7	-57,0
2	Non-industrial_combustion_plants	-48,8	71,8	-77,7	-80,8	23,7	26,3
3	Combustion_in-manufacturing_industry	18,2	96,4	-49,7	59,9	66,9	51,9
4	Production_processes	-15,0	-4,0	-3,2	13,7	-31,6	-16,5
5	Extraction_and_distribution_of_fossil_fuels	-15,1	-9,6	-15,1		1,3	-5,7
6	Solvent_and_other_product_use		-6,4		0,0	-3,1	-3,1
7	Road_Transport_Gasoline	-85,9	-72,1	-60,7	-59,9	-78,3	-78,3
8	Road_Transport_Diesel	-81,2	-71,7	-8,1	49,7	-95,1	-95,1
9	Brake_and_Tyrewear					28,6	28,6
10	Road_Transport_Volatilisation_Losses		-74,5				
11	Road_Dust_Resuspension					32,0	32,0
12	Other_mobile_sources_and_machinery	-51,9	-58,2	-71,9	-24,3	-75,6	-75,6
13	Waste_Handling_and_Disposal	36,9	38,3	36,7		37,9	37,0
14	Agriculture	-0,3	0,0		3,3	-0,3	-1,2
15	Airports	39,0	8,3	9,1	49,2	-13,0	-13,0
	SUM OVER ALL SECTORS	-54,2	-14,3	-57,8	0,5	-28,0	-10,0

Tabelle 10-20:Emissionen (t/Jahr) EWS+-Referenz 2030, Deutschland für 15 Verursachergruppen. Abgeleitet aus den von IER gelieferten Raster-Daten.

EWS+2030		NO _x	NM VOC	SOX	NH ₃	PM25	PM ₁₀
1	Combustion_in_energy_and_transformation_industries	143.191	11.009	63.136	2.094	3.924	4.405
2	Non-industrial_combustion_plants	46.714	66.113	15.560	1.706	29.903	32.299
3	Combustion_in-manufacturing_industry	99.366	13.239	28.715	1.710	10.670	12.774
4	Production_processes	68.113	54.566	55.341	12.232	11.990	46.043
5	Extraction_and_distribution_of_fossil_fuels	6.707	62.971	9.564	0	388	1.659
6	Solvent_and_other_product_use	0	614.790	0	1.733	8.791	8.791
7	Road_Transport_Gasoline	23.608	47.015	160	9.091	455	455
8	Road_Transport_Diesel	109.695	8.980	395	609	1.191	1.191
9	Brake_and_Tyrewear	0	0	0	0	13.292	24.617
10	Road_Transport_Volatilisation_Losses	0	2.139	0	0	0	0
11	Road_Dust_Resuspension	0	0	0	0	6.215	62.150
12	Other_mobile_sources_and_machinery	92.459	24.695	511	72	5.360	5.360
13	Waste_Handling_and_Disposal	154	7	27	0	8	10
14	Agriculture	112.168	254.742	0	450.906	6.286	39.008
15	Airports	13.472	1.237	245	208	63	63
	SUM OVER ALL SECTORS	715.645	1.161.503	173.653	480.360	98.535	238.825

Tabelle 10-21: Änderung (%) der Emissionen der EWS+-Referenz 2030 bezogen auf die APS-Referenz 2005, Deutschland.

2030-2005 (%)		NO _x	NMVOc	SOX	NH ₃	PM25	PM ₁₀
1	Combustion_in_energy_and_transformation_industries	-50,6	-3,4	-78,1	-24,6	-62,8	-63,2
2	Non-industrial_combustion_plants	-49,7	71,8	-77,7	-39,9	23,7	26,3
3	Combustion_in-manufacturing_industry	11,9	96,4	-51,3	74,5	63,3	50,9
4	Production_processes	-30,4	-4,0	-35,2	1,6	-31,6	-16,9
5	Extraction_and_distribution_of_fossil_fuels	-15,1	-9,6	-15,1		1,3	-5,7
6	Solvent_and_other_product_use		-17,2		0,0	-3,1	-3,1
7	Road_Transport_Gasoline	-85,9	-72,1	-60,7	-59,9	-78,3	-78,3
8	Road_Transport_Diesel	-81,2	-71,7	-8,1	49,7	-95,1	-95,1
9	Brake_and_Tyrewear					28,6	28,6
10	Road_Transport_Volatilisation_Losses		-74,5				
11	Road_Dust_Resuspension					32,0	32,0
12	Other_mobile_sources_and_machinery	-51,9	-58,2	-71,9	-21,4	-75,6	-75,6
13	Waste_Handling_and_Disposal	36,9	38,3	36,7		37,9	37,0
14	Agriculture	-0,3	0,0		-15,8	-0,3	-1,2
15	Airports	39,0	8,3	9,1	49,2	-13,0	-13,0
	SUM OVER ALL SECTORS	-56,5	-19,9	-66,4	-17,0	-28,7	-10,4

Tabelle 10-22:Emissionen (t/Jahr) EWS-LAWI+-Referenz 2030, Deutschland für 15 Verursachergruppen. Abgeleitet aus den von IER gelieferten Raster-Daten.

EWS-LAWI+2030		NO _x	NM VOC	SOX	NH ₃	PM ₂₅	PM ₁₀
1	Combustion_in_energy_and_transformation_industries	158.462	11.009	79.435	1.701	4.569	5.151
2	Non-industrial_combustion_plants	47.523	66.111	15.558	546	29.903	32.299
3	Combustion_in-manufacturing_industry	105.010	13.239	29.643	1.568	10.902	12.857
4	Production_processes	83.182	54.566	82.691	13.683	11.991	46.262
5	Extraction_and_distribution_of_fossil_fuels	6.707	62.971	9.564	0	388	1.659
6	Solvent_and_other_product_use	0	695.226	0	1.733	8.791	8.791
7	Road_Transport_Gasoline	23.608	47.015	160	9.091	455	455
8	Road_Transport_Diesel	109.695	8.980	395	609	1.191	1.191
9	Brake_and_Tyrewear	0	0	0	0	13.292	24.617
10	Road_Transport_Volatilisation_Losses	0	2.139	0	0	0	0
11	Road_Dust_Resuspension	0	0	0	0	6.215	62.150
12	Other_mobile_sources_and_machinery	92.459	24.695	511	69	5.360	5.360
13	Waste_Handling_and_Disposal	154	7	27	0	8	10
14	Agriculture	112.168	254.742	0	450.906	6.286	39.008
15	Airports	13.472	1.237	245	208	63	63
	SUM OVER ALL SECTORS	752.438	1.241.937	218.227	480.113	99.413	239.873

Tabelle 10-23: Änderung (%) der Emissionen der EWS-LAWI+-Referenz 2030 bezogen auf die APS-Referenz 2005, Deutschland.

2030-2005 (%)		NO _x	NM VOC	SOX	NH ₃	PM ₂₅	PM ₁₀
1	Combustion_in_energy_and_transformation_industries	-45,4	-3,4	-72,5	-38,8	-56,7	-57,0
2	Non-industrial_combustion_plants	-48,8	71,8	-77,7	-80,8	23,7	26,3
3	Combustion_in-manufacturing_industry	18,2	96,4	-49,7	59,9	66,9	51,9
4	Production_processes	-15,0	-4,0	-3,2	13,7	-31,6	-16,5
5	Extraction_and_distribution_of_fossil_fuels	-15,1	-9,6	-15,1		1,3	-5,7
6	Solvent_and_other_product_use		-6,4		0,0	-3,1	-3,1
7	Road_Transport_Gasoline	-85,9	-72,1	-60,7	-59,9	-78,3	-78,3
8	Road_Transport_Diesel	-81,2	-71,7	-8,1	49,7	-95,1	-95,1
9	Brake_and_Tyrewear					28,6	28,6
10	Road_Transport_Volatilisation_Losses		-74,5				
11	Road_Dust_Resuspension					32,0	32,0
12	Other_mobile_sources_and_machinery	-51,9	-58,2	-71,9	-24,3	-75,6	-75,6
13	Waste_Handling_and_Disposal	36,9	38,3	36,7		37,9	37,0
14	Agriculture	-0,3	0,0		-15,8	-0,3	-1,2
15	Airports	39,0	8,3	9,1	49,2	-13,0	-13,0
	SUM OVER ALL SECTORS	-54,2	-14,3	-57,8	-17,1	-28,0	-10,0