

TEXTE

62/2013

Bewertung von Emissionsminderungsszenarien mit Hilfe chemischer Transportberechnungen

NO₂- und O₃-Minderungspotenziale von Maßnahmenpaketen zur weiteren Reduzierung der Immissionen in Deutschland

UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES
BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT,
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT

Forschungskennzahl 206 43 200/01
UBA-FB 001524/ANH,20

**Bewertung von
Emissionsminderungsszenarien mit
Hilfe chemischer
Transportberechnungen: NO₂- und O₃-
Minderungspotenziale von
Maßnahmenpaketen zur weiteren
Reduzierung der Immissionen in
Deutschland**

**Teilbericht zum F&E-Vorhaben „Strategien zur
Verminderung der Feinstaubbelastung - PAREST“**

von

Rainer Stern

Freie Universität Berlin, Institut für Meteorologie, Troposphärische
Umweltforschung, Berlin

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

UMWELTBUNDESAMT

Diese Publikation ist ausschließlich als Download unter
<http://www.uba.de/uba-info-medien/4537.html>
verfügbar.

Die in der Studie geäußerten Ansichten
und Meinungen müssen nicht mit denen des
Herausgebers übereinstimmen.

ISSN 1862-4804

Durchführung der Studie:	Freie Universität Berlin Institut für Meteorologie Troposphärische Umweltforschung Carl-Heinrich-Becker-Weg 6-10 12165 Berlin
Abschlussdatum:	März 2010
Herausgeber:	Umweltbundesamt Wörlitzer Platz 1 06844 Dessau-Roßlau Tel.: 0340/2103-0 Telefax: 0340/2103 2285 E-Mail: info@umweltbundesamt.de Internet: http://www.umweltbundesamt.de http://fuer-mensch-und-umwelt.de/
Redaktion:	Fachgebiet II 4.1 Grundsatzfragen der Luftreinhaltung Johanna Appelhaus

Dessau-Roßlau, Juni 2013

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Auswertesystematik	3
3	Referenzemissionen und Maßnahmenpakete	6
3.1	Referenzemissionen 2020	6
3.2	Emissionsminderungspotenziale bzgl. der Referenz 2020	8
3.2.1	Zusammenstellung der betrachteten Einzelmaßnahmen	8
3.2.2	Maßnahmenpaket M20: MFR	14
3.2.3	Maßnahmenpaket M21: MFR-NT, Nicht-technische Maßnahmen	14
3.2.4	Maßnahmenpaket M22: MFR-T, technische Maßnahmen	15
3.2.5	Maßnahmenpaket M23: MFR-Landwirtschaft	15
3.2.6	Maßnahmenpaket M24: MFR Lösemittel	16
3.2.7	Maßnahmenpaket M25: MFR-Kleinfeuerungsanlagen	16
3.2.8	Maßnahmenpaket M26: MFR-Großfeuerungsanlagen	17
3.2.9	Maßnahmenpaket M27: MFR-Produktionsprozesse	17
3.2.10	Maßnahmenpaket M28: MFR-Verkehr	18
3.2.11	Maßnahmenpaket M29: MFR-Sonstiger Verkehr	18
3.2.12	Maßnahmenpaket M30: MFR-Landwirtschaft, nicht-technische Maßnahmen	19
3.2.13	Maßnahmenpaket M31: MFR-Landwirtschaft, technische Maßnahmen	19
3.2.14	Maßnahmenpaket M32: MFR-Verkehr, technische Maßnahmen	20
3.2.15	Maßnahmenpaket M33: MFR-Verkehr, nicht-technische Maßnahmen	20
3.2.16	Maßnahmenpaket M34: MFR-Sonstiger Verkehr, technische Maßnahmen	21
3.2.17	Maßnahmenpaket M35: MFR-Sonstiger Verkehr, nicht-technische Maßnahmen	21
3.2.18	Maßnahmenpaket M43: MFR-Landwirtschaft, Tierhaltung	22
3.2.19	Maßnahmenpaket M44: Kleinfeuerungsanlagen, Ökodesign	22
3.2.20	Maßnahmenpaket M45: Kleinfeuerungsanlagen, 1. BImSchV	23
3.2.21	Maßnahmenpaket M46: Großfeuerungsanlagen, IED-Richtlinie	23
3.2.22	Maßnahmenpaket M47: Großfeuerungsanlagen, IED-Richtlinie, UBA-Entwurf	24
3.2.23	Maßnahmenpaket M48: MFR-Industrie-NOx	24
3.2.24	Maßnahmenpaket M49: MFR-Industrie-Feinstaub	25
3.2.25	Maßnahmenpaket M50: Tempolimit	25
3.2.26	Maßnahmenpaket M51: Landwirtschaft, Maßnahme A012	26
3.2.27	Maßnahmenpaket M52: Großfeuerungsanlagen, Maßnahme G010	26
3.2.28	Maßnahmenpaket M53: Verkehr, Maßnahme V012	27
3.2.29	Maßnahmenpaket M54: Sonstiger Verkehr, Maßnahme MM009	27
3.2.30	Hypothetisches Szenario M59: Kleinfeuerungsanlagen, Ersatz von Holzfeuerungen durch Ölfeuerungen	28
3.2.31	Maßnahmenpaket M73: Landwirtschaft, Maßnahme A007	28
3.2.32	Maßnahmenpaket M74: Landwirtschaft, Maßnahme A009	29
3.2.33	Hypothetisches Szenario M15: Landwirtschaft, „Reduzierter Fleischverbrauch“	29
3.2.34	Szenario M76: Klimaschutzszenario MMS	30
3.2.35	Szenario M77: Klimaschutzszenario MWMS	30
3.2.36	Szenario M83: Klimaschutzszenario MWMS+MFR	31

3.2.37	Szenario M84: Klimaschutzszenario MWMS+MFR-Landwirtschaft	31
3.2.38	Szenario M94: Klimaschutzszenario MWMS+MFR-Kleinf Feuerungsanlagen ..	32
4	Referenz 2020	33
5	Maßnahmenpakete: NO ₂ -Immissionsminderungspotenziale bzgl. der Referenz 2020....	42
5.1	Hypothetische Szenarien: Maximal mögliche Minderungspotenziale	42
5.1.1	Flächenhafte Visualisierung und Auswertung	43
5.1.2	Bevölkerungsgewichtete Auswertung.....	54
5.2	Minderungspotenziale der einzelnen Maßnahmenbündel: Flächenhafte Visualisierung und Auswertung	58
5.2.1	MFR gesamt, technisch und nicht-technisch: M20, M21, M22	58
5.2.2	MFR pro Verursachergruppe: M25 bis M29.....	62
5.2.3	Maßnahmenpakete Straßenverkehr: M32, M33, M50, M53.....	68
5.2.4	Maßnahmenpakete Sonstiger Verkehr: M34, M35, M54	73
5.2.5	Maßnahmenpakete Kleinf Feuerungsanlagen: M44, M45, M59.....	77
5.2.6	Maßnahmenpakete Großfeuerungsanlagen: M46, M47	81
5.2.7	Maßnahmenpakete Industrieprozesse: M48.....	84
5.2.8	Klimaschutzszenarien: M76, M77, M83, M94	86
6	Mittlere Auswertung der NO ₂ -Potenziale	92
6.1	Überblick	92
6.2	Maßnahmenpakete und hypothetische Szenarien.....	93
6.3	Die Klimaschutzszenarien	104
7	Auswertung der Ozon-Potenziale.....	106
7.1	Überblick	106
7.2	MFR-Szenarien: M20 bis M35	106
8	Zusammenfassung	116
9	Literatur	124
10	Tabellenverzeichnis.....	126
11	Abbildungsverzeichnis	128
12	Anhang: Städtische Hintergrundstationen zur Bestimmung des „Average Exposure Indicator“, AEI	136

1 Einleitung

Hauptziel des F&E-Vorhabens „Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung“ (PA-REST, siehe www.parest.de) ist es, emissionsmindernde Maßnahmen zur Reduzierung der Feinstaubbelastung zu identifizieren, um die gegenwärtig noch auftretenden Überschreitungen der PM10-Grenzwerte und des geplanten PM2.5-Grenzwerts zukünftig zu vermeiden. Neben dem Feinstaub werden aber auch die Stickoxide und Ozon betrachtet. Die immissionsseitigen Auswirkungen der geplanten Maßnahmen auf die NO₂- und Ozon-Immissionen werden in diesem Bericht beschrieben, wobei der Schwerpunkt bei den NO₂-Immissionen liegt. Die der Auswertung zugrunde liegenden Ausbreitungsrechnungen wurden mit dem Chemie-Aerosol-Transportmodell REM-CALGRID (RCG) erstellt. Dieses Modell wurde am Institut für Meteorologie der Freien Universität mit Unterstützung des Umweltbundesamts entwickelt (Stern, 2003, 2004; Stern et al., 2008).

Grundlage der Szenarienrechnungen sind die im Arbeitspaket I des F&E-Vorhabens entwickelten Emissionsabschätzungen, die die Änderung der Emissionen aufgrund von technischen oder nicht-technischen Maßnahmen beschreiben. Für Deutschland wurde dazu von IER und IZT ein Energiereferenzszenario (CLE-Szenario „current legislation“) unter Einbeziehung der Abgasnormen Euro 5 und Euro 6 entwickelt (Jörß et al., 2010). Aufbauend auf das CLE-Szenario wurden weitere Minderungspotenziale identifiziert und in Maßnahmenbündeln zusammengefasst (Theloke et al., 2010). Die Methodik zur räumlichen Verteilung der Emissionen über Deutschland ist in Thiruchittampalam et al. (2010) beschrieben.

Das Ausbreitungsmodell wird zuerst mit den Referenzemissionen, die den Ist-Zustand beschreiben, auf ein ausgewähltes meteorologisches Basisjahr angewandt. Die Simulation wird anschließend mit dem eine bestimmte Maßnahme oder ein Maßnahmenbündel beschreibenden Szenariodatensatz wiederholt. Die Konzentrationsdifferenzen zwischen den Ergebnissen der beiden Rechenläufe geben dann die Auswirkungen der Maßnahme auf die Luftqualität wieder.

Ausbreitungsrechnungen für Deutschland erfordern die Berücksichtigung des Ferntransports aus dem europäischen Ausland. Dazu wurden im Rahmen des FE-Vorhabens neben den deutschen Emissionen auch die Emissionen im europäischen Ausland erhoben (Denier van der Gon et al., 2010). Für das Ausland ist die Definition eines Referenzszenarios schwierig, da verschiedene Emissionsprognosen existieren. Aus diesem Grund wurden von der TNO für die Projektionen 2010, 2015 und 2020 verschiedene Emissionsdatensätze zusammengestellt, die auf unterschiedlichen Entwicklungsannahmen beruhen (Denier van der Gon et al., 2009):

- **NEC4:** Grundlage sind die im „NEC Scenario Analysis Report Nr. 4“ (Amann et al., 2007) fortgeschriebenen Emissionsprojektionen für die „National Emission Ceilings Directive“ (NEC4_NEC_NAT_EUVI_HDV_V4).
- **NEC6_CP:** Grundlage sind die im „NEC Scenario Analysis Report Nr. 6“ (Amann et al., 2008) fortbeschriebenen Emissionsprojektionen für die „National Emission Ceilings Directive“. In diesen Emissionsprojektionen ist das sog. „Climate and Energy Package“ berücksichtigt (C&E package current policy, ID: PRBSH_6_CLEip_CEIL_EUVI_V5).
- **NEC6_MMRV5:** Emissionsprojektionen auf der Basis des NEC6-Reports unter Berücksichtigung der maximalen Emissionsminderungen nach dem Rains-Modell von IIASA (C&E package MRRV5 (ID: PRBSH_6_ip_MRRV5)).

- **NEC6_OPTV5:** Eine weitere Optimierung des NEC6_CP-Szenarios (C&E package OPTV5 (ID: PRBSH_6_ip_OPTV5)).

Die Auswirkungen dieser verschiedenen Emissionsdatensätze auf den Transport nach Deutschland sind in Stern (2009) beschrieben. Auf Basis dieser Berechnungen wurde entschieden, den europäischen Hintergrund für alle Szenarienrechnungen in Deutschland mit dem Datensatz NEC6_CP zu bestimmen.

Dieser Bericht ist eine Ergänzung zu dem Hauptbericht, in dem die Auswirkungen der Maßnahmen auf die PM10- und PM2.5-Immissionen zusammengefasst sind (Stern, 2010a). Der Bericht beschreibt die Auswertung der Emissionsszenarien in Deutschland für die Stoffe NO₂ und Ozon. Es werden vorgestellt:

1. Immissionsverteilungen für die Emissionsreferenz 2020 (CLE-Szenario „current legislation“).
2. Änderungen der NO₂- und O₃-Immissionsverteilungen aufgrund von Maßnahmenbündeln, die auf die Emissionsreferenz 2020 aufsetzen. Diese Maßnahmenbündel beschreiben eine Verschärfung der Emissionsreferenz 2020 im Sinne einer weiteren Absenkung der Emissionen.

Eine Bewertung der Ausgangssituation für das Referenzjahr 2005 kann in Stern (2010b, 2010d) gefunden werden.

Die im Folgenden präsentierten Berechnungen mit dem RCG-Modell basieren auf Anwendungen des RCG-Modells für Deutschland in 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 ist nicht Ziel der hier präsentierten Modellanwendungen. Dazu sind höher auflösende Berechnungen notwendig. Die hier vorgestellten Rechnungen präsentieren damit einen regionalen Hintergrund, auf den die von lokalen Emissionen verursachten Immissionsbeiträge aufsetzen. Die meteorologischen Daten für die meteorologische Referenz 2005 wurden mit dem diagnostischen Analysesystem TRAMPER erstellt (Kerschbaumer und Reimer, 2003).

Der Bericht ist ähnlich aufgebaut wie der PM10-Bericht (Stern, 2010a). Die in dem PM10-Bericht zusammengestellten Angaben zu den Emissionen der einzelnen Maßnahmen und Szenarien und auch die Beschreibung der Auswertemethodik wurden hier mit aufgenommen, damit der Bericht unabhängig vom PM10-Bericht gelesen werden kann. In Kapitel 2 folgt eine Beschreibung der Auswertemethodik. Kapitel 3 gibt einen Überblick zu den berechneten Maßnahmenpaketen und Szenarien sowie deren Minderungspotenziale bezüglich der Referenz 2020.

In Kapitel 4 folgt die Beschreibung der Ausgangssituation (Referenz 2020) und der durch die bereits beschlossenen und bis 2020 umgesetzten Maßnahmen (CLE-Szenario „current legislation“) erreichbaren Immissionsminderungen. Die durch zusätzliche Maßnahmen über die Referenz 2020 hinaus möglichen NO₂-Minderungspotenziale werden in Kapitel 5 beschrieben. Das maximal mögliche Minderungspotenzial wird dabei durch hypothetische Szenarien abgesteckt, in denen die Emissionen einzelner Verursachergruppen auf Null gesetzt werden. Danach folgt die Diskussion der einzelnen Maßnahmen, die dazu entsprechend ihrer Zuordnung zu den einzelnen Verursachergruppen zusammengefasst werden. Diese Diskussion basiert auf

der geographischen Verteilung der berechneten Minderungspotenziale. In Kapitel 6 werden alle Maßnahmen anhand der in Kapitel 2 beschriebenen Auswertemethodik bezüglich ihrer mittleren Wirksamkeit zur weiteren Absenkung der NO₂-Konzentrationen bewertet. Kapitel 7 liefert eine Auswertung für Ozon. Der Bericht schließt mit einer Zusammenfassung in Kapitel 8.

Eine zusammenfassende Darstellung aller im Rahmen des F&E-Vorhabens ausgeführten Arbeiten kann in Builtjes et al. (2010) gefunden werden.

2 Auswertesystematik

Die Auswertung der Maßnahmenberechnungen erfolgt auf der Basis der RCG-Ergebnisse in diesem Bericht für die NO₂- und O₃-Jahresmittelwerte. Für Ozon werden zusätzlich weitere Kenngrößen betrachtet: AOT40-Wert und Anzahl der Tage mit einem maximalen gleitenden 8-Stundenmittelwert >120 µg/m³. Ausgangspunkt sind die für die Emissionsreferenz 2020 berechneten Immissionsverteilungen in Deutschland. Die hier diskutierten Maßnahmenbündel setzen auf diese Emissionsreferenz auf und beschreiben weitere Minderungspotenziale, die über diejenigen der Emissionsreferenz 2020 hinausgehen. Der Schwerpunkt der Auswertung liegt im relativen Vergleich der Auswirkungen der einzelnen Maßnahmenpakete auf die Immissionsverteilung der Referenz 2020. Eine absolute Betrachtung unter Einbeziehung der Grenzwertproblematik erfolgt an anderer Stelle (Stern, 2010b).

Die Auswertung erfolgt mit Hilfe einer flächenhaften Visualisierung für Deutschland und mit mittleren Bewertungszahlen. Die flächenhafte Darstellung der Auswirkungen von Minderungsszenarien erlaubt zwar eine Bewertung für jeden Ort in Deutschland, die vergleichende Bewertung von Minderungsmaßnahmen ist aber komplex, da die Spannbreite der Immissionsänderungen Szenario-Referenz (Immissionsdelta) in einem inhomogenen Emissionsgebiet wie Deutschland sehr groß sein kann. Aus diesem Grunde werden 6 mittlere Szenario-Bewertungszahlen definiert, die die Minderungspotenziale in Abhängigkeit von einer mittleren Bevölkerungsdichte beschreiben. Dazu wird die Fläche Deutschlands in mehrere Klassen eingeteilt:

- Klasse 1: Gebiete mit einer Bevölkerungsdichte < 100 Einwohner/km²
- Klasse 2: Gebiete mit einer Bevölkerungsdichte > 100, < 510 Einwohner/km²
- Klasse 3: Gebiete mit einer Bevölkerungsdichte > 510, < 945 Einwohner/km²
- Klasse 4: Gebiete mit einer Bevölkerungsdichte > 945 Einwohner/km²
- Klasse 5: Deutschland gesamt

Die Klasse 1 umfasst die 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 PM_{2.5} (Average Exposure Indicator) ausgewählten städtischen Hintergrundstationen liegen. Diese Stationen sind im Anhang zusammengestellt.

Die Einteilung in die Bevölkerungsklassen wurde auf Basis der von der EU erstellten Bevölkerungsverteilung vorgenommen (<http://dataservice.eea.europa.eu/dataservice>). Diese Daten beschreiben den Bevölkerungsstand von 2001. Die Abbildung 2-1 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 x 7 km² zwischen circa 5000 bis über 10000 Einwohner pro km².

Alle Bewertungszahlen (=Konzentrationsänderung oder Immissionsdelta) werden bevölkerungsgewichtet ermittelt. Die Bevölkerungsgewichtung berücksichtigt die Streuung der Immissionsdeltas innerhalb einer Klasse. Ein Immissionsdelta in einem Gebiet mit höherer Bevölkerungsdichte bekommt ein größeres Gewicht als ein Delta in einem Gebiet mit niedriger Bevölkerungsdichte:

$$\Delta C_j = \sum \{(P_i/P) * \Delta C_i\}, i=1, N \quad \mu\text{g}/\text{m}^3$$

mit

ΔC_j mittlere, bevölkerungsgewichtete Konzentrationsänderung für die Klasse j

N Anzahl der Gitterzellen in der Klasse j

ΔC_i Konzentrationsänderung in der Zelle i der Klasse j

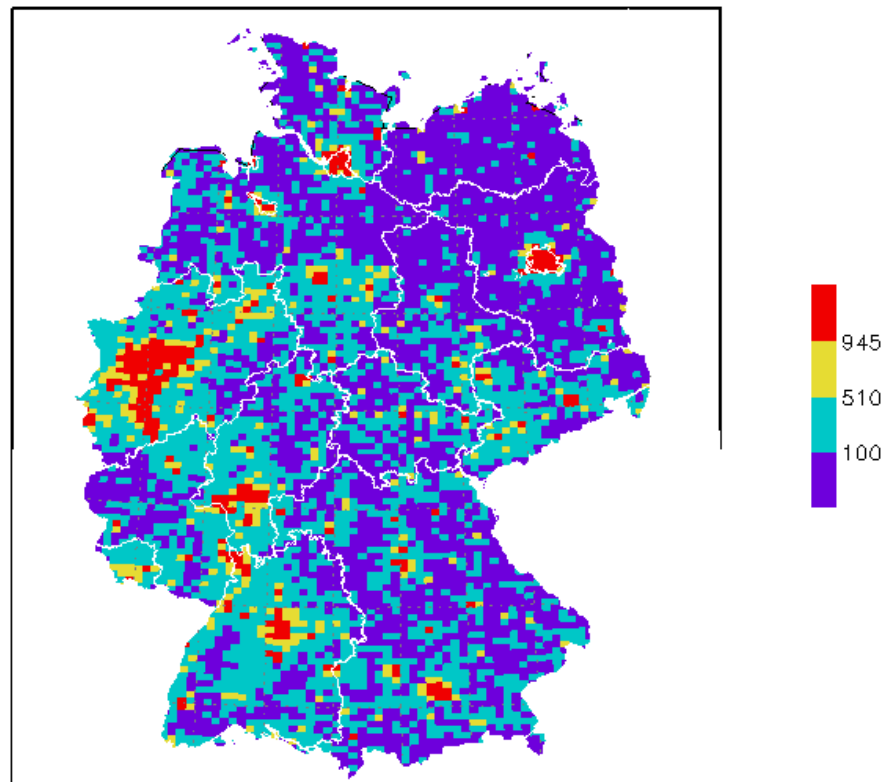
P_i Bevölkerungsanzahl in Zelle i der Klasse j

P $\sum P_i$, d.h. die Bevölkerungsanzahl summiert über die Gitterzellen 1 bis N der Klasse j

Die Gewichtung mit der zellenspezifischen Bevölkerungsdichte berücksichtigt den Umstand, dass in dicht besiedelten Arealen sehr viel mehr Personen von einem lokalen Minderungspotenzial profitieren als in dünn besiedelten Gebieten. Ein bevölkerungsgewichtetes Minderungspotenzial kann damit unter Umständen in dicht besiedelten Gebieten höher sein als in dünn besiedelten Gebieten selbst wenn die ungewichtete Minderung niedriger ist.

Die Emissionsszenarien werden getrennt für alle 6 Klassen ausgewertet. Damit hat man pro Szenario 6 Maßzahlen, die die Auswirkungen der Emissionsminderungen für verschiedene Bereiche der Bevölkerungsdichte beschreiben. Diese Auswertung wird nur für NO₂ vorgenommen. Bei Ozon werden ausschließlich die horizontalen Verteilungen der Konzentrationen diskutiert, da der hier benutzte Mittelungsansatz nur für Schadstoffe geeignet ist, deren Verteilung im Wesentlichen von der Quellverteilung vorgegeben wird. Ozon ist aber in weitaus größerem Ausmaße als NO₂ oder PM10 von den meteorologischen Bedingungen abhängig. So sind im süddeutschen Raum die Ozonkonzentrationen generell höher als im norddeutschen Raum, da der Süden Deutschlands im Mittel wärmer und sonniger als der Norden ist. Die daraus resultierenden Immissionsunterschiede werden in einem rein bevölkerungsabhängigen Mittelungsverfahren verwischt.

Bevoelkerungsdichte in 4 Klassen im Raster Nest 2



GrADS: COLA/IGES

2009-05-18-18:53

Abbildung 2-1 Bevölkerungsdichte in Einwohner/km² in 4 Klassen. Zur Klassendefinition siehe Text. Die Auflösung entspricht der Auflösung des Nestes 2, Deutschland fein: 0.0625° Breite, 0.125° Länge, circa 8 km x 7 km.

3 Referenzemissionen und Maßnahmenpakete

3.1 Referenzemissionen 2020

Ausgangspunkt der Betrachtung sind die Emissionen der Referenz 2020, d. h. der Emissionszustand, der nach Umsetzung jetzt bereits beschlossener Maßnahmen im Jahr 2020 erreicht werden soll (CLE-Szenario „current legislation“). Die Tabelle 3-1 zeigt die für verschiedene Verursachergruppen im Jahr 2020 in Deutschland erwarteten Emissionen. In Tabelle 3-2 sind diese Emissionen als relative Änderung bezüglich des Referenzzustandes für 2005 dargestellt. Danach nehmen die NO_x-Emissionen der Verursachergruppe Verkehr, Dieselfahrzeuge von 2005 bis 2020 um 75.4 % auf 140.4 kt/a ab.

Germany Emissions 2020 kt/y	NOX	NMVOC	SOX	NH3	PM25	PM10
Energy transformation	281.7	8.5	257.1	2.8	9.1	10.3
Small combustion sources	93.5	95.1	35.9	2.9	30.3	32.6
Industrial combustion	65.1	4.1	62.4	1.1	7.6	16.4
Industrial process emissions	67.3	77.6	91.1	9.7	12	42.8
Extraction of fossil fuels	0	12.1	5.9	0	0.8	4.2
Solvent and product use	0	800	0	1.7	8.9	8.9
Road transport gasoline	23.9	26.4	0.2	6.7	0	0
Road transport diesel	140.4	44.9	0.6	0.8	2.1	2.1
Road transport lpg	0	0	0	0	0	0
Brake and tyrewear	0	0	0	0	11.9	22
Volatilisation losses	0	10.9	0	0	0	0
Traffic resuspension	0	0	0	0	5.3	53.5
Non road transport	149.9	46.7	1.2	1.1	7.5	7.5
Waste handling and disposal	0.1	0	0	0	0	0
Agriculture	82.3	254.7	0	582.5	5.7	27.8
SUM OVER ALL SECTORS	904.2	1381	454.6	609.4	101.5	228.2

Tabelle 3-1 Emissionen Referenz 2020, Deutschland

Change 2005-2020 %	NOX	NM VOC	SOX	NH3	PM25	PM10
Energy transformation	-0.3	1.2	-11.3	-6.7	-9.0	-8.8
Small combustion sources	-8.2	12.3	-53.7	7.4	10.6	10.9
Industrial combustion	-8.8	5.1	-3.4	-21.4	-13.6	-15.9
Industrial process emissions	-25.7	-10.0	-22.5	1.0	-26.8	-18.5
Extraction of fossil fuels		-51.8	-25.3		-11.1	-4.5
Solvent and product use		7.7		0.0	-2.2	-2.2
Road transport gasoline	-78.7	-71.3	-50.0	-33.0		
Road transport diesel	-75.4	17.5	50.0	60.0	-90.0	-90.0
Road transport lpg						
Brake and tyrewear					12.3	12.2
Volatilisation losses		-53.4				
Traffic resuspension					8.2	9.4
Non road transport	-35.7	-40.4	-61.3	0.0	-64.5	-64.5
Waste handling and disposal	0.0					
Agriculture	1.9	0.0		1.0	0.0	8.2
SUM OVER ALL SECTORS	-41.4	-3.9	-19.1	0.4	-25.3	-13.1

Tabelle 3-2 Änderung der Emissionen der Referenz 2020 bezogen auf die Referenz 2005, Deutschland

3.2 Emissionsminderungspotenziale bzgl. der Referenz 2020

3.2.1 Zusammenstellung der betrachteten Einzelmaßnahmen

Die hier diskutierten Maßnahmenpakete sind Minderungen, die auf die Referenz 2020 aufgesetzt werden. Die Maßnahmenpakete umfassen ein Bündel von technischen und nicht-technischen Einzelmaßnahmen, die im Detail in Theloke et al. (2010) beschrieben sind. In den folgenden Tabellen sind die Einzelmaßnahmen aufgeführt, die in verschiedenen Maßnahmenbündeln zusammen gefasst sind. Das umfassendste Maßnahmenbündel ist das so genannte MFR-Szenario M20 („Maximum Feasible Reduction“), das alle in Tabelle 3-3 bis Tabelle 3-6 beschriebenen Einzelmaßnahmen enthält. Neben den Maßnahmenbündeln werden auch noch einige andere Szenarien erfasst, wie z.B. das Szenario M59, das den hypothetischen Ersatz von Holzfeuerungen durch Ölfeuerungen bei Kleinverbrauchern postuliert.

In den folgenden Kapiteln werden die durch die einzelnen Maßnahmenpakete bewirkten Emissionsänderungen bezüglich der Emissionsreferenz 2020 tabellarisch beschrieben. Bei jedem Maßnahmenpaket ist dabei angegeben, welche der in Tabelle 3-3 bis Tabelle 3-6 beschriebenen Einzelmaßnahmen es enthält. Die Bündel können weiter in folgende Gruppen eingeteilt werden:

Szenarien, deren Umsetzung durch technische oder nicht-technische Maßnahmen möglich ist:

- MFR, gesamt, nicht-technisch, technisch: M20, M21, M22
- MFR, pro Verursacherguppe: M23 bis M29
- MFR, Landwirtschaft, nicht-technisch, technisch: M30, M31
- MFR, Verkehr, technisch, nicht-technisch: M32, M33
- MFR, Sonstiger Verkehr, technisch, nicht-technisch: M34, M35
- MFR, Landwirtschaft, Tierhaltung: M43
- Kleinfeuerungsanlagen, Ökodesign: M44
- Kleinfeuerungsanlagen, 1. BImSchV: M45
- Großfeuerungsanlagen, IED-Richtlinie: M46
- Großfeuerungsanlagen, IED-Richtlinie, UBA-Entwurf: M47
- MFR, Industrie, NO_x: M48
- MFR, Industrie, Feinstaub: M49
- Verkehr, Tempolimit: M50
- Landwirtschaft, Maßnahme A012: M51
- Großfeuerungsanlagen, Maßnahme G010: M52
- Verkehr, Maßnahme V012: M53
- Sonstiger Verkehr, Maßnahme M009: M54
- Landwirtschaft, Maßnahme A007: M73
- Landwirtschaft, Maßnahme A009: M74

Hypothetische Szenarien:

- Kleinfeuerungsanlagen: Ersatz von Holzfeuerungen durch Ölfeuerungen: M59
- Landwirtschaft: Reduzierter Fleischverbrauch: M15

Szenarien, die eine andere Emissionsreferenz 2020 beschreiben, bzw. auf einer anderen Referenz 2020 aufsetzen (Jörß und Degel, 2010):

- Klimaschutzszenario 2020 MMS, M76
- Klimaschutzszenario 2020 MWMS, M77
- Klimaschutzszenario 2020 MWMS+ Maßnahmenpaket M20 (MFR): M83
- Klimaschutzszenario 2020 MWMS+ Maßnahmenpaket M23 (MFR-Landwirtschaft): M84
- Klimaschutzszenario 2020 MWMS+ Maßnahmenpaket M25 (MFR-Kleinfeuerungen): M94

In den Tabellen der folgenden Unterkapitel sind die Emissionen aller Maßnahmen, hypothetischer oder sonstiger Szenarien als Änderung bezüglich der Emissionen der Referenz 2020 dargestellt. Diese Darstellungsweise wurde gewählt, da die Emissionen der Referenz 2020 der Ausgangspunkt für die immissionsseitige Bewertung der verschiedenen Pakete sind. Die prozentualen Änderungen bezüglich der Emissionen der Referenz 2020 zeigen auf, welche zusätzlichen Minderungen durch die entsprechende Maßnahme oder das entsprechende Szenario noch möglich sind.

Viele dieser Maßnahmenpakete wurden hinsichtlich einer weiteren Senkung der PM10-Belastungen entwickelt und fokussieren daher auf eine Senkung der NH₃- oder der direkten PM10- und PM2.5-Emissionen. Maßnahmen, die ausschließlich eine Minderung dieser Emissionen beinhalten, werden hier nicht betrachtet, da sie keine Auswirkungen auf die NO₂-Immissionen haben. Dies betrifft z.B. die gesamte Palette der Maßnahmen in der Landwirtschaft (M15, M30, M31, M43, M51, M73, M74, M84). Der Vollständigkeit halber werden die Emissionsminderungspotenziale dieser Maßnahmen hier trotzdem tabellarisch beschrieben.

ID	SNAP-Sektor	Hauptquellgruppe	Sub-Quellgruppe	Maßnahme
A001	10	Landwirtschaft	Tierhaltung	Anpassung der Milcheiweißgehalte an ein verändertes Verbraucherverhalten
A002	10	Landwirtschaft	Tierhaltung	Verkürzung der Mastdauer bei Mastbul-len
A003	10	Landwirtschaft	Tierhaltung	Verkürzung der Mastdauer bei Mast-schweinen
A004	10	Landwirtschaft	Tierhaltung	Verkürzung der Mastdauer bei Mast-hähnchen und -hühnchen
A005	10	Landwirtschaft	Tierhaltung	Verringerter Aufenthalt im Stall- Verlän-gerung des Weidegangs bei Milchkühen
A006	10	Landwirtschaft	Tierhaltung	Umstellung auf Festmistverfahren
A012	10	Landwirtschaft	Pflanzenbau	Maßnahme: Kombination von Düngung nach Empfehlung und verringertem Ein-satz von Harnstoff-Düngern
A013	10	Landwirtschaft	Pflanzenbau	Einsatz von Leguminosen zur N-Versorgung der Pflanzenbestände
V002	7_2	Straßenverkehr	Pkw	Förderung der Nachrüstung von Pkw mit Dieselpartikelfiltern
V003	7_2/7_1	Straßenverkehr	Pkw AB	Tempolimit 120 km/h auf Bundesauto-bahnen
V004	7_2/7_1	Straßenverkehr	Pkw AO	Tempolimit von 80 km/h auf Bundes-strassen
V005	7_1/7_2/7_5/7_6	Straßenverkehr	Pkw	Angleichung der Mineralölsteuersätze von Diesel an Ottokraftstoff
V006	7_1/7_2/7_4/7_5/7_6	Straßenverkehr	Pkw, Lnf, SNF io	Gebietsbezogene Verkehrsverbote für bestimmte Fahrzeuggruppen (Umwelt-zonen)
V007	7_5/7_6	Strassenverkehr	Pkw, Lnf, SNF io	Tempolimits innerorts
V008	7_1/7_2/7_4/7_5/7_6	Straßenverkehr	Pkw io	Verlagerung von Pkw-Fahrten innerorts aufs Fahrrad
V009	7_1/7_2	Straßenverkehr	Pkw, Lnf, SNF	Förderprogramm zum kraftstoffsparen-den Fahren
V010	7_1/7_2	Straßenverkehr	Pkw, Lnf, SNF	Förderung der Nutzung von Leichtlauf-ölen
V011	7_1/7_2	Straßenverkehr	Pkw, Lnf, SNF	Förderung der Nutzung von Leichtlaufrei-fen
MM005	8	Sonstiger Verkehr	Off-Road Diesel	Nutzungsbeschränkungen für hoch emit-tierende Baumaschinen in innerstädti-schen Gebieten
MM007	8	Sonstiger Verkehr	Schienenverkehr	Differenzierung der Trassenpreise im Schienenverkehr
MM009	8	Sonstiger Verkehr	Flugverkehr	Kosteninternalisierung im Flugverkehr (Kerosinsteuer und Einbeziehung in den Emissionshandel)
MM010	8	Sonstiger Verkehr	Flugverkehr	Emissionsabhängige Landeentgelte im Flugverkehr

Tabelle 3-3 Einzelmaßnahmen im Maßnahmenpaket M20 MFR , Nicht-technische Maßnahmen

ID	SNAP-Sektor	Hauptquellgruppe	Sub-Quellgruppe	Maßnahme
A007	10	Landwirtschaft	Tierhaltung	Einsatz von Abluftreinigungsanlagen in der Schweinehaltung
A008	10	Landwirtschaft	Tierhaltung	Abdeckung der Wirtschaftsdüngerlager
A009	10	Landwirtschaft	Tierhaltung	Veränderung der Ausbringtechnik und Verringerung der Zeit bis zur Einarbeitung
V001	7_4	Straßenverkehr	MZR	Grenzwert für Verdunstungsemissionen bei motorisierten Zweirädern
V012	7_2	Straßenverkehr	SNF	Nachrüstung von schweren Nutzfahrzeugen mit SCR
MM001	8	SonstigerVerkehr	Off-Road Diesel	Fortschreibung der Grenzwerte für mobile Maschinen und Geräte (Dieselmotoren)
MM002	8	SonstigerVerkehr	Off-Road Otto	Fortschreibung der Grenzwerte für mobile Maschinen und Geräte (Ottomotoren)
MM003	8	SonstigerVerkehr	Off-Road Flüssiggas	Grenzwerte für Fremdzündungsmotoren > 18kW in mobilen Maschinen
MM004	8	SonstigerVerkehr	Off-Road Otto	Grenzwert für Verdunstungsemissionen bei mobilen Maschinen
MM006	8	SonstigerVerkehr	Schienenverkehr	Weiterentwicklung der Grenzwerte für Diesellokomotiven
MM008	8	SonstigerVerkehr	Binnenschiff	Weiterentwicklung der Grenzwerte in der Binnenschifffahrt
L001	6	Lösemittelanwendung	Anwendung von Aerosolsprays	Reduktion der NMVOC-Emissionen aus Aerosolspray-Anwendungen
L002	6	Lösemittelanwendung	Bogenoffsetdruck	Reduktion der NMVOC-Emissionen aus Bogenoffsetdruck
L003	6	Lösemittelanwendung	Oberflächenreinigungsprozesse	Reduktion der NMVOC-Emissionen aus Oberflächenreinigungsprozessen
L004	6	Lösemittelanwendung	Anwendung von Farben und Lacken im Maschinenbau	Reduktion der NMVOC-Emissionen aus dem Maschinenbau
L005	6	Lösemittelanwendung	Anwendung von Farben und Lacken im Innenausbau und Schreinerhandwerk	Reduktion der NMVOC-Emissionen im Schreinerhandwerk
L006	6	Lösemittelanwendung	Siebdruck	Reduktion der NMVOC-Emissionen im Siebdruck

Tabelle 3-4 Einzelmaßnahmen im Maßnahmenpaket M20 MFR , technische Maßnahmen, Teil 1

ID	SNAP-Sektor	Hauptquellgruppe	Sub-Quellgruppe	Maßnahme
K002	2	Kleinfeuerungsanlagen	Erdgasfeuerungen	Verschärfung der Emissionsgrenzwerte für NO _x bei gasbefeuelten Kleinfeuerungsanlagen im Rahmen der geplanten Ökodesign-Richtlinie
K003	2	Kleinfeuerungsanlagen	Holzfeuerungen	Verschärfung der Emissionsgrenzwerte für Staub bei Kleinfeuerungsanlagen mit festen Brennstoffen im Rahmen der geplanten Novellierung der 1.BimSchV
K005	2	Kleinfeuerungsanlagen	Ölfeuerungen	Verschärfung der Emissionsgrenzwerte für NO _x bei ölbefeuelten Kleinfeuerungsanlagen im Rahmen der geplanten Ökodesign-Richtlinie
G004	1	Großfeuerungsanlagen	Kohlefeuerungen>50-100MW	Vorschläge des UBA zur Verschärfung des NO _x -Emissionsgrenzwertes bei kohlegefeuerten Grossfeuerungsanlagen 50-100 MW im Rahmen der geplanten Novellierung der IED-Richtlinie.
G005	1	Großfeuerungsanlagen	Kohlefeuerungen>100MW	Vorschläge des UBA zur Verschärfung des NO _x -Emissionsgrenzwertes bei kohlegefeuerten Grossfeuerungsanlagen >100 MW im Rahmen der geplanten Novellierung der IED-Richtlinie.
G010	1	Großfeuerungsanlagen	Kohlefeuerungen>50MW	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
G011	1	Großfeuerungsanlagen	Kohlefeuerungen 50-100MW	Verschärfung des SO ₂ -Emissionsgrenzwertes bei kohlegefeuerten Grossfeuerungsanlagen 50-100 MW im Rahmen der geplanten Novellierung der IED-Richtlinie
G014	1	Großfeuerungsanlagen	Kohlefeuerungen>100MW	Vorschläge des UBA zur Verschärfung des SO ₂ -Emissionsgrenzwertes bei kohlegefeuerten Großfeuerungsanlagen > 100 MW im Rahmen der geplanten Novellierung der IED-Richtlinie.
G016	1	Großfeuerungsanlagen	Erdgaskesselfeuerungen>50 MW	Absenkung des NO _x -Emissionsgrenzwertes auf 20 mg/Nm ³ im Jahresmittel für Erdgaskesselfeuerungen >50 MW
G019	1	Großfeuerungsanlagen	Gasturbinen-Erdgas>50MW	Vorschläge des UBA zur Verschärfung des NO _x -Emissionsgrenzwertes für erdgasgefeuerte Gasturbinen >50 MW im Rahmen der geplanten Novellierung der IED-Richtlinie
G021	1	Großfeuerungsanlagen	Ölkesselfeuerungen>50MW	Vorschläge des UBA zur Verschärfung des SO ₂ -Emissionsgrenzwertes bei Ölkesselfeuerungen >50 MW im Rahmen der geplanten Novellierung der IED-Richtlinie.

Tabelle 3-5 Einzelmaßnahmen im Maßnahmenpaket M20 MFR , technische Maßnahmen, Teil 2

ID	SNAP-Sektor	Hauptquellgruppe	Sub-Quellgruppe	Maßnahme
P002	3	Industrieprozesse	Zement	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für NO _x auf < 200 mg/Nm ³ für alle Anlagen zur Herstellung von Zement
P003	3	Industrieprozesse	Glas	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für NO _x auf < 500 mg/Nm ³ für Anlagen zur Herstellung von Glas
P004	3	Industrieprozesse	Sinter	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für NO _x auf < 100 mg/Nm ³ für Sinteranlagen
P005	3	Industrieprozesse	Walzstahl	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für NO _x auf < 200 mg/Nm ³ für Anlagen zur Herstellung von Walzstahl
P006	3	Industrieprozesse	Sinter	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für SO ₂ auf < 100 mg/Nm ³ für Sinteranlagen
P007	3	Industrieprozesse	Schwefelsäureherstellung	Absenkung der SO ₂ -Emissionsgrenzwertes durch sekundäre Abgasreinigungseinrichtung bei Doppelkontaktanlagen
P008	3	Industrieprozesse	Zement	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für Staub auf < 10 mg/Nm ³ für alle Anlagen zur Herstellung von Zement
P009	3	Industrieprozesse	Glas	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für Staub auf < 10 mg/Nm ³ für alle Anlagen zur Herstellung von Glas
P0010	3	Industrieprozesse	Sinter	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für Staub auf < 10 mg/Nm ³ für Sinteranlagen
P0011	3	Industrieprozesse	Düngemittelproduktion	Absenkung der Emissionsgrenzwertes auf < 45mg/Nm ³ für alle Anlagen zur Düngemittelproduktion

Tabelle 3-6 Einzelmaßnahmen im Maßnahmenpaket M20 MFR , technische Maßnahmen, Teil 3

3.2.2 Maßnahmenpaket M20: MFR

Change R2020-M20 %	NOX	NMVOC	SOX	NH3	PM25	PM10
Energy transformation	-10.45	0.00	-32.93	0.00	-33.24	-33.17
Small combustion sources	-13.13	0.00	0.00	0.00	-30.30	-30.44
Industrial combustion	-11.61	0.00	-5.78	0.00	-10.24	-5.26
Industrial process emissions	-44.65	0.00	-23.67	-11.36	-11.49	-9.29
Extraction of fossil fuels		0.00	0.00		0.00	0.00
Solvent and product use		-9.09		0.00	0.00	0.00
Road transport gasoline	-6.04	-1.74	-9.53	-3.06		
Road transport diesel	-14.59	-8.10	-7.48	-2.72	-6.32	-6.32
Road transport lpg						
Brake and tyrewear					-3.52	-3.52
Volatilisation losses		-27.46				
Traffic resuspension					-3.41	-3.41
Non road transport	-16.11	-32.90	-34.80	-16.31	-6.69	-6.69
Waste handling and disposal	0.00		0.00		0.00	0.00
Agriculture	0.00	0.00		-17.17	-6.28	-10.49
SUM OVER ALL SECTORS	-13.87	-6.89	-24.27	-16.66	-15.74	-10.66

Tabelle 3-7 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M20, MFR technische und nicht-technische Maßnahmen, bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland

3.2.3 Maßnahmenpaket M21: MFR-NT, Nicht-technische Maßnahmen

Change R2020-M21 %	NOX	NMVOC	SOX	NH3	PM25	PM10
Energy transformation	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Small combustion sources	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Industrial combustion	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Industrial process emissions	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Extraction of fossil fuels		0.00	0.00		0.00	0.00
Solvent and product use		0.00		0.00	0.00	0.00
Road transport gasoline	-6.04	-1.74	-9.53	-3.06		
Road transport diesel	-11.21	-8.10	-7.48	-2.72	-6.32	-6.32
Road transport lpg						
Brake and tyrewear					-3.52	-3.52
Volatilisation losses		-1.78				
Traffic resuspension					-3.41	-3.41
Non road transport	-10.46	-3.79	-34.80	-16.31	-2.04	-2.04
Waste handling and disposal	0.00		0.00		0.00	0.00
Agriculture	0.00	0.00		-9.44	0.70	0.29
SUM OVER ALL SECTORS	-3.63	-0.44	-0.11	-9.09	-0.84	-1.23

Tabelle 3-8 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M21, MFR-NT nicht-technische Maßnahmen, bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Einzelmaßnahmen siehe Tabelle 3-3 Einzelmaßnahmen im Maßnahmenpaket M20 MFR, Nicht-technische Maßnahmen.

3.2.4 Maßnahmenpaket M22: MFR-T, technische Maßnahmen

Change R2020-M22 %	NOX	NMVOC	SOX	NH3	PM25	PM10
Energy transformation	-10.45	0.00	-32.93	0.00	-33.24	-33.17
Small combustion sources	-13.13	0.00	0.00	0.00	-30.30	-30.44
Industrial combustion	-11.61	0.00	-5.78	0.00	-10.24	-5.26
Industrial process emissions	-44.65	0.00	-23.67	-11.36	-11.49	-9.29
Extraction of fossil fuels		0.00	0.00		0.00	0.00
Solvent and product use		-9.09		0.00	0.00	0.00
Road transport gasoline	0.00	0.00	0.00	0.00		
Road transport diesel	-3.38	0.00	-0.02	0.01	0.00	0.00
Road transport lpg						
Brake and tyrewear					0.00	0.00
Volatilisation losses		-25.67				
Traffic resuspension					0.00	0.00
Non road transport	-5.65	-29.11	0.00	0.00	-4.65	-4.65
Waste handling and disposal	0.00		0.00		0.00	0.00
Agriculture	0.00	0.00		-7.73	-6.98	-10.78
SUM OVER ALL SECTORS	-10.23	-6.45	-24.16	-7.56	-14.90	-9.43

Tabelle 3-9 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M22, MFR-T technische Maßnahmen, bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Einzelmaßnahmen siehe Tabelle 3-4, Tabelle 3-5, Tabelle 3-6.

3.2.5 Maßnahmenpaket M23: MFR-Landwirtschaft

Change R2020-M23 %	NOX	NMVOC	SOX	NH3	PM25	PM10
Energy transformation	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Small combustion sources	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Industrial combustion	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Industrial process emissions	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Extraction of fossil fuels		0.00	0.00		0.00	0.00
Solvent and product use		0.00		0.00	0.00	0.00
Road transport gasoline	0.00	0.00	0.00	0.00		
Road transport diesel	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Road transport lpg						
Brake and tyrewear					0.00	0.00
Volatilisation losses		0.00				
Traffic resuspension					0.00	0.00
Non road transport	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Waste handling and disposal	0.00		0.00		0.00	0.00
Agriculture	0.00	0.00		-17.17	-6.28	-10.49
SUM OVER ALL SECTORS	0.00	0.00	0.00	-16.41	-0.35	-1.28

Tabelle 3-10 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M23, MFR-Landwirtschaft, bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Einzelmaßnahmen A001 bis A006, A012, A013 nach Tabelle 3-3, A007 bis A009 nach Tabelle 3-4.

3.2.6 Maßnahmenpaket M24: MFR Lösemittel

Change R2020-M24 %	NOX	NMVOC	SOX	NH3	PM25	PM10
Energy transformation	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Small combustion sources	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
Industrial combustion	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
Industrial process emissions	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Extraction of fossil fuels		0.00	0.00		0.00	0.00
Solvent and product use		-9.09		0.00	0.00	0.00
Road transport gasoline	0.00	0.00	0.00	0.00		
Road transport diesel	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Road transport lpg						
Brake and tyrewear					0.00	0.00
Volatilisation losses		0.00				
Traffic resuspension					0.00	0.00
Non road transport	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Waste handling and disposal	0.00		0.00		0.00	0.00
Agriculture	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
SUM OVER ALL SECTORS	0.00	-5.26	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabelle 3-11 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M24, MFR-Lösemittel, bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Einzelmaßnahmen siehe Tabelle 3-4.

3.2.7 Maßnahmenpaket M25: MFR-Kleinfeuerungsanlagen

Change R2020-M25 %	NOX	NMVOC	SOX	NH3	PM25	PM10
Energy transformation	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Small combustion sources	-13.13	0.00	0.00	0.00	-30.30	-30.44
Industrial combustion	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Industrial process emissions	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Extraction of fossil fuels		0.00	0.00		0.00	0.00
Solvent and product use		0.00		0.00	0.00	0.00
Road transport gasoline	0.00	0.00	0.00	0.00		
Road transport diesel	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Road transport lpg						
Brake and tyrewear					0.00	0.00
Volatilisation losses		0.00				
Traffic resuspension					0.00	0.00
Non road transport	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Waste handling and disposal	0.00		0.00		0.00	0.00
Agriculture	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
SUM OVER ALL SECTORS	-1.36	0.00	0.00	0.00	-9.04	-4.34

Tabelle 3-12 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M25, MFR-Kleinfeuerungsanlagen, bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Einzelmaßnahmen K002, K003, K005, siehe Tabelle 3-5.

3.2.8 Maßnahmenpaket M26: MFR-Großfeuerungsanlagen

Change R2020-M26 %	NOX	NM VOC	SOX	NH3	PM25	PM10
Energy transformation	-10.45	0.00	-32.93	0.00	-33.24	-33.17
Small combustion sources	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Industrial combustion	-11.61	0.00	-5.78	0.00	-1.07	-0.56
Industrial process emissions	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Extraction of fossil fuels		0.00	0.00		0.00	0.00
Solvent and product use		0.00		0.00	0.00	0.00
Road transport gasoline	0.00	0.00	0.00	0.00		
Road transport diesel	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Road transport lpg						
Brake and tyrewear					0.00	0.00
Volatilisation losses		0.00				
Traffic resuspension					0.00	0.00
Non road transport	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Waste handling and disposal	0.00		0.00		0.00	0.00
Agriculture	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
SUM OVER ALL SECTORS	-4.09	0.00	-19.42	0.00	-3.06	-1.53

Tabelle 3-13 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M26 MFR-Großfeuerungsanlagen bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Einzelmaßnahmen G004, G005, G010, G011, G014, G016, G019, G021, siehe Tabelle 3-5.

3.2.9 Maßnahmenpaket M27: MFR-Produktionsprozesse

Change R2020-M27 %	NOX	NM VOC	SOX	NH3	PM25	PM10
Energy transformation	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Small combustion sources	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Industrial combustion	0.00	0.00	0.00	0.00	-9.17	-4.70
Industrial process emissions	-44.65	0.00	-23.67	-11.36	-11.49	-9.29
Extraction of fossil fuels		0.00	0.00		0.00	0.00
Solvent and product use		0.00		0.00	0.00	0.00
Road transport gasoline	0.00	0.00	0.00	0.00		
Road transport diesel	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Road transport lpg						
Brake and tyrewear					0.00	0.00
Volatilisation losses		0.00				
Traffic resuspension					0.00	0.00
Non road transport	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Waste handling and disposal	0.00		0.00		0.00	0.00
Agriculture	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
SUM OVER ALL SECTORS	-3.32	0.00	-4.74	-0.18	-2.05	-2.08

Tabelle 3-14 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M27 MFR-Produktionsprozesse bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Einzelmaßnahmen P002 bis P011, siehe Tabelle 3-6.

3.2.10 Maßnahmenpaket M28: MFR-Verkehr

Change R2020-M28 %	NOX	NM VOC	SOX	NH3	PM25	PM10
Energy transformation	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Small combustion sources	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Industrial combustion	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Industrial process emissions	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Extraction of fossil fuels		0.00	0.00		0.00	0.00
Solvent and product use		0.00		0.00	0.00	0.00
Road transport gasoline	-6.04	-1.74	-9.53	-3.06		
Road transport diesel	-14.59	-8.10	-7.48	-2.72	-6.32	-6.32
Road transport lpg						
Brake and tyrewear					-3.52	-3.52
Volatilisation losses		-27.46				
Traffic resuspension					-3.41	-3.41
Non road transport	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Waste handling and disposal	0.00		0.00		0.00	0.00
Agriculture	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
SUM OVER ALL SECTORS	-2.43	-0.51	-0.01	-0.04	-0.73	-1.20

Tabelle 3-15 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M28 MFR-Verkehr bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Einzelmaßnahmen V002 bis V011, siehe Tabelle 3-3, V001 und V012, siehe Tabelle 3-4.

3.2.11 Maßnahmenpaket M29: MFR-Sonstiger Verkehr

Change R2020-M29 %	NOX	NM VOC	SOX	NH3	PM25	PM10
Energy transformation	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Small combustion sources	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Industrial combustion	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Industrial process emissions	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Extraction of fossil fuels		0.00	0.00		0.00	0.00
Solvent and product use		0.00		0.00	0.00	0.00
Road transport gasoline	0.00	0.00	0.00	0.00		
Road transport diesel	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Road transport lpg						
Brake and tyrewear					0.00	0.00
Volatilisation losses		0.00				
Traffic resuspension					0.00	0.00
Non road transport	-16.11	-32.90	-34.80	-16.31	-6.69	-6.69
Waste handling and disposal	0.00		0.00		0.00	0.00
Agriculture	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
SUM OVER ALL SECTORS	-2.67	-1.11	-0.09	-0.03	-0.50	-0.22

Tabelle 3-16 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M29 MFR-Sonstiger Verkehr bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Einzelmaßnahmen MM005, MM007, MM009, MM010, siehe Tabelle 3-3, MM001 bis MM006, MM008, siehe Tabelle 3-4.

3.2.12 Maßnahmenpaket M30: MFR-Landwirtschaft, nicht-technische Maßnahmen

Change R2020-M30 %	NOX	NM VOC	SOX	NH3	PM25	PM10
Energy transformation	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Small combustion sources	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Industrial combustion	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Industrial process emissions	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Extraction of fossil fuels		0.00	0.00		0.00	0.00
Solvent and product use		0.00		0.00	0.00	0.00
Road transport gasoline	0.00	0.00	0.00	0.00		
Road transport diesel	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Road transport lpg						
Brake and tyrewear					0.00	0.00
Volatilisation losses		0.00				
Traffic resuspension					0.00	0.00
Non road transport	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Waste handling and disposal	0.00		0.00		0.00	0.00
Agriculture	0.00	0.00		-9.44	0.70	0.29
SUM OVER ALL SECTORS	0.00	0.00	0.00	-9.02	0.04	0.04

Tabelle 3-17 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M30 MFR-Landwirtschaft, nicht-technische Maßnahmen, bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Einzelmaßnahmen A001 bis A006, A012, A013 nach Tabelle 3-3.

3.2.13 Maßnahmenpaket M31: MFR-Landwirtschaft, technische Maßnahmen

Change R2020-M31 %	NOX	NM VOC	SOX	NH3	PM25	PM10
Energy transformation	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Small combustion sources	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Industrial combustion	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Industrial process emissions	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Extraction of fossil fuels		0.00	0.00		0.00	0.00
Solvent and product use		0.00		0.00	0.00	0.00
Road transport gasoline	0.00	0.00	0.00	0.00		
Road transport diesel	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Road transport lpg						
Brake and tyrewear					0.00	0.00
Volatilisation losses		0.00				
Traffic resuspension					0.00	0.00
Non road transport	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Waste handling and disposal	0.00		0.00		0.00	0.00
Agriculture	0.00	0.00		-7.73	-6.98	-10.78
SUM OVER ALL SECTORS	0.00	0.00	0.00	-7.38	-0.39	-1.31

Tabelle 3-18 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M31 MFR-Landwirtschaft, technische Maßnahmen, bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Einzelmaßnahmen A007 bis A009 nach Tabelle 3-4.

3.2.14 Maßnahmenpaket M32: MFR-Verkehr, technische Maßnahmen

Change R2020-M32 %	NOX	NMVOC	SOX	NH3	PM25	PM10
Energy transformation	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Small combustion sources	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Industrial combustion	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Industrial process emissions	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Extraction of fossil fuels		0.00	0.00		0.00	0.00
Solvent and product use		0.00		0.00	0.00	0.00
Road transport gasoline	0.00	0.00	0.00	0.00		
Road transport diesel	-3.38	0.00	-0.02	0.01	0.00	0.00
Road transport lpg						
Brake and tyrewear					0.00	0.00
Volatilisation losses		-25.67				
Traffic resuspension					0.00	0.00
Non road transport	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Waste handling and disposal	0.00		0.00		0.00	0.00
Agriculture	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
SUM OVER ALL SECTORS	-0.53	-0.20	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabelle 3-19 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M32 MFR-Verkehr, technische Maßnahmen, bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Einzelmaßnahmen V001 und V012 nach Tabelle 3-4.

3.2.15 Maßnahmenpaket M33: MFR-Verkehr, nicht-technische Maßnahmen

Change R2020-M33 %	NOX	NMVOC	SOX	NH3	PM25	PM10
Energy transformation	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Small combustion sources	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Industrial combustion	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Industrial process emissions	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Extraction of fossil fuels		0.00	0.00		0.00	0.00
Solvent and product use		0.00		0.00	0.00	0.00
Road transport gasoline	-6.04	-1.74	-9.53	-3.06		
Road transport diesel	-11.21	-8.10	-7.48	-2.72	-6.32	-6.32
Road transport lpg						
Brake and tyrewear					-3.52	-3.52
Volatilisation losses		-1.78				
Traffic resuspension					-3.41	-3.41
Non road transport	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Waste handling and disposal	0.00		0.00		0.00	0.00
Agriculture	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
SUM OVER ALL SECTORS	-1.90	-0.31	-0.01	-0.04	-0.73	-1.20

Tabelle 3-20 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M33 MFR-Verkehr, nicht-technische Maßnahmen, bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Einzelmaßnahmen V002 bis V011 nach Tabelle 3-3.

3.2.16 Maßnahmenpaket M34: MFR-Sonstiger Verkehr, technische Maßnahmen

Change R2020-M34 %	NOX	NMVOC	SOX	NH3	PM25	PM10
Energy transformation	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Small combustion sources	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Industrial combustion	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Industrial process emissions	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Extraction of fossil fuels		0.00	0.00		0.00	0.00
Solvent and product use		0.00		0.00	0.00	0.00
Road transport gasoline	0.00	0.00	0.00	0.00		
Road transport diesel	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Road transport lpg						
Brake and tyrewear					0.00	0.00
Volatilisation losses		0.00				
Traffic resuspension					0.00	0.00
Non road transport	-5.65	-29.11	0.00	0.00	-4.65	-4.65
Waste handling and disposal	0.00		0.00		0.00	0.00
Agriculture	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
SUM OVER ALL SECTORS	-0.94	-0.98	0.00	0.00	-0.35	-0.15

Tabelle 3-21 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M34 MFR-Sonstiger Verkehr, technische Maßnahmen, bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Einzelmaßnahmen MM001 bis MM008 nach Tabelle 3-4.

3.2.17 Maßnahmenpaket M35: MFR-Sonstiger Verkehr, nicht-technische Maßnahmen

Change R2020-M35 %	NOX	NMVOC	SOX	NH3	PM25	PM10
Energy transformation	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Small combustion sources	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Industrial combustion	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Industrial process emissions	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Extraction of fossil fuels		0.00	0.00		0.00	0.00
Solvent and product use		0.00		0.00	0.00	0.00
Road transport gasoline	0.00	0.00	0.00	0.00		
Road transport diesel	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Road transport lpg						
Brake and tyrewear					0.00	0.00
Volatilisation losses		0.00				
Traffic resuspension					0.00	0.00
Non road transport	-10.46	-3.79	-34.80	-16.31	-2.04	-2.04
Waste handling and disposal	0.00		0.00		0.00	0.00
Agriculture	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
SUM OVER ALL SECTORS	-1.73	-0.13	-0.09	-0.03	-0.15	-0.07

Tabelle 3-22 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M35 MFR-Sonstiger Verkehr, nicht-technische Maßnahmen, bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Einzelmaßnahmen MM005, MM007, MM009, MM010 nach Tabelle 3-3.

3.2.18 Maßnahmenpaket M43: MFR-Landwirtschaft, Tierhaltung

Change R2020-M43 %	NOX	NM VOC	SOX	NH3	PM25	PM10
Energy transformation	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Small combustion sources	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Industrial combustion	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Industrial process emissions	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Extraction of fossil fuels		0.00	0.00		0.00	0.00
Solvent and product use		0.00		0.00	0.00	0.00
Road transport gasoline	0.00	0.00	0.00	0.00		
Road transport diesel	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Road transport lpg						
Brake and tyrewear					0.00	0.00
Volatilisation losses		0.00				
Traffic resuspension					0.00	0.00
Non road transport	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Waste handling and disposal	0.00		0.00		0.00	0.00
Agriculture	0.00	0.00		-10.30	-6.28	-10.49
SUM OVER ALL SECTORS	0.00	0.00	0.00	-9.85	-0.35	-1.28

Tabelle 3-23 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M43 MFR-Landwirtschaft, Tierhaltung, bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Einzelmaßnahmen A001 bis A009 nach Tabelle 3-3 und Tabelle 3-4.

3.2.19 Maßnahmenpaket M44: Kleinf Feuerungsanlagen, Ökodesign

Change R2020-M44 %	NOX	NM VOC	SOX	NH3	PM25	PM10
Energy transformation	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Small combustion sources	-13.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Industrial combustion	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Industrial process emissions	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Extraction of fossil fuels		0.00	0.00		0.00	0.00
Solvent and product use		0.00		0.00	0.00	0.00
Road transport gasoline	0.00	0.00	0.00	0.00		
Road transport diesel	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Road transport lpg						
Brake and tyrewear					0.00	0.00
Volatilisation losses		0.00				
Traffic resuspension					0.00	0.00
Non road transport	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Waste handling and disposal	0.00		0.00		0.00	0.00
Agriculture	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
SUM OVER ALL SECTORS	-1.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabelle 3-24 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M44 Kleinf Feuerungsanlagen, Ökodesign bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Einzelmaßnahme K005, siehe Tabelle 3-5.

3.2.20 Maßnahmenpaket M45: Kleinf Feuerungsanlagen, 1. BImSchV

Change R2020-M45 %	NOX	NM VOC	SOX	NH3	PM25	PM10
Energy transformation	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Small combustion sources	-3.94	0.00	0.00	0.00	-30.30	-30.44
Industrial combustion	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Industrial process emissions	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Extraction of fossil fuels		0.00	0.00		0.00	0.00
Solvent and product use		0.00		0.00	0.00	0.00
Road transport gasoline	0.00	0.00	0.00	0.00		
Road transport diesel	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Road transport lpg						
Brake and tyre wear					0.00	0.00
Volatilisation losses		0.00				
Traffic resuspension					0.00	0.00
Non road transport	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Waste handling and disposal	0.00		0.00		0.00	0.00
Agriculture	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
SUM OVER ALL SECTORS	-0.41	0.00	0.00	0.00	-9.04	-4.34

Tabelle 3-25 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M45 Kleinf Feuerungsanlagen, 1. BImSchV, bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Einzelmaßnahme K003, siehe Tabelle 3-5.

3.2.21 Maßnahmenpaket M46: Großfeuerungsanlagen, IED-Richtlinie

Change R2020-M46 %	NOX	NM VOC	SOX	NH3	PM25	PM10
Energy transformation	-7.47	0.00	-32.09	0.00	-0.45	-0.45
Small combustion sources	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Industrial combustion	-5.66	0.00	-3.90	0.00	-0.01	-0.01
Industrial process emissions	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Extraction of fossil fuels		0.00	0.00		0.00	0.00
Solvent and product use		0.00		0.00	0.00	0.00
Road transport gasoline	0.00	0.00	0.00	0.00		
Road transport diesel	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Road transport lpg						
Brake and tyre wear					0.00	0.00
Volatilisation losses		0.00				
Traffic resuspension					0.00	0.00
Non road transport	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Waste handling and disposal	0.00		0.00		0.00	0.00
Agriculture	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
SUM OVER ALL SECTORS	-2.73	0.00	-18.69	0.00	-0.04	-0.02

Tabelle 3-26 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M46 Großfeuerungsanlagen, Novellierung der IED-Richtlinie, bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Einzelmaßnahmen G004, G005, siehe Tabelle 3-5.

3.2.22 Maßnahmenpaket M47: Großfeuerungsanlagen, IED-Richtlinie, UBA-Entwurf

Change R2020-M47 %	NOX	NM VOC	SOX	NH3	PM25	PM10
Energy transformation	-9.76	0.00	-32.83	0.00	-0.49	-0.49
Small combustion sources	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Industrial combustion	-3.50	0.00	-5.77	0.00	0.00	0.00
Industrial process emissions	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Extraction of fossil fuels		0.00	0.00		0.00	0.00
Solvent and product use		0.00		0.00	0.00	0.00
Road transport gasoline	0.00	0.00	0.00	0.00		
Road transport diesel	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Road transport lpg						
Brake and tyrewear					0.00	0.00
Volatilisation losses		0.00				
Traffic resuspension					0.00	0.00
Non road transport	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Waste handling and disposal	0.00		0.00		0.00	0.00
Agriculture	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
SUM OVER ALL SECTORS	-3.29	0.00	-19.36	0.00	-0.04	-0.02

Tabelle 3-27 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M47 Großfeuerungsanlagen, Novellierung der IED-Richtlinie, UBA-Entwurf bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Einzelmaßnahmen G014, G019, G021, siehe Tabelle 3-5.

3.2.23 Maßnahmenpaket M48: MFR-Industrie-NO_x

Change R2020-M48 %	NOX	NM VOC	SOX	NH3	PM25	PM10
Energy transformation	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Small combustion sources	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Industrial combustion	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Industrial process emissions	-44.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Extraction of fossil fuels		0.00	0.00		0.00	0.00
Solvent and product use		0.00		0.00	0.00	0.00
Road transport gasoline	0.00	0.00	0.00	0.00		
Road transport diesel	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Road transport lpg						
Brake and tyrewear					0.00	0.00
Volatilisation losses		0.00				
Traffic resuspension					0.00	0.00
Non road transport	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Waste handling and disposal	0.00		0.00		0.00	0.00
Agriculture	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
SUM OVER ALL SECTORS	-3.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabelle 3-28 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M48 Industrie-NO_x bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland, Einzelmaßnahmen P002 bis P005, siehe Tabelle 3-6.

3.2.24 Maßnahmenpaket M49: MFR-Industrie-Feinstaub

Change R2020-M49 %	NOX	NMVOC	SOX	NH3	PM25	PM10
Energy transformation	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Small combustion sources	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Industrial combustion	0.00	0.00	0.00	0.00	-9.17	-4.70
Industrial process emissions	0.00	0.00	0.00	0.00	-11.49	-9.29
Extraction of fossil fuels		0.00	0.00		0.00	0.00
Solvent and product use		0.00		0.00	0.00	0.00
Road transport gasoline	0.00	0.00	0.00	0.00		
Road transport diesel	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Road transport lpg						
Brake and tyrewear					0.00	0.00
Volatilisation losses		0.00				
Traffic resuspension					0.00	0.00
Non road transport	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Waste handling and disposal	0.00		0.00		0.00	0.00
Agriculture	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
SUM OVER ALL SECTORS	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.05	-2.08

Tabelle 3-29 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M49 Industrie-Feinstaub bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland, Einzelmaßnahmen P008 bis P010, siehe Tabelle 3-6.

3.2.25 Maßnahmenpaket M50: Tempolimit

Change R2020-M50 %	NOX	NMVOC	SOX	NH3	PM25	PM10
Energy transformation	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Small combustion sources	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Industrial combustion	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Industrial process emissions	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Extraction of fossil fuels		0.00	0.00		0.00	0.00
Solvent and product use		0.00		0.00	0.00	0.00
Road transport gasoline	-5.56	-0.52	-3.98	0.00		
Road transport diesel	-3.74	-0.87	-2.28	0.00	-1.89	-1.89
Road transport lpg						
Brake and tyrewear					-0.75	-0.75
Volatilisation losses		0.00				
Traffic resuspension					-0.75	-0.75
Non road transport	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Waste handling and disposal	0.00		0.00		0.00	0.00
Agriculture	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
SUM OVER ALL SECTORS	-0.73	-0.04	0.00	0.00	-0.17	-0.27

Tabelle 3-30 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M50 Tempolimit bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland, Einzelmaßnahmen V003, V004, V007, siehe Tabelle 3-3.

3.2.26 Maßnahmenpaket M51: Landwirtschaft, Maßnahme A012

Change R2020-M51 %	NOX	NMVOC	SOX	NH3	PM25	PM10
Energy transformation	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Small combustion sources	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Industrial combustion	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Industrial process emissions	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Extraction of fossil fuels		0.00	0.00		0.00	0.00
Solvent and product use		0.00		0.00	0.00	0.00
Road transport gasoline	0.00	0.00	0.00	0.00		
Road transport diesel	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Road transport lpg						
Brake and tyrewear					0.00	0.00
Volatilisation losses		0.00				
Traffic resuspension					0.00	0.00
Non road transport	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Waste handling and disposal	0.00		0.00		0.00	0.00
Agriculture	0.00	0.00		-6.87	0.00	0.00
SUM OVER ALL SECTORS	0.00	0.00	0.00	-6.56	0.00	0.00

Tabelle 3-31 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M51 Landwirtschaft bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland, Einzelmaßnahme A012, siehe Tabelle 3-3.

3.2.27 Maßnahmenpaket M52: Großfeuerungsanlagen, Maßnahme G010

Change R2020-M52 %	NOX	NMVOC	SOX	NH3	PM25	PM10
Energy transformation	0.00	0.00	0.00	0.00	-33.24	-33.17
Small combustion sources	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Industrial combustion	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.07	-0.56
Industrial process emissions	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Extraction of fossil fuels		0.00	0.00		0.00	0.00
Solvent and product use		0.00		0.00	0.00	0.00
Road transport gasoline	0.00	0.00	0.00	0.00		
Road transport diesel	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Road transport lpg						
Brake and tyrewear					0.00	0.00
Volatilisation losses		0.00				
Traffic resuspension					0.00	0.00
Non road transport	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Waste handling and disposal	0.00		0.00		0.00	0.00
Agriculture	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
SUM OVER ALL SECTORS	0.00	0.00	0.00	0.00	-3.06	-1.53

Tabelle 3-32 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M52 Großfeuerungsanlagen bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Einzelmaßnahme G010, siehe Tabelle 3-5.

3.2.28 Maßnahmenpaket M53: Verkehr, Maßnahme V012

Change R2020-M53 %	NOX	NM VOC	SOX	NH3	PM25	PM10
Energy transformation	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Small combustion sources	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Industrial combustion	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Industrial process emissions	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Extraction of fossil fuels		0.00	0.00		0.00	0.00
Solvent and product use		0.00		0.00	0.00	0.00
Road transport gasoline	0.00	0.00	0.00	0.00		
Road transport diesel	-3.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Road transport lpg						
Brake and tyrewear					0.00	0.00
Volatilisation losses		0.00				
Traffic resuspension					0.00	0.00
Non road transport	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Waste handling and disposal	0.00		0.00		0.00	0.00
Agriculture	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
SUM OVER ALL SECTORS	-0.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabelle 3-33 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M53 Verkehr bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Einzelmaßnahme V012, siehe Tabelle 3-4.

3.2.29 Maßnahmenpaket M54: Sonstiger Verkehr, Maßnahme MM009

Change R2020-M54 %	NOX	NM VOC	SOX	NH3	PM25	PM10
Energy transformation	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Small combustion sources	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Industrial combustion	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Industrial process emissions	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Extraction of fossil fuels		0.00	0.00		0.00	0.00
Solvent and product use		0.00		0.00	0.00	0.00
Road transport gasoline	0.00	0.00	0.00	0.00		
Road transport diesel	0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00
Road transport lpg						
Brake and tyrewear					0.00	0.00
Volatilisation losses		0.00				
Traffic resuspension					0.00	0.00
Non road transport	-7.65	-3.79	-34.80	-16.31	-1.61	-1.61
Waste handling and disposal	0.00		0.00		0.00	0.00
Agriculture	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
SUM OVER ALL SECTORS	-1.27	-0.13	-0.09	-0.03	-0.12	-0.05

Tabelle 3-34 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M54 Sonstiger Verkehr bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Einzelmaßnahme M009, siehe Tabelle 3-3.

3.2.30 Hypothetisches Szenario M59: Kleinfeuerungsanlagen, Ersatz von Holzfeuerungen durch Ölfeuerungen

Change R2020-M59 %	NOX	NM VOC	SOX	NH3	PM25	PM10
Energy transformation	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Small combustion sources	-6.28	-89.55	21.09	20.23	-85.64	-85.86
Industrial combustion	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Industrial process emissions	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Extraction of fossil fuels		0.00	0.00		0.00	0.00
Solvent and product use		0.00		0.00	0.00	0.00
Road transport gasoline	0.00	0.00	0.00	0.00		
Road transport diesel	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Road transport lpg						
Brake and tyrewear					0.00	0.00
Volatilisation losses		0.00				
Traffic resuspension					0.00	0.00
Non road transport	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Waste handling and disposal	0.00		0.00		0.00	0.00
Agriculture	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
SUM OVER ALL SECTORS	-0.65	-6.17	1.67	0.10	-25.56	-12.25

Tabelle 3-35 Änderung (%) der Emissionen des Szenarios M59 Kleinfeuerungsanlagen bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Ersatz von Holzfeuerungen durch Ölfeuerungen.

3.2.31 Maßnahmenpaket M73: Landwirtschaft, Maßnahme A007

Change R2020-M73 %	NOX	NM VOC	SOX	NH3	PM25	PM10
Energy transformation	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Small combustion sources	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Industrial combustion	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Industrial process emissions	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Extraction of fossil fuels		0.00	0.00		0.00	0.00
Solvent and product use		0.00		0.00	0.00	0.00
Road transport gasoline	0.00	0.00	0.00	0.00		
Road transport diesel	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Road transport lpg						
Brake and tyrewear					0.00	0.00
Volatilisation losses		0.00				
Traffic resuspension					0.00	0.00
Non road transport	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Waste handling and disposal	0.00		0.00		0.00	0.00
Agriculture	0.00	0.00		-3.43	-6.98	-10.78
SUM OVER ALL SECTORS	0.00	0.00	0.00	-3.28	-0.39	-1.31

Tabelle 3-36 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M73 Landwirtschaft bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Einzelmaßnahme A007, siehe Tabelle 3-4.

3.2.32 Maßnahmenpaket M74: Landwirtschaft, Maßnahme A009

Change R2020-M74 %	NOX	NM VOC	SOX	NH3	PM25	PM10
Energy transformation	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Small combustion sources	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Industrial combustion	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Industrial process emissions	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Extraction of fossil fuels		0.00	0.00		0.00	0.00
Solvent and product use		0.00		0.00	0.00	0.00
Road transport gasoline	0.00	0.00	0.00	0.00		
Road transport diesel	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Road transport lpg						
Brake and tyrewear					0.00	0.00
Volatilisation losses		0.00				
Traffic resuspension					0.00	0.00
Non road transport	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Waste handling and disposal	0.00		0.00		0.00	0.00
Agriculture	0.00	0.00		-3.43	0.00	0.00
SUM OVER ALL SECTORS	0.00	0.00	0.00	-3.28	0.00	0.00

Tabelle 3-37 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M74 Landwirtschaft bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Einzelmaßnahme A009, siehe Tabelle 3-4.

3.2.33 Hypothetisches Szenario M15: Landwirtschaft, „Reduzierter Fleischverbrauch“

Change R2020-M15 %	NOX	NM VOC	SOX	NH3	PM25	PM10
Energy transformation	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Small combustion sources	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Industrial combustion	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Industrial process emissions	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Extraction of fossil fuels		0.00	0.00		0.00	0.00
Solvent and product use		0.00		0.00	0.00	0.00
Road transport gasoline	0.00	0.00	0.00	0.00		
Road transport diesel	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Road transport lpg						
Brake and tyrewear					0.00	0.00
Volatilisation losses		0.00				
Traffic resuspension					0.00	0.00
Non road transport	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Waste handling and disposal	0.00		0.00		0.00	0.00
Agriculture	0.00	0.00		-25.00	-25.00	-25.00
SUM OVER ALL SECTORS	0.00	0.00	0.00	-23.90	-1.41	-3.05

Tabelle 3-38 Änderung (%) der Emissionen Hypothetisches Szenario M15 Landwirtschaft: „Reduzierter Fleischverbrauch“ bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland.

3.2.34 Szenario M76: Klimaschutzszenario MMS

Change R2020-M76 %	NOX	NM VOC	SOX	NH3	PM25	PM10
Energy transformation	-10.69	-15.09	-13.46	-9.20	-14.26	-13.99
Small combustion sources	-7.68	-12.28	76.45	-13.65	-9.41	-9.34
Industrial combustion	-12.58	-14.02	-7.69	-0.39	0.57	6.82
Industrial process emissions	-8.68	-0.22	1.71	-1.80	4.27	0.86
Extraction of fossil fuels		0.00	0.00		0.00	0.00
Solvent and product use		0.00		0.00	0.00	0.00
Road transport gasoline	0.00	0.00	0.00	0.00		
Road transport diesel	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Road transport lpg						
Brake and tyrewear					0.00	0.00
Volatilisation losses		0.00				
Traffic resuspension					0.00	0.00
Non road transport	-3.10	-5.23	-2.58	-3.14	-0.27	-0.27
Waste handling and disposal	0.00		0.00		0.00	0.00
Agriculture	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
SUM OVER ALL SECTORS	-6.19	-1.17	-2.30	-0.14	-3.56	-1.32

Tabelle 3-39 Änderung (%) der Emissionen für M76 Klimaschutzszenario MMS bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland.

3.2.35 Szenario M77: Klimaschutzszenario MWMS

Change R2020-M77 %	NOX	NM VOC	SOX	NH3	PM25	PM10
Energy transformation	-23.17	-32.15	-34.32	-16.57	-34.13	-33.79
Small combustion sources	-16.41	-2.09	60.87	-25.73	0.41	0.59
Industrial combustion	-10.76	-16.46	-19.56	-1.50	-1.57	5.70
Industrial process emissions	-8.68	-0.22	1.71	-1.80	4.28	0.86
Extraction of fossil fuels		0.00	0.00		0.00	0.00
Solvent and product use		0.00		0.00	0.00	0.00
Road transport gasoline	-11.43	-8.03	-13.14	-13.58		
Road transport diesel	-31.91	-35.84	-32.85	-34.40	-26.86	-26.86
Road transport lpg						
Brake and tyrewear					-20.50	-20.54
Volatilisation losses		0.00				
Traffic resuspension					-22.75	-22.75
Non road transport	-10.66	-8.97	-36.99	-19.26	-1.86	-1.86
Waste handling and disposal	0.00		0.00		0.00	0.00
Agriculture	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
SUM OVER ALL SECTORS	-17.36	-2.02	-17.09	-0.46	-6.86	-8.50

Tabelle 3-40 Änderung (%) der Emissionen für M77 Klimaschutzszenario MWMS bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland.

3.2.36 Szenario M83: Klimaschutzszenario MWMS+MFR

Change R2020-M83 %	NOX	NMVOC	SOX	NH3	PM25	PM10
Energy transformation	-31.62	-32.15	-54.33	-16.57	-53.67	-53.30
Small combustion sources	-25.63	-2.09	60.87	-25.73	-27.20	-27.22
Industrial combustion	-21.70	-16.46	-23.39	-1.50	-10.31	1.21
Industrial process emissions	-49.45	-0.22	-21.96	-13.17	-7.02	-8.34
Extraction of fossil fuels		0.00	0.00		0.00	0.00
Solvent and product use		-9.09		0.00	0.00	0.00
Road transport gasoline	-17.27	-9.93	-18.07	-14.51		
Road transport diesel	-37.27	-37.24	-35.24	-34.89	-28.82	-28.82
Road transport lpg						
Brake and tyrewear					-21.74	-21.78
Volatilisation losses		-27.46				
Traffic resuspension					-23.87	-23.87
Non road transport	-19.13	-38.09	-36.99	-19.26	-6.95	-6.95
Waste handling and disposal	0.00		0.00		0.00	0.00
Agriculture	0.00	0.00		-17.17	-6.28	-10.49
SUM OVER ALL SECTORS	-27.16	-8.57	-33.69	-17.06	-19.83	-17.24

Tabelle 3-41 Änderung (%) der Emissionen für M83 Klimaschutzszenario MWMS+MFR bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland.

3.2.37 Szenario M84: Klimaschutzszenario MWMS+MFR-Landwirtschaft

Change R2020-M84 %	NOX	NMVOC	SOX	NH3	PM25	PM10
Energy transformation	-23.17	-32.15	-34.32	-16.57	-34.13	-33.79
Small combustion sources	-16.41	-2.09	60.87	-25.73	0.41	0.59
Industrial combustion	-10.76	-16.46	-19.56	-1.50	-1.57	5.70
Industrial process emissions	-8.68	-0.22	1.71	-1.80	4.28	0.86
Extraction of fossil fuels		0.00	0.00		0.00	0.00
Solvent and product use		0.00		0.00	0.00	0.00
Road transport gasoline	-11.43	-8.03	-13.14	-13.58		
Road transport diesel	-31.91	-35.84	-32.85	-34.40	-26.86	-26.86
Road transport lpg						
Brake and tyrewear					-20.50	-20.54
Volatilisation losses		0.00				
Traffic resuspension					-22.75	-22.75
Non road transport	-10.66	-8.97	-36.99	-19.26	-1.86	-1.86
Waste handling and disposal	0.00		0.00		0.00	0.00
Agriculture	0.00	0.00		-17.17	-6.28	-10.49
SUM OVER ALL SECTORS	-17.36	-2.02	-17.09	-16.87	-7.21	-9.78

Tabelle 3-42 Änderung (%) der Emissionen für M84 Klimaschutzszenario MWMS+MFR-Landwirtschaft bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland.

3.2.38 Szenario M94: Klimaschutzszenario MWMS+MFR-Kleinf Feuerungsanlagen

Change R2020-M94 %	NOX	NM VOC	SOX	NH3	PM25	PM10
Energy transformation	-23.17	-32.15	-34.32	-16.57	-34.13	-33.79
Small combustion sources	-25.63	-2.09	60.87	-25.73	-27.20	-27.22
Industrial combustion	-10.76	-16.46	-19.56	-1.50	-1.57	5.70
Industrial process emissions	-8.68	-0.22	1.71	-1.80	4.28	0.86
Extraction of fossil fuels		0.00	0.00		0.00	0.00
Solvent and product use		0.00		0.00	0.00	0.00
Road transport gasoline	-11.43	-8.03	-13.14	-13.58		
Road transport diesel	-31.91	-35.84	-32.85	-34.40	-26.86	-26.86
Road transport lpg						
Brake and tyrewear					-20.50	-20.54
Volatilisation losses		0.00				
Traffic resuspension					-22.75	-22.75
Non road transport	-10.66	-8.97	-36.99	-19.26	-1.86	-1.86
Waste handling and disposal	0.00		0.00		0.00	0.00
Agriculture	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
SUM OVER ALL SECTORS	-18.31	-2.02	-17.09	-0.46	-15.10	-12.46

Tabelle 3-43 Änderung (%) der Emissionen für M94 Klimaschutzszenario MWMS+MFR-Kleinf Feuerungsanlagen bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland.

4 Referenz 2020

Die folgenden Immissionsauswertungen beruhen auf den Rechenergebnissen des chemischen Transportmodells REM-CALGRID für die Referenz 2020. Die den Berechnungen zugrunde liegende horizontale Auflösung beträgt 0.125° Länge und 0.0625° Breite oder circa 7 km x 8 km. Die Abbildung 4-1 zeigt die mit dem RCG-Modell für das Emissions-Referenzjahr 2020 berechnete Verteilung der NO₂-Jahresmittelwerte in Deutschland. Die maximalen Jahresmittelwerte von über 30 µg/m³ werden hauptsächlich im Ruhrgebiet berechnet. Lokale Maxima werden weiterhin im Bereich der großen Flughäfen (Rhein-Main, München, Berlin-Tegel) berechnet. Es sei angemerkt, dass der Beitrag der Flugbetriebsemissionen zu den Bodenkonzentrationen möglicherweise überschätzt wird, da diese Emissionen in den PAREST-Emissionsdaten alle als bodennahe Quellen in SNAP 8 (Sonstiger Verkehr) behandelt werden. Damit werden ein Teil der start- und landebedingten Emissionen, die bis zu einer Höhe von 1000 m erfasst sind, zu nahe am Boden emittiert. Allerdings ist auch unbestritten, dass im Nahbereich der Start- und Landebahnen von Flughäfen sehr hohe NO₂-Konzentrationen auftreten können. So wurden auf dem Flughafen Rhein-Main im Jahre 2006 NO₂-Jahresmittelwerte bis zu 47 µg/m³ gemessen (Lufthygienischer Jahresbericht Fraport, www.fraport.de).

Zur besseren Einschätzung der Auswirkungen der Maßnahmenpakete zeigen die Abbildung 4-2 und die Abbildung 4-3 die absoluten und relativen NO₂-Abnahmen bezüglich der Emissionsreferenz 2005. Durch die bis zum Jahre 2020 umgesetzten Maßnahmen sinken die NO₂-Jahresmittelwerte nach den Berechnungen zwischen 2 und 20 µg/m³. Dies entspricht relativen Abnahmen zwischen 12% und 66%. Sehr hohe Abnahmen der NO₂-Jahresmittelwerte werden im Umfeld der Hauptverkehrsadern berechnet, da die NO_x-Emissionen des Straßenverkehrs nach dem CLE-Szenario bis 2020 um 70% bis 80% abnehmen (Tabelle 3-2).

Die mit dem PAREST-Emissionsdatensatz berechneten hohen Abnahmen der NO₂-Immissionen beruhen zum Teil auf den starken Abnahmen der verkehrsbedingten NO_x-Emissionen. Die Berechnung der Straßenverkehrsemissionen in PAREST erfolgt mit dem vom Umweltbundesamt verwendeten Verkehrsmodell TREMOD (Transport Emission Model, TREMOD 4.17) auf der Grundlage der Emissionsfaktoren des HBEFA 2.1 (siehe Kugler et al., 2010). Für das PAREST-Referenzszenario 2010-2020 wurde TREMOD 4.17 so verändert, dass die Maßnahmen „Einführung der Grenzwertstufen Euro 5 und 6 für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge“, „Einführung einer Grenzwertstufe Euro VI für schwere Nutzfahrzeuge“ und „Bestehende Lkw-Maut inkl. Förderung der Anschaffung emissionsärmerer SNF“ in das Referenzszenario integriert sind und nicht mehr als zusätzliche Maßnahme behandelt werden (Jörß et al., 2010). Aus diesem Grunde wird die in PAREST verwendete TREMOD-Version 4.17 hier TREMOD 4.17M genannt.

Alternative Berechnungen der Verkehrsemissionen mit einer fortgeschriebenen Version von TREMOD (Version 5.04) und mit dem von der Europäischen Kommission für die Entwicklung von Verkehrsszenarien verwendeten Modell TREMOVE (Version 2.7) zeigen, dass die mit TREMOD 4.17M berechneten NO_x-Emissionsabnahmen deutlich größer sind als diejenigen der anderen beiden Verkehrsmodelle (Stern, 2010c). Damit muss bei der Bewertung der Auswirkungen von Maßnahmenpotenzialen auf die NO₂-Immission berücksichtigt werden, dass die in PAREST verwendete Emissionsmodellierung des Straßenverkehrs für die Referenz 2020 eine untere Abschätzung ergibt, die nach neueren Erkenntnissen eine möglicherweise zu positive Rolle der Emissionsentwicklung für den Straßenverkehr darstellt.

Die Abbildung 4-4 bis Abbildung 4-6 zeigen dieselbe Auswertung für die O₃-Jahresmittelwerte. Die Ozon-Jahresmittelwerte für das Referenzjahr 2020 liegen nach den Berechnungen zwischen knapp 30 µg/m³ und 70 µg/m³. Die niedrigsten Konzentrationen werden im Umfeld der hohen NO_x-Emissionen, die höchsten Konzentrationen in Küstennähe und im Alpenbereich berechnet. Generell sind die mittleren Ozonkonzentrationen in der südlichen Hälfte Deutschlands höher als in der nördlichen Hälfte. Als Folge der Emissionentwicklung 2005 bis 2020 kommt es zu Zu- und Abnahmen der O₃-Jahresmittelwerte. Die Zunahmen werden in den Gebieten berechnet, in denen die NO_x-Emissionen abnehmen, die Abnahmen in den ländlichen Gebieten mit geringen Emissionen. Generell kommt es infolge der Emissionsverminderungen der Vorläuferstoffe also zu mittleren Ozonzunahmen in den emissionsbelasteten Regionen und zu Ozonabnahmen in den eher ländlichen Regionen. Die Ozonzunahmen sind eine Folge der Verringerung des Titrationseffektes, d.h. einer Verringerung des Ozonabbaus durch frisch emittiertes NO. Da die ländlichen Regionen im Mittel mehr mit Ozon belastet sind als die städtischen Regionen, bedeutet dies eine gewisse räumliche Nivellierung des Konzentrationsniveaus.

Die Abbildung 4-7 zeigt die für das Referenzjahr 2020 berechneten AOT40-Werte zum Schutz der Vegetation. Nach den Berechnungen auf der Basis des Emissionszustandes 2020 wird der Grenzwert von 18000 µg/m³ h der Ozon-Tochterrichtlinie immer noch in einigen Regionen Deutschlands überschritten werden obwohl es aufgrund der Emissionsvermindernungen von 2005 bis 2020 zu großen Abnahmen der AOT40-Werte kommt (Abbildung 4-8, Abbildung 4-9).

Die berechnete Anzahl der Tage in Deutschland mit einem maximalen Ozon 8-h-Mittelwert > 120 µg/m³ zeigt die Abbildung 4-10 für die Emissionsbedingungen des Referenzjahres 2020. Die zulässige Anzahl von 25 Überschreitungstagen wird nach den Berechnungen auch im Jahre 2020 noch gebietsweise überschritten obwohl es auch bei dieser Größe als Folge der Emissionsentwicklung von 2005 bis 2020 zu großen Abnahmen kommt (Abbildung 4-11).

	Absolute Änderung	Relative Änderung %
NO ₂ -Jahresmittelwert	-2 bis -20 µg/m ³	-12 bis -66
O ₃ -Jahresmittelwert	+9 bis -3 µg/m ³	+31 bis -5
AOT40-Werte	-250 bis -15896 µg/m ³ h	-3 bis -75
Überschreitungstage	-1 bis -42 Tage	

Tabelle 4-1 Absolute und relative Änderungsbereiche der Konzentrationen in Deutschland: Referenz 2020 - Referenz 2005. Negative Zahlen kennzeichnen Abnahmen der Konzentration, positive Zahlen Zunahmen.

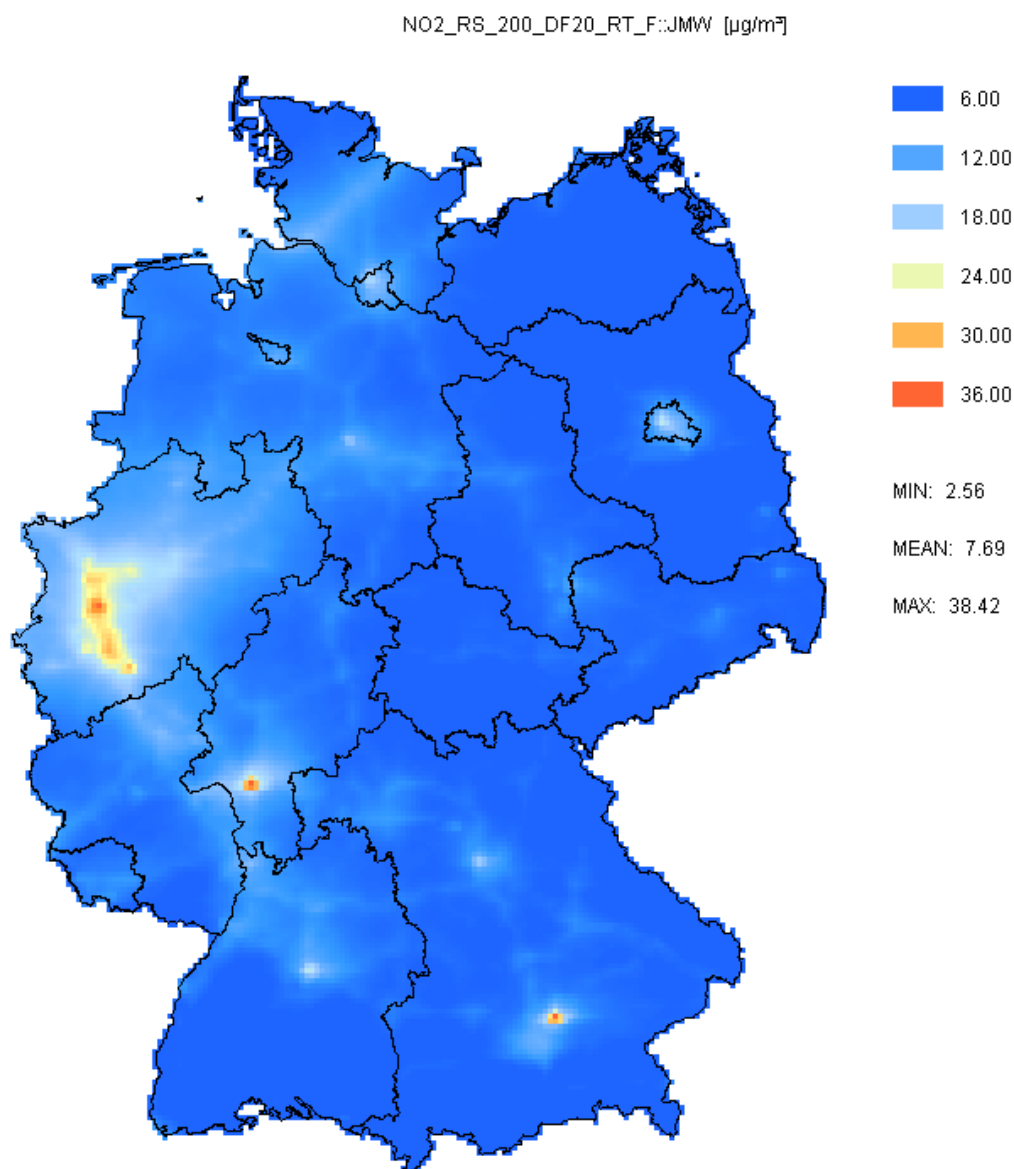


Abbildung 4-1 NO₂-Jahresmittelwerte für die Emissionsreferenz 2020 in µg/m³. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) sowie die mittlere Konzentration (MEAN) über Deutschland an. Meteorologische Referenz ist 2005.

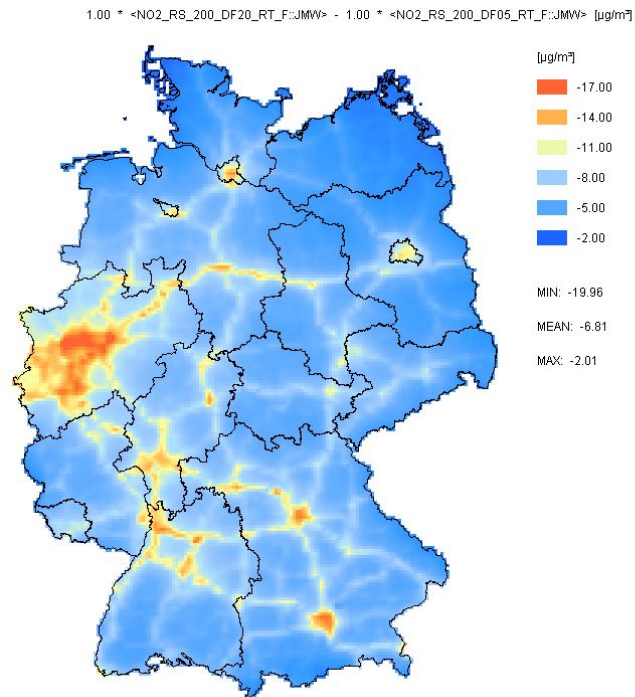


Abbildung 4-2 Absolute Änderung der NO₂-Jahresmittelwerte als Folge der Emissionsentwicklung 2005 nach 2020 in µg/m³. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsänderungsbereich (MIN und MAX) sowie die mittlere Konzentrationsänderung (MEAN) über Deutschland an. Meteorologische Referenz ist 2005.

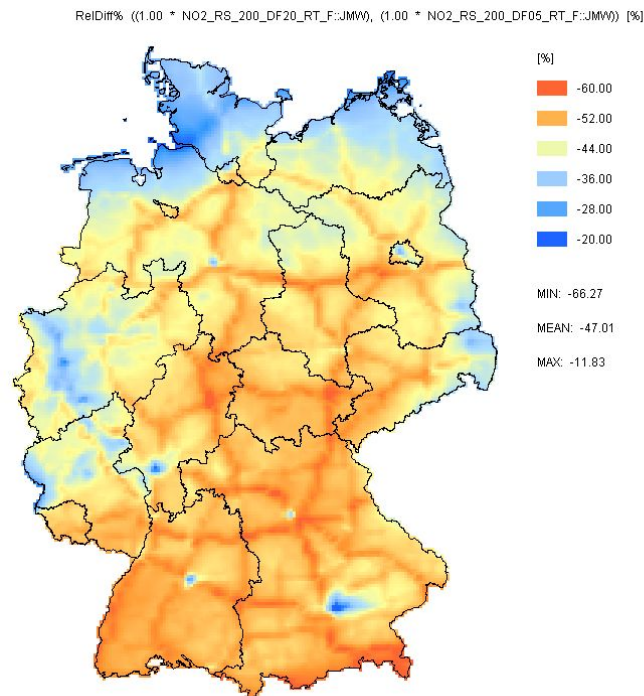


Abbildung 4-3 Relative Änderung der NO₂-Jahresmittelwerte als Folge der Emissionsentwicklung 2005 nach 2020 in %. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich der Änderung (MIN und MAX) sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an. Meteorologische Referenz ist 2005.

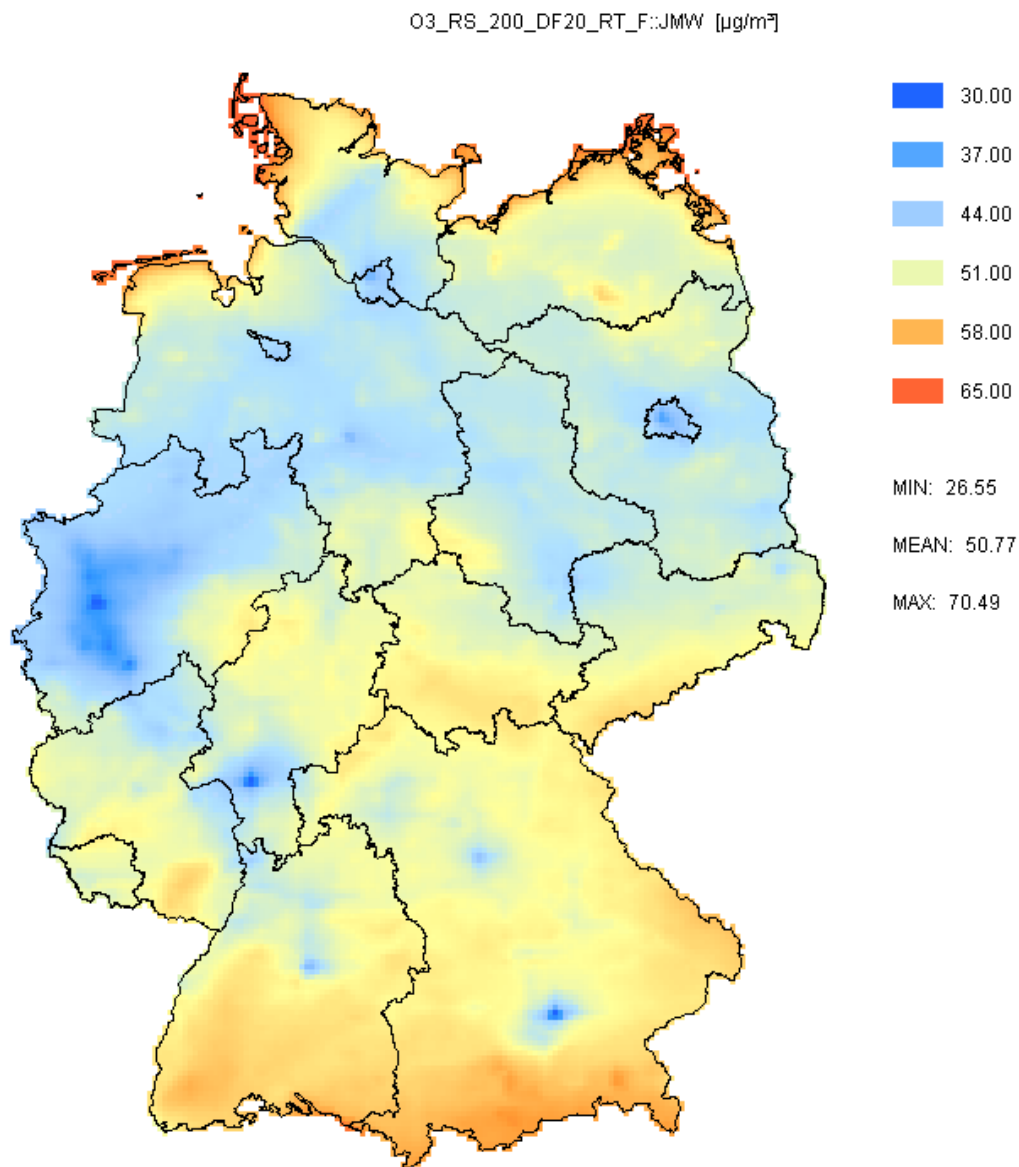


Abbildung 4-4 O₃-Jahresmittelwerte für die Emissionsreferenz 2020 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) sowie die mittlere Konzentration (MEAN) über Deutschland an. Meteorologische Referenz ist 2005.

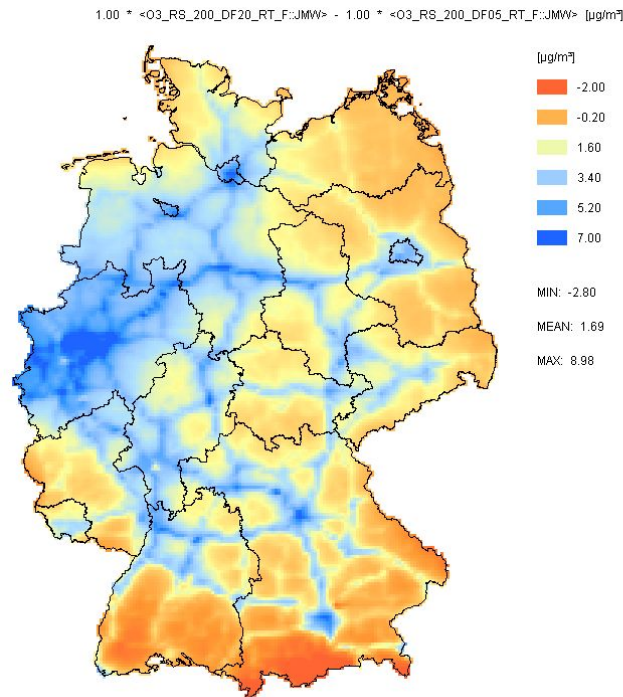


Abbildung 4-5 Absolute Änderung der O₃-Jahresmittelwerte als Folge der Emissionsentwicklung 2005 nach 2020 in µg/m³. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsänderungsbereich (MIN und MAX) sowie die mittlere Konzentrationsänderung (MEAN) über Deutschland an. Meteorologische Referenz ist 2005.

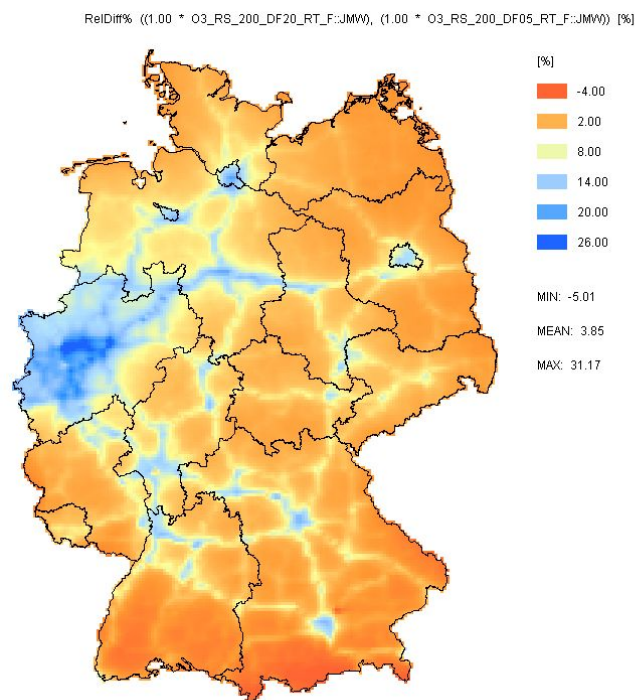


Abbildung 4-6 Relative Änderung der O₃-Jahresmittelwerte als Folge der Emissionsentwicklung 2005 nach 2015 in %. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich der Änderung (MIN und MAX) sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an. Meteorologische Referenz ist 2005.

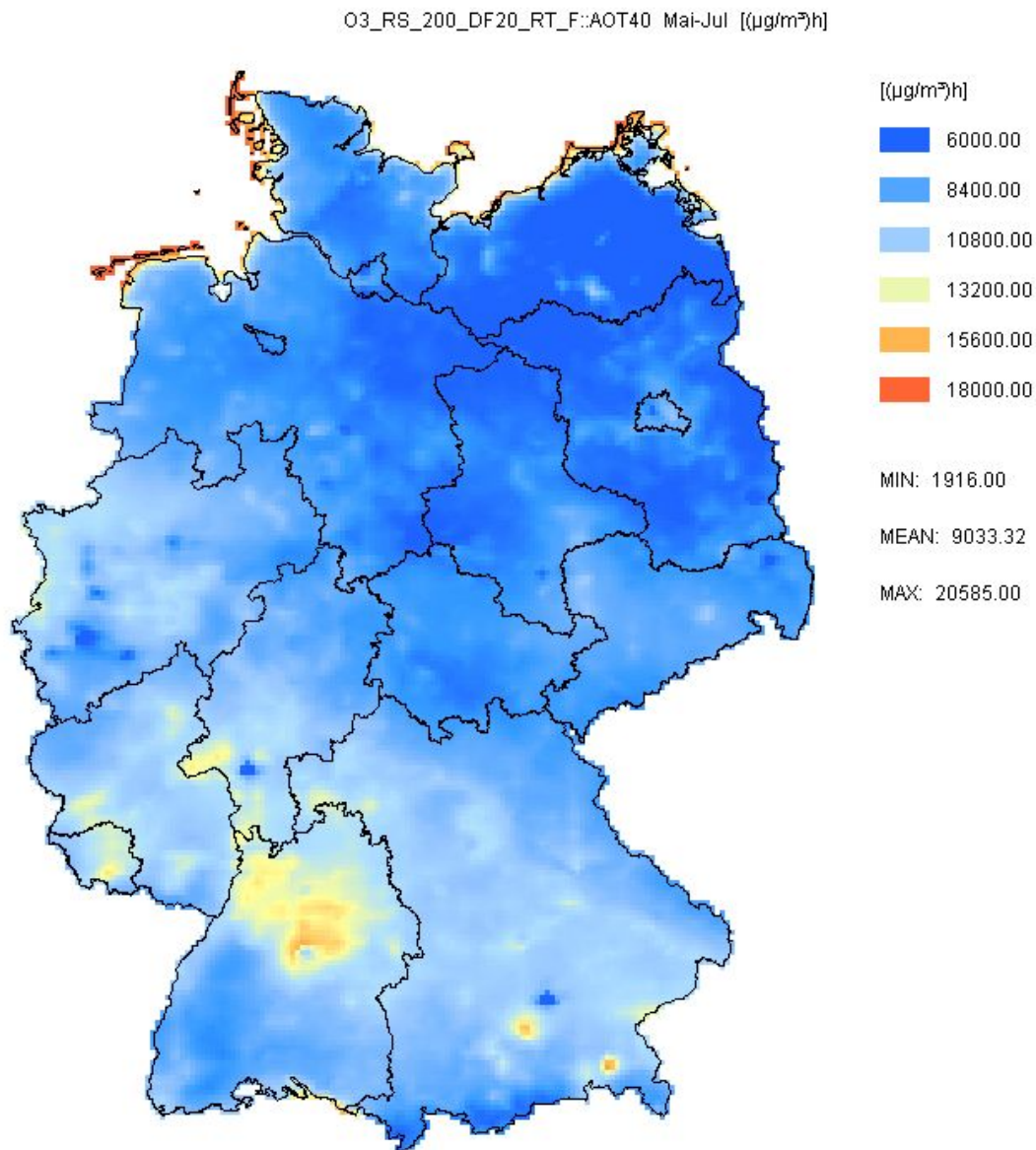


Abbildung 4-7 AOT40-Werte zum Schutz der Vegetation für die Emissionsreferenz 2020 in µg/m³ h. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) sowie die mittlere Konzentration (MEAN) über Deutschland an. Meteorologische Referenz ist 2005.

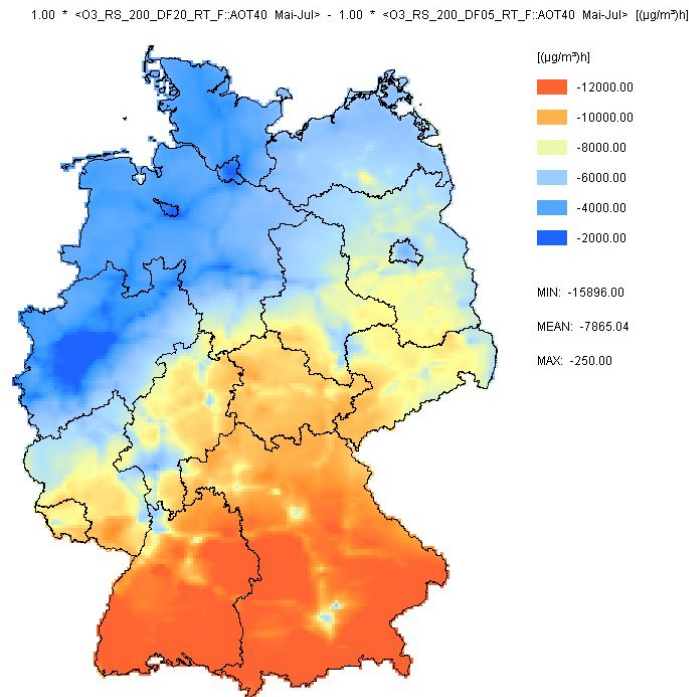


Abbildung 4-8 Absolute Änderung der AOT40-Werte für Vegetation als Folge der Emissionsentwicklung 2005 nach 2020 in µg/m³ h. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsänderungsbereich (MIN und MAX) sowie die mittlere Konzentrationsänderung (MEAN) über Deutschland an. Meteorologische Referenz ist 2005.

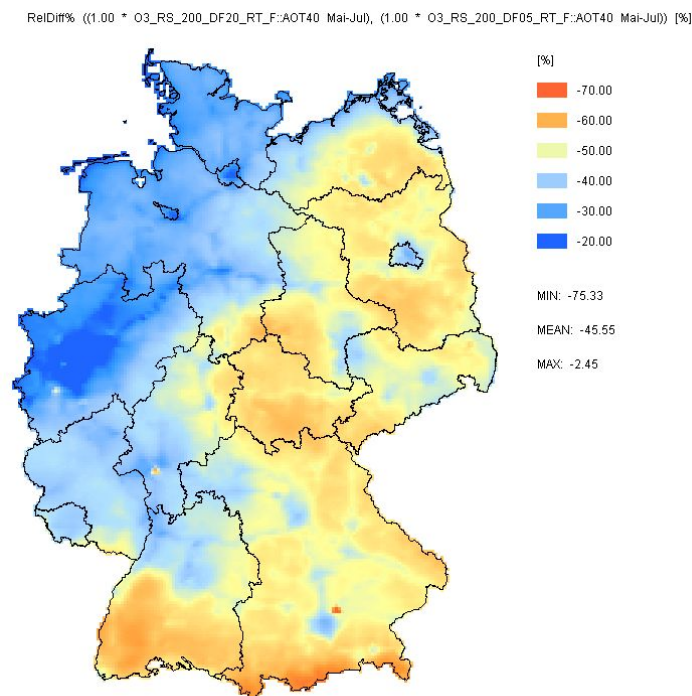


Abbildung 4-9 Relative Änderung der AOT40-Werte für Vegetation als Folge der Emissionsentwicklung 2005 nach 2020 in %. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich der Änderung (MIN und MAX) sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an. Meteorologische Referenz ist 2005.

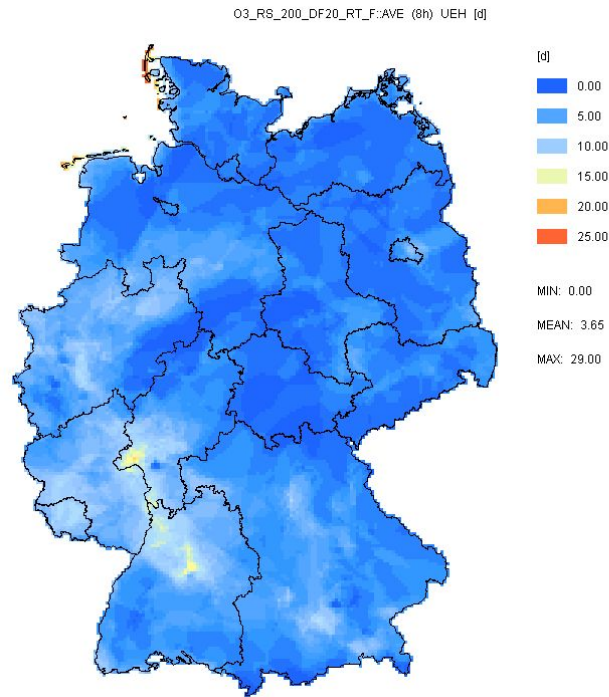


Abbildung 4-10 Anzahl der Tage mit einem maximalen O₃-8-h-Mittelwert > 120 µg/m³ für die Emissionsreferenz 2020. MIN und MAX geben die kleinste und größte Anzahl von Tagen an, MEAN die mittlere Anzahl von Tagen über Deutschland. Meteorologische Referenz ist 2005.

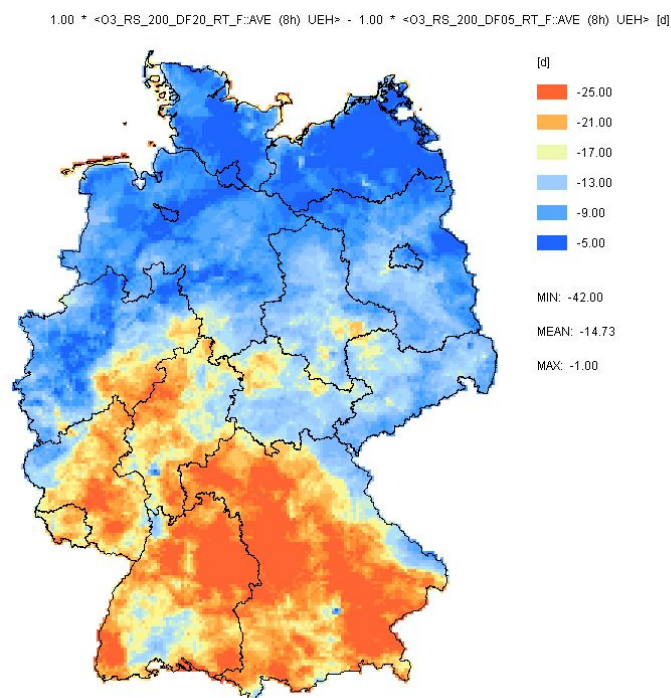


Abbildung 4-11 Änderung der Anzahl der Tage mit einem maximalen O₃-8-h-Mittelwert 120 µg/m³ als Folge der Emissionsentwicklung 2005 nach 2020. MIN und MAX geben die kleinste und größte Anzahl von Tagen an, MEAN die mittlere Anzahl von Tagen über Deutschland. Meteorologische Referenz ist 2005.

5 Maßnahmenpakete: NO₂-Immissionsminderungspotenziale bzgl. der Referenz 2020

5.1 Hypothetische Szenarien: Maximal mögliche Minderungspotenziale

Bevor die realen Maßnahmenbündel betrachtet werden, wird in diesem Kapitel abgesteckt, welche NO₂-Immissionsminderungspotenziale in Deutschland hypothetisch noch erreicht werden könnten, wenn die Emissionen über die Emissionsreferenz 2020 hinaus gemindert werden. Dazu wurden folgende hypothetischen Szenarien berechnet:

- Keine anthropogenen Emissionen in Deutschland

Jeweils keine Emissionen der Verursachergruppe:

- „Energy transformation“ (SNAP 1)
- „Small combustion sources“ (SNAP 2)
- „Industrial combustion“ (SNAP 3)
- „Industrial Process emissions“ (SNAP 4)
- „Road transport“ (SNAP 7)
- „Non road transport“ (SNAP 8)
- „Agriculture“ (SNAP 10)

Die Emissionen der Verursachergruppe „Extraction of fossil fuels“ (SNAP 5), „Solvent and product use“ (SNAP 6) sowie „Waste handling and disposal“ (SNAP 9) liefern keinen oder einen nur sehr geringen Beitrag zu den NO₂-Konzentrationen und werden deshalb hier nicht betrachtet. Die durch das Abschalten einzelner Verursachergruppen erreichbaren Emissionsminderungen bezüglich der Emissionen der Referenz 2020 zeigt die Tabelle 5-1. Bei den Stickoxiden stellen die Emissionen von SNAP 1 (Energieerzeugung) den größten Einzelanteil an den Emissionen der Referenz 2020 gefolgt vom Straßenverkehr. Ammoniakemissionen werden zu über 95% von der Landwirtschaft gestellt. Die Kleinf Feuerungsanlagen haben das größte PM_{2.5}-Emissionsminderungspotenzial gefolgt vom Straßenverkehr. Bei den PM₁₀-Emissionen stellt der Straßenverkehr wegen der hohen Wiederaufwirbelungsemissionen den größten Einzelbeitrag. Die Summe aller Emissionsminderungen ergibt das Szenario „keine deutschen anthropogenen Emissionen“, dessen Immissionsminderungspotenzial die in Deutschland maximal mögliche Absenkung der Immissionen durch nationale Maßnahmen beschreibt. Die Restimmission setzt sich zusammen aus dem Ferntransport über die deutschen Grenzen und dem Beitrag der natürlichen Emissionen.

Der Beitrag der einzelnen Verursacher zu den Immissionen innerhalb von Deutschland wird durch Nullsetzen der entsprechenden Emissionen in Deutschland bestimmt. Für inerte Schadstoffe führt die Addition der Einzelbeiträge exakt zu den Ergebnissen des Basislaufs mit allen Emissionen. Für chemisch reagierende Stoffe ist dies nur näherungsweise der Fall, was eine Folge der nichtlinearen Beziehungen zwischen den Vorläuferemissionen und den über eine komplexe Kette chemischer Reaktionen entstehenden Folgeprodukten wie NO₂ und der sekundären Aerosole ist. Eine Änderung der Zusammensetzung der Emissionen führt auch zu einer Änderung der chemischen Abläufe und damit zu einer Änderung der Konzentrationsbeiträge. Aus diesen Gründen können die berechneten Beiträge der einzelnen Verursachergruppen zur Gesamtkonzentration auch nur als Näherung betrachtet werden.

5.1.1 Flächenhafte Visualisierung und Auswertung

Die Abbildung 5-1 zeigt die NO₂-Immissionsverteilung, die sich nach den Berechnungen einstellen würde, wenn in Deutschland alle anthropogenen Emissionen Null wären. Die NO₂-Konzentrationen sinken ohne die deutschen Emissionen in den zentralen Regionen Deutschlands bis auf circa 1 µg/m³ ab. In den westlichen Randgebieten werden noch 3-14 µg/m³ erreicht. Der Ferntransport über die Landesgrenzen ist im Westen höher als im Osten, da im Jahresmittel die Westwindwetterlagen überwiegen und die NO_x-Emissionen in den westlichen Nachbarländern höher sind als in den östlichen Nachbarländern. Die NO_x-Emissionen der internationalen Schifffahrt auf dem Nord-Ostseekanal zeichnen sich deutlich in dem verbleibenden Konzentrationsfeld ab. Der relative Beitrag der deutschen Emissionen zu den NO₂-Immissionen der Referenz 2020 kann aus Abbildung 5-2 abgeleitet werden. Danach können in den meisten Regionen Deutschlands deutlich mehr als 60% der NO₂-Konzentrationen auf den Beitrag der deutschen Emissionen zurückgeführt werden. In den grenznahen Gebieten Deutschlands überwiegt der Beitrag des Ferntransports. Im Mittel über Deutschland können knapp 80% der NO₂-Konzentrationen den deutschen Emissionen zugeschrieben werden. Die Abbildung 5-3 zeigt den absoluten Beitrag der deutschen Emissionen zu den NO₂-Jahresmittelwerten der Referenz 2020. In den Ballungsräumen können danach zwischen circa 20 bis über 30 µg/m³ den deutschen Emissionen zugeordnet werden.

Minderungspotenziale 2020 %	NOX	NM VOC	SOX	NH3	PM25	PM10
Energy transformation	-31.2	-0.6	-56.6	-0.5	-9.0	-4.5
Small combustion sources	-10.3	-6.9	-7.9	-0.5	-29.9	-14.3
Industrial combustion	-7.2	-0.3	-13.7	-0.2	-7.5	-7.2
Industrial process emissions	-7.5	-5.6	-20.0	-1.6	-11.9	-18.8
Extraction of fossil fuels	0.0	-0.9	-1.3	0.0	-0.8	-1.8
Solvent and product use	0.0	-57.9	0.0	-0.3	-8.8	-3.9
Road transport gasoline	-2.6	-1.9	-0.1	-1.1	0.0	0.0
Road transport diesel	-15.5	-3.3	-0.1	-0.1	-2.1	-0.9
Brake and tyrewear	0.0	0.0	0.0	0.0	-11.7	-9.7
Volatilisation losses	0.0	-0.8	0.0	0.0	0.0	0.0
Traffic resuspension	0.0	0.0	0.0	0.0	-5.3	-23.4
Road traffic total	-18.2	-6.0	-0.2	-1.2	-19.1	-34.0
Non road transport	-16.6	-3.4	-0.3	-0.2	-7.4	-3.3
Waste handling and disposal	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Agriculture	-9.1	-18.5	0.0	-95.6	-5.7	-12.2

Tabelle 5-1 Erreichbare Emissionsminderungen in % bezüglich der Emissionsreferenz 2020 für das Abschalten einzelner Verursachergruppen (-100% aller Emissionen einer Verursachergruppe). Die rot markierten Einträge kennzeichnen für jeden Schadstoff das jeweils höchste theoretisch mögliche (Nullemission) Emissionsminderungspotenzial. Die Summe der Einzelminderungen ergibt -100%.

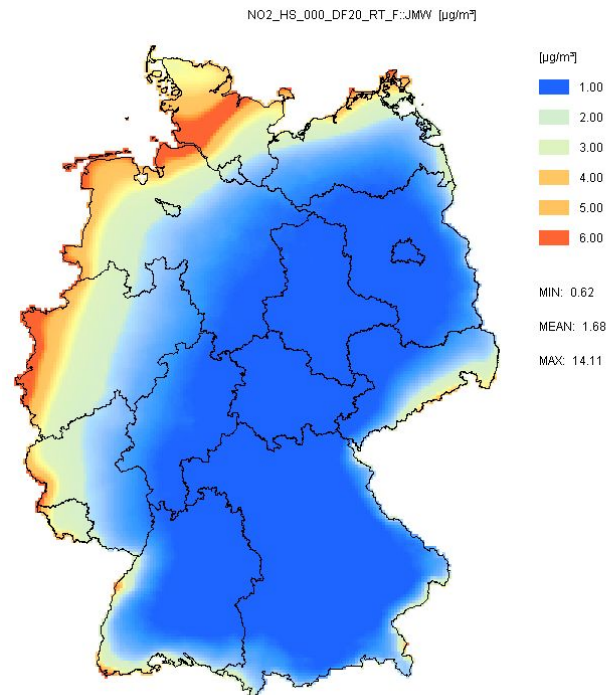


Abbildung 5-1 NO₂-Jahresmittelwerte in µg/m³ in Deutschland ohne die deutschen Emissionen, Referenz 2020.

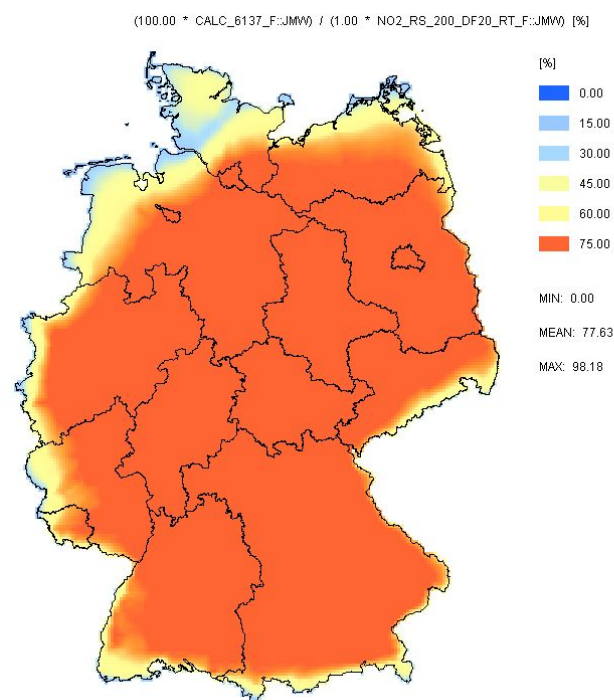


Abbildung 5-2 Relativer Beitrag (%) der deutschen Emissionen zu den NO₂-Jahresmittelwerten der Referenz 2020. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich des Beitrags (MIN und MAX) sowie den mittleren Beitrag (MEAN) über Deutschland an.

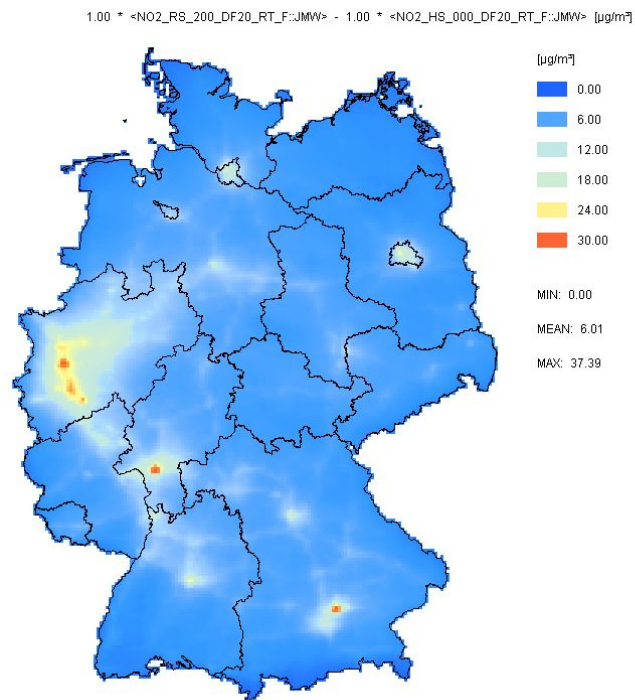


Abbildung 5-3 Beitrag der deutschen Emissionen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ zu den NO₂-Jahresmittelwerten der Referenz 2020.

Die hypothetischen Szenarien dienen zur Abschätzung der Beiträge einzelner Verursachergruppen zum gesamt möglichen NO₂-Minderungspotenzial bezogen auf die Referenz 2020. In den folgenden Abbildungen (Abbildung 5-4 bis Abbildung 5-17) sind dazu die deutschlandweiten absoluten Beiträge jedes Szenarios zu den NO₂-Jahresmittelwerten der Referenz 2020 und die relativen Beiträge am Gesamtbeitrag der deutschen Emissionen zu dieser Referenz dargestellt. Es ist offensichtlich, dass die regionale Verteilung der Beiträge und die Höhe der Beiträge sehr unterschiedlich sind. Es sei darauf hingewiesen, dass die Skalen der Abbildungen wegen dieser großen Unterschiede jedem Szenarioergebnis angepasst wurden. Die Tabelle 5-2 und die Tabelle 5-3 zeigen die aus den Abbildungen entnommenen Bandbreiten der absoluten und relativen Konzentrationsbeiträge.

Nach Tabelle 5-2 beträgt der über Deutschland gemittelte Beitrag aller deutschen Emissionen zu den NO₂-Jahresmittelwerten der Referenz 2020 circa $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Der maximale lokale Beitrag, der für den Flughafen Rhein-Main (siehe Abbildung 5-3) berechnet wird liegt bei $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Im Mittel über Deutschland stellen die Emissionen des Straßenverkehrs mit circa $1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ den höchsten Beitrag einer einzelnen Verursachergruppe. Die höchsten maximalen lokalen Einzelbeiträge einer Verursachergruppe liefern mit circa $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ die Emissionen des Flugverkehrs (Sonstiger Verkehr, SNAP 8) auf den Flughäfen Rhein-Main und München (siehe Abbildung 5-14). Die schärfsten Feldgradienten treten bei den Verursachergruppen SNAP 4 und SNAP 8 auf, was ein Hinweis auf im Vergleich zum Deutschlandmittel sehr hohe lokale Beiträge ist (Abbildung 5-10, Abbildung 5-14). Es sei nochmals angemerkt, dass der Beitrag des Flugverkehrs hier wahrscheinlich zu hoch bewertet wird. Der Emissionsdatensatz erlaubt keine Differenzierung der Beiträge zum Sonstigen Verkehr, daher werden alle Flugzeugemissionen, die bis zu einer Höhe von 1000 m erfasst sind, im Ausbreitungsmodell wie

alle anderen Beiträge zum sonstigen Verkehr als Bodenquellen behandelt. Dieser Umstand sollte bei allen folgenden Bewertungen der Beiträge des Flugverkehrs berücksichtigt werden.

Auch bei der relativen Betrachtung wird deutlich, dass die Straßenverkehrsemissionen im Deutschlandmittel mit circa 24% den höchsten relativen Anteil am NO₂-Bildungspotenzial der deutschen Emissionen haben (Tabelle 5-3). Lokal stellt der Straßenverkehr bis zu circa 50% des des NO₂-Bildungspotenzials. Höhere lokale Beiträge werden für SNAP 1 (62%) und insbesondere für SNAP 8 (über 80%) berechnet.

SNAP	Source group	Mean	Max	Max/Mean
1-10	All	6.0	37.4	6
1	Energy transformation	1.0	10.8	11
2	Small combustion sources	0.9	4.3	3
3	Industrial combustion	0.2	0.6	3
4	Industrial process emissions	0.2	1.9	10
7	Road traffic	1.5	6.8	5
8	Non road transport	1.3	29.7	23
10	Agriculture	1.1	1.9	2

Tabelle 5-2 Mittlere (Mean) und maximale (Max) Beiträge (µg/m³) der deutschen Emissionen, gesamt und für die Verursachergruppen, zu den NO₂-Jahresmittelwerten der Referenz 2020. Der mittlere Beitrag ist der über alle Rechenzellen in Deutschland gemittelte Beitrag, der maximale Beitrag ist der höchste Einzelbeitrag, der in Deutschland berechnet wurde. Das Verhältnis Max/Mean (gerundet) kann als Maßzahl für die Feldgradienten interpretiert werden. Die roten Zahlen kennzeichnen die höchsten Einzelbeiträge, die grünen Zahlen die niedrigsten Einzelbeiträge. Die maximalen Beiträge der einzelnen Verursachergruppen treten in unterschiedlichen Gitterzellen auf.

SNAP	Source group	Min	Mean	Max	Max/Mean
1	Energy transformation	1.1	16.0	62.2	4
2	Small combustion sources	3.1	15.4	35.1	2
3	Industrial combustion	0.8	4.0	10.5	2
4	Industrial process emissions	0.5	3.9	19.9	5
7	Road traffic	5.3	24.3	50.7	2
8	Non road transport	0.25	21.1	82.5	4
10	Agriculture	1.5	20.1	39.8	2

Tabelle 5-3 Minimale (Min), mittlere (Mean) und maximale (Max) Anteile (%) der Emissionen der einzelnen Verursachergruppen an dem NO₂-Gesamtbeitrag aller deutschen Emissionen zu den NO₂-Jahresmitteln der Referenz 2020. Der mittlere Beitrag ist der über alle Rechenzellen in Deutschland gemittelte Anteil, der minimale bzw. maximale Beitrag ist der niedrigste bzw. höchste Einzelbeitrag einer Zelle, der in Deutschland berechnet wurde. Das Verhältnis Max/Mean (gerundet) kann als Maßzahl für die Feldgradienten interpretiert werden. Die roten Zahlen kennzeichnen die höchsten Einzelbeiträge, die grünen Zahlen die niedrigsten Einzelbeiträge. Die minimalen und maximalen Beiträge der einzelnen Verursachergruppen treten in unterschiedlichen Gitterzellen auf.

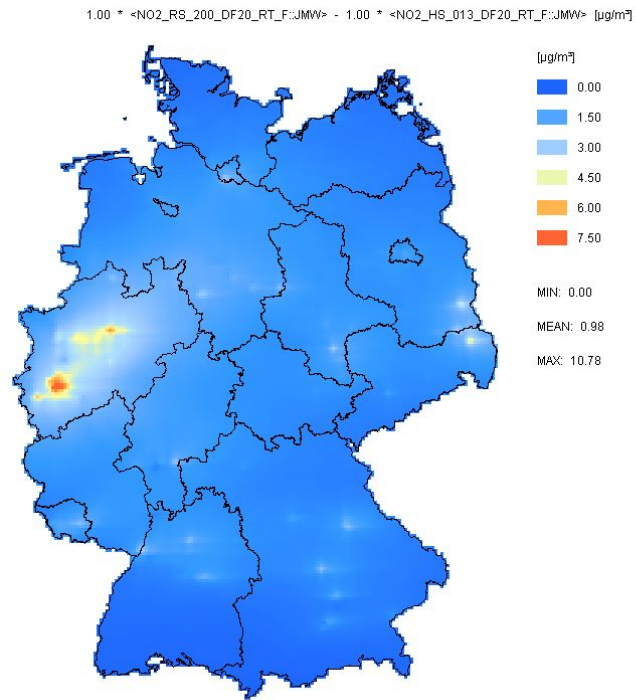


Abbildung 5-4 Beitrag (µg/m³) der Verursacherguppe „Energy transformation“ (SNAP 1) zu den NO₂-Jahresmitteln der Referenz 2020 (siehe Abbildung 4-1).

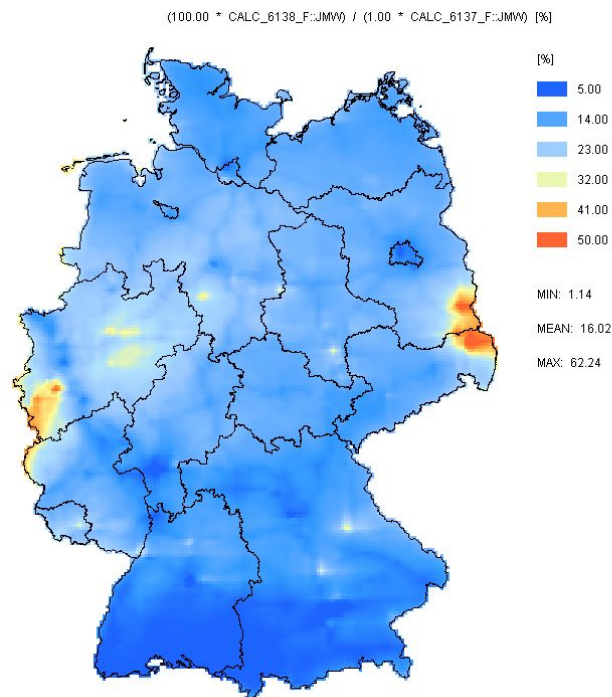


Abbildung 5-5 Anteil (%) der Verursacherguppe „Energy transformation“ (SNAP 1) am NO₂-Immissionsbeitrag der deutschen Emissionen zur Referenz 2020 (siehe Abbildung 5-3).

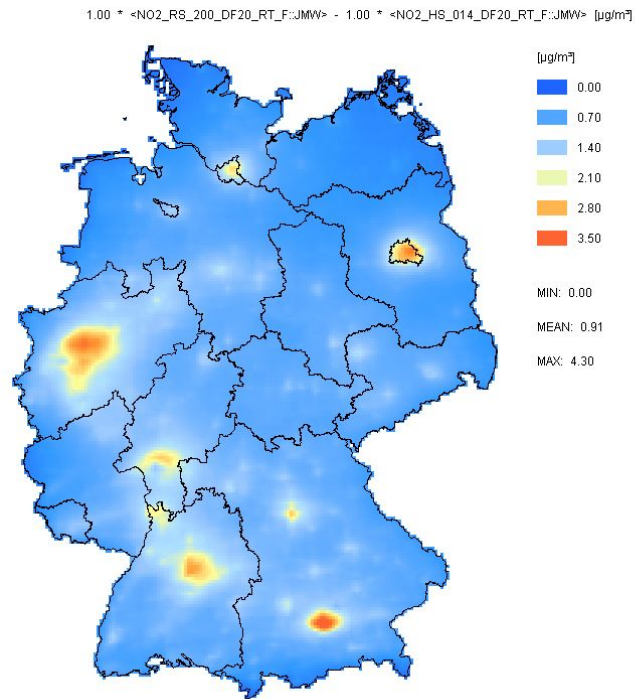


Abbildung 5-6 Beitrag (µg/m³) der Verursachergruppe „Small combustion sources“ (SNAP 2) zu den NO₂-Jahresmitteln der Referenz 2020 (siehe Abbildung 4-1).

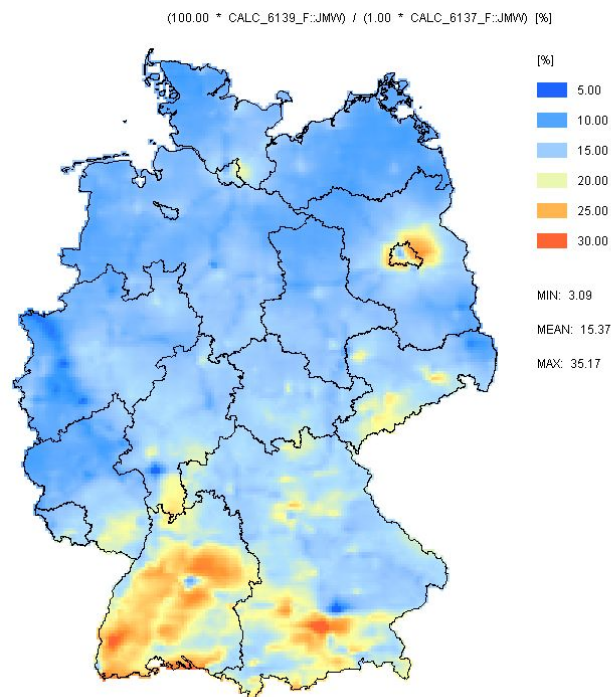


Abbildung 5-7 Anteil (%) der Verursachergruppe „Small combustion sources“ (SNAP 2) am NO₂-Immissionsbeitrag der deutschen Emissionen zur Referenz 2020 (siehe Abbildung 5-3).

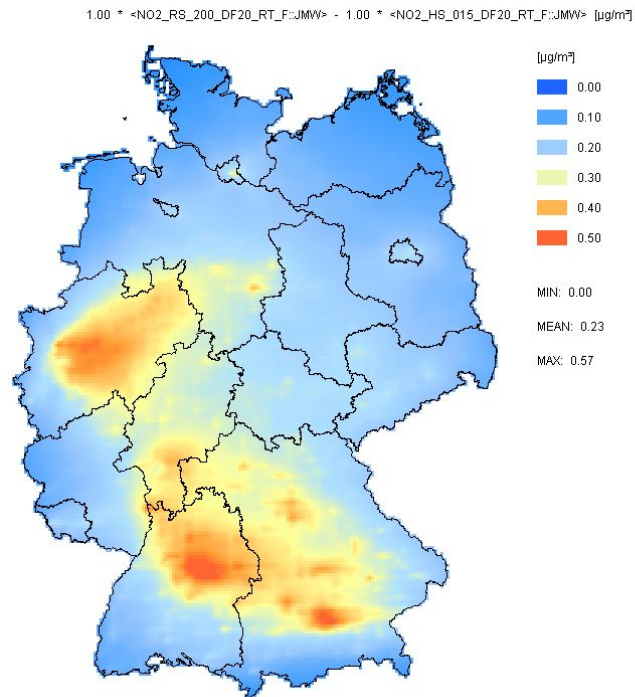


Abbildung 5-8 Beitrag (µg/m³) der Verursachergruppe „Industrial combustion“ (SNAP 3) zu den NO₂-Jahresmitteln der Referenz 2020 (siehe Abbildung 4-1).

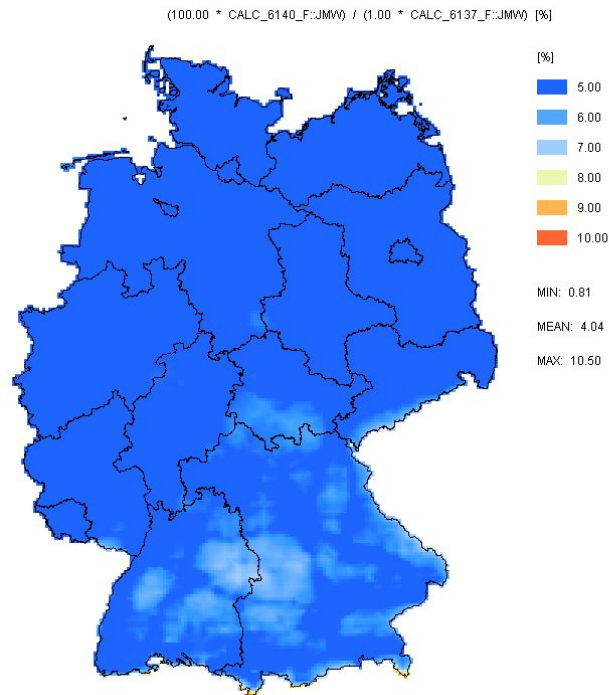


Abbildung 5-9 Anteil (%) der Verursachergruppe „Industrial combustion“ (SNAP 3) am NO₂-Immissionsbeitrag der deutschen Emissionen zur Referenz 2020 (siehe Abbildung 5-3).

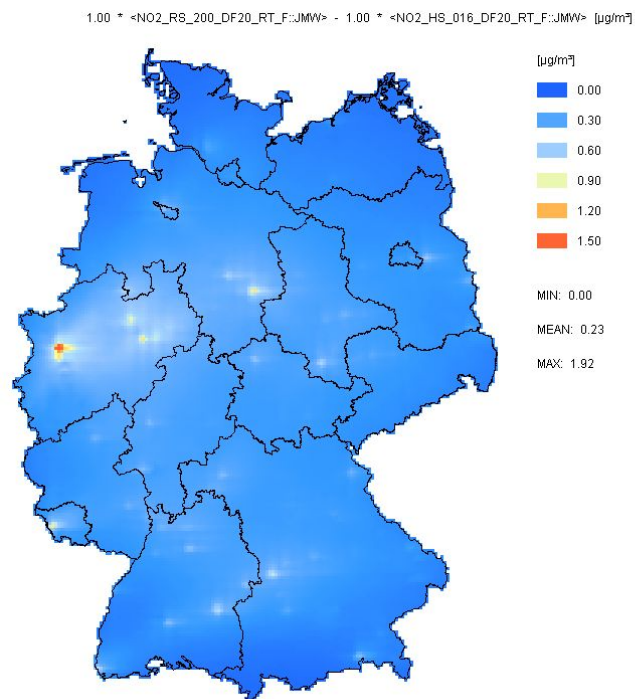


Abbildung 5-10 Beitrag (µg/m³) der Verursachergruppe „Industrial process emissions“ (SNAP 4) zu den NO₂-Jahresmitteln der Referenz 2020 (siehe Abbildung 4-1).

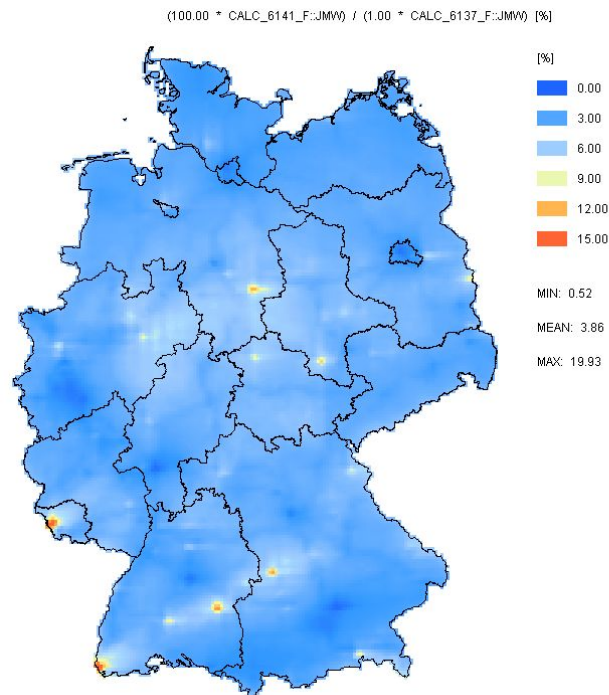


Abbildung 5-11 Anteil (%) der Verursachergruppe „Industrial process emissions“ (SNAP 4) am NO₂-Immissionsbeitrag der deutschen Emissionen zur Referenz 2020 (siehe Abbildung 5-3).

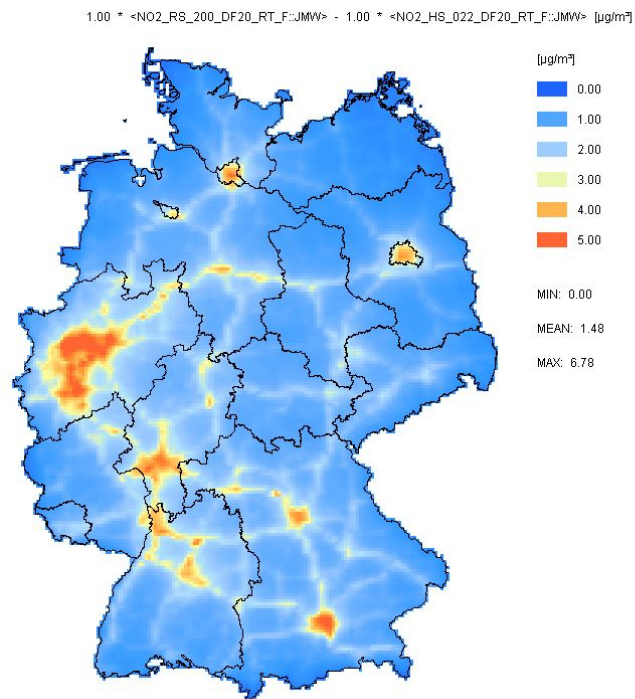


Abbildung 5-12 Beitrag (µg/m³) der Verursachergruppe „Road transport“ (SNAP 7) zu den NO₂-Jahresmitteln der Referenz 2020 (siehe Abbildung 4-1).

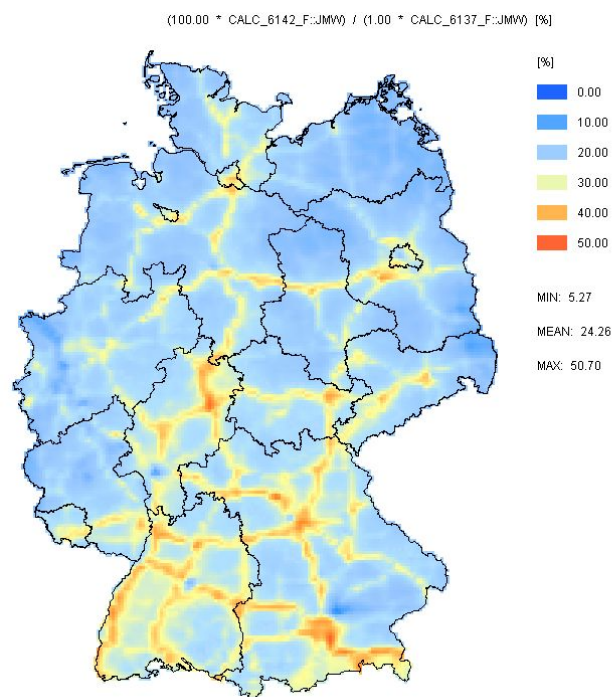


Abbildung 5-13 Anteil (%) der Verursachergruppe „Road transport“ (SNAP 7) am NO₂-Immissionsbeitrag der deutschen Emissionen zur Referenz 2020 (siehe Abbildung 5-3).

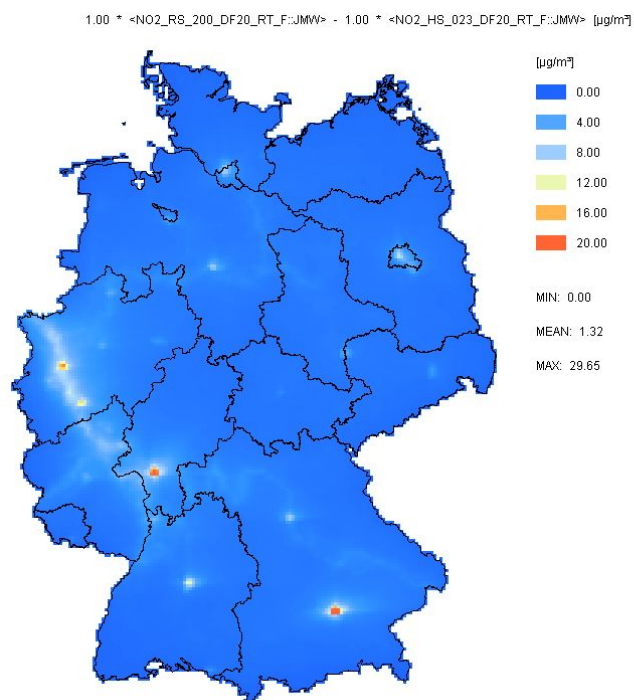


Abbildung 5-14 Beitrag (µg/m³) der Verursachergruppe „Non road transport“ (SNAP 8) zu den NO₂-Jahresmitteln der Referenz 2020 (siehe Abbildung 4-1).

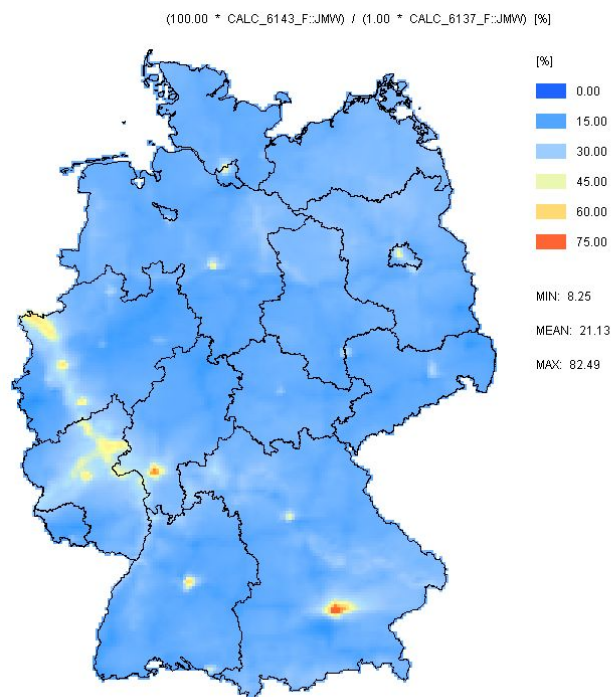


Abbildung 5-15 Anteil (%) der Verursachergruppe „Non road transport“ (SNAP 8) am NO₂-Immissionsbeitrag der deutschen Emissionen zur Referenz 2020 (siehe Abbildung 5-3)

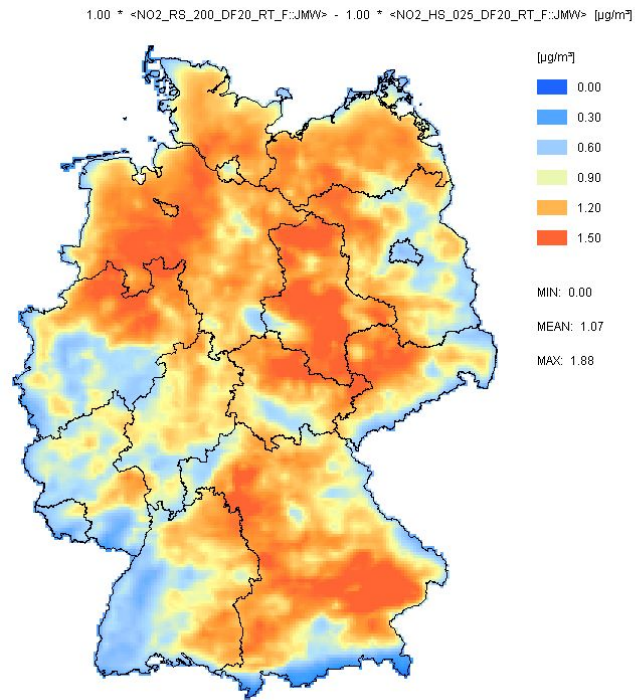


Abbildung 5-16 Beitrag (µg/m³) der Verursachergruppe „Agriculture“ (SNAP 10) zu den NO₂-Jahresmitteln der Referenz 2020 (siehe Abbildung 4-1).

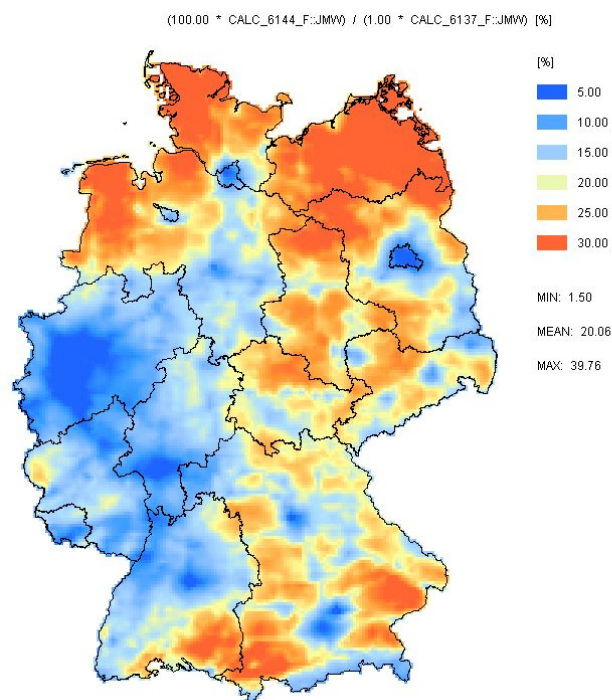


Abbildung 5-17 Anteil (%) der Verursachergruppe „Agriculture“ (SNAP 10) am NO₂-Immissionsbeitrag der deutschen Emissionen zur Referenz 2020 (siehe Abbildung 5-3).

5.1.2 Bevölkerungsgewichtete Auswertung

Eine zusammenfassende, bevölkerungsgewichtete Bewertung erfolgt nach der in Kapitel 2 beschriebenen Vorgehensweise für die 4 Klassen mit zunehmender Bevölkerungsdichte (BVK1 bis 4), für Deutschland gesamt und für die zur Berechnung des AEI ausgewählten städtischen Hintergrundstationen. Ausgangspunkt der Betrachtung sind die bevölkerungsgewichteten NO₂-Konzentrationen der Referenz 2020 für die 4 Bevölkerungsklassen, das Deutschlandmittel und das Mittel an den AEI-Stationen (Abbildung 5-18). Das bevölkerungsgewichtete NO₂-Jahresmittel beträgt im Mittel über Deutschland für die Referenz 2020 circa 11 µg/m³. Von der Bevölkerungsklasse 1 (ländliche Regionen) bis zur Bevölkerungsklasse 4 (Ballungsgebiete) steigt die NO₂-Konzentration von 7 auf 16 µg/m³ an. Die mittlere Konzentration an den AEI-Stationen ist nahezu identisch mit dem Wert für die Bevölkerungsklasse 4.

Das maximal mögliche Minderungspotenzial ergibt sich aus der 100%igen Reduktion aller deutschen (anthropogenen) Emissionen. Dazu zeigen die Gesamtbalken in der Abbildung 5-19 wieder die bevölkerungsgewichteten NO₂-Konzentrationen der Referenz 2020. Die farbige Unterteilung gibt den Anteil der Immissionen an, der den deutschen Emissionen zugeschrieben werden kann sowie den Anteil, der auf den Ferntransport und die natürlichen Quellen zurückgeführt werden kann. Diese Abbildung ist das zusammenfassende (und bevölkerungsgewichtete) Pendant zu den Flächendarstellungen der Abbildung 5-1 (entspricht dem blauen Balken) und der Abbildung 5-3 (entspricht dem roten Balken). Das maximal mögliche Minderungspotenzial liegt im Mittel also zwischen circa 5 µg/m³ für die ländlichen Regionen und 14 µg/m³ für die Ballungsräume. Es sei betont, dass das maximal mögliche Minderungspotenzial lokal deutlich höher sein kann, siehe dazu Abbildung 5-3.

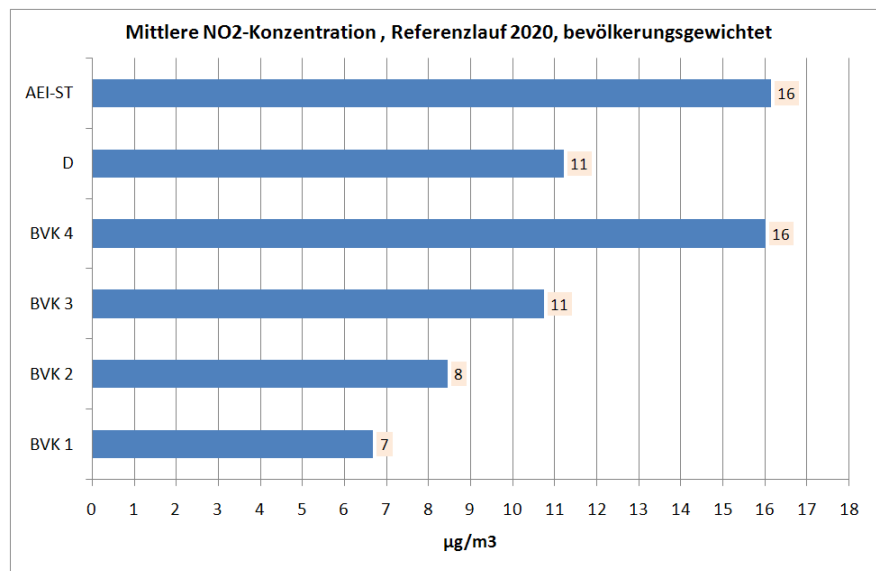


Abbildung 5-18 Bevölkerungsgewichtete NO₂-Konzentrationen der Referenz 2020 für die 4 Bevölkerungsklassen, das Deutschlandmittel und das Mittel an den AEI-Stationen in µg/m³.

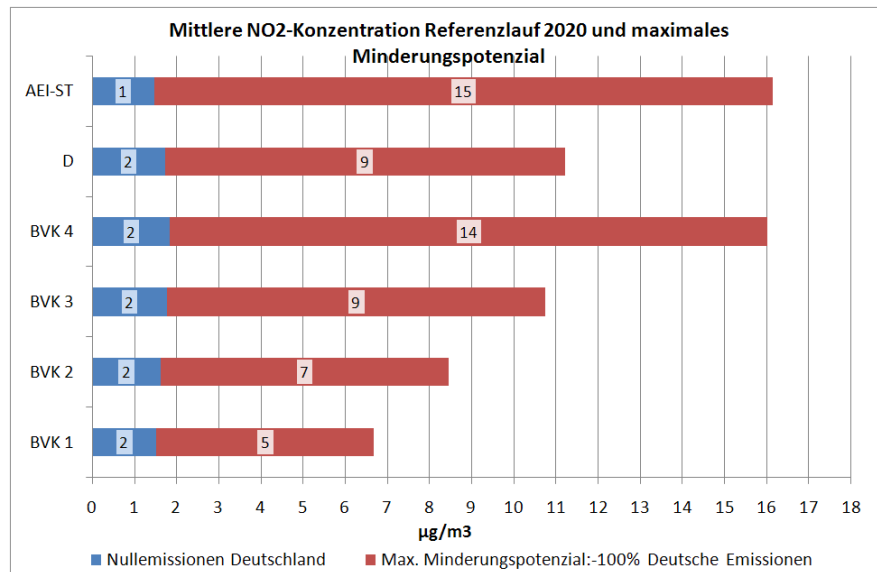


Abbildung 5-19 Bevölkerungsgewichtete NO₂-Konzentrationen der Referenz 2020 für die 4 Bevölkerungsklassen, das Deutschlandmittel und das Mittel an den AEI-Stationen in µg/m³. Roter Anteil: Maximal erreichbares NO₂-Minderungspotenzial durch eine 100%ige Reduktion aller deutschen Emissionen. Blauer Anteil: Mittlere NO₂-Konzentration ohne die deutschen Emissionen.

In der Tabelle 5-4 sind die bevölkerungsgewichteten Minderungspotenziale der betrachteten Verursachergruppen für alle Bewertungsklassen zusammengestellt. Zusätzlich angeführt sind die Ausgangskonzentrationen der Referenz 2020. In den Bevölkerungsklassen 1 bis 3 und im Deutschlandmittel stellt die Verursachergruppe Straßenverkehr das größte Minderungspotenzial. Danach folgen der Sonstige Verkehr und die Landwirtschaft. In den Ballungsräumen und an den AEI-Stationen haben der Straßenverkehr und der Sonstige Verkehr das größte Minderungspotenzial. Die Abbildung 5-20 und Abbildung 5-21 zeigen für die Bevölkerungsklasse 1 bzw 4 die Rangfolge der verursacherbezogenen Potenziale relativ zu dem maximal möglichen Potenzial (100%ige Reduzierung aller deutschen Emissionen, SNAP 1-10). In den ländlichen Regionen stellen der Straßenverkehr, die Landwirtschaft und der Sonstige Verkehr nahezu gleich hohe Anteile am gesamt möglichen Potenzial. In den Ballungsräumen liegen Straßenverkehr und Sonstiger Verkehr gleich auf. An dritter Stelle folgen die Kleinf Feuerungsanlagen.

Es wurde schon angemerkt, dass das in PAREST benutzte Verkehrsmodell zur Berechnung der verkehrsbedingten Emissionen (TREMOT 4.17M, modifiziert nach IER) für die Referenz 2020 sehr niedrige Emissionen für den Straßenverkehr liefert. Berechnet man die Verkehrsemissionen mit dem europäischen Verkehrsmodell TREMOVE 2.7, ergibt sich für 2020 ein deutlich höheres maximales NO₂-Minderungspotenzial (17.9 µg/m³) als auf der Basis von TREMOD 4.17M (14.2 µg/m³), da die mit TREMOVE 2.7 für 2020 berechneten NO_x-Emissionen höher sind als die mit TREMOD 4.17M berechneten Emissionen (Stern 2010d). Dies hat natürlich auch Auswirkungen auf die hier berechneten Anteile der einzelnen Verursachergruppen am theoretisch möglichen Minderungspotenzial der deutschen Emissionen. Auf der Basis von TREMOVE 2.7 ist der Anteil des Straßenverkehrs in Ballungsräumen mit 42% am maximal möglichen Minderungspotenzial deutlich höher als auf der Basis von TREMOD 4.17M (27%, vergleiche Abbildung 5-21 mit Abbildung 5-22). Umgekehrt ist der Anteil des Sonstigen Verkehrs auf der Basis von TREMOVE 2.7 niedriger. Die Rolle des Straßenverkehrs als möglichen Kandidaten für weitere Minderungsmaßnahmen zur Senkung der NO₂-Konzentrationen über die Emissionsreferenz 2020 hinaus wird auf Basis des Ver-

kehrsmodells TREMOVE 2.7 also sehr viel höher bewertet als auf Basis des Verkehrsmodells TREMOD 4.17M.

	BVK 1	BVK 2	BVK 3	BVK 4	D	AEI-ST
Referenz 2020	6.69	8.45	10.75	16.01	11.21	16.13
SNAP 1-10	5.16	6.82	8.97	14.17	9.49	14.65
Energy Transformation (SNAP 1)	0.83	1.10	1.52	1.99	1.44	1.52
Small combustion sources (SNAP 2)	0.77	1.07	1.42	2.25	1.50	2.60
Industrial combustion (SNAP 3)	0.22	0.26	0.29	0.33	0.29	0.33
Industrial processes (SNAP 4)	0.21	0.25	0.29	0.35	0.29	0.31
Road transport total (SNAP 7)	1.21	1.78	2.46	3.76	2.51	3.93
Non road transport (SNAP 8)	1.09	1.50	1.99	3.86	2.34	4.48
Agriculture (SNAP 10)	1.14	1.08	0.98	0.78	0.97	0.71

Tabelle 5-4 Bevölkerungsgewichtete NO₂-Jahresmittelwerte der Referenz 2020 in den 6 Bewertungsklassen. Maximal mögliches Minderungspotenzial aller deutschen Emissionen (SNAP 1-10) bezogen auf die Referenz 2020. Maximal mögliches Minderungspotenzial der betrachteten Verursachergruppen. Rot gekennzeichnet in jeder Bewertungsklasse ist das jeweils höchste Einzelpotenzial einer Verursachergruppe. Alle Angaben in µg/m³.

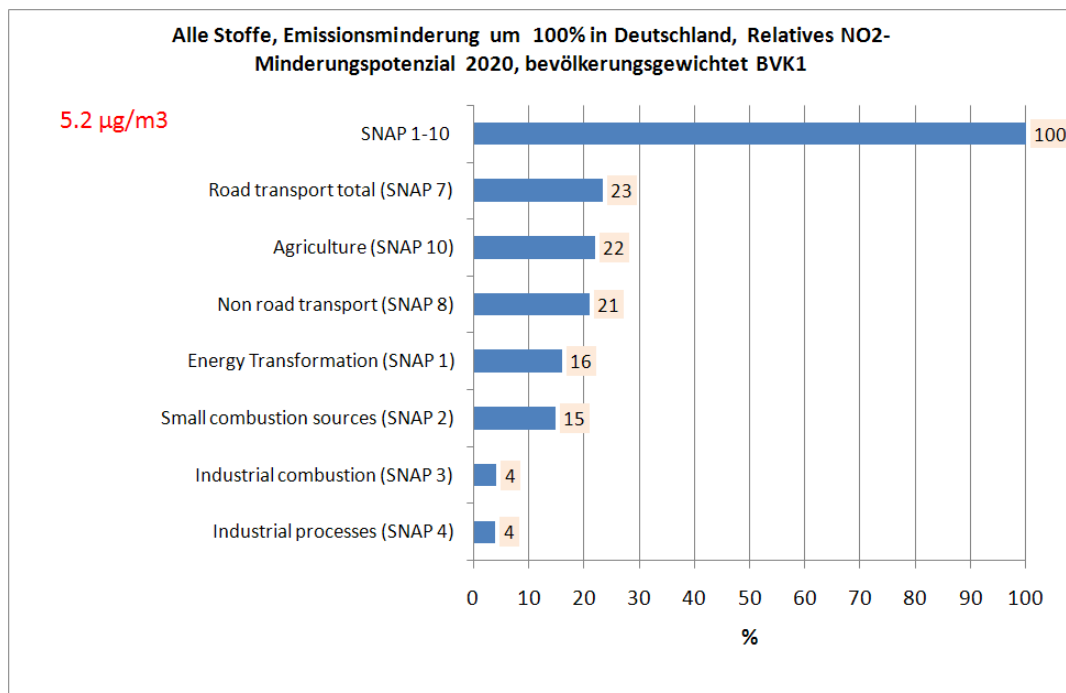


Abbildung 5-20 Maximal mögliches NO₂-Minderungspotenzial der betrachteten Verursachergruppen relativ zum Potenzial aller deutschen Emissionen (SNAP 1-10 = 100%). Bevölkerungsgewichtetes Mittel der Bevölkerungsklasse 1 (Ländliche Gebiete). Das Potenzial aller deutschen Emissionen beträgt für die Bevölkerungsklasse 1 circa 5.2 µg/m³.

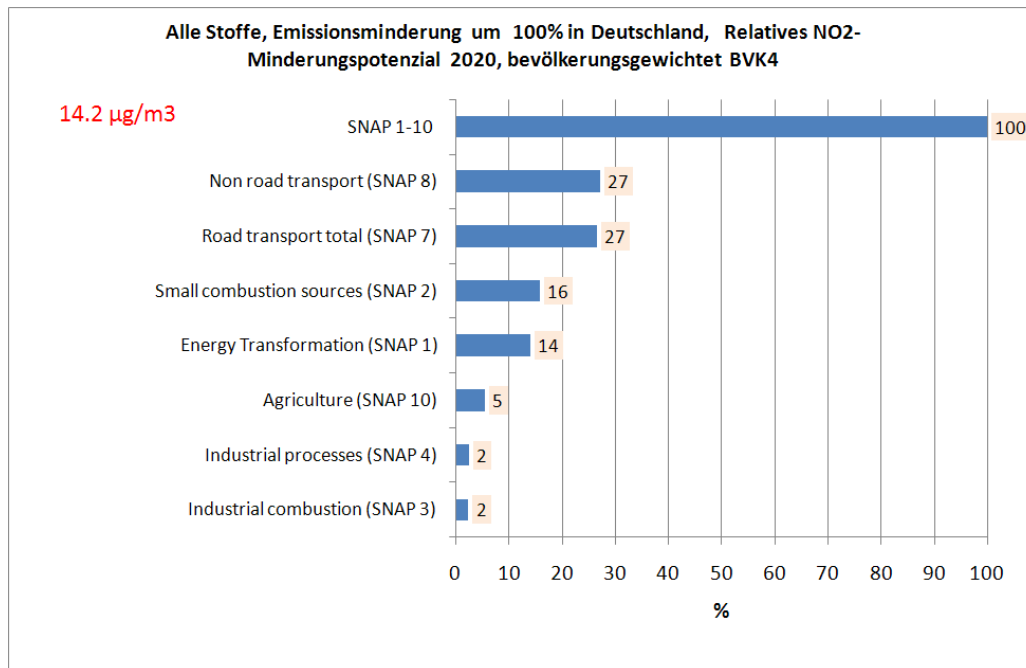


Abbildung 5-21 Maximal mögliches NO₂-Minderungspotenzial der betrachteten Verursachergruppen relativ zum Potenzial aller deutschen Emissionen (SNAP 1-10 = 100%). Bevölkerungsgewichtetes Mittel der Bevölkerungsklasse 4 (Ballungsräume). Das Potenzial aller deutschen Emissionen beträgt für die Bevölkerungsklasse 4 circa 14.2 µg/m³.

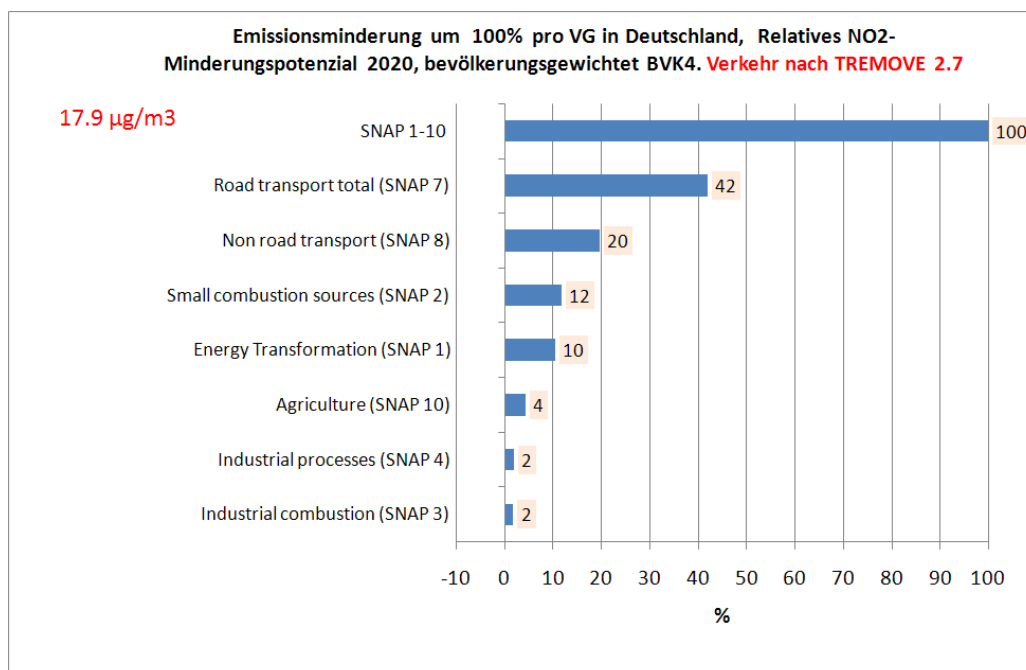


Abbildung 5-22 Maximal mögliches NO₂-Minderungspotenzial der betrachteten Verursachergruppen relativ zum Potenzial aller deutschen Emissionen (SNAP 1-10 = 100%). Bevölkerungsgewichtetes Mittel der Bevölkerungsklasse 4 (Ballungsräume). Verkehrsemissionen berechnet mit TREMOVE 2.7. Das Potenzial aller deutschen Emissionen beträgt auf Basis von TREMOVE 2.7 für die Bevölkerungsklasse 4 circa 17.9 µg/m³.

5.2 Minderungspotenziale der einzelnen Maßnahmenbündel: Flächenhafte Visualisierung und Auswertung

5.2.1 MFR gesamt, technisch und nicht-technisch: M20, M21, M22

Die Maßnahmenbündel M20 bis M22 umfassen zusätzliche, noch zur Verfügung stehende Emissionsminderungspotenziale aus allen Verursachergruppen, unterteilt in technische und nicht-technische Maßnahmen. Die durch diese Maßnahmen in Deutschland über die Emissionsreferenz 2020 hinaus noch erreichbaren Emissionsminderungen sind in Tabelle 3-7 bis Tabelle 3-9 zusammengestellt. Abbildung 5-23 bis Abbildung 5-28 zeigen jeweils die absoluten und relativen NO₂-Konzentrationsänderungen für das MFR-Szenario gesamt, nicht-technisch und technisch bezüglich der Referenz 2020. Die Minderungspotenziale sind hier als Abnahmen definiert, d.h. die Abbildungen zeigen, wie die Konzentrationen der Referenz 2020 aufgrund der zusätzlichen Maßnahmen abnehmen. Das MFR-Szenario führt zu zusätzlichen Minderungen der Referenz 2020 von sehr kleinen Werten bis zu Maximalwerten von über 7 µg/m³ im Bereich der großen Flughäfen Deutschlands (Abbildung 5-23). Dies entspricht relativen Abnahmen bezüglich der Referenz 2020 bis zu mehr als 20% (Abbildung 5-24). Der Großteil dieser Abnahmen wird durch die nicht-technischen Maßnahmen bewirkt (Abbildung 5-25, Abbildung 5-26). Die technischen Maßnahmen machen sich vor allem im Ruhrgebiet bemerkbar. Hier werden Abnahmen bis zu 3 µg/m³ berechnet (Abbildung 5-27 und Abbildung 5-28).

Die Bandbreiten der nach den verschiedenen Bezugsgrößen für das MFR-Szenario ermittelten Minderungen sind in Tabelle 5-5 zusammengefasst. Die sehr hohen zusätzlichen Minderungen relativ zu den mit den bereits eingeleiteten Maßnahmen bis 2020 erreichbaren Minderungen sind auf die nicht-technischen Maßnahmen beim Flugverkehr zurückzuführen, deren Einfluss auf die Bodenkonzentrationen aber wahrscheinlich zu hoch ist, da die Emissionsdaten des Flugverkehrs keine Höhendifferenzierung enthalten.

NO ₂ - Jahresmittelwert	Absolute Ab- nahme bezogen auf die Referenz 2020 µg/m ³	Relative Ab- nahme bezogen auf die Referenz 2020 %	Zusätzliche Min- derung relativ zur er- reichbaren Min- derung von 2005 bis 2020 %	Ausschöpfung des maximal möglichen Minderungs- potenzials 2020 %
M20, MFR	0 bis 8	0 bis 24	0 bis 158	7 bis 25
M21, MFR, nicht- technisch	0 bis 7	0 bis 21	0 bis 150	2 bis 22
M22, MFR, tech- nisch	0 bis 3	0 bis 13	0 bis 19	1 bis 18

Tabelle 5-5 Bandbreiten der absoluten und relativen Minderungspotenziale der NO₂-Jahresmittelwerte in Deutschland, bezogen auf die Referenz 2020, die bis 2020 erreichbare Minderung und bezogen auf das maximal mögliche Minderungspotenzial nach 2020: Maßnahmenpakete M20, M21, M22. Ergebnisse gerundet auf 1 µg/m³ und 1 %.

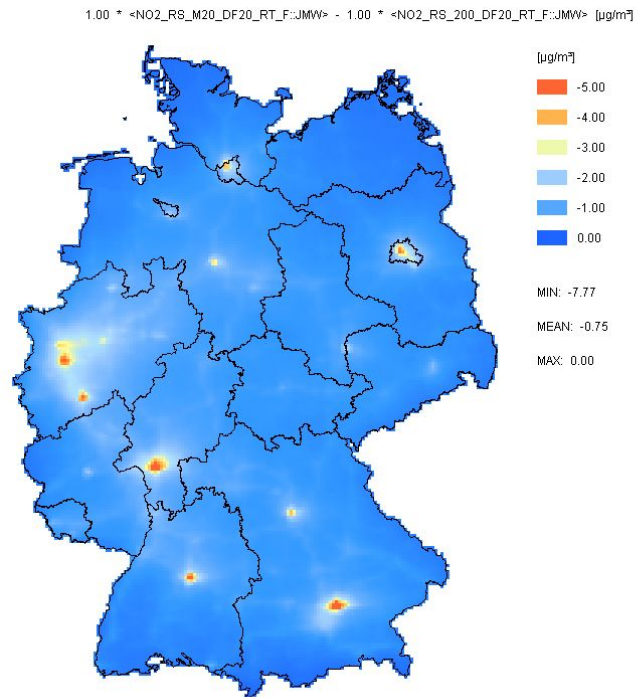


Abbildung 5-23 Absolute Änderung der NO₂-Jahresmittelwerte in µg/m³ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M20 (MFR-Szenario). Die Änderung wird berechnet als: M20-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

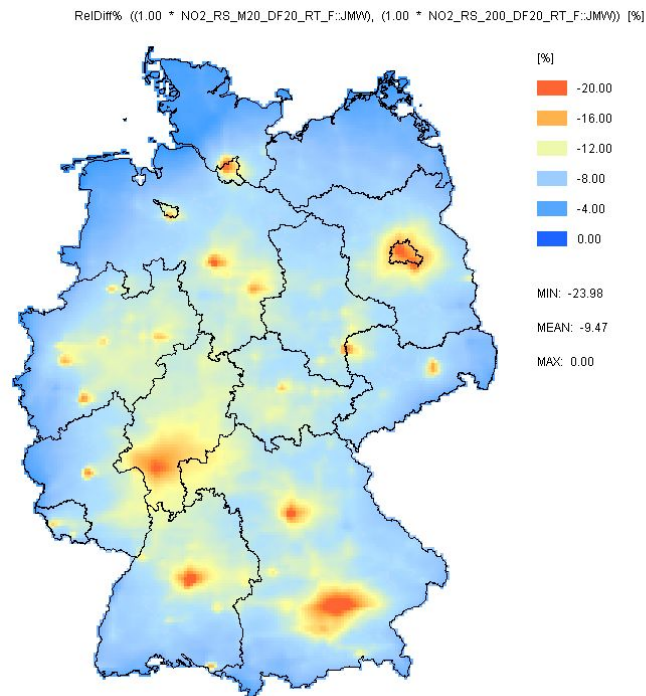


Abbildung 5-24 Relative Änderung der NO₂-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M20 (MFR-Szenario). Die Änderung wird berechnet als: M20-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

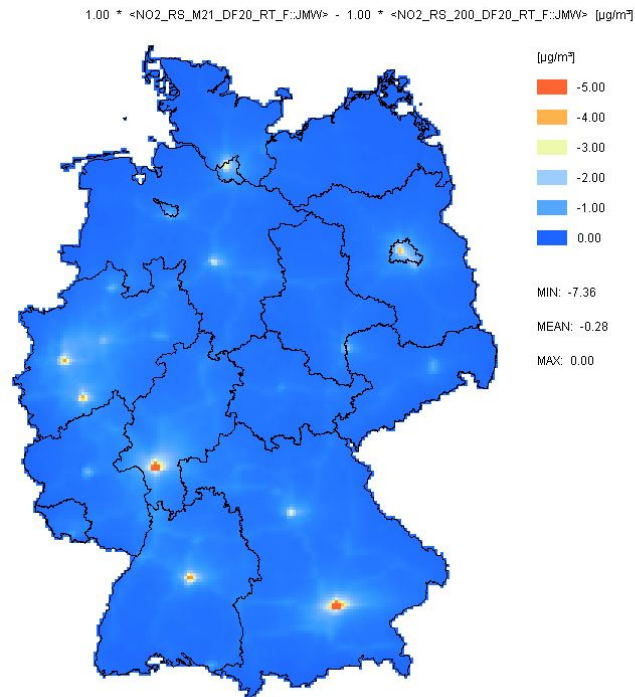


Abbildung 5-25 Absolute Änderung der NO₂-Jahresmittelwerte in µg/m³ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M21 (MFR-Szenario, nicht-technische Maßnahmen). Die Änderung wird berechnet als: M21-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

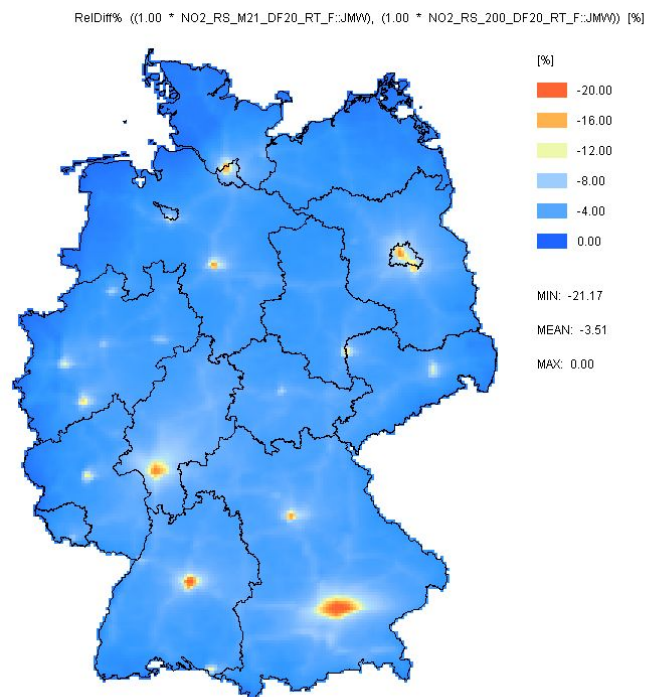


Abbildung 5-26 Relative Änderung der NO₂-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M21 (MFR-Szenario, nicht-technische Maßnahmen). Die Änderung wird berechnet als: M21-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

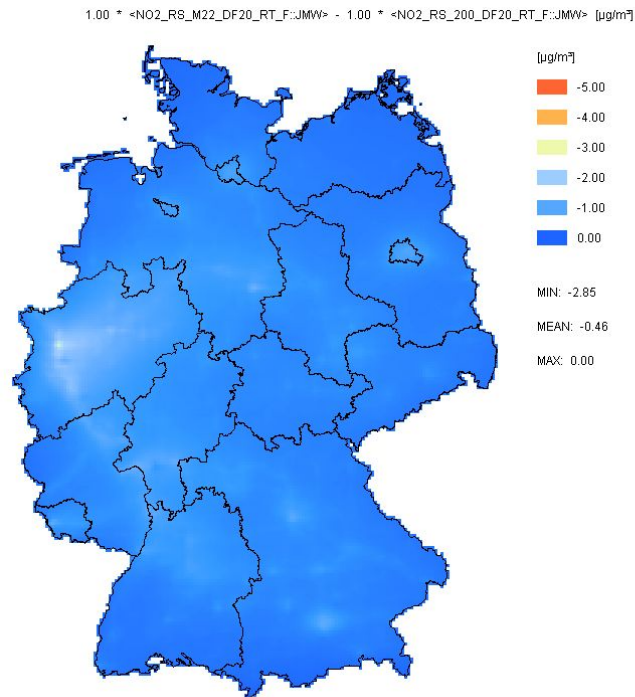


Abbildung 5-27 Absolute Änderung der NO₂-Jahresmittelwerte in µg/m³ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M22 (MFR-Szenario, technische Maßnahmen). Die Änderung wird berechnet als: M22-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

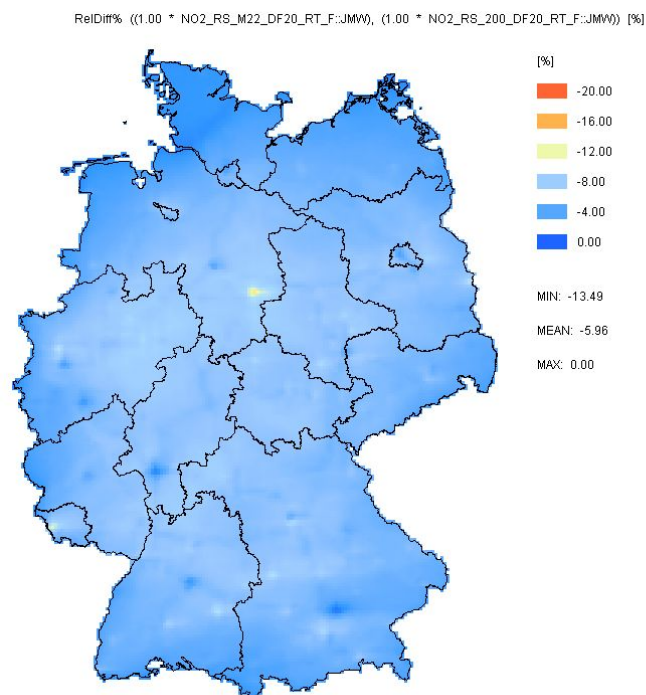


Abbildung 5-28 Relative Änderung der NO₂-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M22 (MFR-Szenario, technische Maßnahmen). Die Änderung wird berechnet als: M22-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

5.2.2 MFR pro Verursachergruppe: M25 bis M29

Die Maßnahmenbündel M25 bis M29 beschreiben die über die Emissionsreferenz 2020 hinaus noch technisch oder nicht-technisch maximal möglichen Emissionsminderungen pro Verursachergruppe. Die dazu gehörigen Emissionsminderungen können Tabelle 3-12 bis Tabelle 3-16 entnommen werden. Maßnahmenbündel M23, MFR-Landwirtschaft und M24, MFR-Lösemittel werden hier nicht betrachtet, da dies Bündel keine oder nur sehr geringe Auswirkungen auf die NO₂-Konzentrationen haben. Die Tabelle 5-6 fasst die Bandbreiten der in Deutschland durch die verursacherspezifischen MFR-Maßnahmen berechneten NO₂-Minderungspotenziale zusammen, unter der Angabe der Abbildungen denen die Bandbreiten entnommen wurden. Den größten lokalen Einzelbeitrag zum über die Emissionsreferenz 2020 hinaus noch verfügbaren NO₂-Minderungspotenzial liefert das MFR-Szenario des Sonstigen Verkehrs. Danach folgen die MFR-Szenarien Produktionsprozesse und Straßenverkehr.

Die geographische Verteilung der NO₂-Minderungspotenziale reflektiert die Schwerpunkte der Emission für die einzelnen Verursachergruppen. Die größten absoluten Minderungspotenziale der Gruppe „Großfeuerungsanlagen“ liegen im Ruhrgebiet und in den westdeutschen Braunkohlerevieren (Abbildung 5-31). Das Potenzial des Maßnahmenpakets Produktionsprozesse konzentriert sich auf das Ruhrgebiet und den Raum Braunschweig/Salzgitter (Abbildung 5-33). Die Maxima der NO₂-Minderungspotenziale der Kleinfeuerungsanlagen (SNAP 2) liegen in den großen Ballungsräumen (Abbildung 5-29). Die NO₂-Minderungspotenziale des Straßenverkehrs sind maximal in den Ballungsräumen und entlang der Hauptverkehrsachsen (Abbildung 5-35). Der sonstige Verkehr hat seine maximalen NO₂-Minderungspotenziale vor allem im Bereich der großen Flughäfen (Abbildung 5-37).

NO ₂ -Jahresmittelwert	Absolute Abnahme µg/m ³	Relative Abnahme %	Abgeleitet aus
M25, MFR, Kleinfeuerungsanlagen	0 bis 0.6	0 bis 4.4	Abbildung 5-29 Abbildung 5-30
M26, MFR, Großfeuerungsanlagen	0 bis 0.8	0 bis 4.5	Abbildung 5-31, Abbildung 5-32
M27, MFR, Produktionsprozesse	0 bis 1.5	0 bis 8.5	Abbildung 5-33 Abbildung 5-34
M28, MFR, Verkehr	0 bis 1.0	0 bis 7.6	Abbildung 5-35 Abbildung 5-36
M29, MFR, Sonstiger Verkehr	0 bis 7.2	0 bis 20.3	Abbildung 5-37 Abbildung 5-38

Tabelle 5-6 Bandbreiten der absoluten und relativen Minderungspotenziale der NO₂-Jahresmittelwerte in Deutschland, bezogen auf die Referenz 2020: Maßnahmenpakete M25 bis M29.

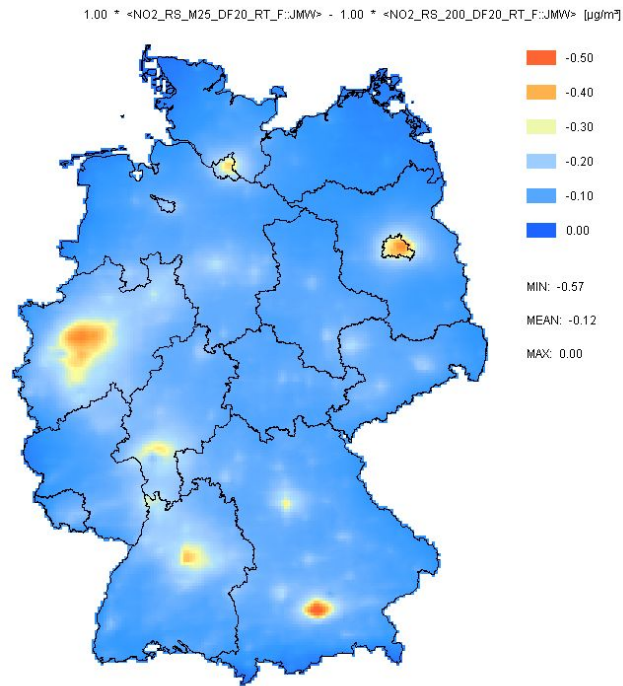


Abbildung 5-29 Absolute Änderung der NO₂-Jahresmittelwerte in µg/m³ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M25 (MFR-Kleinf Feuerungsanlagen, SNAP 2). Die Änderung wird berechnet als: M25-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

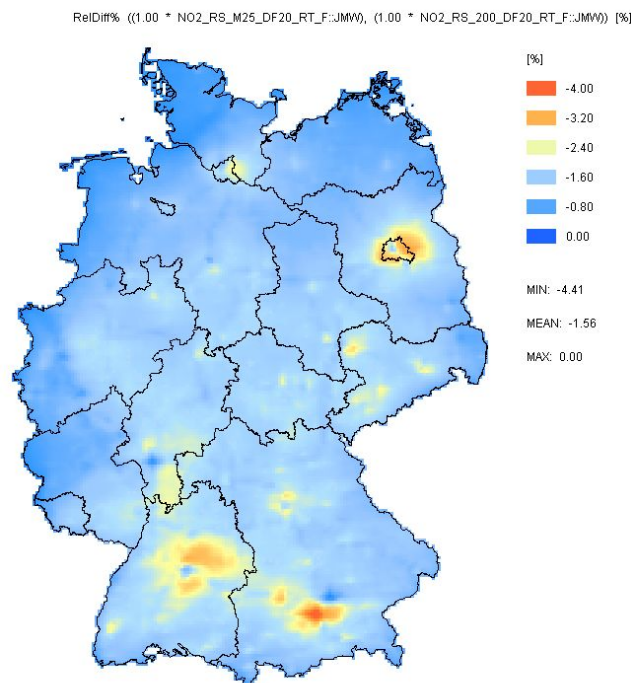


Abbildung 5-30 Relative Änderung der NO₂-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M25 (MFR-Kleinf Feuerungsanlagen, SNAP 2). Die Änderung wird berechnet als: M25-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

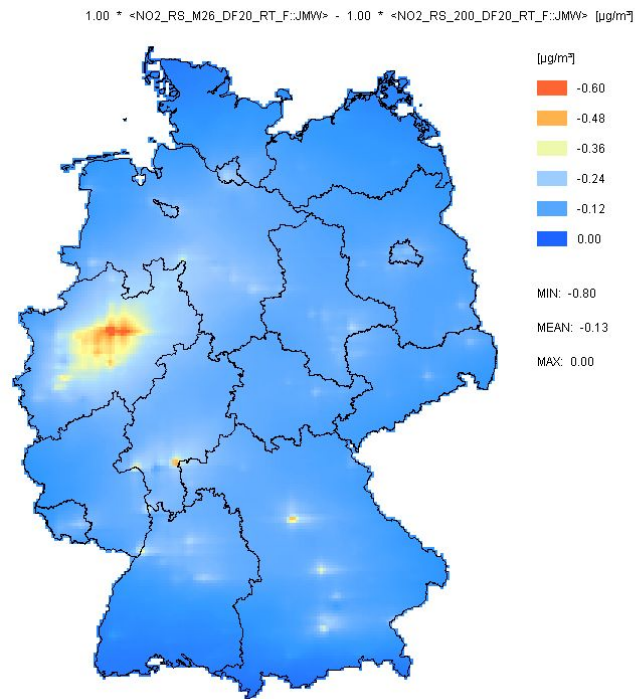


Abbildung 5-31 Absolute Änderung der NO₂-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M26 (MFR-Großfeuerungsanlagen, SNAP 1, 3). Die Änderung wird berechnet als: M26-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

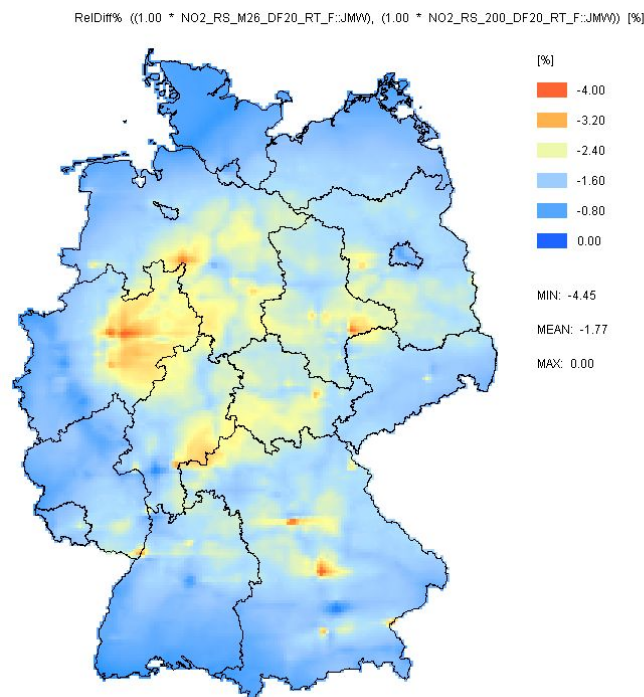


Abbildung 5-32 Relative Änderung der NO₂-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M26 (MFR-Großfeuerungsanlagen, SNAP 1, 3). Die Änderung wird berechnet als: M26-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

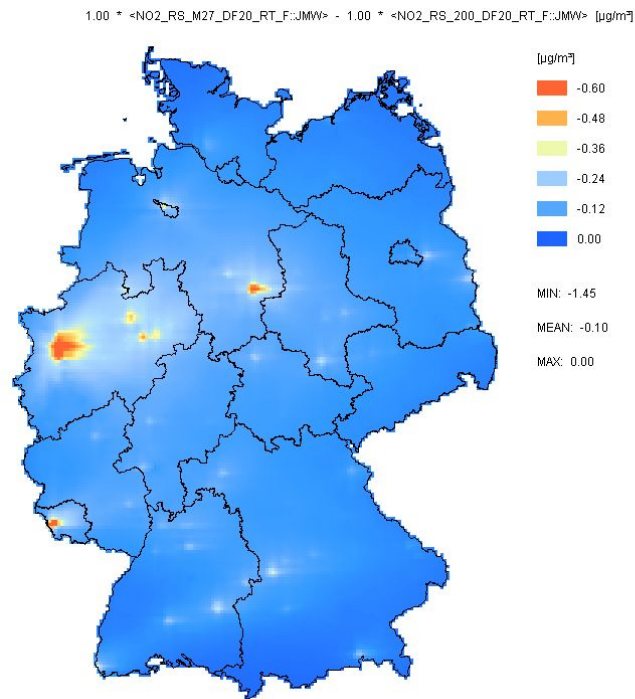


Abbildung 5-33 Absolute Änderung der NO₂-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M27 (MFR-Produktionsprozesse, SNAP 4). Die Änderung wird berechnet als: M27-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

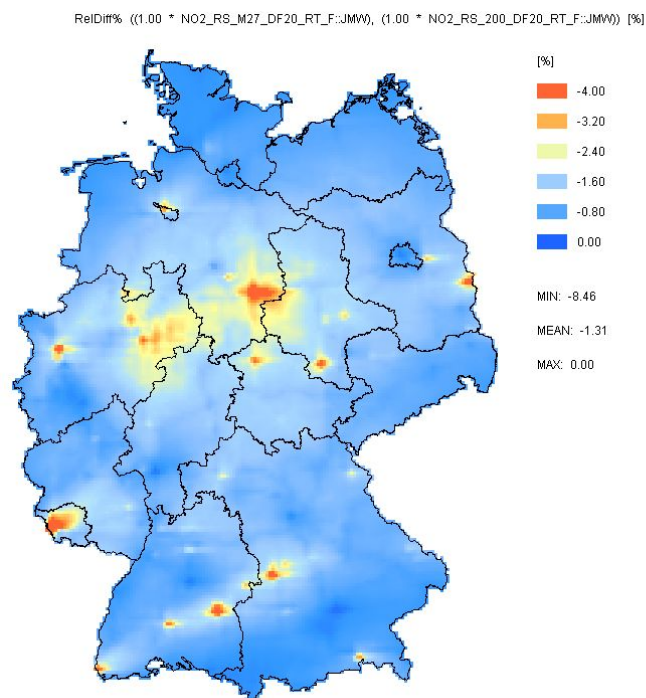


Abbildung 5-34 Relative Änderung der NO₂-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M27 (MFR-Produktionsprozesse, SNAP 4). Die Änderung wird berechnet als: M27-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

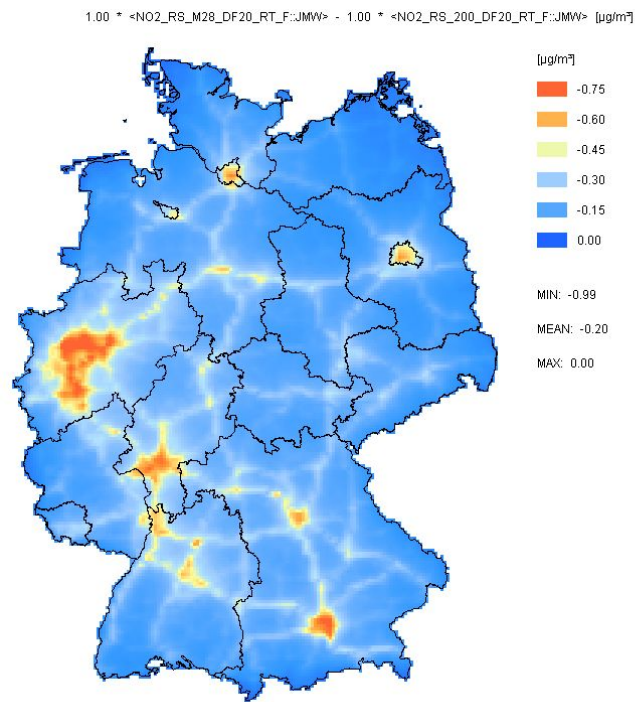


Abbildung 5-35 Absolute Änderung der NO₂-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M28 (MFR-Verkehr, SNAP 7). Die Änderung wird berechnet als: M28-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

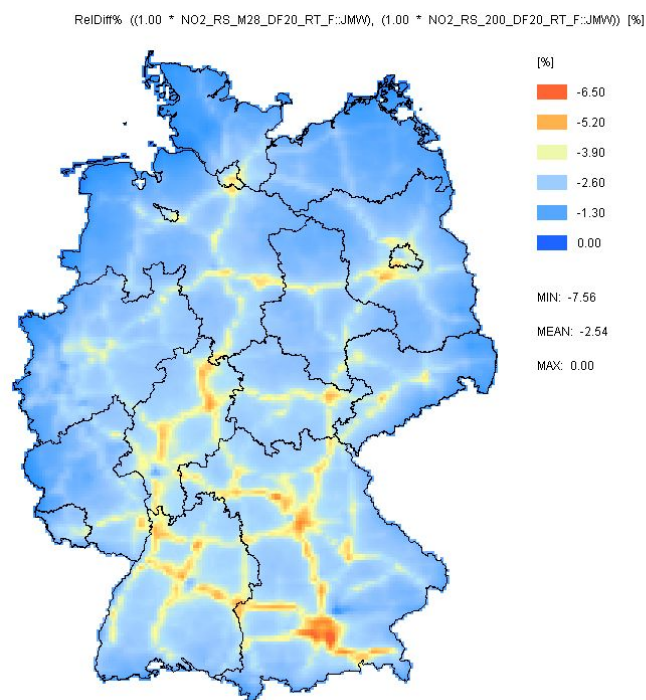


Abbildung 5-36 Relative Änderung der NO₂-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M28 (MFR-Verkehr, SNAP 7). Die Änderung wird berechnet als: M28-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

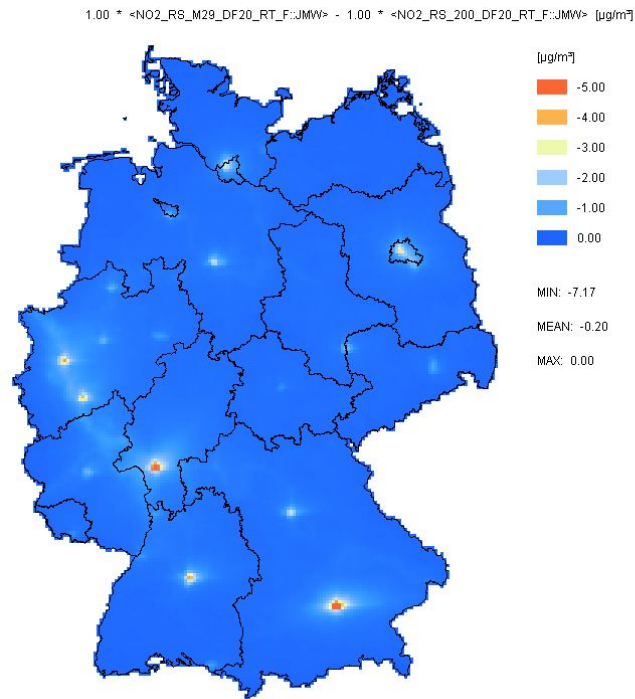


Abbildung 5-37 Absolute Änderung der NO₂-Jahresmittelwerte in µg/m³ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M29 (MFR-Sonstiger Verkehr, SNAP 8). Die Änderung wird berechnet als: M29-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

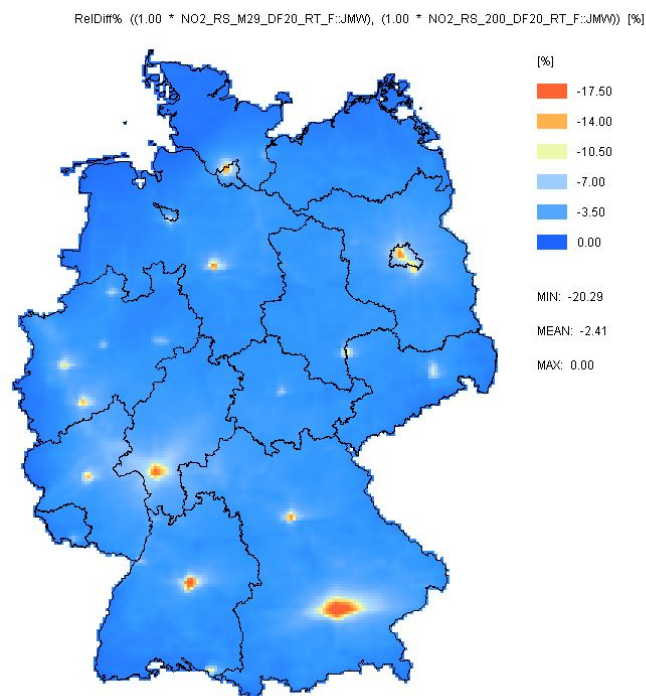


Abbildung 5-38 Relative Änderung der NO₂-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M29 (MFR-Sonstiger Verkehr, SNAP 8). Die Änderung wird berechnet als: M29-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

5.2.3 Maßnahmenpakete Straßenverkehr: M32, M33, M50, M53

Beim Straßenverkehr werden neben der Unterteilung des MFR-Szenarios (M28) in technische und nicht-technische Maßnahmen (M32 und M33) noch die Emissionsminderungspotenziale eines Tempolimits (M50) und einer Einzelmaßnahme (V012, „Nachrüstung von schweren Nutzfahrzeugen mit SCR“, Maßnahmenpaket M53) betrachtet. Das Emissionsminderungspotenzial für weitere technische Maßnahmen (Maßnahmenpaket M32) ist gering und führt nur bei den NO_x- und NMVOC-Emissionen zu weiteren Minderungen (Tabelle 3-19). Die NO_x-Minderung des Maßnahmenpakets M32 ist identisch mit der NO_x-Minderung der Einzelmaßnahme V012 (M53, Tabelle 3-33), d.h. die Nachrüstung von schweren Nutzfahrzeugen mit SCR ist die einzige technische Maßnahmen, die zur weiteren Minderung der NO_x-Emissionen zur Verfügung steht. Die durch die Summe der nicht-technischen Maßnahmen und die Einzelmaßnahme Tempolimit erreichbaren Emissionsminderungen sind in Tabelle 3-20 bzw. Tabelle 3-30 zusammengefasst. Die genaue Definition der Einzelmaßnahmen kann in Tabelle 3-3 und Tabelle 3-4 gefunden werden.

Die Tabelle 5-7 fasst die Bandbreiten der in Deutschland als Folge der verschiedenen Einzelmaßnahmen beim Straßenverkehr berechneten NO₂-Minderungspotenziale zusammen. Die technischen Maßnahmen (M32 und M53) tragen am geringsten zu einer weiteren NO₂-Immissionsverminderung bei. Das höchste NO₂-Minderungspotenzial hat das Paket der nicht-technischen Maßnahmen, mit denen lokal eine bis zu 6%ige Minderung der NO₂-Jahresmittelwerte erreichbar ist.

NO ₂ -Jahresmittelwert	Absolute Abnahme µg/m ³	Relative Abnahme %	Abgeleitet aus
M32, MFR, Verkehr, technisch	0 bis 0.2	0 bis 1.3	Abbildung 5-39 Abbildung 5-40
M33, MFR, Verkehr, nicht-technisch	0 bis 0.8	0 bis 6.5	Abbildung 5-41 Abbildung 5-42
M50, Verkehr, Tempolimit	0 bis 0.4	0 bis 3.3	Abbildung 5-43 Abbildung 5-44
M53, Verkehr, Maßnahme V012	0 bis 0.2	0 bis 1.3	Abbildung 5-45 Abbildung 5-46

Tabelle 5-7 Bandbreiten der absoluten und relativen Minderungspotenziale der NO₂-Jahresmittelwerte in Deutschland, bezogen auf die Referenz 2020: Maßnahmenpakete Verkehr, M32, M33, M50, M53.

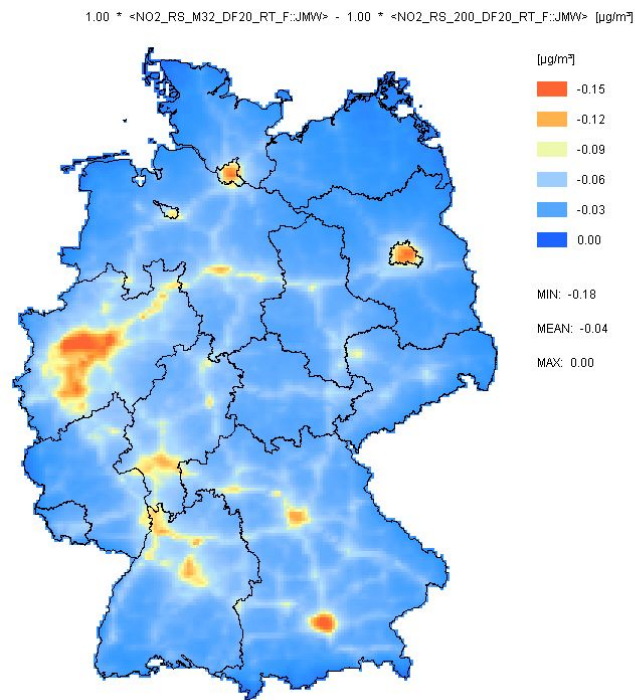


Abbildung 5-39 Absolute Änderung der NO₂-Jahresmittelwerte in µg/m³ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M32 (MFR-Verkehr, technische Maßnahmen, SNAP 7). Die Änderung wird berechnet als: M32-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

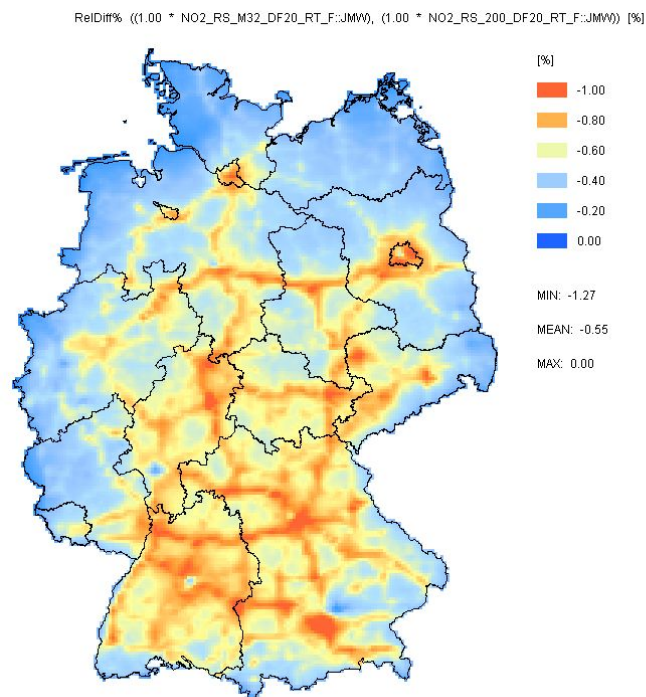


Abbildung 5-40 Relative Änderung der NO₂-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M32 (MFR-Verkehr, technische Maßnahmen, SNAP 7). Die Änderung wird berechnet als: M32-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

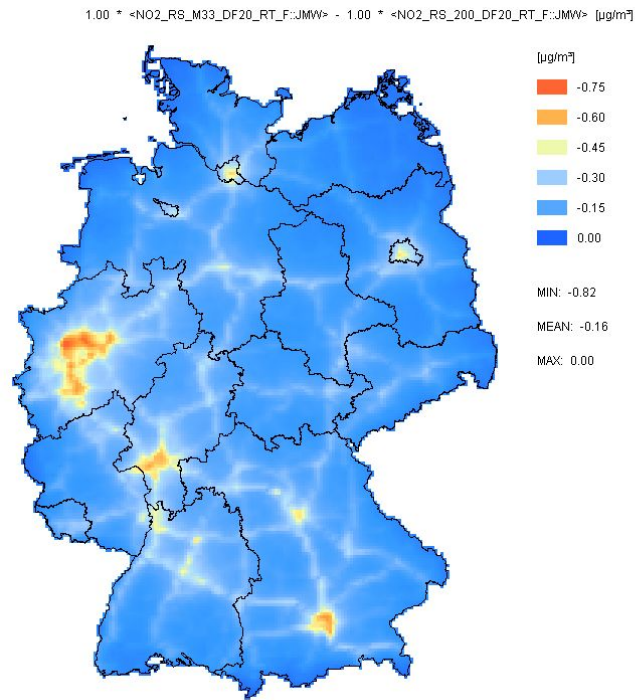


Abbildung 5-41 Absolute Änderung der NO₂-Jahresmittelwerte in µg/m³ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M33 (MFR-Verkehr, nicht-technische Maßnahmen, SNAP 7). Die Änderung wird berechnet als: M33-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

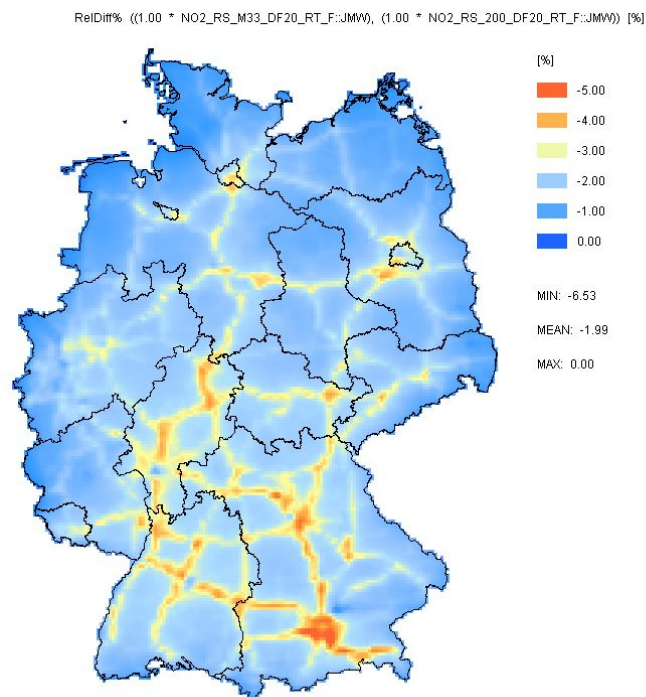


Abbildung 5-42 Relative Änderung der NO₂-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M33 (MFR-Verkehr, nicht-technische Maßnahmen, SNAP 7). Die Änderung wird berechnet als: M33-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

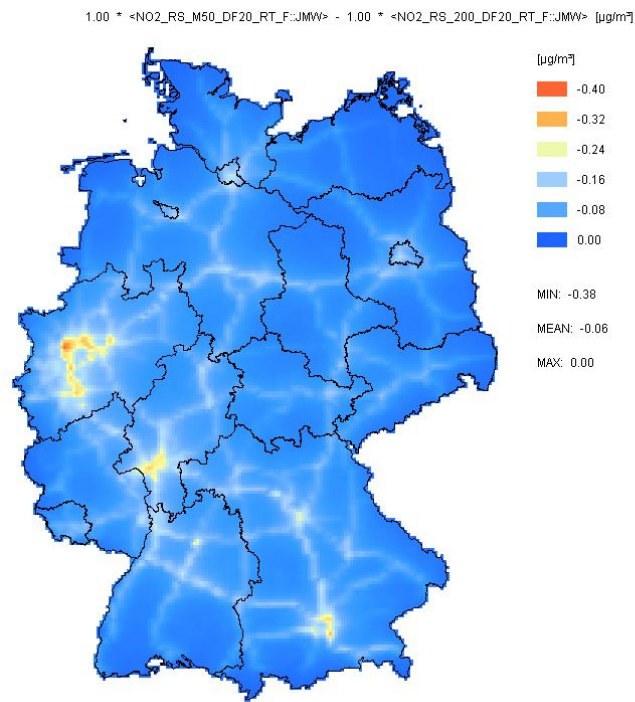


Abbildung 5-43 Absolute Änderung der NO₂-Jahresmittelwerte in µg/m³ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M50 (Verkehr-Tempolimit, SNAP 7). Die Änderung wird berechnet als: M50-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

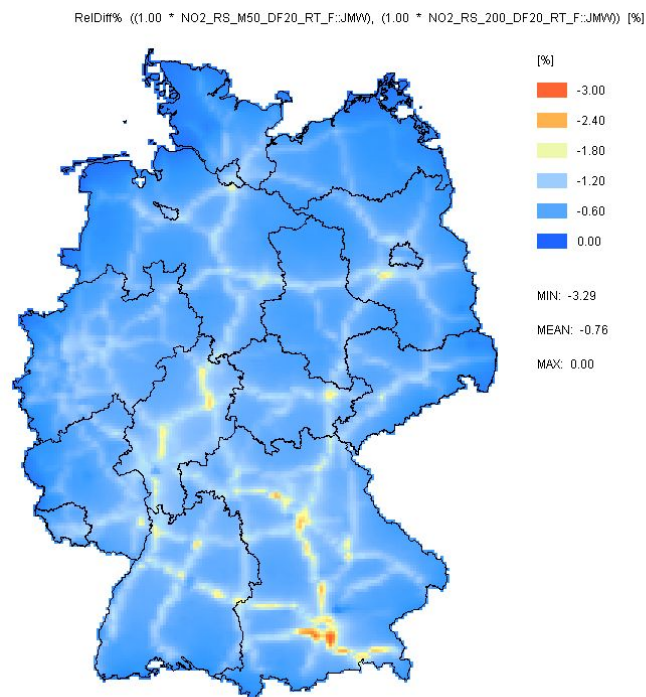


Abbildung 5-44 Relative Änderung der NO₂-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M50 (Verkehr-Tempolimit, SNAP 7). Die Änderung wird berechnet als: M50-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

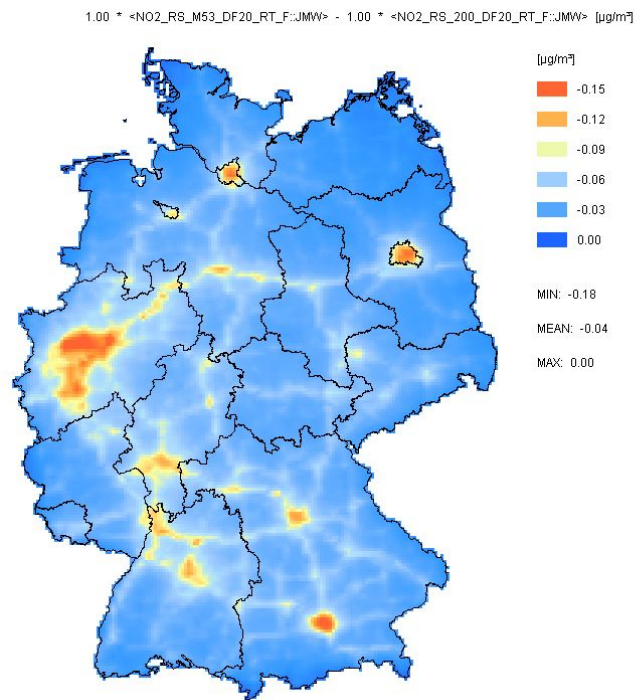


Abbildung 5-45 Absolute Änderung der NO₂-Jahresmittelwerte in µg/m³ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M53 (Verkehr-Einzelmaßnahme V012, SNAP 7). Die Änderung wird berechnet als: M53-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

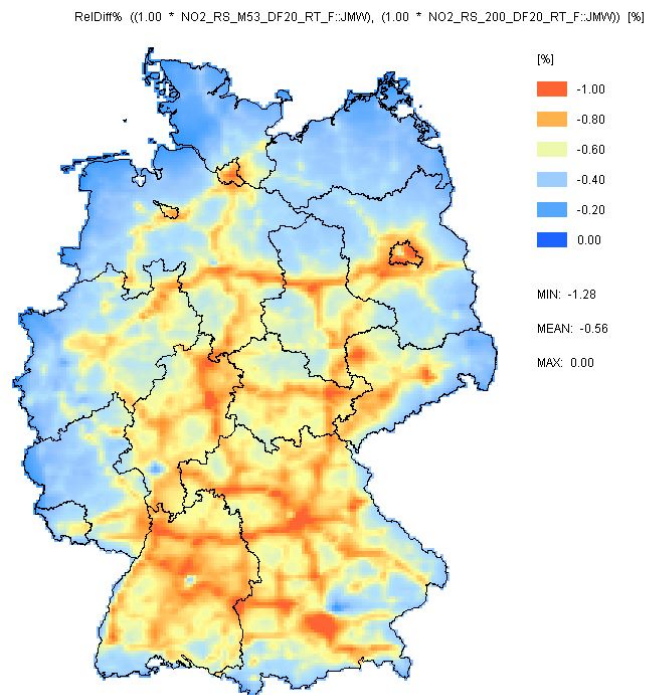


Abbildung 5-46 Relative Änderung der NO₂-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M53 (Verkehr-Einzelmaßnahme V012, SNAP 7). Die Änderung wird berechnet als: M53-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

5.2.4 Maßnahmenpakete Sonstiger Verkehr: M34, M35, M54

Die weiteren Maßnahmen beim Sonstigen Verkehr (SNAP 8) umfasst neben der Unterteilung in die Bündel technische und nicht-technische Maßnahmen (Maßnahmenpakete M34 und M35) nur noch eine nicht-technische Einzelmaßnahme für den Flugverkehr, die Maßnahme MM009. Diese Einzelmaßnahme beschreibt die Auswirkungen einer Kerosinsteuer und der Einbeziehung des Flugverkehrs in den Emissionshandel. Diese Einzelmaßnahme schöpft das Emissionsminderungspotenzial der nicht-technischen Maßnahmen zum großen Teil aus. Die genaue Definition der technischen und nicht-technischen Einzelmaßnahmen kann in Tabelle 3-3 und Tabelle 3-4 gefunden werden. Die durch die weiteren technischen bzw. nicht-technischen Maßnahmen erreichbaren Emissionsminderungen sind in Tabelle 3-21 und Tabelle 3-22 zusammengefasst.

Die Tabelle 5-8 fasst die Bandbreiten der in Deutschland als Folge der Maßnahmen beim Sonstigen Verkehr berechneten NO₂-Minderungspotenziale zusammen. Das Bündel der nicht-technischen Maßnahmen hat deutliche höhere Auswirkungen auf die NO₂-Jahresmittelwerte als das der technischen Maßnahmen. Die immissionsseitigen Auswirkungen der technischen Maßnahmen konzentrieren sich auf die Schifffahrtswege mit maximalen Minderungen von bis zu 0,8 µg/m³ entlang des Mittel- und Niederrheins (Abbildung 5-57). Da das Potenzial der nicht-technischen Maßnahmen zum Großteil aus der Einzelmaßnahme MM009 stammt, zeigen sich die Auswirkungen auch hauptsächlich im Umfeld der großen Flughäfen mit maximalen NO₂-Minderungspotenzialen bis zu 7 µg/m³ für die beiden größten deutschen Flughäfen, Frankfurt und München (Abbildung 5-49 und Abbildung 5-51). Es sei nochmals angemerkt, dass der Beitrag des Flugverkehrs hier zu hoch bewertet sein könnte, da der Emissionsdatensatz keine Differenzierung der Emissionen mit der Höhe erlaubt.

NO ₂ -Jahresmittelwert	Absolute Abnahme µg/m ³	Relative Abnahme %	Abgeleitet aus
M34, MFR, Sonstiger Verkehr, technisch	0 bis 0.8	0 bis 4.1	Abbildung 5-47 Abbildung 5-48
M35, MFR, Sonstiger Verkehr, nicht-technisch	0 bis 7.1	0 bis 20.1	Abbildung 5-49 Abbildung 5-50
M54, Sonstiger Verkehr, Maßnahme MM009	0 bis 7.1	0 bis 19.9	Abbildung 5-51 Abbildung 5-52

Tabelle 5-8 Bandbreiten der absoluten und relativen Minderungspotenziale der NO₂-Jahresmittelwerte in Deutschland, bezogen auf die Referenz 2020: Maßnahmenpakete Sonstiger Verkehr, M34, M35, M54.

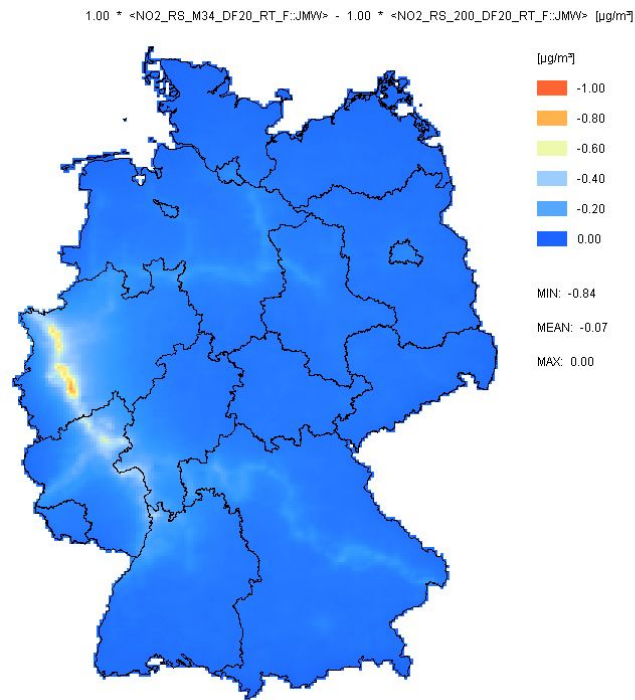


Abbildung 5-47 Absolute Änderung der NO₂-Jahresmittelwerte in µg/m³ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M34 (MFR-Sonstiger Verkehr, technische Maßnahmen, SNAP 8). Die Änderung wird berechnet als: M34-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

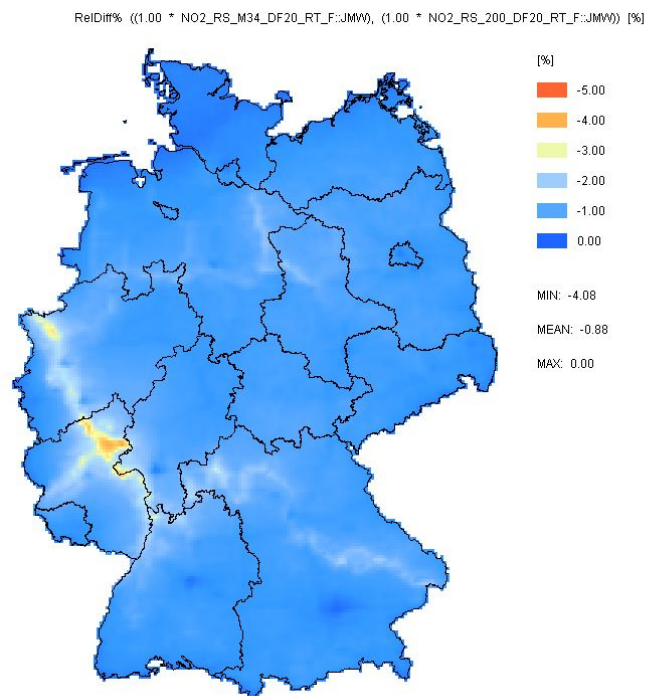


Abbildung 5-48 Relative Änderung der NO₂-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M34 (MFR-Sonstiger Verkehr, technische Maßnahmen, SNAP 8). Die Änderung wird berechnet als: M34-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

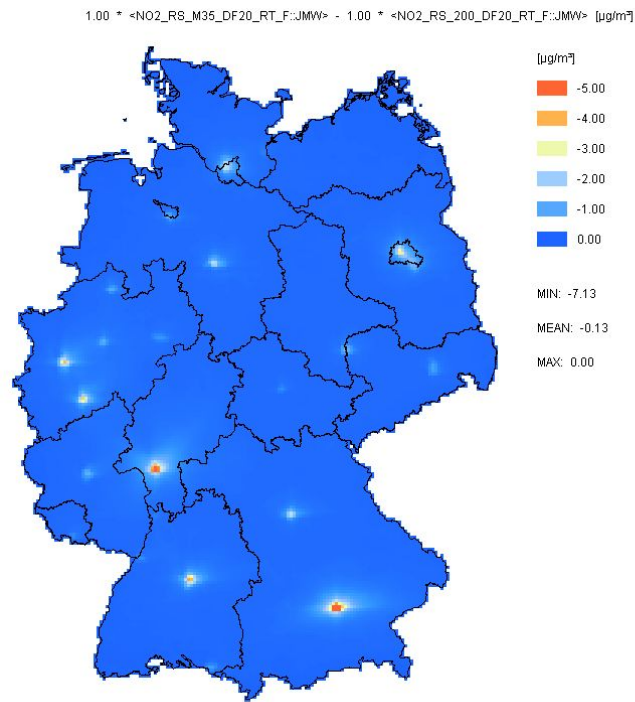


Abbildung 5-49 Absolute Änderung der NO₂-Jahresmittelwerte in µg/m³ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M35 (MFR-Sonstiger Verkehr, nicht-technische Maßnahmen, SNAP 8). Die Änderung wird berechnet als: M35-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

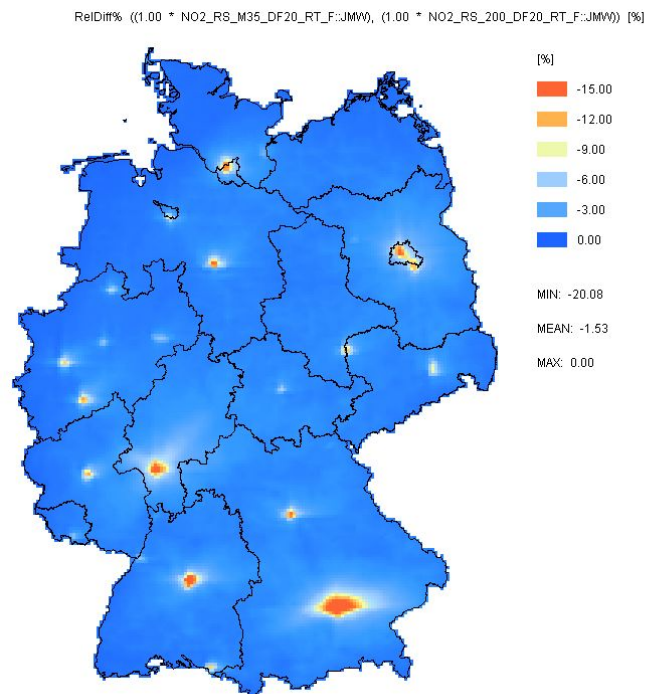


Abbildung 5-50 Relative Änderung der NO₂-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M35 (MFR-Sonstiger Verkehr, nicht-technische Maßnahmen, SNAP 8). Die Änderung wird berechnet als: M35-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

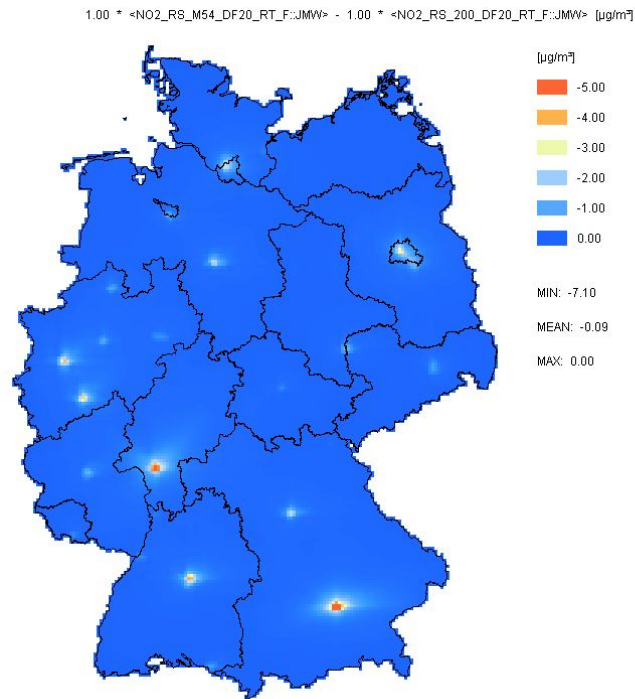


Abbildung 5-51 Absolute Änderung der NO₂-Jahresmittelwerte in µg/m³ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M54 (Sonstiger Verkehr, Maßnahme MM009, SNAP 8). Die Änderung wird berechnet als: M54-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

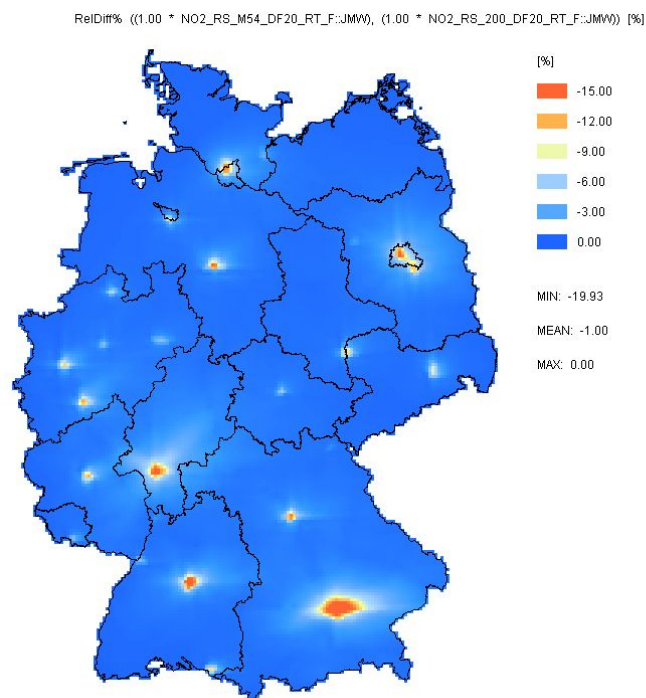


Abbildung 5-52 Relative Änderung der NO₂-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M54 (Sonstiger Verkehr, Maßnahme MM009, SNAP 8). Die Änderung wird berechnet als: M54-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

5.2.5 Maßnahmenpakete Kleinf Feuerungsanlagen: M44, M45, M59

Die Maßnahme M44 (Ökodesign-Richtlinie, K002) ist eine reine NO_x-Emissionsminderungsmaßnahme (Tabelle 3-24) während die Maßnahme M45 (Novellierung der 1. BImSchV, K003) hauptsächlich eine PM₁₀-Emissionsminderung beinhaltet (Tabelle 3-25). Die genaue Definition der Einzelmaßnahmen kann in Tabelle 3-5 gefunden werden. Das hypothetische Szenario M59 beschreibt den Ersatz von Holzfeuerungen durch Ölfeuerungen und hat von allen Maßnahmen im Sektor Kleinf Feuerungen für alle Stoffe außer NO_x mit Abstand das höchste Emissionsminderungspotenzial (Tabelle 3-35).

Die Tabelle 5-9 fasst die Bandbreiten der in Deutschland als Folge der Maßnahmen bei den Kleinverbrauchern berechneten NO₂-Minderungspotenziale zusammen. Die Auswirkungen der Novellierung der 1. BImSchV auf die NO₂-Konzentrationen sind sehr gering, da diese Maßnahme hauptsächlich zu einer Abnahme der PM₁₀-Emissionen führt. Den höchsten Beitrag zur weiteren Minderung der NO₂-Jahresmittelwerte liefert die geplante Ökodesign-Richtlinie, die in den Ballungsgebieten zu einer weiteren Absenkung der NO₂-Immissionen von maximal 0.6 µg/m³ führt (Abbildung 5-53).

NO ₂ -Jahresmittelwert	Absolute Abnahme µg/m ³	Relative Abnahme %	Abgeleitet aus
M44, Kleinf Feuerungsanlagen, Ökodesign	0 bis 0.6	0 bis 4.4	Abbildung 5-53 Abbildung 5-54
M45, Kleinf Feuerungsanlagen, 1. BImSchV	0 bis 0.2	0 bis 1.3	Abbildung 5-55 Abbildung 5-56
M59, Kleinf Feuerungsanlagen, Öl statt Holz	0 bis 0.2	0 bis 2.5	Abbildung 5-57 Abbildung 5-58

Tabelle 5-9 Bandbreiten der absoluten und relativen Minderungspotenziale der NO₂-Jahresmittelwerte in Deutschland, bezogen auf die Referenz 2020: Maßnahmenpakete Kleinf Feuerungsanlagen, M44, M45, M59.

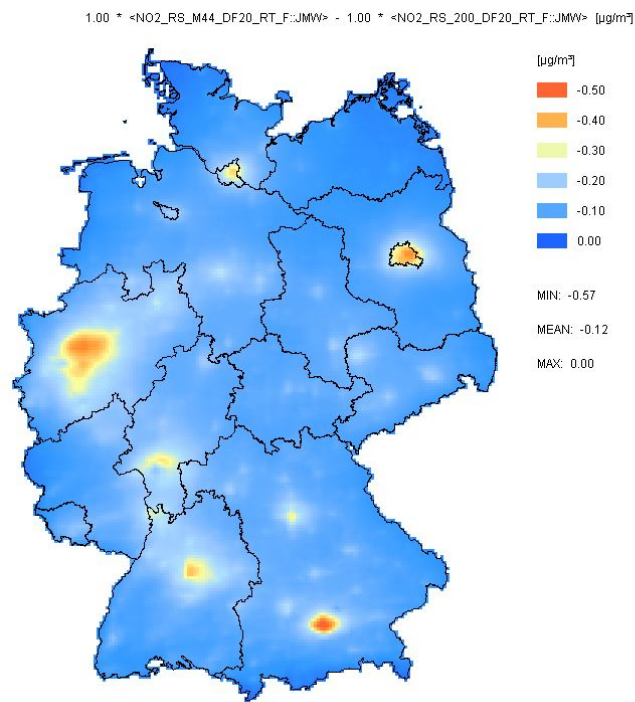


Abbildung 5-53 Absolute Änderung der NO₂-Jahresmittelwerte in µg/m³ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M44 (Kleinfeuerungsanlagen, Ökodesign, SNAP 2). Die Änderung wird berechnet als: M44-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

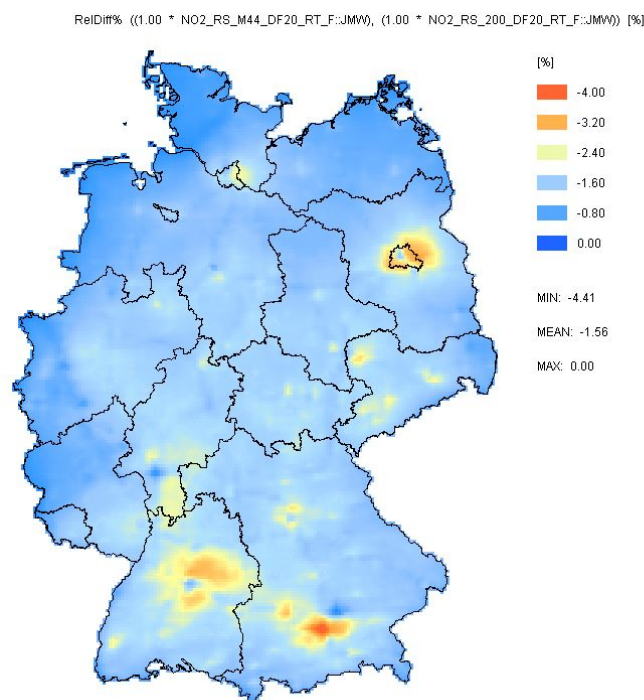


Abbildung 5-54 Relative Änderung der NO₂-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M44 (Kleinfeuerungsanlagen, Ökodesign, SNAP 2). Die Änderung wird berechnet als: M44-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

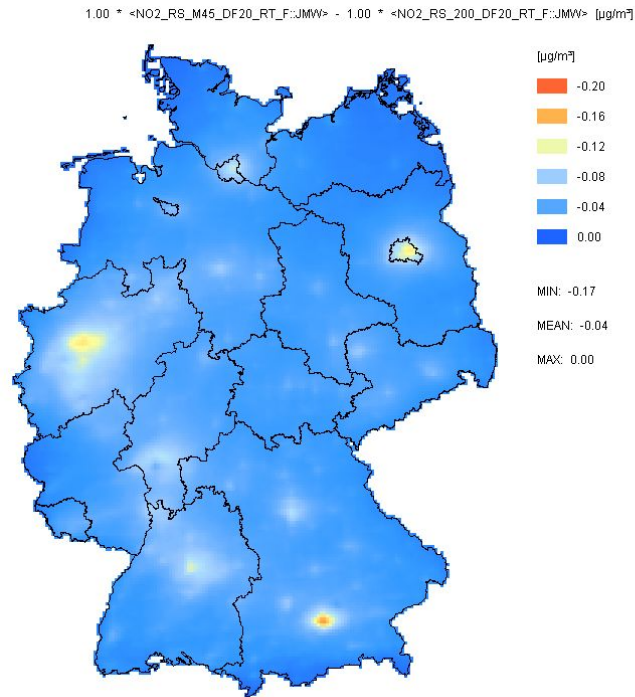


Abbildung 5-55 Absolute Änderung der NO₂-Jahresmittelwerte in µg/m³ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M45 (Kleinf Feuerungsanlagen, 1. BImSchV, SNAP 2). Die Änderung wird berechnet als: M45-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

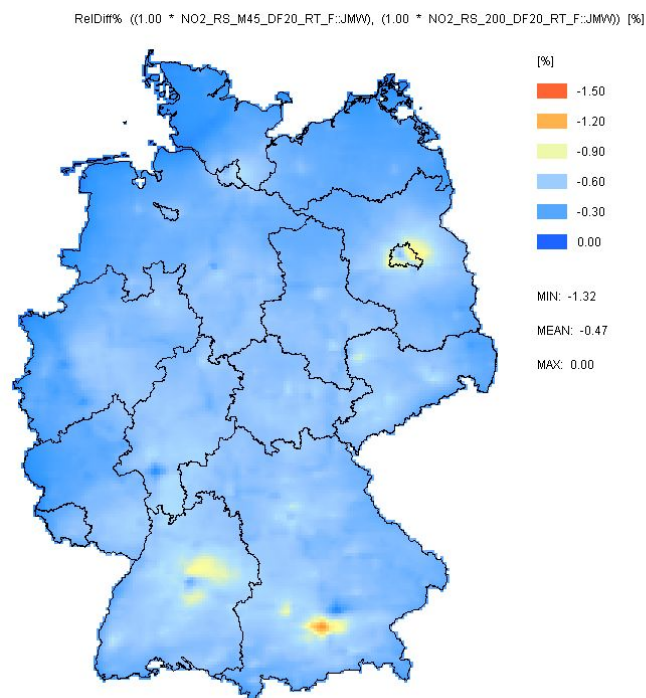


Abbildung 5-56 Relative Änderung der NO₂-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M45 (Kleinf Feuerungsanlagen, 1. BImSchV, SNAP 2). Die Änderung wird berechnet als: M45-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

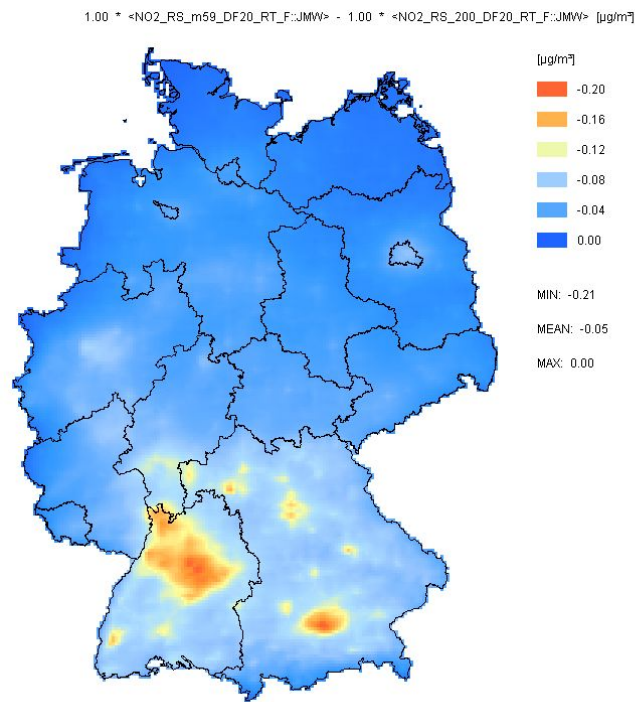


Abbildung 5-57 Absolute Änderung der NO₂-Jahresmittelwerte in µg/m³ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M59 (Kleinf Feuerungsanlagen, Öl- statt Holzfeuerungen, SNAP 2). Die Änderung wird berechnet als: M59-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

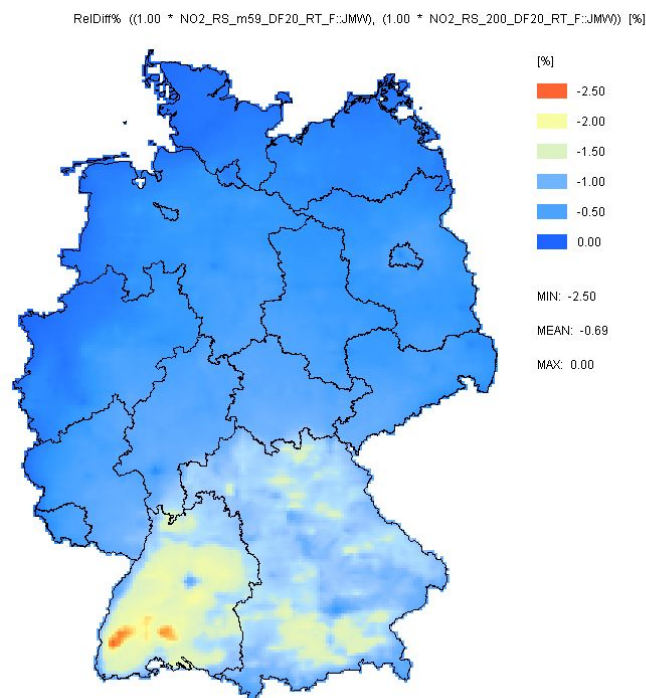


Abbildung 5-58 Relative Änderung der NO₂-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M59 (Kleinf Feuerungsanlagen, Öl- statt Holzfeuerungen, SNAP 2). Die Änderung wird berechnet als: M59-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

5.2.6 Maßnahmenpakete Großfeuerungsanlagen: M46, M47

Die Maßnahmenpakete M46 (Novellierung der IED-Richtlinie) und M47 (Novellierung der IED-Richtlinie, UBA-Entwurf) fokussieren auf eine weitere Minderung der NO_x- und SO₂-Emissionen und unterscheiden sich im Emissionsminderungspotenzial nur geringfügig. Der UBA-Entwurf sieht insgesamt eine etwas höhere Minderung der SO₂- und der NO_x-Emissionen vor (Tabelle 3-26 und Tabelle 3-27).

Die Tabelle 5-10 fasst die Bandbreiten der in Deutschland als Folge der Maßnahmen bei den Großfeuerungsanlagen berechneten NO₂-Minderungspotenziale zusammen. Die Novellierung der IED-Richtlinie würde zu einer maximalen Absenkung der NO₂-Konzentrationen um circa 0.6 bis 0.7 µg/m³ führen mit einem etwas höheren Potenzial für den UBA-Entwurf. Die Abnahmen konzentrieren sich auf das Umfeld der betroffenen Großfeuerungsanlagen mit Schwerpunkten im Ruhrgebiet (Abbildung 5-59 bis Abbildung 5-62).

NO ₂ -Jahresmittelwert	Absolute Abnahme µg/m ³	Relative Abnahme %	Abgeleitet aus
M46, Großfeuerungsanlagen, IED-Richtlinie	0 bis 0.6	0 bis 3.0	Abbildung 5-59 Abbildung 5-60
M47, Großfeuerungsanlagen, IED-Richtlinie, UBA-Entwurf	0 bis 0.7	0 bis 3.9	Abbildung 5-61 Abbildung 5-62

Tabelle 5-10 Bandbreiten der absoluten und relativen Minderungspotenziale der NO₂-Jahresmittelwerte in Deutschland, bezogen auf die Referenz 2020: Maßnahmenpakete Großfeuerungsanlagen, M46, M47, M52.

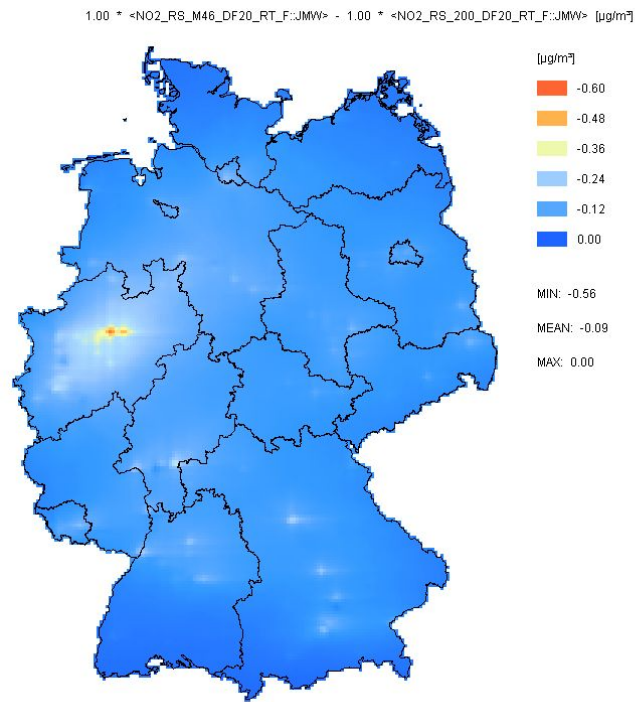


Abbildung 5-59 Absolute Änderung der NO₂-Jahresmittelwerte in µg/m³ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M46 (Großfeuerungsanlagen, IED-Richtlinie, SNAP 1, 3). Die Änderung wird berechnet als: M46-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

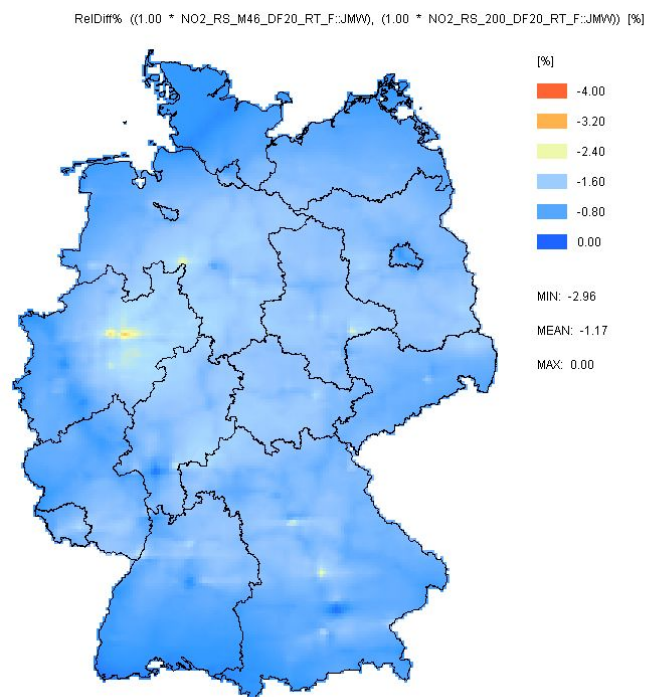


Abbildung 5-60 Relative Änderung der NO₂-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M46 (Großfeuerungsanlagen, IED-Richtlinie, SNAP 1, 3). Die Änderung wird berechnet als: M46-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

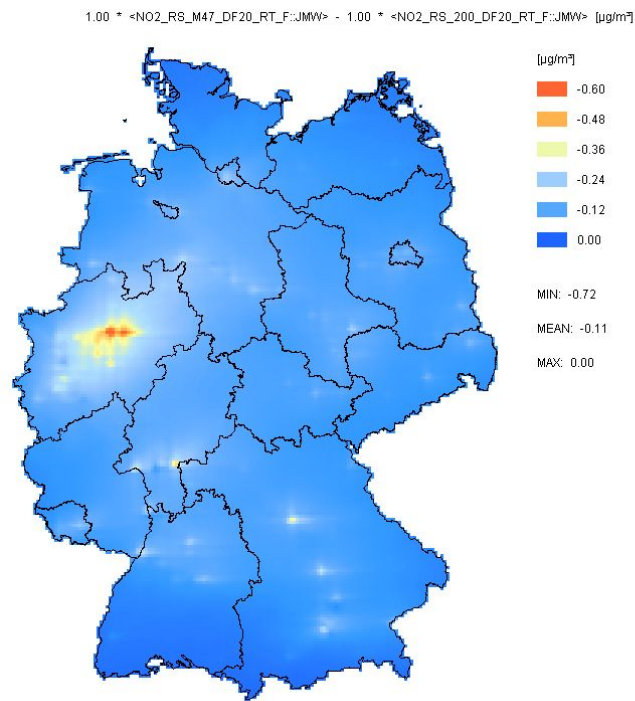


Abbildung 5-61 Absolute Änderung der NO₂-Jahresmittelwerte in µg/m³ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M47 (Großfeuerungsanlagen, IED-Richtlinie, UBA-Entwurf, SNAP 1, 3). Die Änderung wird berechnet als: M47-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

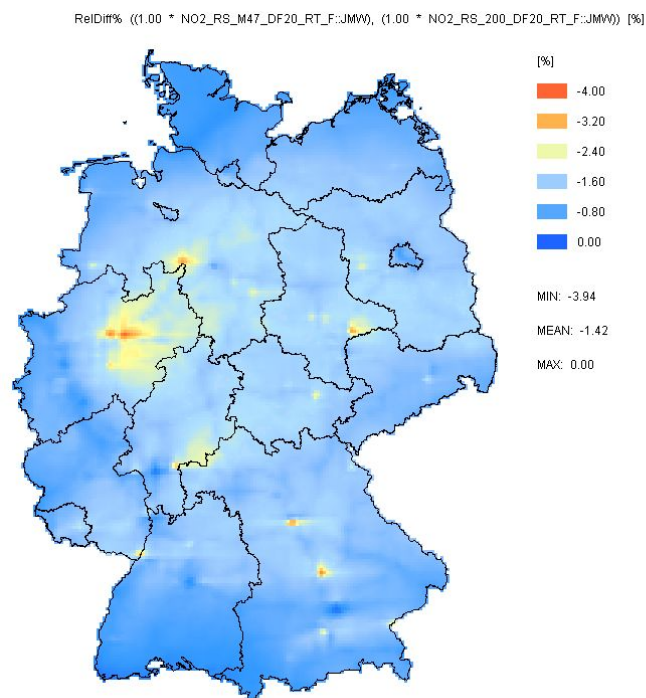


Abbildung 5-62 Relative Änderung der NO₂-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M47 (Großfeuerungsanlagen, IED-Richtlinie, UBA-Entwurf, SNAP 1, 3). Die Änderung wird berechnet als: M47-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

5.2.7 Maßnahmenpakete Industrieprozesse: M48

Die beiden Maßnahmenpakete für die Industrieprozesse haben verschiedene Schwerpunkte: Das Paket M48 umfasst eine reine NO_x-Emissionsminderung (Tabelle 3-28), das Paket M49 eine reine PM₁₀-Emissionsminderung (Tabelle 3-29) und wird daher hier nicht betrachtet.

Die Tabelle 5-11 fasst die Bandbreiten der in Deutschland als Folge der Maßnahmen bei den industriellen Prozessen (SNAP 4) berechneten NO₂-Minderungspotenziale zusammen. Die NO₂-Abnahmen für die Emissionsminderungen des Maßnahmenpakets M48 liegen maximal bei 1.5 µg/m³ und konzentrieren sich auf das Ruhrgebiet, den Raum Salzgitter und die Umgebung einiger weiterer Industrieanlagen.

NO ₂ -Jahresmittelwert	Absolute Abnahme µg/m ³	Relative Abnahme %	Abgeleitet aus
M48, Industrie, NO _x	0 bis 1.5	0 bis 8.5	Abbildung 5-63 Abbildung 5-64

Tabelle 5-11 Bandbreiten der absoluten und relativen Minderungspotenziale der NO₂-Jahresmittelwerte in Deutschland, bezogen auf die Referenz 2020: Maßnahmenpakete Industrie, M48, M49.

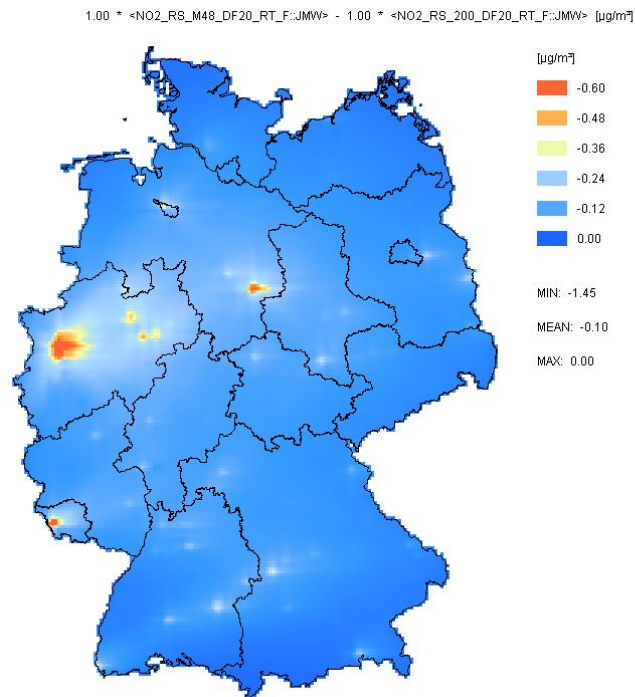


Abbildung 5-63 Absolute Änderung der NO₂-Jahresmittelwerte in µg/m³ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M48 (MFR-Industrie-NO_x, SNAP 4). Die Änderung wird berechnet als: M48-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

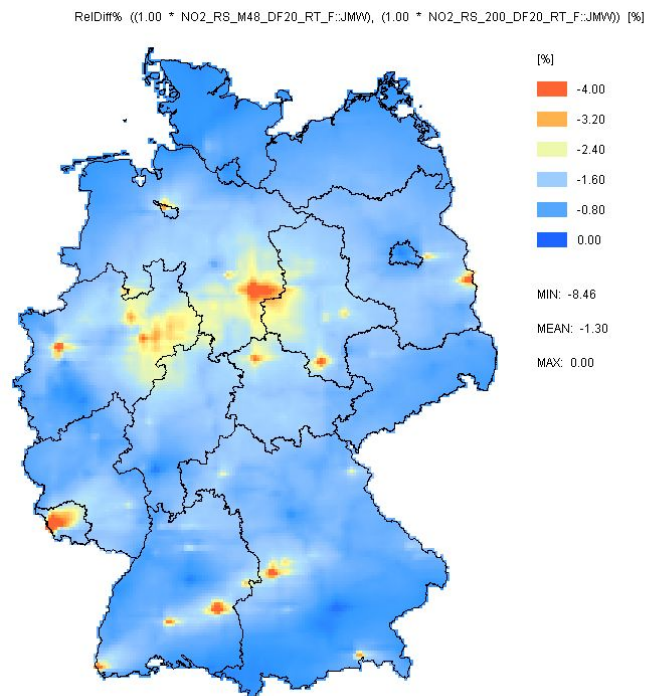


Abbildung 5-64 Relative Änderung der NO₂-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M48 (MFR-Industrie-NO_x, SNAP 4). Die Änderung wird berechnet als: M48-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

5.2.8 Klimaschutzszenarien: M76, M77, M83, M94

Die Klimaschutzszenarien sind keine auf die Referenz 2020 aufsetzende Szenarien sondern als Alternative zum PAREST-Referenzszenario entwickelt worden (Jörß und Degel, 2010). Dafür wurde das MWMS (Mit weiteren Maßnahmen Szenario) der Studie Politikszenerarien IV (PSz IV) ausgewählt. Als „Bindeglied“ zwischen PAREST-Referenz und MWMS dient das MMS (Mit Maßnahmen Szenario) aus PSz IV, welches innerhalb von PSz IV den Rang eines Referenzszenarios hat. Die Emissionsveränderungen für die beiden Klimaschutzszenarien in Bezug auf die Referenz 2020 zeigen Tabelle 3-39 und Tabelle 3-40. Bei den Kleinverbrauchern und den industriellen Emissionen (SNAP 3 und 4) führen beide Klimaschutzszenarien für die Stoffe SO₂ und PM10 zu höheren Emissionen als die Referenz 2020. In der Summe sind die Emissionen der Klimaschutzszenarien aber niedriger als diejenigen der Referenz 2020. Das Szenario M83 beschreibt das MFR-Szenario M20 mit dem Klimaszenario MWMS 2020 als Referenz. M84 ist das entsprechende Szenario für MFR-Landwirtschaft (hier nicht betrachtet, da keine Auswirkungen auf die NO₂-Immission) und M94 für MFR-Kleinfeuerungsanlagen. Auch diese Szenarien werden bezüglich der Referenz 2020 ausgewertet. Dadurch wird ersichtlich, welche immissionsseitigen Änderungen die Umsetzung der Klimaschutzszenarien im Vergleich mit der Referenz 2020 zur Folge hat.

Die Tabelle 5-12 fasst die Bandbreiten der in Deutschland für die Klimaschutzszenarien berechneten Änderungen der NO₂-Jahresmittelwerte bezogen auf die Referenz 2020 zusammen. Für das Klimaschutzszenario MMS errechnen sich niedrigere und höhere Konzentrationen als für die Referenz 2020. Die höheren Konzentrationen treten im Umfeld großer Feuerungsanlagen auf (Abbildung 5-65 und Abbildung 5-66). Das schärfere Klimaschutzszenario MWMS führt nahezu überall in Deutschland zu größeren Abnahmen der NO₂-Konzentrationen als die Referenz 2020. Bezogen auf die Referenz 2020 sinken die NO₂-Jahresmittelwerte maximal um weitere 8 µg/m³ oder 28%. Die höchsten Abnahmen werden entsprechend der im Vergleich zur Referenz 2020 stärkeren Minderung der Verkehrsemissionen in den Ballungsgebieten und im Umfeld der Hauptverkehrsachsen berechnet (Abbildung 5-67 und Abbildung 5-68). Für das MFR-Szenario M83 steigen die maximalen NO₂-Abnahmen in den großen Ballungsräumen bezüglich der Referenz 2020 auf 9 µg/m³ an (Abbildung 5-69). Relativ werden Abnahmen bis zu 30% erreicht. Mit dem Klimaschutzszenario MWMS+MFR-Kleinfeuerungsanlagen werden bezogen auf die Referenz 2020 Abnahmen bis zu 8.2 µg/m³ berechnet.

NO ₂ -Jahresmittelwert	Absolute Änderung µg/m ³	Relative Änderung %	Abgeleitet aus
M76, Klimaschutz MMS	-1.2 bis 1.1	-7.1 bis 7.8	Abbildung 5-65 Abbildung 5-66
M77, Klimaschutz MWMS	-8.1 bis 0.1	-27.0 bis 0.6	Abbildung 5-67 Abbildung 5-68
M83, Klimaschutz MWMS+MFR	-9.0 bis 0.	-30.1 bis 0.	Abbildung 5-69 Abbildung 5-70
M94, Klimaschutz MWMS+MFR- Kleinf Feuerungsanlagen	-8.2 bis 0.	-27.9 bis 0.	Abbildung 5-71 Abbildung 5-72

Tabelle 5-12 Bandbreiten der absoluten und relativen Minderungspotenziale der NO₂-Jahresmittelwerte in Deutschland, bezogen auf die Referenz 2020: Maßnahmenpakete Klimaschutzszenarien, M76, M77, M83, M94. Negative Angaben bedeuten Abnahmen, positive Angaben Zunahmen der Konzentration bezogen auf die Referenz 2020.

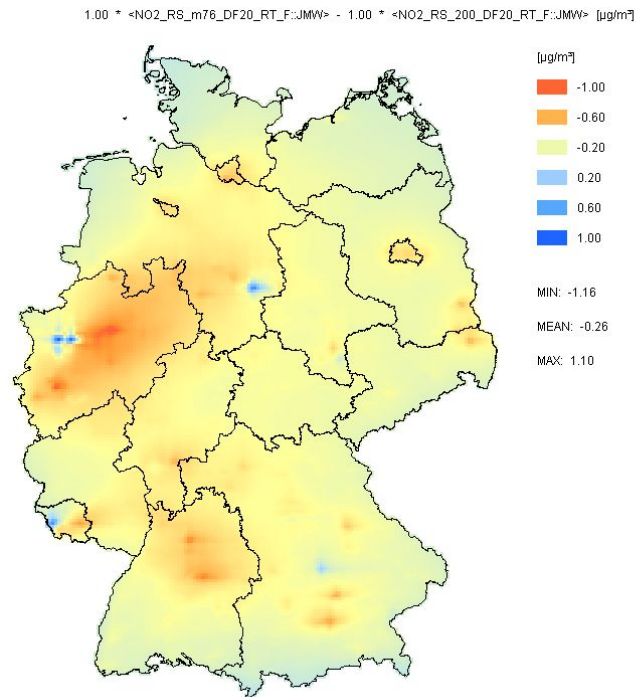


Abbildung 5-65 Absolute Änderung der NO₂-Jahresmittelwerte in µg/m³ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M76 (Klimaschutzszenario MMS). Die Änderung wird berechnet als: M76-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

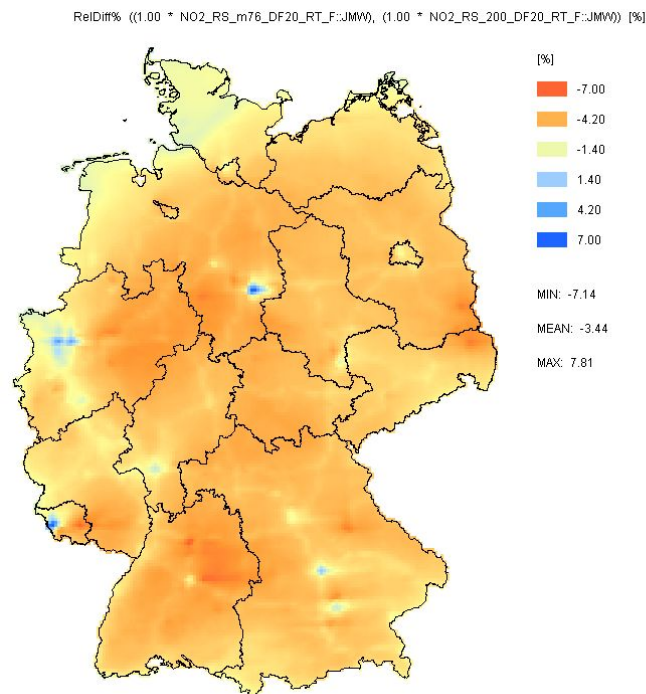


Abbildung 5-66 Relative Änderung der NO₂-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M76 (Klimaschutzszenario MMS). Die Änderung wird berechnet als: M76-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

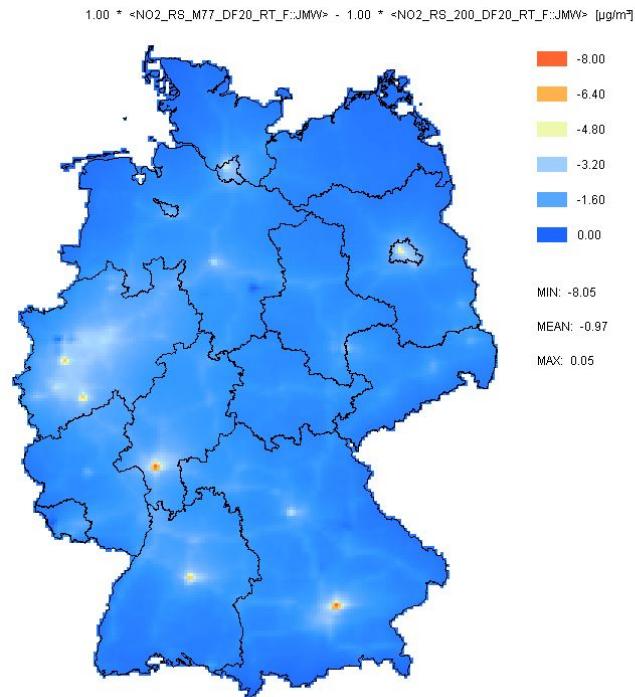


Abbildung 5-67 Absolute Änderung der NO₂-Jahresmittelwerte in µg/m³ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M77 (Klimaschutzszenario MWMS). Die Änderung wird berechnet als: M77-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

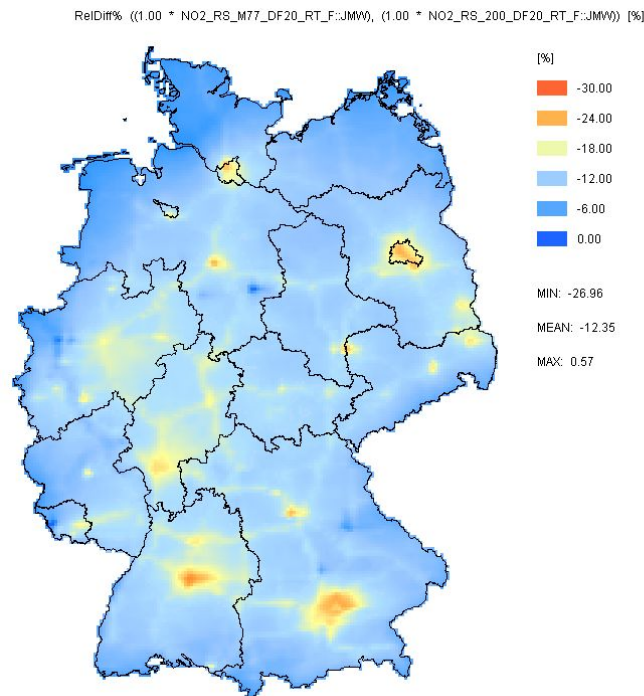


Abbildung 5-68 Relative Änderung der NO₂-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M77 (Klimaschutzszenario MWMS). Die Änderung wird berechnet als: M77-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

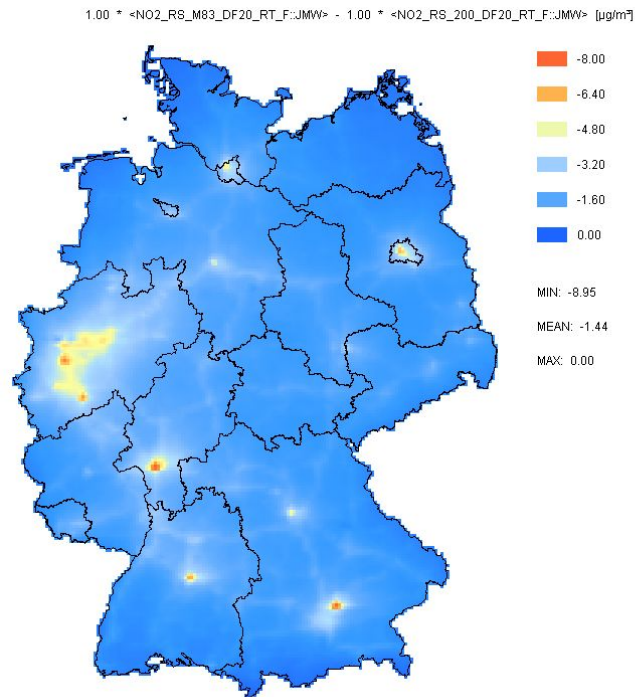


Abbildung 5-69 Absolute Änderung der NO₂-Jahresmittelwerte in µg/m³ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M83 (Klimaschutzszenario MWMS+MFR). Die Änderung wird berechnet als: M83-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

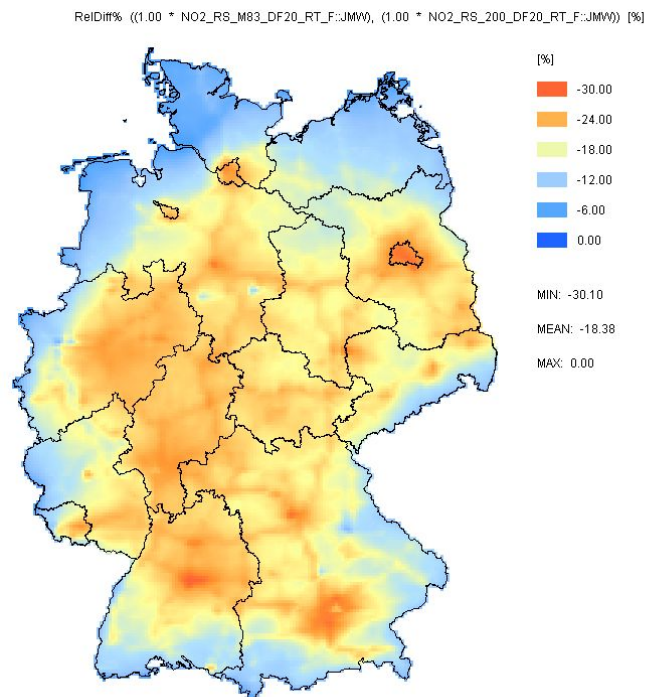


Abbildung 5-70 Relative Änderung der NO₂-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M83 (Klimaschutzszenario MWMS+MFR). Die Änderung wird berechnet als: M77-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

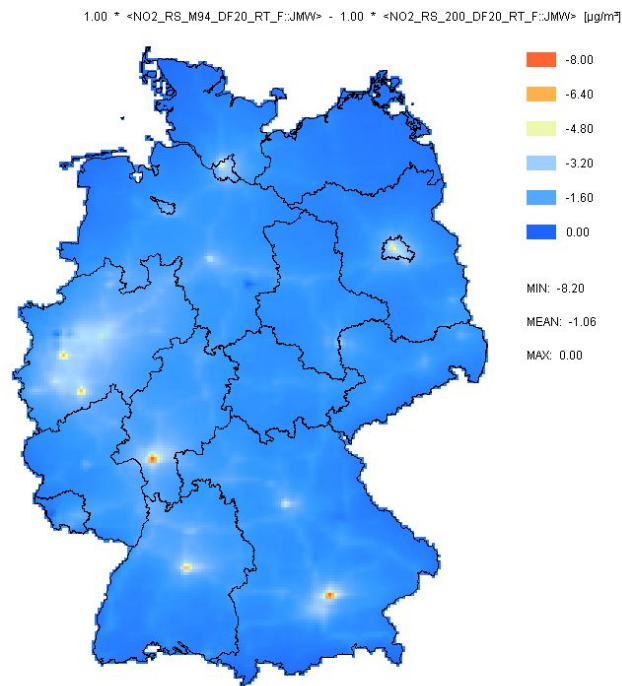


Abbildung 5-71 Absolute Änderung der NO₂-Jahresmittelwerte in µg/m³ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M94 (Klimaschutzszenario MWMS+MFR-Kleinf Feuerungsanlagen). Die Änderung wird berechnet als: M94-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

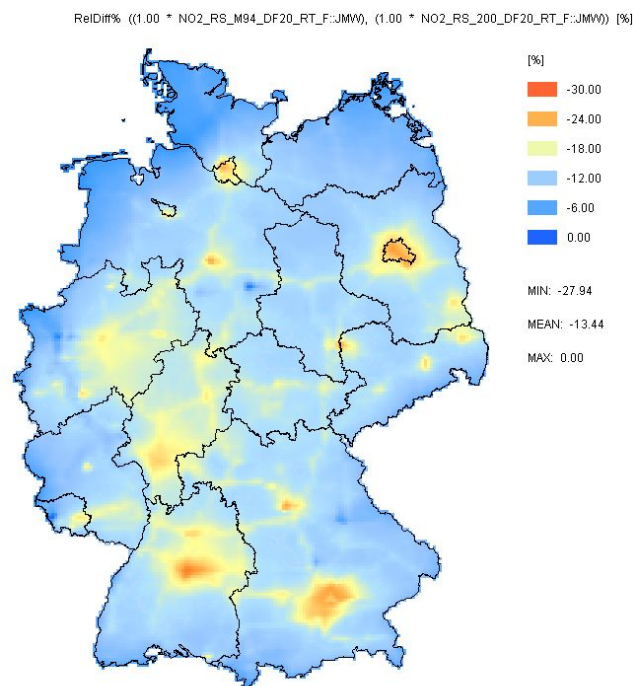


Abbildung 5-72 Relative Änderung der NO₂-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M94 (Klimaschutzszenario MWMS+MFR-Kleinf Feuerungsanlagen). Die Änderung wird berechnet als: M94-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

6 Mittlere Auswertung der NO₂-Potenziale

6.1 Überblick

In diesem Kapitel werden alle Maßnahmenpakete entsprechend der in Kapitel 2 beschriebenen Vorgehensweise für die 4 Klassen mit zunehmender Bevölkerungsdichte (BVK1 bis BVK 4), für Deutschland gesamt (D) und für die zur Berechnung des AEI ausgewählten städtischen Hintergrundstationen (AEI-ST) ausgewertet. Die Auswertung ist folgendermaßen aufgebaut:

Die Tabelle 6-1 fasst für alle berechneten Szenarien die bevölkerungsgewichteten NO₂-Minderungspotenziale in µg/m³ zusammen. Zusätzlich angegeben sind für jedes Szenario das maximale lokale Minderungspotenzial und das maximale relative Minderungspotenzial, das in Deutschland berechnet wurde. Diese Größen sind dementsprechend ungewichtet und wurden den in Kapitel 5 zusammengestellten Horizontalverteilungen für Deutschland entnommen. Die lokalen Minderungspotenziale werden als zusätzliches Bewertungskriterium herangezogen, da die mittleren Aussagen bei Maßnahmenpaketen, deren Emissionsminderungspotenzial lokal begrenzt ist, zu einer Unterbewertung der Wirksamkeit führen können. Die Tabelle enthält 2 weitere Größen:

- **Minderung 2005-2020:** Immissionsminderung als Folge der Maßnahmen, die bis zum Jahre 2020 umgesetzt sein sollen.
- **HS:-100%, alle Stoffe, alle SNAPS:** maximal mögliches Minderungspotenzial, das sich aus dem hypothetischen Szenario „Keine deutschen anthropogenen Emissionen“ ergibt. Dieses Potenzial kennzeichnet die Obergrenze der Minderung, die ausgehend von der Referenz 2020 theoretisch noch möglich wäre.

Die NO₂-Minderungspotenziale sind mit 2 Kommastellen angegeben, um die berechneten Unterschiede zwischen den einzelnen Maßnahmenpaketen manifestieren zu können.

Die in Tabelle 6-1 zusammengestellten Potenziale werden in den nachfolgenden Abbildungen für die Bevölkerungsklassen 1 (ländlich) und 4 (Ballungsräume) nach ihrer immissionsseitigen Wirksamkeit sortiert graphisch dargestellt:

- Absolute Minderungspotenziale in µg/m³, Abbildung 6-1.
- Maximale absolute und relative lokale Minderungspotenziale in Deutschland, Abbildung 6-2.
- Relative Minderungspotenziale in % der Minderung erreichbar mit der Emissionsreferenz 2020 (NO₂-Minderung 2005 bis 2020), Abbildung 6-3.
- Relative Minderungspotenziale in % des Potenzials des MFR-Szenarios M20, Abbildung 6-4
- Relative Minderungspotenziale in % der Minderung erreichbar mit der Emissionsreferenz 2020 (NO₂-Minderung 2005 bis 2020) für alle MFR-Szenarien, Abbildung 6-5.

- Relative Minderungspotenziale in % der Minderung erreichbar mit der Emissionsreferenz 2020 (NO₂-Minderung 2005 bis 2020) für alle Szenarien der Verursachergruppe Straßenverkehr, Abbildung 6-6.
- Relative Minderungspotenziale in % der Minderung erreichbar mit der Emissionsreferenz 2020 (NO₂-Minderung 2005 bis 2020) für alle Szenarien der Verursachergruppe Sonstiger Verkehr, Abbildung 6-7.

Im weiteren Text wird dabei hauptsächlich auf die relativen Potenziale bezogen auf die mit der Emissionsreferenz 2020 erreichbaren Immissionsminderungen eingegangen, da diese Auswertegröße eine griffigere Einschätzung der Wirksamkeit von Maßnahmen erlaubt als die absoluten Potenziale.

6.2 Maßnahmenpakete und hypothetische Szenarien

Das größte Potenzial zur weiteren Minderung der NO₂-Immissionen über die Referenz 2020 hinaus hat das MFR-Szenario M20, das die Summe der realen Einzelmaßnahmen beschreibt. Dieses Szenario würde nach den Berechnungen im Mittel zu einer mittleren bevölkerungsgewichteten Abnahme der NO₂-Jahresmittelwerte in den ländlichen Regionen um circa 0.6 µg/m³, in den Ballungsräumen um circa 2.1 µg/m³ führen. Die durch dieses Szenario maximal in Deutschland berechnete lokale Abnahme, d.h. die Abnahme in einer Gitterzelle des Modells, beträgt 7.8 µg/m³. Die maximale relative lokale Abnahme in Deutschland liegt bei knapp 24%, bezogen auf die Referenz 2020. Es sei angemerkt, dass der Ort der maximalen absoluten und der Ort der maximalen relativen Abnahme nicht übereinstimmen müssen. Im Vergleich dazu beträgt die mit der Emissionsreferenz 2020 erreichbare Minderung, d.h. die Abnahmen der NO₂-Jahresmittelwerte in der Zeitspanne 2005 bis 2020, in ländlichen Regionen 6.7 µg/m³, in Ballungsräumen 16 µg/m³. Das maximal noch mögliche mittlere Minderungspotenzial, d.h. das Potenzial des hypothetischen Szenarios „keine deutschen Emissionen“ ausgehend von der Referenz 2020, beträgt für die Bevölkerungsklasse 1 noch 5.2 µg/m³ und für die Bevölkerungsklasse 4 noch etwas mehr als 14 µg/m³ (Tabelle 6-1).

Relativ ausgedrückt führt die Umsetzung des MFR-Szenarios zu einer weiteren Minderung der NO₂-Jahresmittelwerte, die in ländlichen Regionen bei circa 10%, in Ballungsräumen bei circa 17% der Minderung der Referenz 2020 liegt (Abbildung 6-3). Ein großer Teil des NO₂-Minderungspotenzials des MFR-Szenarios ist in ländlichen Regionen den technischen Maßnahmen zuzuschreiben mit denen allein noch 6.6% (3.7% für die nicht-technischen Maßnahmen) der Minderungskapazität der Referenz 2020 erreicht werden können (Abbildung 6-5). In den Ballungsräumen ist die Wirkungung der technischen und nicht-technischen Maßnahmen nahezu gleich (8.6% für die nicht-technischen MFR-Maßnahmen, 8.3% für die technischen Maßnahmen, Abbildung 6-5).

In Abbildung 6-4 ist die Wirksamkeit der Szenarien relativ zu der durch das MFR-Szenario M20 erreichbaren zusätzlichen Minderung der NO₂-Jahresmittelwerte dargestellt. Die technischen Maßnahmen des MFR-Bündels (M22) stellen in ländlichen Regionen und in den Ballungsräumen 64% bzw. 50% des Gesamtpotenzials der MFR-Maßnahmen. Für die verursacherspezifischen MFR-Szenarien ergibt sich für ländliche Regionen (Bevölkerungsklasse 1) folgende Reihenfolge:

1. M28, MFR-Straßenverkehr (26% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)
2. M29, MFR-Sonstiger Verkehr (25% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)
3. M26, MFR-Großfeuerungsanlagen (20% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)
4. M25, MFR-Kleinfeuerungsanlagen (16% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)
5. M27, MFR-Industrielle Prozesse (15% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)

Für die Ballungsgebiete (Bevölkerungsklasse 4) gilt die Reihenfolge:

1. M29, MFR-Sonstiger Verkehr (40% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)
2. M28, MFR-Straßenverkehr (25% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)
3. M25, MFR-Kleinfeuerungsanlagen (14% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)
4. M26, MFR-Großfeuerungsanlagen (11% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)
5. M27, MFR-Industrielle Prozesse (8% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)

Bezogen auf die mit der Referenz 2020 erreichbaren Minderungen (Abnahmen der NO₂-Jahresmittelwerte von 2005 bis 2020) ergibt sich natürlich dieselbe Rangfolge der Wirksamkeit wie beim Bezug auf das MFR-Szenario M20. Aus der Gruppe der verursacherspezifischen MFR-Szenarien haben der Straßenverkehr in den ländlichen Gebieten (2.7% der mit der Emissionsreferenz 2020 erreichbaren Minderung, siehe auch Abbildung 6-5) und der Sonstige Verkehr in den Ballungsräumen das höchste NO₂-Minderungspotenzial (6.8% der mit der Emissionsreferenz 2020 erreichbaren Minderung, siehe auch Abbildung 6-5). Die Wirksamkeit der MFR-Szenarien zur weiteren Senkung der NO₂-Belastung bezogen auf die Minderung der Referenz 2020 ist für ländliche Regionen (Bevölkerungsklasse 1):

1. M28, MFR-Straßenverkehr (2.7% der Minderung der Referenz 2020)
2. M29, MFR-Sonstiger Verkehr (2.5% der Minderung der Referenz 2020)
3. M26, MFR-Großfeuerungsanlagen (2.1% der Minderung der Referenz 2020)
4. M25, MFR-Kleinfeuerungsanlagen (1.7% der Minderung der Referenz 2020)
5. M27, MFR-Industrielle Prozesse (1.5% der Minderung der Referenz 2020)

Für die Ballungsgebiete (Bevölkerungsklasse 4) gilt:

1. M29, MFR-Sonstiger Verkehr (6.8% der Minderung der Referenz 2020)
2. M28, MFR-Straßenverkehr (4.2% der Minderung der Referenz 2020)
3. M25, MFR-Kleinfeuerungsanlagen (2.5% der Minderung der Referenz 2020)
4. M26, MFR-Großfeuerungsanlagen (1.9% der Minderung der Referenz 2020)
5. M27, MFR-Industrielle Prozesse (1.4% der Minderung der Referenz 2020)

Sortiert man die MFR-Szenarien nach der maximalen lokalen absoluten Wirksamkeit, ergibt sich die Reihenfolge (Abbildung 6-2):

1. M29, MFR-Sonstiger Verkehr
2. M27, MFR-Industrielle Prozesse
3. M28, MFR-Straßenverkehr
4. M26, MFR- Großfeuerungsanlagen
5. M25, MFR-Kleinfeuerungsanlagen

Bei den Kleinfeuerungsanlagen stellt die Maßnahme M44 („Ökodesign“) in Ballungsgebieten (14% des Potenzials des MFR-Szenarios M20) und in ländlichen Gebieten (16% des Potenzials des MFR-Szenarios M20) den überwiegenden Teil des gesamten NO₂-Minderungspotenzials des MFR-Szenarios Kleinfeuerungen (M25). Der Beitrag der Maßnahme M45

(Novellierung der 1. BImSchV) zur Senkung der NO₂-Belastung ist dagegen deutlich geringer (4 bis 5% des Potenzials des MFR-Szenarios M20, siehe Abbildung 6-4).

Das durch die Novellierung der IED-Richtlinie erreichbare NO₂-Minderungspotenzial bei den Großfeuerungsanlagen liegt zwischen 65% bis 85% des Potenzials des MFR-Szenarios Großfeuerungsanlagen (M26) mit den höheren Anteilen für die UBA-Version M47 (Abbildung 6-3). Die UBA-Version M47 stellt in ländlichen Gebieten circa 16% des Potenzials für das MFR-Szenario M20, in Ballungsräumen circa 9%. Die Einzelmaßnahme M48 bei der Verursachergruppe „Industrielle Prozesse“ beinhaltet eine starke Minderung der NO_x-Emissionen, die in ländlichen Gebieten zu einem NO₂-Minderungspotenzial von 15%, in den Ballungsräumen von 8% des Potenzials des MFR-Szenarios M20 führt (Abbildung 6-4). Diese Minderungen entsprechen nahezu dem gesamten Minderungspotenzial des MFR-Szenarios Produktionsprozesse (M27).

Das MFR-Szenario Straßenverkehr trägt in ländlichen Regionen mit 26% der Minderung des MFR-Szenarios M20, in Ballungsräumen mit 25% zur weiteren Senkung der NO₂-Belastung bei (Abbildung 6-4, siehe auch Abbildung 6-7 in Relation zur Referenz 2020). Der überwiegende Anteil des Potenzials wird dabei von den nicht-technischen Maßnahmen gestellt. Ein umfassendes Tempolimit (Maßnahmenpaket M50) bewirkt eine stärkere Reduzierung der NO₂-Belastung (in Ballungsräumen 8% des Potenzials von M20) als das Bündel der weiteren technischen Maßnahmen, das Maßnahmenpaket M32 MFR-T (in Ballungsräumen 5% des Potenzials von M20). Die Nachrüstung von schweren Nutzfahrzeugen mit SCR (Maßnahme M53) hat in etwa dieselbe Auswirkungen auf die NO₂-Belastung wie das Gesamtbündel der technischen Maßnahmen (M32).

Im Mittel führt das MFR-Szenario Sonstiger Verkehr (M29) zu einer Minderung der NO₂-Belastung, die in ländlichen Gebieten circa 25% des Potenzials des MFR-Szenarios M20 oder 2.5% der durch die Referenz 2020 erreichbaren Minderung beträgt. In den Ballungsräumen sind es sogar 40% des Potenzials des MFR-Szenarios M20 und knapp 7% des Potenzials der Referenz 2020. Der Großteil des Potenzials wird dabei von den hier untersuchten nicht-technischen Maßnahmen gestellt (Abbildung 6-7). Bei den nicht-technischen Maßnahmen stellt die Maßnahme MM009, Kosteninternalisierung im Flugverkehr circa 2/3 des NO_x-Emissionsminderungspotenzials. Der Beitrag der nicht-technischen Maßnahmen im Flugverkehr könnte hier aber zu hoch bewertet sein, da der Emissionsdatensatz zum Einen keine Differenzierung der Flugzeugemissionen mit der Höhe erlaubt und zum Anderen diese lokal sehr eng begrenzten Emissionen in der hier verwendeten Skala auch horizontal zu sehr verteilt werden. Dies erklärt insbesondere den hohen Anteil der nicht-technischen Maßnahmen am NO₂-Minderungspotenzial in Ballungsräumen.

	BVK 1	BVK 2	BVK 3	BVK 4	D	AEI-ST	Maximale lokale Abnahme in D (µg/m ³)	Maximale lokale Abnahme in D (%)
Referenz 2020	6.68	8.45	10.75	16.01	11.21	16.13		
HS:-100%, alle Stoffe, alle SNAPS	5.16	6.82	8.97	14.17	9.49	14.65		
M20: MFR	0.61	0.87	1.20	2.11	1.32	2.60	7.77	23.98
M21: MFR_NT	0.22	0.34	0.51	1.06	0.60	1.59	7.36	21.17
M22: MFR_T	0.39	0.53	0.69	1.02	0.71	0.98	2.85	13.49
M25: MFR Kleinfeuerung	0.10	0.14	0.19	0.30	0.20	0.35	0.57	4.41
M26: MFR Großfeuerungsanlagen	0.12	0.15	0.18	0.23	0.18	0.22	0.8	4.45
M27: MFR Ind.Prozesse	0.09	0.11	0.14	0.17	0.13	0.15	1.45	8.46
M28: MFR Straßenverkehr	0.16	0.24	0.34	0.53	0.34	0.54	0.99	7.56
M29: MFR Sonstiger Verkehr	0.15	0.24	0.36	0.84	0.45	1.30	7.17	20.29
M32: MFR_T Straßenverkehr	0.04	0.05	0.07	0.11	0.07	0.12	0.18	1.27
M33: MFR_NT Straßenverkehr	0.12	0.19	0.27	0.41	0.27	0.42	0.82	6.53
M34: MFR_T Sonstiger Verkehr	0.06	0.09	0.12	0.20	0.13	0.14	0.84	4.08
M35: MFR_NT Sonstiger Verkehr	0.10	0.15	0.24	0.64	0.33	1.15	7.13	20.08
M44: Kleinfeuerungsanlagen Ökodesign	0.10	0.14	0.19	0.30	0.20	0.35	0.57	4.41
M45: Kleinfeuerungsanlagen 1.BImSchV	0.03	0.04	0.06	0.09	0.06	0.11	0.17	1.32
M46: Großfeuerungsanlagen IED	0.08	0.10	0.12	0.16	0.12	0.15	0.56	2.96
M47: Großfeuerungsanlagen UBA_IED	0.10	0.12	0.15	0.19	0.15	0.18	0.72	3.94
M48: MFR NOx Ind. Prozesse	0.09	0.11	0.14	0.18	0.13	0.15	1.45	8.46
M50: Tempolimit	0.05	0.07	0.11	0.16	0.10	0.14	0.38	3.29
M53: Straßenverkehr V012	0.04	0.05	0.07	0.11	0.07	0.12	0.18	1.28
M54: Sonstiger Verkehr MM009	0.06	0.11	0.19	0.58	0.28	1.10	7.1	19.93
M59: Kleinverbraucher Öl statt Holz	0.04	0.06	0.07	0.08	0.07	0.09	0.21	2.5
M76: Klimaschutzszenario MMS	0.23	0.29	0.35	0.40	0.33	0.41	-1.1-1.16	-7.81-7.14
M77: Klimaschutzszenario MWMS	0.80	1.14	1.58	2.55	1.65	3.05	-0.05-8.05	-0.6-26.96
M83: Klimaschutzszenario MWMS+M20	1.19	1.68	2.30	3.65	2.40	4.10	8.95	30.1
M95: Klimaschutzszenario MWMS+M25	0.86	1.24	1.71	2.78	1.80	3.32	8.2	27.94

Tabelle 6-1 Bevölkerungsgewichtete NO₂-Minderungspotenziale für 6 Bewertungsklassen. Die Potenziale geben für jede Maßnahme/Szenario die berechnete Änderung der NO₂-Jahresmittelwerte bezüglich der Referenz 2020 an. Negative Angaben bedeuten Zunahmen der NO₂-Jahresmittelwerte. Minderung 2005-2020: Minderungen erreichbar mit der Emissionsreferenz 2020 bezogen auf die Referenz 2005. HS-100%: Minderungspotenzial aller deutschen Emissionen bezogen auf die Referenz 2020. Die beiden letzten Spalten geben das absolute und relative maximale lokale Potenzial in Deutschland an.

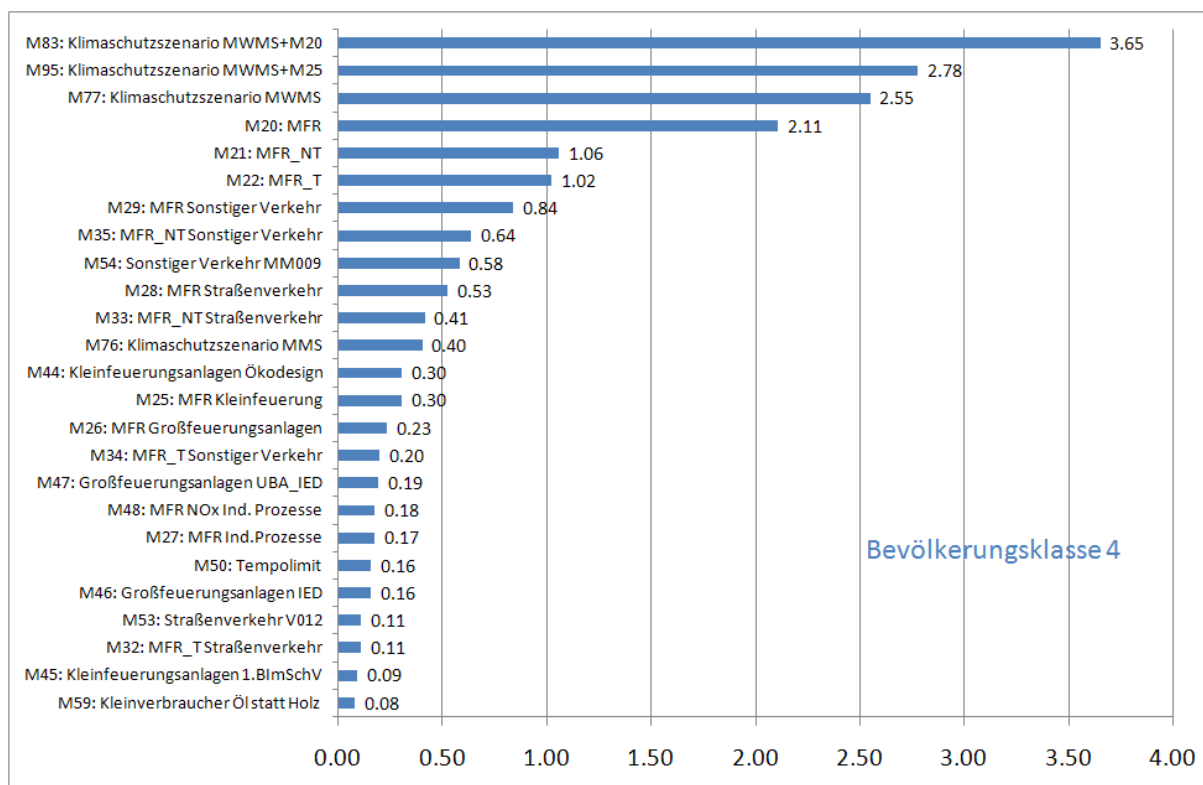
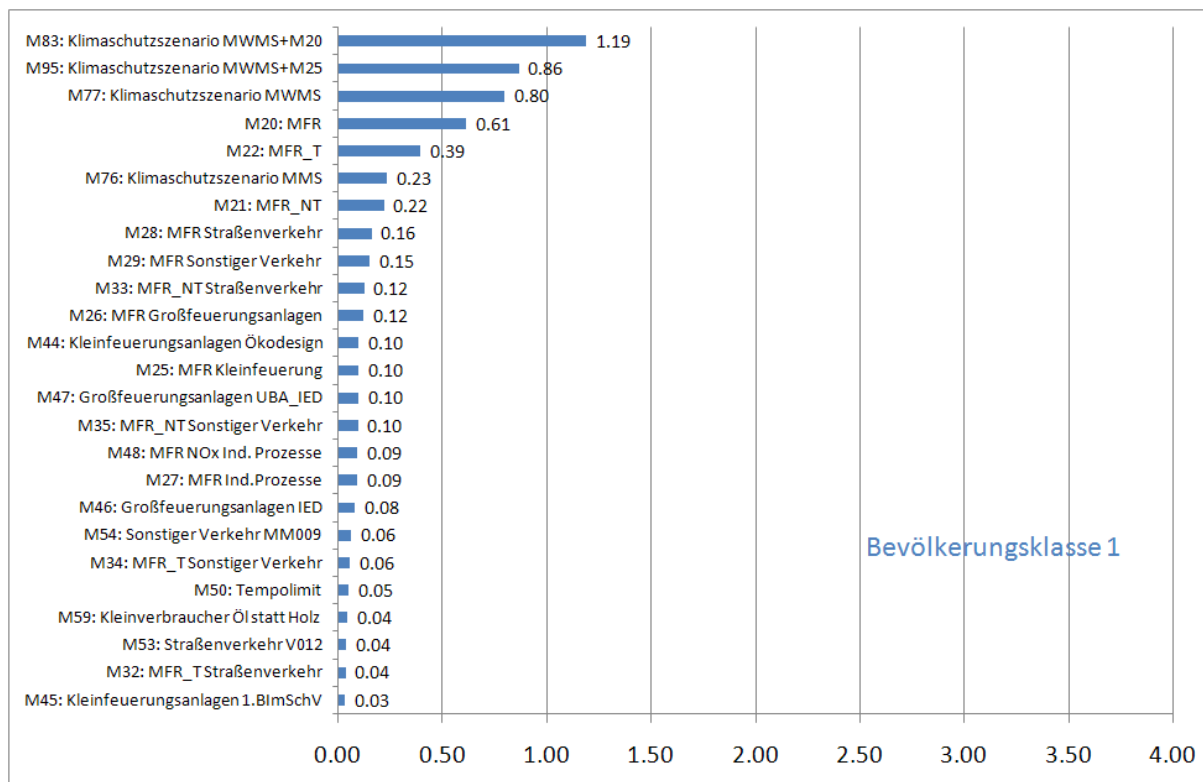


Abbildung 6-1 Bevölkerungsgewichtete NO₂-Minderungspotenziale für die Bevölkerungsklassen 1 und 4. Die Potenziale geben für jede Maßnahme die berechnete absolute Änderung der NO₂-Jahresmittelwerte in µg/m³ bezogen auf die Referenz 2020 an.

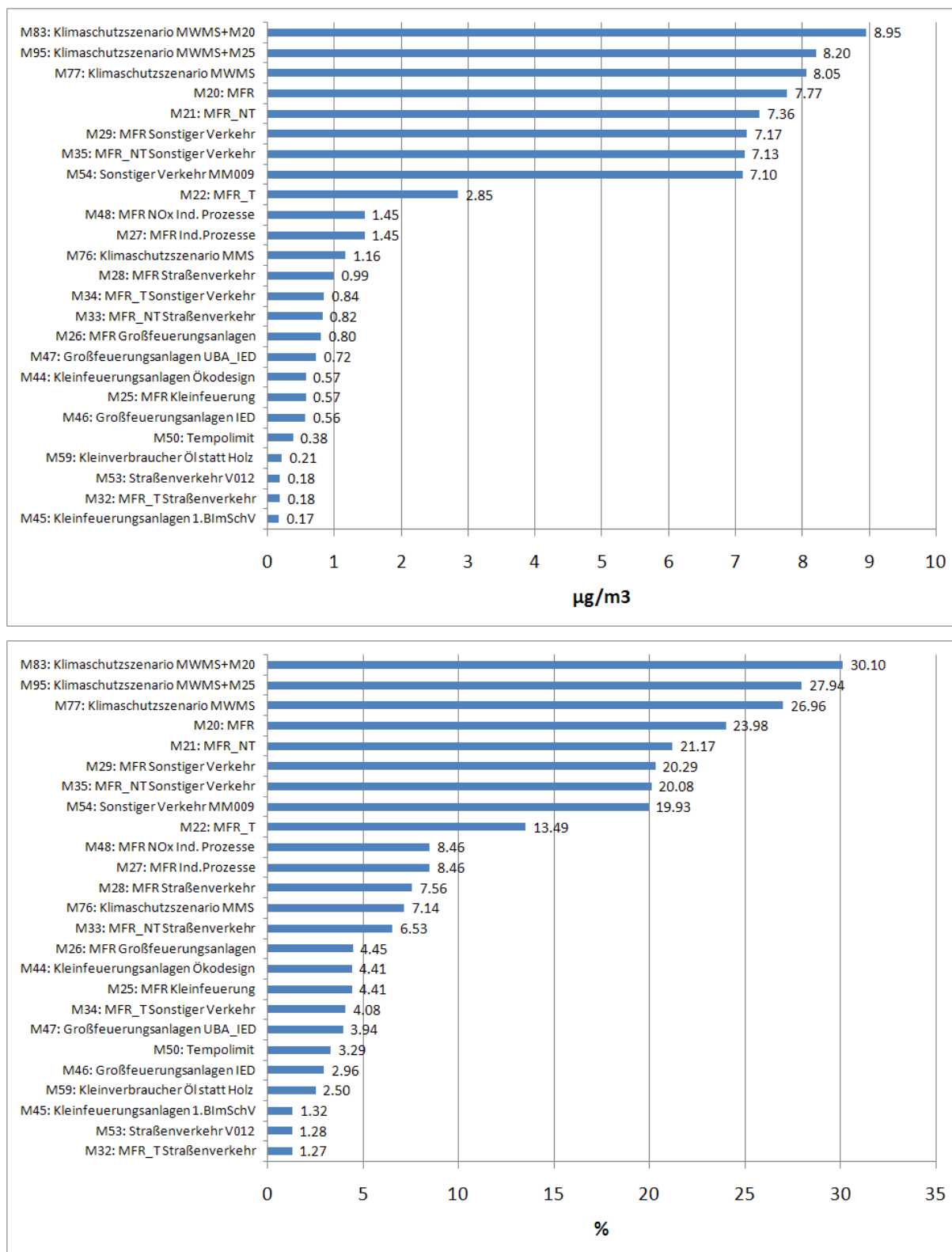


Abbildung 6-2 Maximale berechnete absolute Änderung der NO₂-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (oben) und maximale relative Änderung in % (unten) in Deutschland bezogen auf die Referenz 2020.

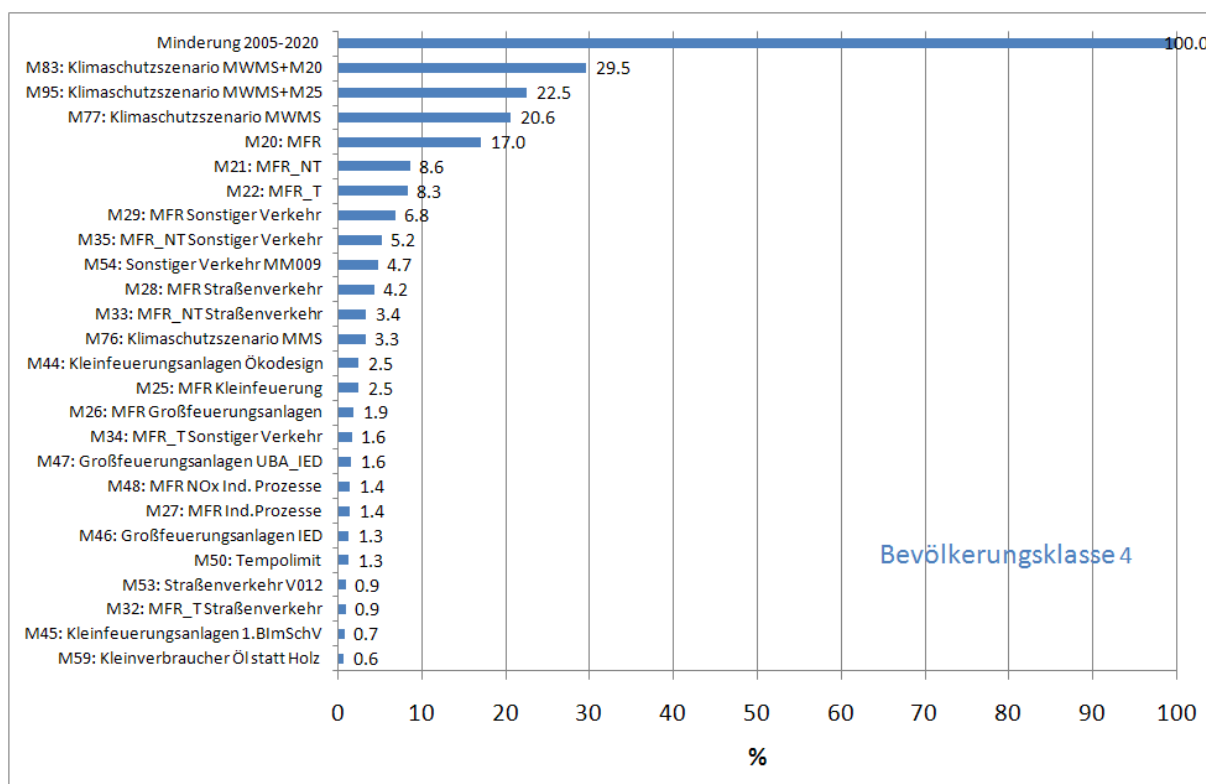
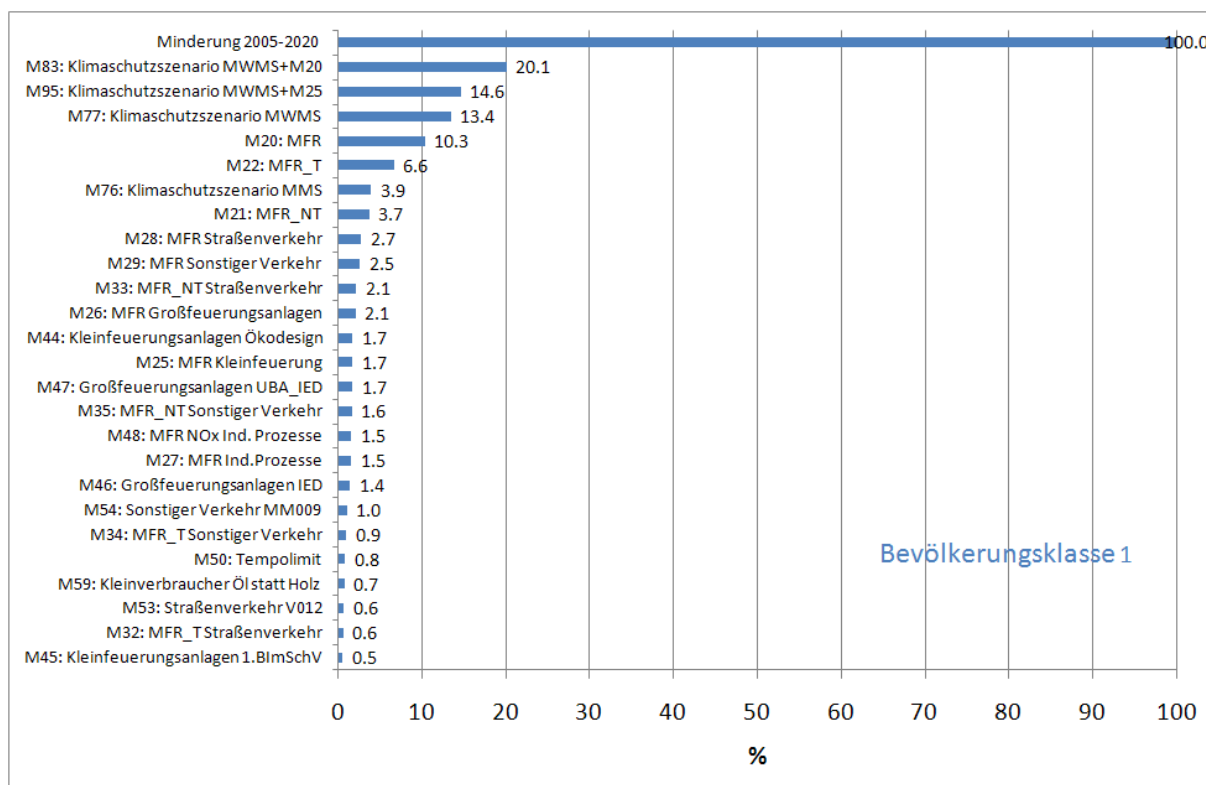


Abbildung 6-3 Bevölkerungsgewichtete relative NO₂-Minderungspotenziale für die Bevölkerungsklassen 1 und 4. Die Potenziale geben für jede Maßnahme das Potenzial in % der Minderung an, die für die Referenz 2020 (NO₂-Minderung von 2005 bis 2020) berechnet wird

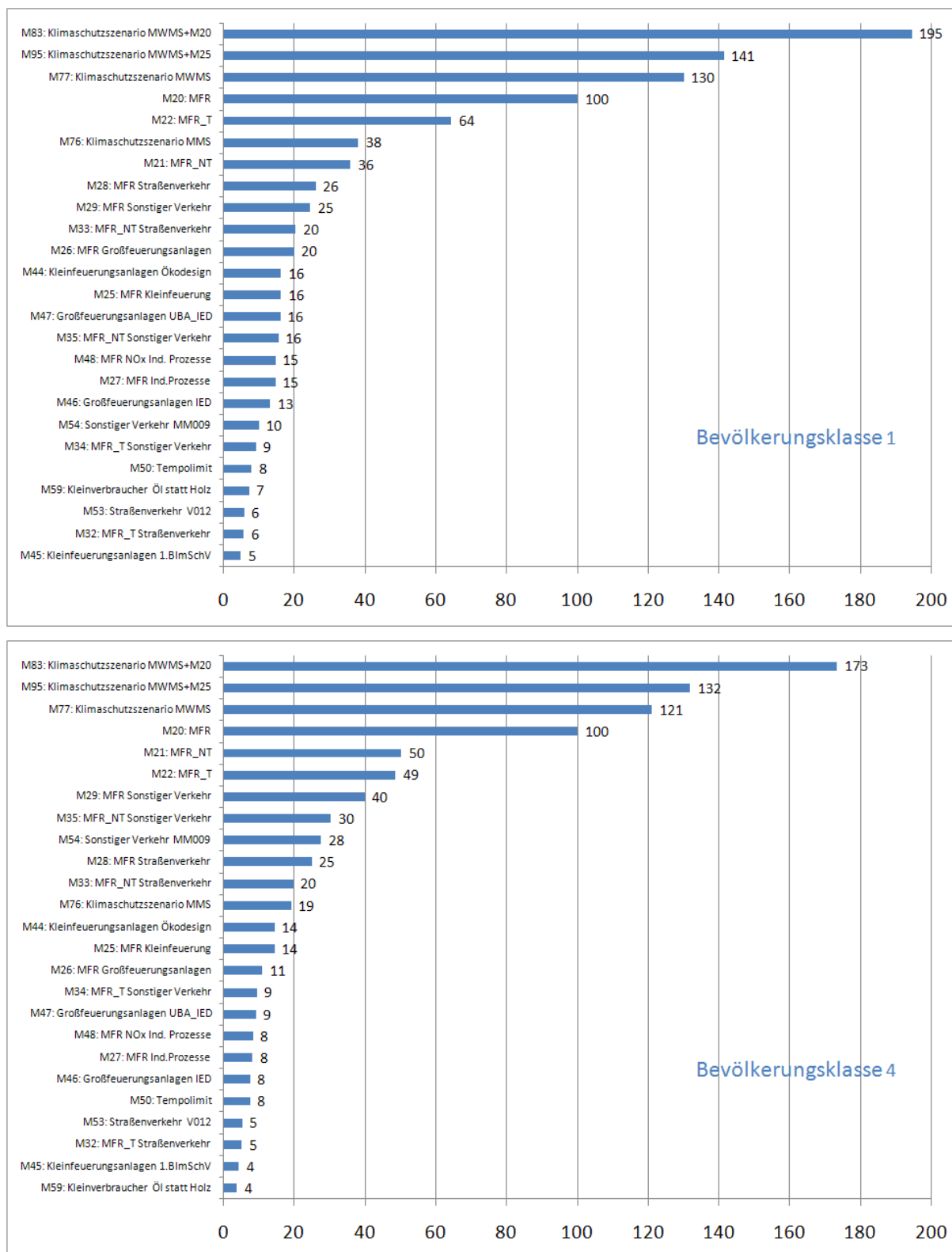


Abbildung 6-4 Bevölkerungsgewichtete relative NO₂-Minderungspotenziale für die Bevölkerungsklassen 1 und 4. Die Potenziale geben für jede Maßnahme das Potenzial in % des Potenzials an, das für das MFR-Szenario M20 berechnet wird.

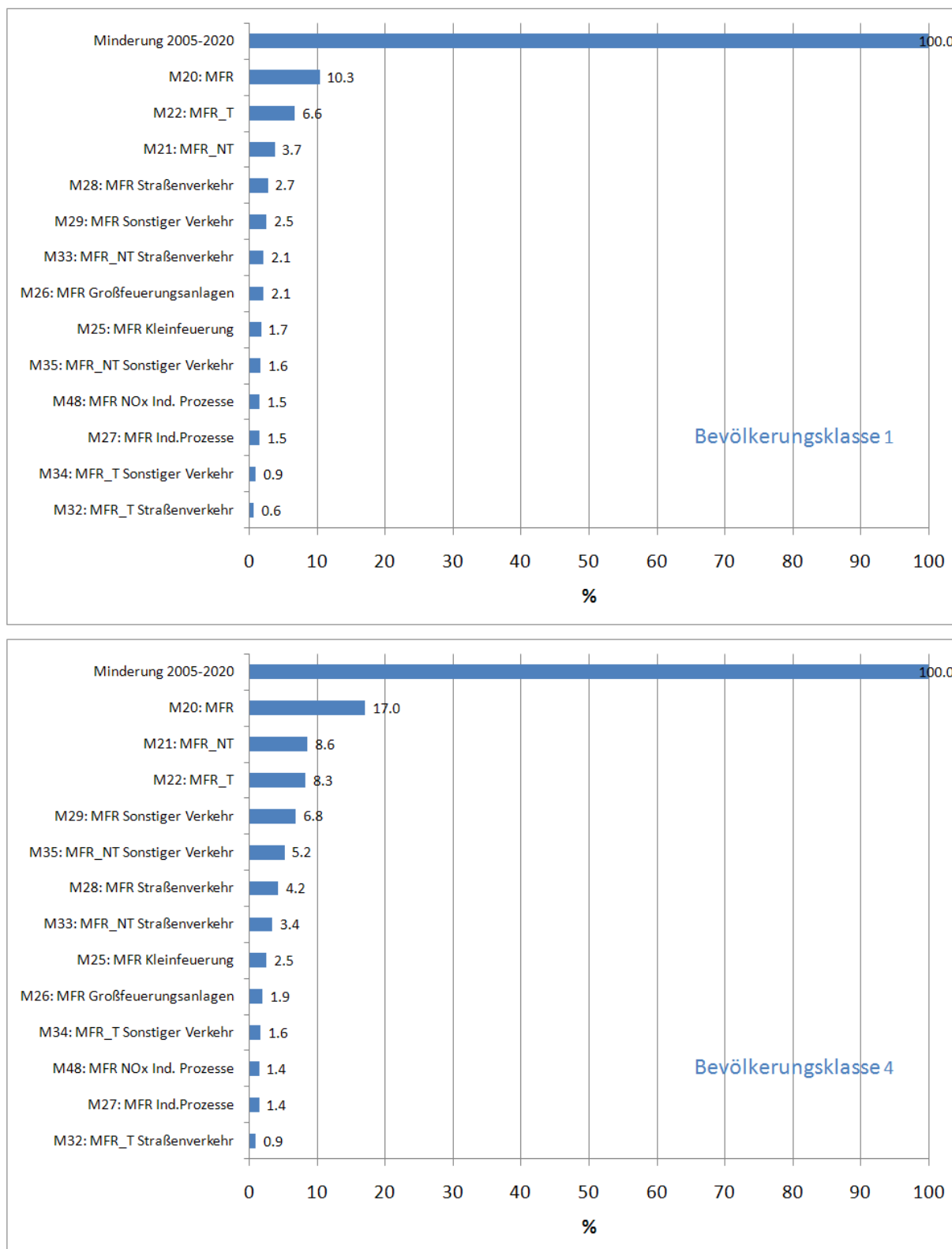


Abbildung 6-5 Bevölkerungsgewichtete relative NO₂-Minderungspotenziale aller MFR-Szenarien für die Bevölkerungsklassen 1 und 4. Die Potenziale geben für jede Maßnahme das Potenzial in % der Minderung an, die für die Referenz 2020 (NO₂-Minderung von 2005 bis 2020) berechnet wird.

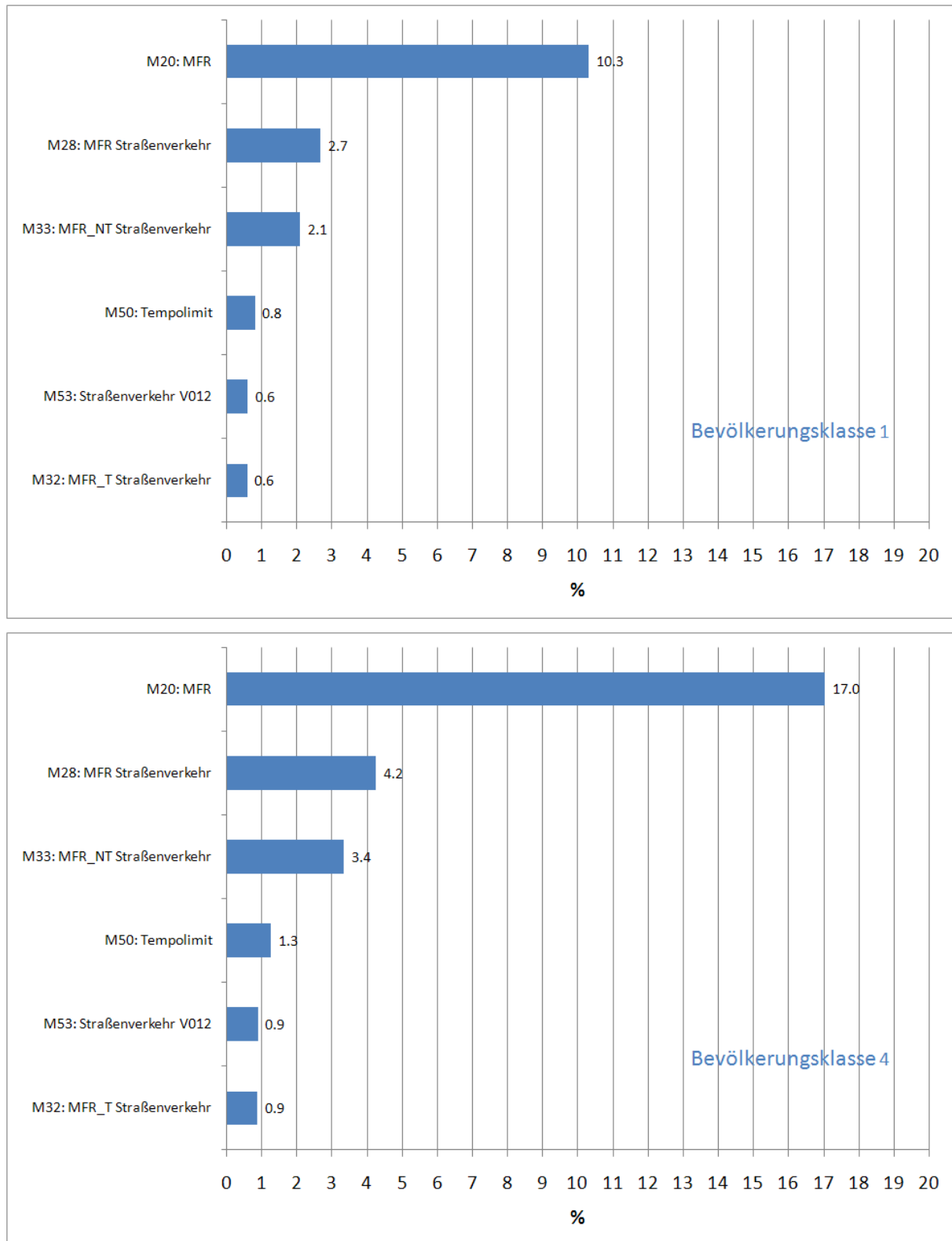


Abbildung 6-6 Bevölkerungsgewichtete relative NO₂-Minderungspotenziale aller Szenarien der Verursachergruppe Straßenverkehr und des MFR-Szenarios M20 für die Bevölkerungsklassen 1 und 4. Die Potenziale geben für jede Maßnahme das Potenzial in % der Minderung an, die für die Referenz 2020 (NO₂-Minderung von 2005 bis 2020=100%) berechnet wird.

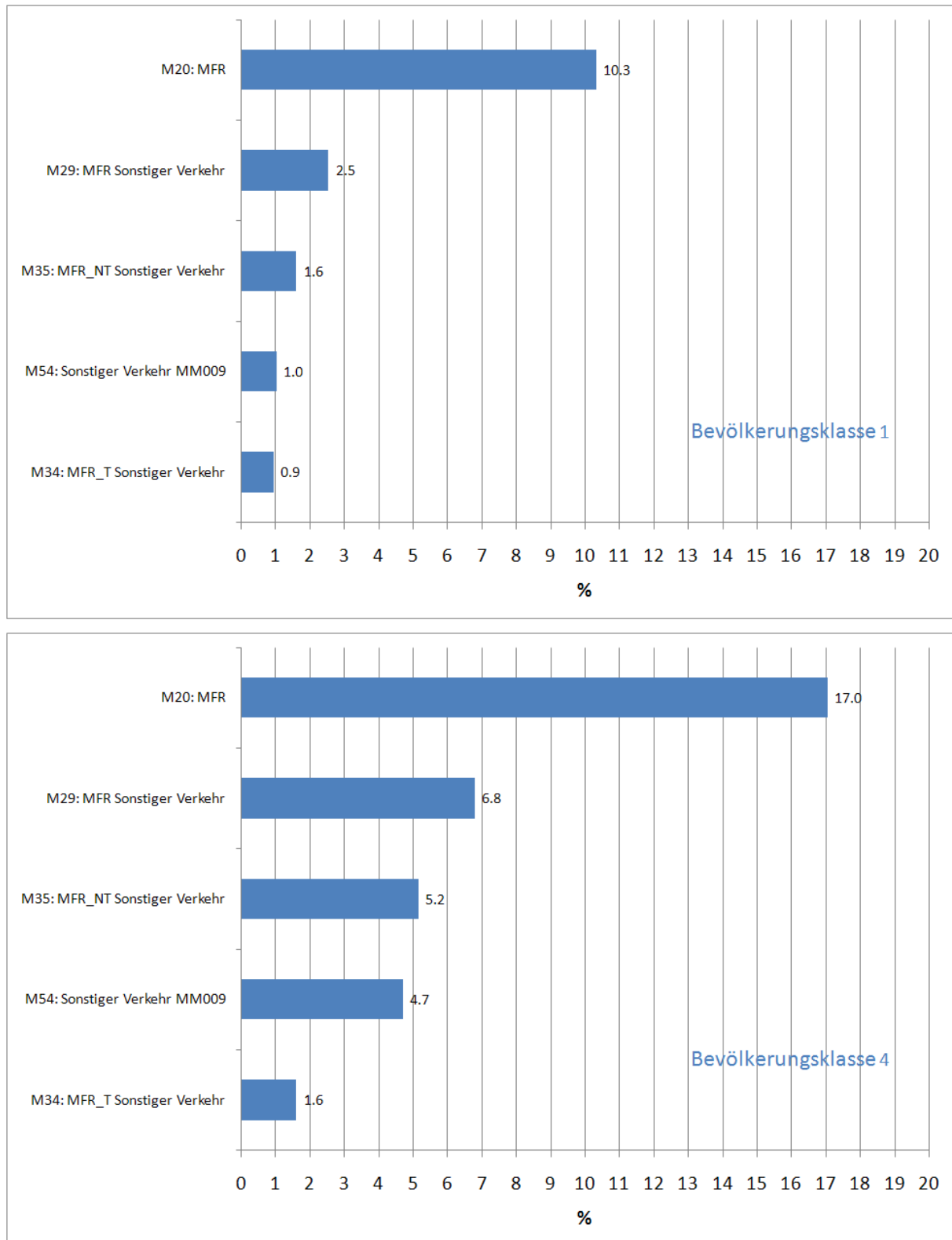


Abbildung 6-7 Bevölkerungsgewichtete relative NO₂-Minderungspotenziale aller Szenarien der Verursachergruppe Sonstiger Verkehr und des MFR-Szenarios M20 für die Bevölkerungsklassen 1 und 4. Die Potenziale geben für jede Maßnahme das Potenzial in % der Minderung an, die für die Referenz 2020 (NO₂-Minderung von 2005 bis 2020=100%) berechnet wird.

6.3 Die Klimaschutzszenarien

Die Klimaschutzszenarien sind keine auf die Referenz 2020 aufsetzende Szenarien sondern als Alternative zum PAREST-Referenz-Emissionsdatensatz entwickelt worden (siehe auch Kap. 5.2.8). Deshalb werden sie hier getrennt behandelt.

Die Abbildung 6-8 zeigt die NO₂-Minderungspotenziale für die Klimaschutzszenarien. Die Potenziale geben an, um wieviel % sich die auf Basis der Klimaschutzszenarien für 2020 berechneten mittleren NO₂-Konzentrationen von denjenigen für die PAREST-Referenz 2020 unterscheiden. In ländlichen Regionen hat das Klimaschutzszenario MMS eine um 3.9% höhere Minderungskapazität, das Klimaschutzszenario MWMS ein um mehr als 13% höhere Minderungskapazität zur Senkung der NO₂-Belastung als die Referenz 2020. Die entsprechenden Minderungen für die Ballungsräume sind 3.3% und 20.6%. In den ländlichen Regionen und in den Ballungsgebieten werden also für die Klimaschutzszenarien niedrigere NO₂-Konzentrationen berechnet als für die PAREST-Referenz 2020. Die Ausgangssituation für weiterführende Maßnahmen zur Senkung der NO₂-Belastung wäre also auf Basis der Klimaszenarien, insbesondere auf Basis des Szenarios MWMS deutlich günstiger als auf Basis der Referenz 2020. Mit dem MFR-Szenario kann auf Basis des Klimaschutzszenarios MWMS die durch die Referenz 2020 erreichbare Minderung in ländlichen Gebieten noch um 20%, in Ballungsräumen noch um knapp 30% erhöht werden. Im Vergleich dazu werden mit dem MFR-Szenario basierend auf der Referenz 2020 in ländlichen Gebieten nur eine weitere Minderung von circa 10%, in Ballungsräumen von 17% erreicht (Abbildung 6-5).

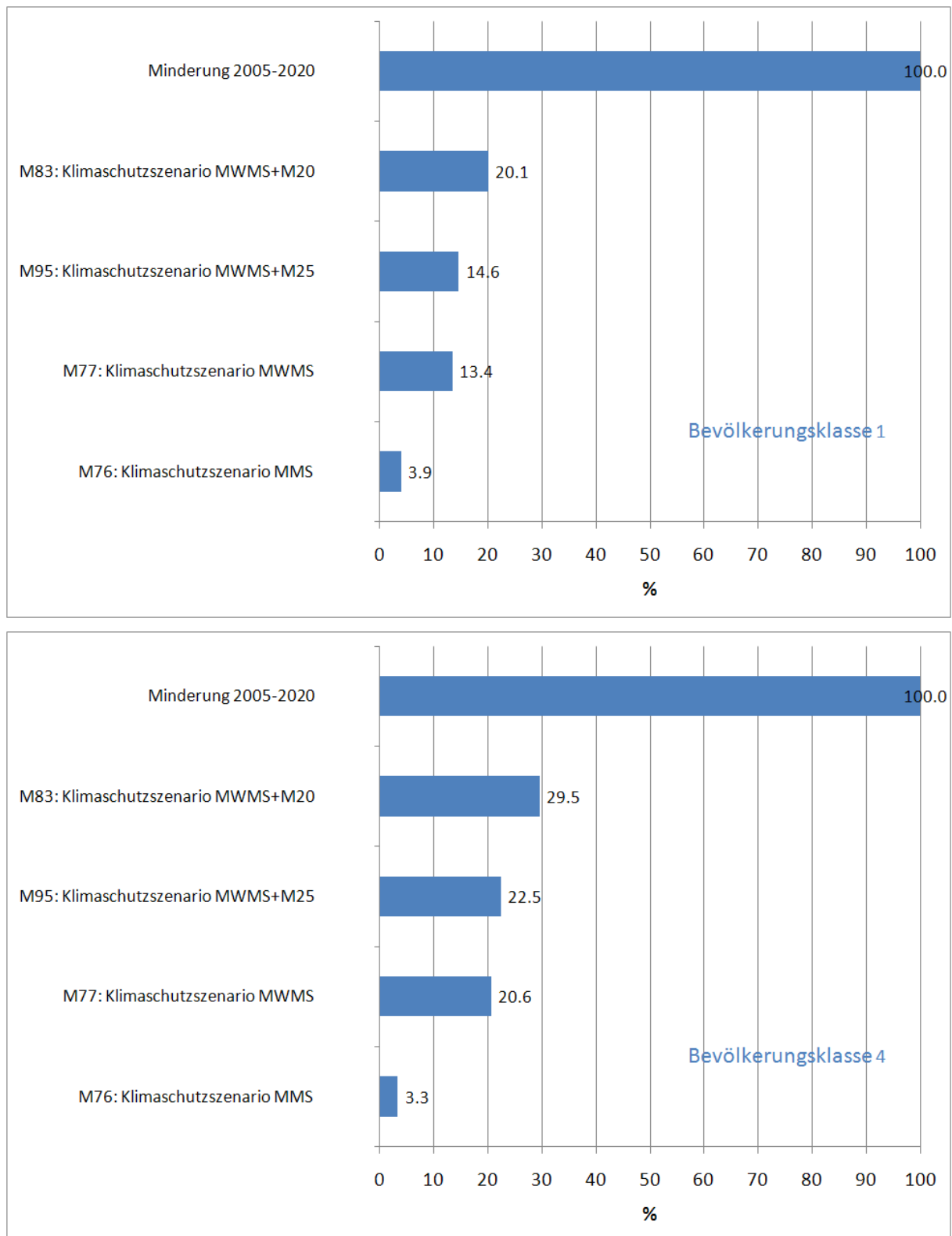


Abbildung 6-8 Bevölkerungsgewichtete relative NO₂-Minderungspotenziale der Klimaschutzszenarien für die Bevölkerungsklassen 1 und 4. Die Potenziale sind in % der Minderung angegeben, die für die Referenz 2020 (NO₂-Minderung von 2005 bis 2020=100%) berechnet wird.

7 Auswertung der Ozon-Potenziale

7.1 Überblick

Die Minderungspotenziale für Ozon werden hier nur auf Basis der Immissionsverteilungen für Deutschland für die übergreifenden MFR-Szenarien präsentiert. Alle den NO₂-Darstellungen entsprechenden Ozon-Darstellungen können aber mit dem im Rahmen des Projekts entwickelten FLADIS-viewer erzeugt werden (Fath et al., 2010; IVU, 2009).

7.2 MFR-Szenarien: M20 bis M35

Abbildung 7-1 bis Abbildung 7-6 zeigen jeweils die absoluten und relativen Konzentrationsänderungen der Ozon-Jahresmittelwerte für das MFR-Szenario gesamt, nicht-technisch und technisch bezüglich der Referenz 2020. Das MFR-Szenario führt zu einer Änderung der Ozonjahresmittelwerte der Referenz 2020, die von geringen Abnahmen bis zu circa 5 µg/m³ Zunahmen reicht (Abbildung 7-1). Dies entspricht relativen Zunahmen bezüglich der Referenz 2020 bis zu maximal 19% (Abbildung 7-2). Die Zunahmen werden infolge der NO_x-Emissionsverminderungen in den emissionsbelasteten Regionen und zu Ozonabnahmen in den eher ländlichen Regionen berechnet. Die nicht-technischen Maßnahmen bewirken Zunahmen der Ozon-Jahresmittelwerte, die nur geringfügig unter denen für das MFR-Szenario M20 liegen (Abbildung 7-3, Abbildung 7-4). Die stärksten Auswirkungen im Sinne einer Ozonzunahme zeigen die nicht-technischen Maßnahmen im Umfeld der großen Flughäfen Deutschlands, da es dort infolge der Maßnahme MM009 (Kosteninternalisierung im Flugverkehr) zu starken Abnahmen der NO_x-Emissionen kommt. Wie schon mehrfach erwähnt wurde, wird dieser Effekt aber eher überschätzt, da der Emissionsdatensatz keine Differenzierung der Flugzeugemissionen mit der Höhe erlaubt und die lokal sehr eng begrenzten Emissionen des Flugverkehrs in der hier verwendeten Skala horizontal zu sehr verteilt werden. Aufgrund der technischen MFR-Maßnahmen werden maximale Ozonzunahmen von circa 2.3 µg/m³ oder circa 7% erreicht (Abbildung 7-5, Abbildung 7-6). Diese Zunahmen treten am stärksten im Ruhrgebiet auf.

Auch bei den AOT40-Werten (Abbildung 7-7 bis Abbildung 7-12) und der Anzahl der Tage mit einem maximalen O₃-8-h-Mittelwert > 120 µg/m³ (Abbildung 7-13 bis Abbildung 7-15) kommt es bezogen auf den Zustand für die Referenz 2020 für die weiteren MFR-Maßnahmen zu Zu- und Abnahmen. Die Zunahmen treten wie bei den Jahresmittelwerten im Umfeld des Ortes einer NO_x-Emissionsminderung auf, die Abnahmen werden in den eher ländlichen, emissionsarmen Gebieten berechnet. Die Abnahmen der AOT40-Werte in ländlichen Regionen erreichen für das MFR-Szenario M20 maximal circa 15%. Im direkten NO_x-Emissionsminderungsbereich kann es dagegen zu einer Verdoppelung der AOT-40-Werte kommen (Abbildung 7-8).

Die Tabelle 7-1 fasst die berechneten relativen und absoluten Bandbreiten der Änderung der Ozongrößen in Deutschland für die MFR-Szenarien zusammen. Es ist offensichtlich, dass alle MFR-Szenarien kaum zu Abnahmen, aber zu teilweise deutlichen Zunahmen der Ozonjahresmittelwerte führen. Bei den AOT40-Werten werden aber aufgrund der MFR-Emissionsminderungen vor allem in den Gebieten mit geringer Emissionsdichte auch Abnahmen berechnet, die von 15.7% für das M20-Szenario bis zu 1.2% für das MFR-Szenario Straßenverkehr, technische Maßnahmen (M32) reichen. Die Zunahmen der AOT40-Werte in den Gebieten, wo die Emissionsminderung greift umfasst eine Bandbreite von wenigen % bis zu über 100%.

Szenario	Jahresmittelwert	AOT-40-Wert	Überschreitungstage
M20	-0.1 bis 5.3 µg/m ³ -0.1 bis 19.3%	-1538 bis 2231 µg/m ³ h -15.7 bis 101.6 %	-8 bis 4 Tage
M21	-0.1 bis 5.2 µg/m ³ -0.1 bis 18.9%	-543 bis 2646 µg/m ³ h -5.0 bis 121.2 %	-6 bis 3 Tage
M22	-0.1 bis 2.3 µg/m ³ -0.1 bis 7%	-1107 bis 2155 µg/m ³ h -12.6 bis 27.7 %	-6 bis 3 Tage
M24	-0.1 bis 0 µg/m ³ -0.2 bis 0%	-164 bis 37 µg/m ³ h -1.4 bis 0.5 %	-3 bis 1 Tage
M25	0 bis 0.5 µg/m ³ 0 bis 1%	-113 bis 39 µg/m ³ h -1.2 bis 0.4 %	-3 bis 1 Tage
M26	0 bis 0.8 µg/m ³ 0 bis 1.9%	-56 bis 544 µg/m ³ h -4.8 bis 7.9 %	-4 bis 2 Tage
M27	-0.1 bis 1.3 µg/m ³ -0.1 bis 3.9%	-593 bis 1877 µg/m ³ h -6.4 bis 24.2 %	-5 bis 3 Tage
M28	-0.1 bis 0.5 µg/m ³ -0.1 bis 1.5%	-425 bis 90 µg/m ³ h -5.2 bis 0.9 %	-4 bis 2 Tage
M29	0 bis 5.2 µg/m ³ 0 bis 18.7%	-422 bis 2642 µg/m ³ h -3.7 bis 124.7 %	-5 bis 4 Tage
M32	-0.1 bis 0.1 µg/m ³ -0.1 bis 0.25%	-105 bis 18 µg/m ³ h -1.2 bis 0.2 %	-2 bis 1 Tage
M33	-0.1 bis 0.4 µg/m ³ -0.1 bis 0.1%	-351 bis 81 µg/m ³ h -2.4 bis 2.6 %	-3 bis 2 Tage
M34	0 bis 0.6 µg/m ³ 0 bis 2.0%	-160 bis 215 µg/m ³ h -4.5 bis 0.8 %	-4 bis 2 Tage
M35	-0.1 bis 5.2 µg/m ³ -0.1 bis 18.7%	-322 bis 2726 µg/m ³ h -2.9 bis 12.8 %	-5 bis 5 Tage

Tabelle 7-1 Bandbreiten der absoluten und relativen Minderungspotenziale der O₃-Jahresmittelwerte, der AOT40-Werte und der Anzahl der Tage mit einem maximalen O₃-8-h-Mittelwert > 120 µg/m³ bezogen auf die Referenz 2020: Maßnahmenpakete M20 bis M35. Negative Angaben bedeuten Abnahmen, positive Angaben Zunahmen der Konzentration bezogen auf die Referenz 2020.

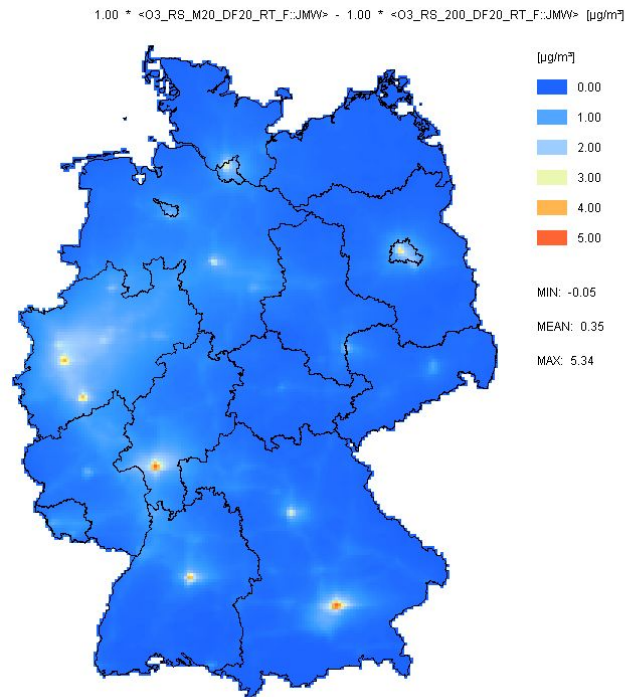


Abbildung 7-1 Absolute Änderung der O₃-Jahresmittelwerte in µg/m³ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M20 (MFR-Szenario). Die Änderung wird berechnet als: M20-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

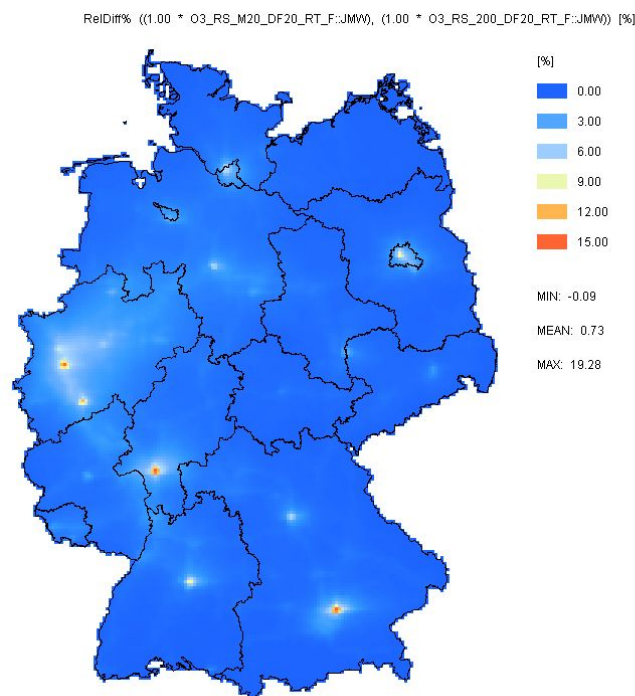


Abbildung 7-2 Relative Änderung der O₃-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M20 (MFR-Szenario). Die Änderung wird berechnet als: M20-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

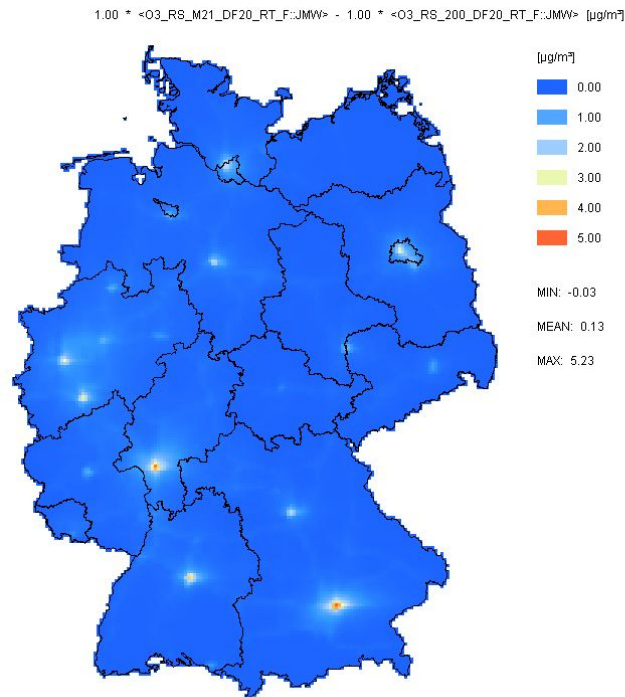


Abbildung 7-3 Absolute Änderung der O₃-Jahresmittelwerte in µg/m³ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M21 (MFR-Szenario, nicht-technische Maßnahmen). Die Änderung wird berechnet als: M21-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

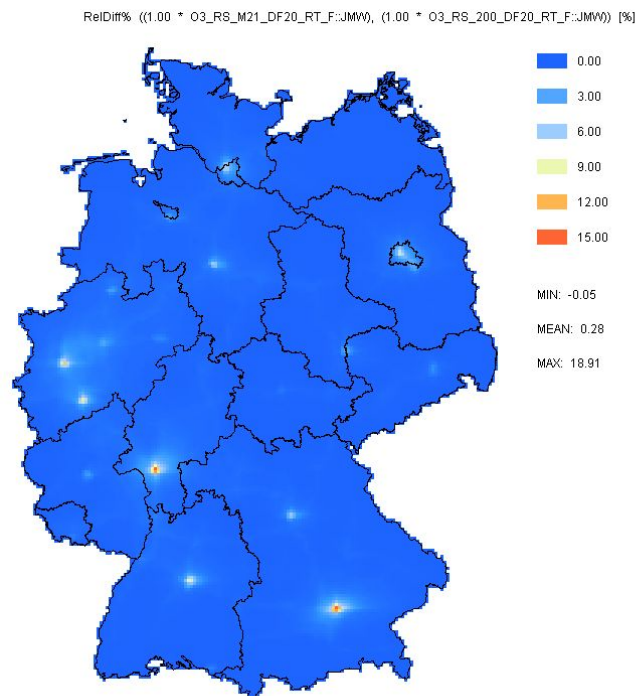


Abbildung 7-4 Relative Änderung der O₃-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M21 (MFR-Szenario, nicht-technische Maßnahmen). Die Änderung wird berechnet als: M21-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

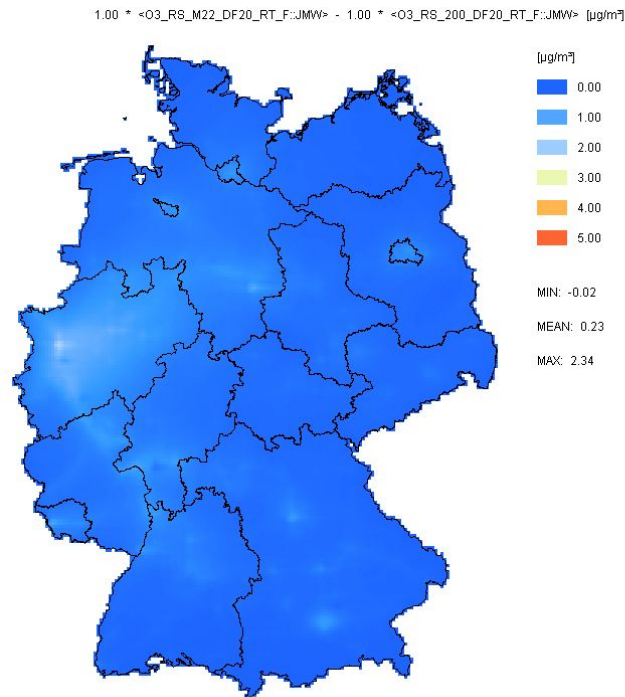


Abbildung 7-5 Absolute Änderung der O₃-Jahresmittelwerte in µg/m³ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M22 (MFR-Szenario, technische Maßnahmen). Die Änderung wird berechnet als: M22-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland.

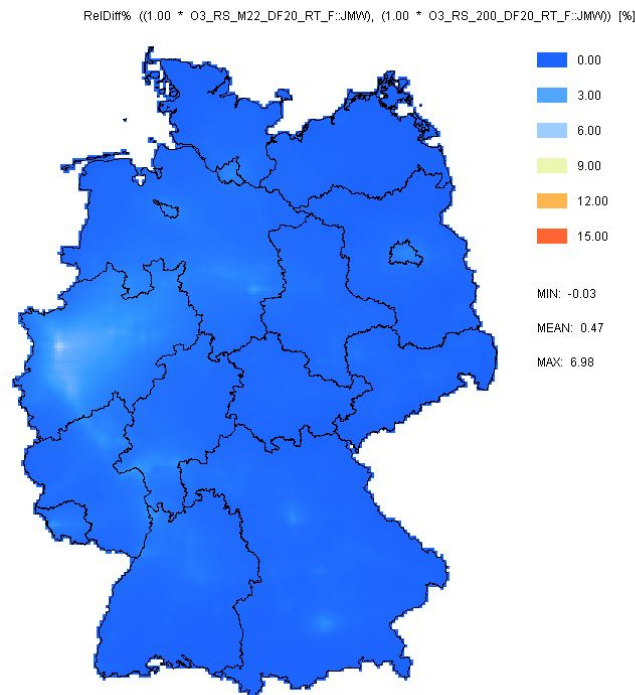


Abbildung 7-6 Relative Änderung der O₃-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M22 (MFR-Szenario, technische Maßnahmen). Die Änderung wird berechnet als: M22-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

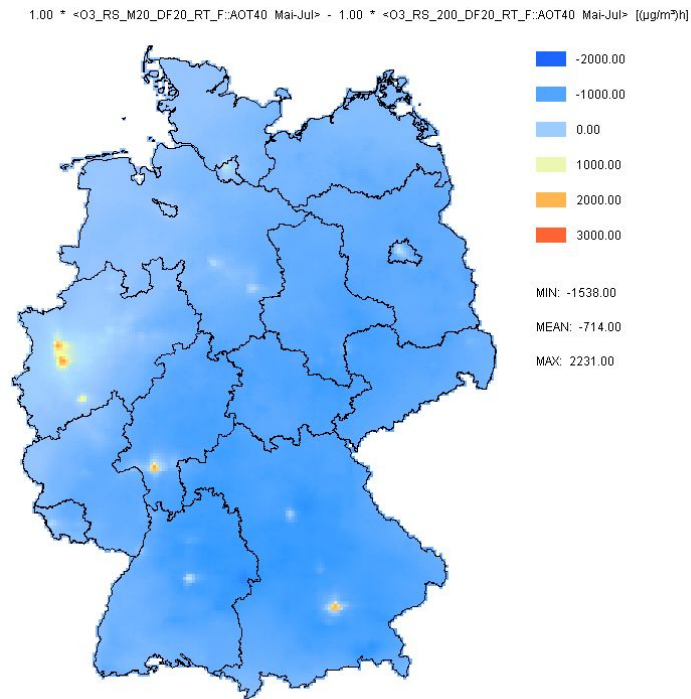


Abbildung 7-7 Absolute Änderung der AOT40-Werte in $\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ h}$ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M20 (MFR-Szenario). Die Änderung wird berechnet als: M20-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

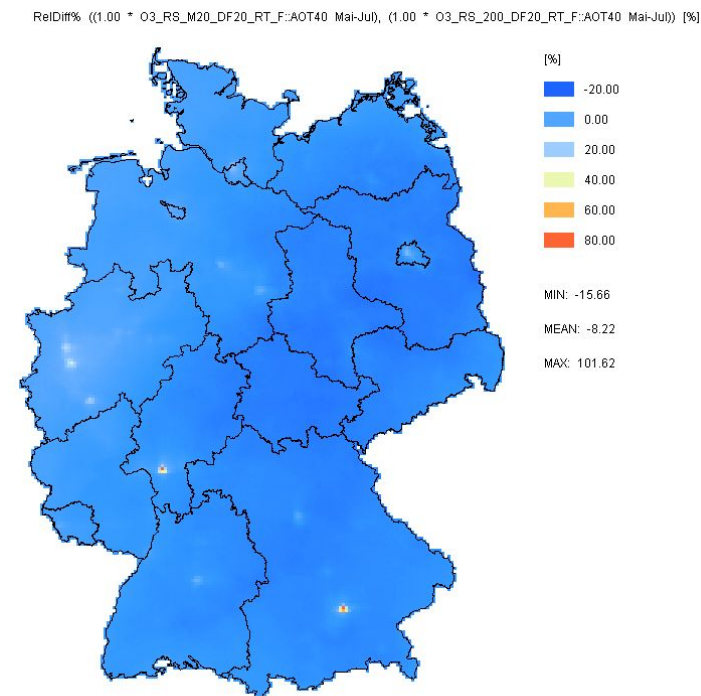


Abbildung 7-8 Relative Änderung der AOT40-Werte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M20 (MFR-Szenario). Die Änderung wird berechnet als: M20-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

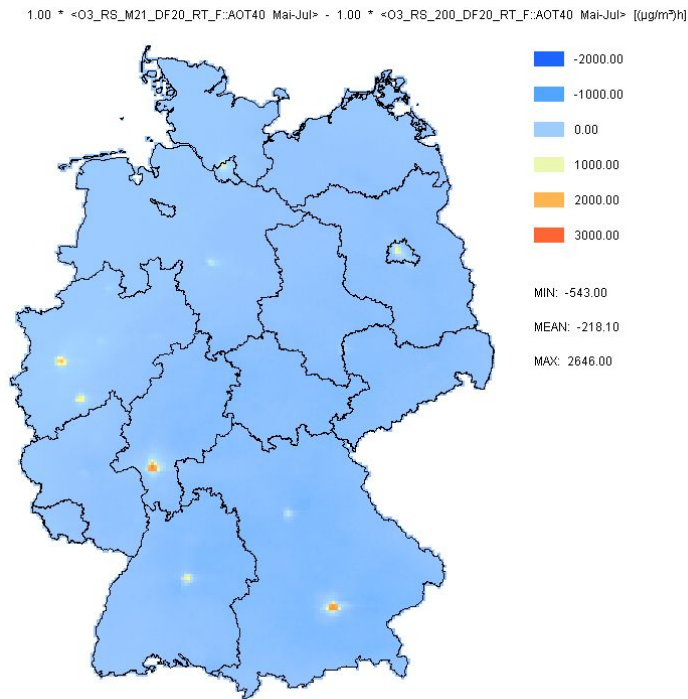


Abbildung 7-9 Absolute Änderung der AOT40-Werte in $\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ h}$ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M21 (MFR-Szenario, nicht-technische Maßnahmen). Die Änderung wird berechnet als: M21-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

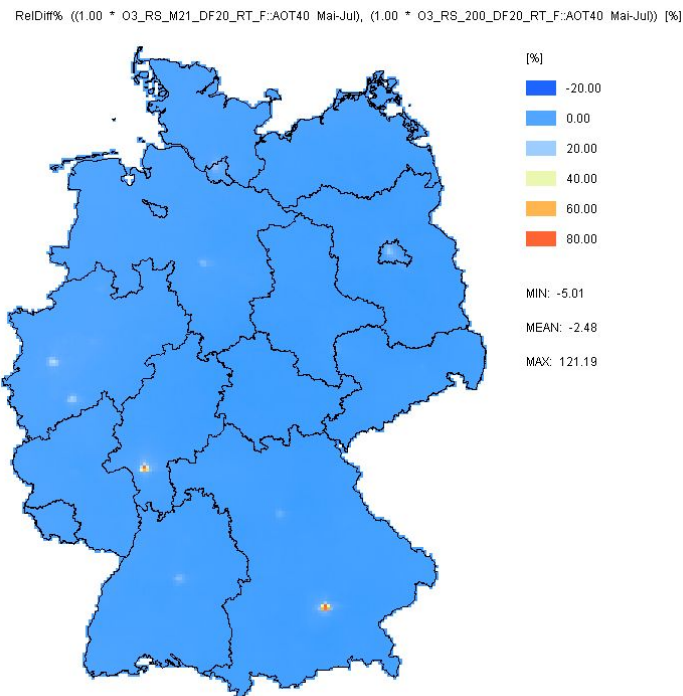


Abbildung 7-10 Relative Änderung der AOT40-Werte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M21 (MFR-Szenario, nicht-technische Maßnahmen). Die Änderung wird berechnet als: M21-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

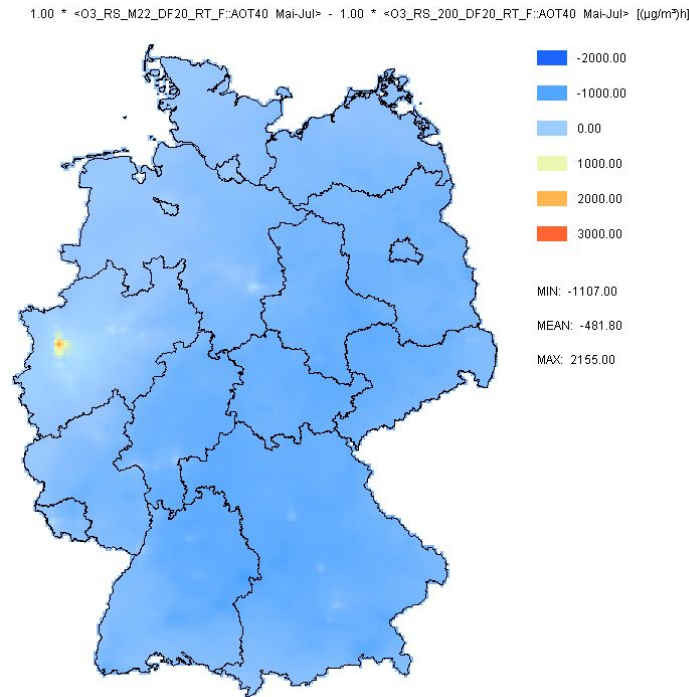


Abbildung 7-11 Absolute Änderung der AOT40-Werte in µg/m³ h bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M22 (MFR-Szenario, technische Maßnahmen). Die Änderung wird berechnet als: M22-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

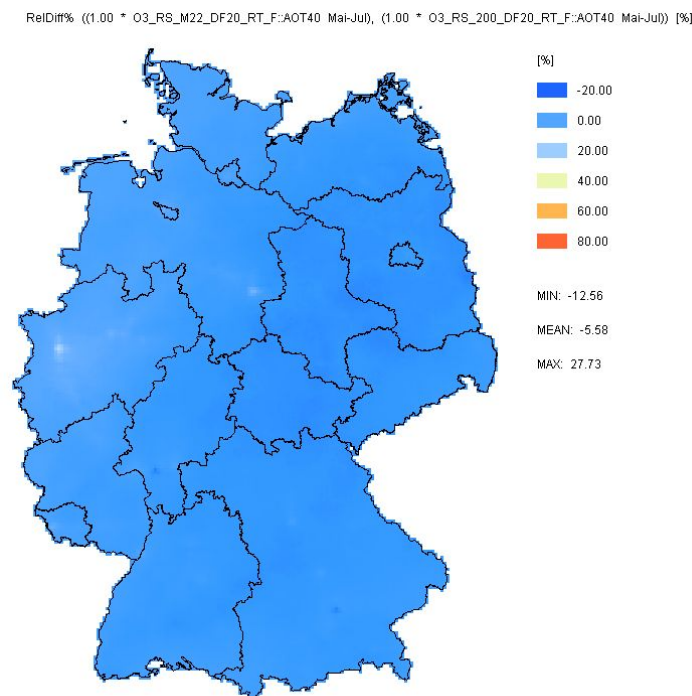


Abbildung 7-12 Relative Änderung der AOT40-Werte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M22 (MFR-Szenario, technische Maßnahmen). Die Änderung wird berechnet als: M22-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

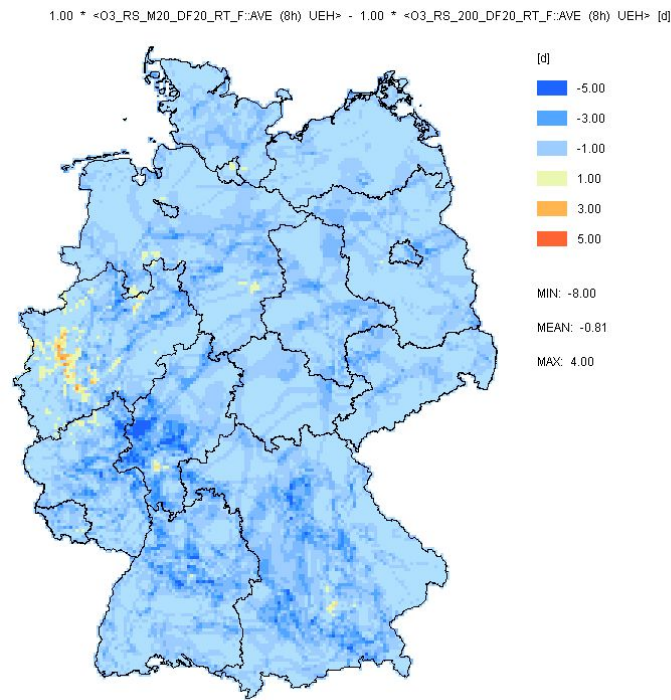


Abbildung 7-13 Änderung der Anzahl der Tage mit einem maximalen O₃-8-h-Mittelwert > 120 µg/m³ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M20 (MFR-Szenario). MIN und MAX geben die kleinste und größte Anzahl von Tagen an, MEAN die mittlere Anzahl von Tagen über Deutschland. Meteorologische Referenz ist 2005.

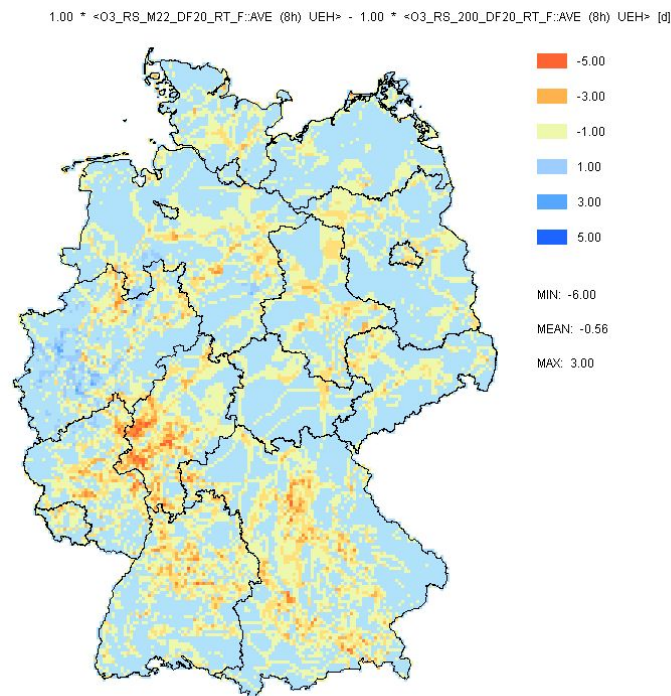


Abbildung 7-14 Änderung der Anzahl der Tage mit einem maximalen O₃-8-h-Mittelwert > 120 µg/m³ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M21 (MFR-Szenario, nicht-technische Maßnahmen). MIN und MAX geben die kleinste und größte Anzahl von Tagen an, MEAN die mittlere Anzahl von Tagen über Deutschland. Meteorologische Referenz ist 2005.

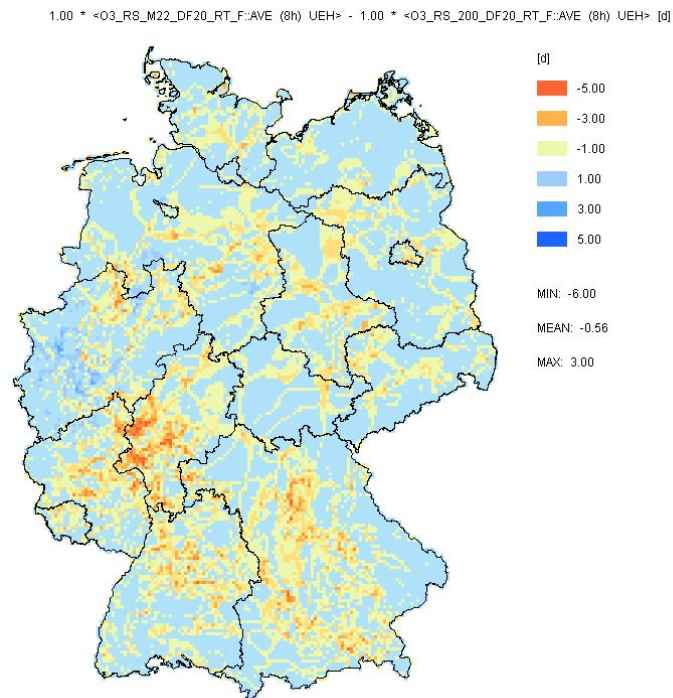


Abbildung 7-15 Änderung der Anzahl der Tage mit einem maximalen O₃-8-h-Mittelwert > 120 µg/m³ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M22 (MFR-Szenario, technische Maßnahmen). MIN und MAX geben die kleinste und größte Anzahl von Tagen an, MEAN die mittlere Anzahl von Tagen über Deutschland. Meteorologische Referenz ist 2005.

8 Zusammenfassung

Dieser Bericht dokumentiert die Auswirkungen zusätzlicher emissionsmindernder Maßnahmen auf die NO₂- und die Ozon-Luftqualität in Deutschland. Die immissionsseitigen Auswirkungen der geplanten Maßnahmen wurden auf der Basis von Berechnungen mit dem Chemie-Aerosol-Transportmodell REM-CALGRID (RCG) bestimmt. Grundlage der Szenarienrechnungen sind die im Rahmen des F&E-Vorhabens entwickelten Emissionsabschätzungen, die die Änderung der Emissionen aufgrund von technischen oder nicht-technischen Maßnahmen beschreiben. Die den Berechnungen zugrunde liegende horizontale Auflösung beträgt 0.125° Länge und 0.0625° Breite oder circa 7 km x 8 km. Das meteorologische Referenzjahr ist 2005.

Die Auswertung der Maßnahmenberechnungen erfolgte auf der Basis der RCG-Ergebnisse für die Jahresmittelwerte von NO₂. Für Ozon werden neben dem Jahresmittelwert zusätzlich weitere Kenngrößen betrachtet: AOT40-Wert und Anzahl der Tage mit einem maximalen gleitenden 8-Stundenmittelwert >120 µg/m³. Ausgangspunkt waren die für die Emissionsreferenz 2020 berechneten Immissionsverteilungen in Deutschland. Diese Emissionsreferenz 2020 beschreibt den Zustand, der nach Umsetzung jetzt bereits beschlossener Maßnahmen im Jahr 2020 erreicht werden soll (CLE-Szenario „current legislation“). Die hier diskutierten Maßnahmenbündel setzen auf diese Emissionsreferenz auf und umfassen weitere Minderungspotenziale, die über diejenigen der Referenz 2020 hinausgehen. Der Schwerpunkt der Auswertung liegt im relativen Vergleich der Auswirkungen der zusätzlichen Maßnahmenpakete auf die Immissionsverteilung der Referenz 2020. Eine absolute Betrachtung unter Einbeziehung der Grenzwertproblematik erfolgt an anderer Stelle (Stern, 2010b).

Es wurden folgende Szenarien betrachtet, deren Umsetzung durch technische oder nicht-technische Maßnahmen möglich ist und die eine Auswirkung auf die NO₂-Immission haben:

- MFR, gesamt, nicht-technisch, technisch: M20, M21, M22
- MFR, pro Verursachergruppe: M22 bis M29
- MFR, Verkehr, technisch, nicht-technisch: M32, M33
- MFR, Sonstiger Verkehr, technisch, nicht-technisch: M34, M35
- Kleinfeuerungsanlagen, Ökodesign: M44
- Kleinfeuerungsanlagen, 1. BImSchV: M45
- Großfeuerungsanlagen, IED-Richtlinie: M46
- Großfeuerungsanlagen, IED-Richtlinie, UBA-Entwurf: M47
- MFR, Industrie, NO_x: M48
- Verkehr, Tempolimit: M50
- Großfeuerungsanlagen, Maßnahme G010: M52
- Verkehr, Maßnahme V012: M53
- Sonstiger Verkehr, Maßnahme M009: M54

Darüber hinaus wurden folgende hypothetische Szenarien mit einbezogen:

- Kleinfeuerungsanlagen: Ersatz von Holzfeuerungen durch Ölfeuerungen: M59

Ebenso mit einbezogen in die Auswertung wurden einige Szenarien, die eine andere Emissionsreferenz 2020 beschreiben, bzw. auf einer anderen Referenz 2020 aufsetzen:

- Klimaschutzszenario 2020 MMS: M76
- Klimaschutzszenario 2020 MWMS: M77
- Klimaschutzszenario 2020 MWMS+ Maßnahmenpaket M20 (MFR): M83
- Klimaschutzszenario 2020 MWMS+ Maßnahmenpaket M25 (MFR-Kleinfeuerungen): M94

Details zu diesen Emissionsszenarien können in Theloke et al. (2010) und Jörß und Degel (2010) gefunden werden.

Die mittlere Bewertung der Maßnahmen erfolgt bevölkerungsgewichtet für die 4 Klassen mit zunehmender Bevölkerungsdichte (BVK1 bis 4), für Deutschland gesamt (D) und für die zur Berechnung des AEI (Area Exposure Index) ausgewählten städtischen Hintergrundstationen (siehe Anhang). Die Bevölkerungsklasse 1 beschreibt den ländlichen Hintergrund, die Bevölkerungsklasse 4 die Ballungsräume. Ausgangspunkt der Betrachtung sind die bevölkerungsgewichteten NO₂-Konzentrationen der Referenz 2020 für die 4 Bevölkerungsklassen, das Deutschlandmittel und das Mittel an den AEI-Stationen. Die zusätzlichen Maßnahmen setzen dann auf den Emissionszustand der Referenz 2020 auf.

Bei Ozon wurden ausschließlich die horizontalen Verteilungen der Konzentrationen diskutiert, da der hier benutzte Mittelungsansatz nur für Schadstoffe geeignet ist, deren Verteilung im Wesentlichen von der Quellverteilung vorgegeben wird. Ozon ist aber in weitaus größerem Ausmaße als NO₂ oder PM10 von den meteorologischen Bedingungen abhängig. So sind im süddeutschen Raum die Ozonkonzentrationen generell höher als im norddeutschen Raum, da der Süden Deutschlands im Mittel wärmer und sonniger als der Norden ist. Die daraus resultierenden Immissionsunterschiede werden in einem rein bevölkerungsabhängigen Mittelungsverfahren verwischt.

Im Vorlauf zu den eigentlichen Maßnahmenberechnungen wurde zuerst für jede Verursachergruppe das maximal mögliche NO₂-Minderungspotenzial für Deutschland berechnet, das nach Umsetzung der CLE-Emissionsreferenz 2020 noch zur Verfügung steht. Dieses hypothetische Minderungspotenzial ergibt sich aus der 100%igen Reduktion der im Jahre 2020 noch vorhandenen Emissionen einer Verursachergruppe. Das so berechnete maximal mögliche NO₂-Minderungspotenzial liegt im Mittel bei circa 5 µg/m³ für die ländlichen Regionen und circa 14 µg/m³ für die Ballungsräume. Die verbleibende mittlere NO₂-Immission in der Größenordnung von circa 2 µg/m³ (höher in den grenznahen Regionen Deutschlands, siehe Abbildung 5-1) setzt sich dann zusammen aus den Beitrag des Ferntransports über die Grenzen von Deutschland und dem Beitrag der natürlichen Quellen. Der Beitrag der verursacher-spezifischen Emissionen zu diesem maximalen NO₂-Minderungspotenzial wurde durch sukzessives Nullsetzen der Emissionen jeder Verursachergruppe abgeschätzt. Für inerte Schadstoffe führt die Addition der Einzelbeiträge exakt zu diesem maximalen Minderungspotenzial. Für chemisch reagierende Stoffe ist dies nur näherungsweise der Fall, was eine Folge der nichtlinearen Beziehungen zwischen den Vorläuferemissionen und den über eine komplexe Kette chemischer Reaktionen entstehenden Folgeprodukten wie NO₂ und der sekundären Aerosole ist. Eine Änderung der Zusammensetzung der Emissionen führt auch zu einer Änderung der chemischen Abläufe und damit zu einer Änderung der Konzentrationsbeiträge. Aus diesen Gründen können die berechneten Beiträge der einzelnen Verursachergruppen zum Gesamtminderungspotenzial auch nur als Näherung betrachtet werden.

Es ergibt sich die Rangfolge für die bevölkerungsgewichteten Beiträge:

Für ländliche Regionen (Bevölkerungsklasse 1):

1. Straßenverkehr (23% des maximal möglichen Minderungspotenzials)
2. Landwirtschaft (22% des maximal möglichen Minderungspotenzials)
3. Sonstiger Verkehr (21% des maximal möglichen Minderungspotenzials)
4. Energietransformation (16% des maximal möglichen Minderungspotenzials)
5. Kleinf Feuerungsanlagen (15% des maximal möglichen Minderungspotenzials)
6. Industrielle Verbrennung (4% des maximal möglichen Minderungspotenzials)
7. Industrielle Prozesse (4% des maximal möglichen Minderungspotenzials)

Für Ballungsgebiete (Bevölkerungsklasse 4) :

1. Straßenverkehr (27% des maximal möglichen Minderungspotenzials)
2. Sonstiger Verkehr (27% des maximal möglichen Minderungspotenzials)
3. Kleinf Feuerungsanlagen (16% des maximal möglichen Minderungspotenzials)
4. Energietransformation (14% des maximal möglichen Minderungspotenzials)
5. Landwirtschaft (5% des maximal möglichen Minderungspotenzials)
6. Industrielle Verbrennung (2% des maximal möglichen Minderungspotenzials)
7. Industrielle Prozesse (2% des maximal möglichen Minderungspotenzials)

In den ländlichen Regionen stellt der Straßenverkehr mit 23% den höchsten Anteil am maximal möglichen Potenzial. Dicht dahinter folgen die Landwirtschaft und der Sonstige Verkehr. Auch in den Ballungsräumen liegt der Straßenverkehr an erster Stelle, gleichauf mit dem Sonstigen Verkehr.

Das in PAREST benutzte Verkehrsmodell zur Berechnung der verkehrsbedingten Emissionen (TREMOT 4.17, modifiziert nach Jörß et al., 2010, hier genannt TREMOD 4.17M) liefert für die Emissionsreferenz 2020 relativ niedrige NO_x-Emissionen. Berechnet man die Verkehrsemissionen mit dem europäischen Verkehrsmodell TREMOVE 2.7, ergibt sich für die entsprechende Emissionsreferenz 2020 ein höheres maximales NO₂-Minderungspotenzial (circa 18 µg/m³) als für die standardmäßig verwendete CLE-Emissionsreferenz 2020 auf der Basis von TREMOD 4.17M (circa 14 µg/m³), da die mit TREMOVE 2.7 für 2020 berechneten NO_x-Emissionen höher sind als die mit TREMOD 4.17M berechneten Emissionen (Stern, 2010c). Dies hat natürlich auch Auswirkungen auf die hier berechneten Anteile der einzelnen Verursachergruppen am theoretisch möglichen Minderungspotenzial der deutschen Emissionen. Auf der Basis von TREMOVE ist der Anteil des Straßenverkehrs in Ballungsräumen mit 42% am maximal möglichen Minderungspotenzial deutlich höher als auf der Basis von TREMOD (27%). Umgekehrt ist der Anteil des Sonstigen Verkehrs auf der Basis von TREMOVE 2.7 niedriger. Die Rolle des Straßenverkehrs als möglichen Kandidaten für weitere Minderungsmaßnahmen zur Senkung der NO₂-Konzentrationen über die Emissionsreferenz 2020 hinaus wird auf Basis des Verkehrsmodells TREMOVE 2.7 also sehr viel höher bewertet als auf Basis des Verkehrsmodells TREMOD 4.17M.

Die Maßnahmenbündel beschreiben die gegenwärtig mit technischen und nicht-technischen Maßnahmen noch erreichbaren Emissionsminderungen. Das umfassendste Maßnahmenbündel der konkreten Szenarien ist das MFR-Szenario M20, das die technischen und nicht-technischen Einzelmaßnahmen bündelt. Dieses Szenario beschreibt also die maximalen Emissionsminderungen, die mit heute umsetzbaren Maßnahmen erreicht werden können. Bei den Stickoxiden führt das MFR-Szenario noch zu einer weiteren Senkung der Emissionen um circa 14% bezogen auf die Emissionen der Referenz 2020. Die entsprechenden Senkungen für die anderen relevanten Stoffe sind für NMVOC: -7%, SO₂: -24%, NH₃: -17%, PM₁₀: -11%.

Die theoretisch maximal möglichen Emissionsminderungspotenziale von 100% werden also zu weniger als einem Viertel ausgeschöpft.

In Abbildung 8-1 sind die für das MFR-Szenario noch erreichbaren mittleren NO₂-Minderungspotenziale in Relation zu den durch die Referenzen 2010, 2015 und 2020 ausgehend vom Immissionszustand 2005 erreichbaren Immissionsminderungen dargestellt. Im deutschlandweiten Mittel sinken die NO₂-Jahresmittelwerte danach durch die bis 2010 umgesetzten Maßnahmen um knapp 4 µg/m³, durch die bis 2015 umgesetzten Maßnahmen um 7.5 µg/m³ und durch die bis 2020 umgesetzten Maßnahmen um 9.5 µg/m³. Für die ländlichen Gebiete (Bevölkerungsklasse 1, BVK1) berechnet sich für den Zeitraum 2005 bis 2020 eine mittlere Minderung von knapp 6 µg/m³, für die Ballungsräume (BVK4) von mehr als 12 µg/m³. Durch das zusätzliche MFR-Szenario können die NO₂-Immissionen in Ballungsräumen im Mittel um weitere 2 µg/m³ gesenkt werden. Tabelle 8-1 zeigt die durch das MFR-Szenario zusätzlich erreichbaren Minderungspotenziale relativ zu der Minderung, die durch die der Referenz 2020 zugrundeliegenden Maßnahmen bis 2020 erreicht werden. Das MFR-Szenario verstärkt demnach die mit der Emissionsreferenz 2020 erreichbare Abnahme der NO₂-Jahresmittelwerte in Ballungsräumen um circa 17%, in ländlichen Regionen um circa 10%. In den ländlichen Regionen haben die technischen Maßnahmen den größeren Anteil an dieser zusätzlichen Minderung des MFR-Szenarios. In den Ballungsräumen halten sich die Wirkungen von technischen und nicht-technischen Maßnahmen in etwa die Waage.

Neben den verursacherguppenübergreifenden MFR-Szenarien wurden auch die MFR-Szenarien pro Verursacherguppe auf ihre Wirksamkeit zur weiteren Senkung der NO₂-Immissionen untersucht. Bezogen auf die mit dem MFR-Szenario erreichbaren zusätzlichen Minderungspotenziale ergibt sich für NO₂ folgende Rangfolge der Wirksamkeit:

Für ländliche Regionen (Bevölkerungsklasse 1):

1. M28, MFR-Straßenverkehr (26% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)
2. M29, MFR-Sonstiger Verkehr (25% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)
3. M26, MFR-Großfeuerungsanlagen (20% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)
4. M25, MFR-Kleinfeuerungsanlagen (16% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)
5. M27, MFR-Industrielle Prozesse (15% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)

Für Ballungsgebiete (Bevölkerungsklasse 4) :

1. M29, MFR-Sonstiger Verkehr (40% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)
2. M28, MFR-Straßenverkehr (25% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)
3. M25, MFR-Kleinfeuerungsanlagen (14% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)
4. M26, MFR-Großfeuerungsanlagen (11% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)
5. M27, MFR-Industrielle Prozesse (8% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)

Aus der Gruppe der verursacherspezifischen MFR-Szenarien haben der Straßenverkehr und der Sonstige Verkehr in den ländlichen Gebieten, und der Sonstige Verkehr in den Ballungsräumen das höchste zusätzliche NO₂-Minderungspotenzial.

Bei den Kleinfeuerungsanlagen stellt die Maßnahme M44 („Ökodesign“) in Ballungsgebieten (14% des Potenzials des MFR-Szenarios M20) und in ländlichen Gebieten (16% des Potenzials des MFR-Szenarios M20) den überwiegenden Teil des gesamten NO₂-Minderungspotenzials des MFR-Szenarios Kleinfeuerungen (M25). Der Beitrag der Maßnahme M45

(Novellierung der 1. BImSchV) zur Senkung der NO₂-Belastung ist dagegen deutlich geringer (4 bis 5% des Potenzials des MFR-Szenarios M20, siehe Abbildung 6-4).

Das durch die Novellierung der IED-Richtlinie erreichbare NO₂-Minderungspotenzial bei den Großfeuerungsanlagen stellt in ländlichen Gebieten circa 16% des Potenzials für das MFR-Szenario M20, in Ballungsräumen circa 9% (UBA-Version M47). Die Einzelmaßnahme M48 bei der Verursachergruppe „Industrielle Prozesse“ beinhaltet eine starke Minderung der NO_x-Emissionen, die in ländlichen Gebieten zu einem NO₂-Minderungspotenzial von 15%, in den Ballungsräumen von 8% des Potenzials des MFR-Szenarios M20 führt. Diese Minderungen entsprechen nahezu dem gesamten Minderungspotenzial des MFR-Szenarios Produktionsprozesse (M27).

Das MFR-Szenario Straßenverkehr trägt in ländlichen Regionen mit 26% der Minderung des MFR-Szenarios M20, in Ballungsräumen mit 25% zur weiteren Senkung der NO₂-Belastung bei. Der überwiegende Anteil des Potenzials wird dabei von den nicht-technischen Maßnahmen gestellt. Ein umfassendes Tempolimit (Maßnahmenpaket M50) bewirkt eine stärkere Reduzierung der NO₂-Belastung (in Ballungsräumen 8% des Potenzials von M20) als das Bündel der weiteren technischen Maßnahmen, Maßnahmenpaket M32 MFR-T (in Ballungsräumen 5% des Potenzials von M20). Die Nachrüstung von schweren Nutzfahrzeugen mit SCR (Maßnahme M53) hat in etwa dieselbe Auswirkungen auf die NO₂-Belastung wie das Gesamtbündel der technischen Maßnahmen (M32).

Im Mittel führt das MFR-Szenario Sonstiger Verkehr (M29) zu einer Minderung der NO₂-Belastung, die in ländlichen Gebieten circa 25% des Potenzials des MFR-Szenarios M20 oder 2.7% der durch die Referenz 2020 erreichbaren Minderung beträgt. In den Ballungsräumen sind es sogar 40% des Potenzials des MFR-Szenarios M20 und knapp 7% des Potenzials der Referenz 2020. Der Großteil des Potenzials wird dabei von den hier untersuchten nicht-technischen Maßnahmen gestellt. Der Beitrag der nicht-technischen Maßnahmen im Flugverkehr wird hier zu hoch bewertet sein, da der Emissionsdatensatz zum Einen keine Differenzierung der Flugzeugemissionen mit der Höhe erlaubt und zum Anderen diese lokal sehr eng begrenzten Emissionen in der hier verwendeten Skala auch horizontal zu sehr verteilt werden. Dies erklärt insbesondere den hohen Anteil der nicht-technischen Maßnahmen in Ballungsräumen.

In ländlichen Regionen hat das Klimaschutzszenario MMS eine um knapp 4% höhere Minderungskapazität, das Klimaschutzszenario MWMS eine um mehr als 13% höhere Minderungskapazität zur Senkung der NO₂-Belastung als die Referenz 2020. Die entsprechenden zusätzlichen Minderungskapazitäten für die Ballungsräume betragen 3.3% und 20.6%. In den ländlichen Regionen und in den Ballungsgebieten werden also für die Klimaschutzszenarien niedrigere NO₂-Konzentrationen berechnet als für die PAREST-Referenz 2020. Die Ausgangssituation für weiterführende Maßnahmen zur Senkung der NO₂-Belastung wäre also auf Basis der Klimaszenarien, insbesondere auf Basis des Szenarios MWMS deutlich günstiger als auf Basis der Referenz 2020. Mit dem MFR-Szenario kann auf Basis des Klimaschutzszenarios MWMS die durch die CLE-Emissionsreferenz 2020 erreichbare NO₂-Minderung in ländlichen Gebieten noch um 20%, in Ballungsräumen noch um knapp 30% erhöht werden. Im Vergleich dazu werden mit dem MFR-Szenario basierend auf der Referenz 2020 in ländlichen Gebieten nur eine weitere Minderung von circa 10%, in Ballungsräumen von 17% erreicht.

Bei den Ozon-Jahresmittelwerten führen die meisten MFR-Szenarien zu Zunahmen der Konzentrationen in den emissionsbelasteten Gebieten und zu sehr geringen Abnahmen in den mehr ländlichen Regionen Deutschlands. Die Zunahmen reichen für das umfassende MFR-

Szenario M20 bis zu 5 µg/m³. Dies entspricht relativen Zunahmen bezüglich der Referenz 2020 bis zu maximal 19%. Die nicht-technischen Maßnahmen bewirken Zunahmen der Ozon-Jahresmittelwerte, die nur geringfügig unter denen für das MFR-Szenario M20 liegen. Aufgrund der technischen MFR-Maßnahmen ergeben sich maximale Ozonzunahmen von circa 2.3 µg/m³ oder circa 7%. Diese Zunahmen treten am stärksten im Ruhrgebiet auf.

Auch bei den AOT40-Werten und der Anzahl der Tage mit einem maximalen O₃-8-h-Mittelwert > 120 µg/m³ kommt es bezogen auf den Zustand für die Referenz 2020 für die weiteren MFR-Maßnahmen zu Zu- und Abnahmen. Die Zunahmen treten wie bei den Jahresmittelwerten im Umfeld des Ortes einer NO_x-Emissionsminderung auf, die Abnahmen werden in den eher ländlichen, emissionsarmen Gebieten berechnet. Die Abnahmen der AOT40-Werte in ländlichen Regionen erreichen für das MFR-Szenario M20 maximal circa 15%. Im direkten NO_x-Emissionsminderungsbereich kann es dagegen zu einer Verdoppelung der AOT-40-Werte kommen. Die Auswirkungen aller anderen Einzelmaßnahmen auf die Ozonkonzentrationen liegen innerhalb der durch die MFR-Szenarien aufgespannten Bandbreite.

Zusammenfassend ergeben die Berechnungen:

- Das Klimaschutzszenario MWMS hat in ländlichen Regionen eine circa 13% höhere NO₂-Minderungskapazität, in Ballungsräumen eine circa 21% höhere Minderungskapazität als die Referenz 2020, die auf den bereits heute eingeleiteten Maßnahmen beruht.
- Bei den MFR-Szenarien ist das MFR-Szenario „Sonstiger Verkehr“ in den Ballungsräumen, das MFR-Szenario „Straßenverkehr“ in den ländlichen Regionen die wirksamste Maßnahme zur weiteren Senkung der NO₂-Immissionen. Allerdings gilt zu berücksichtigen, dass die in PAREST zur Berechnung der Verkehrsemissionen benutzte Methodik (TREMOT 4.17 mit Modifikationen) eine deutlich niedrigere Abschätzung der Verkehrsemissionen für die Referenz 2020 liefert als z.B. das europäische Verkehrsmodell TREMOVE 2.7 oder die neue Modellversion TREMOD 5.04. Damit wird in PAREST die Rolle des Straßenverkehrs unterschätzt. Auf der anderen Seite wird das Minderungspotenzial der Sonstigen Quellen insbesondere bei den nicht-technischen Maßnahmen im Flugverkehr wegen der Emissionshöhenproblematik überschätzt. Bei Berücksichtigung dieser beiden Punkte kann man davon ausgehen, dass die weitere Minderung der NO_x-Emissionen des Straßenverkehrs auch in Ballungsräumen zu den wirksamsten Maßnahmen zur weiteren Senkung der NO₂-Belastung zählt.
- Bei den hier betrachteten Einzelmaßnahmen stellt die Maßnahme M44 „Ökodesign“ (Kleinf Feuerungsanlagen) das höchste Potenzial zur weiteren Senkung der NO₂-Immissionen sowohl in ländlichen Regionen als auch in den Ballungsräumen. An zweiter Stelle folgt die Maßnahme M47, Novellierung der IED-Richtlinie für Großfeuerungsanlagen, UBA-Entwurf.

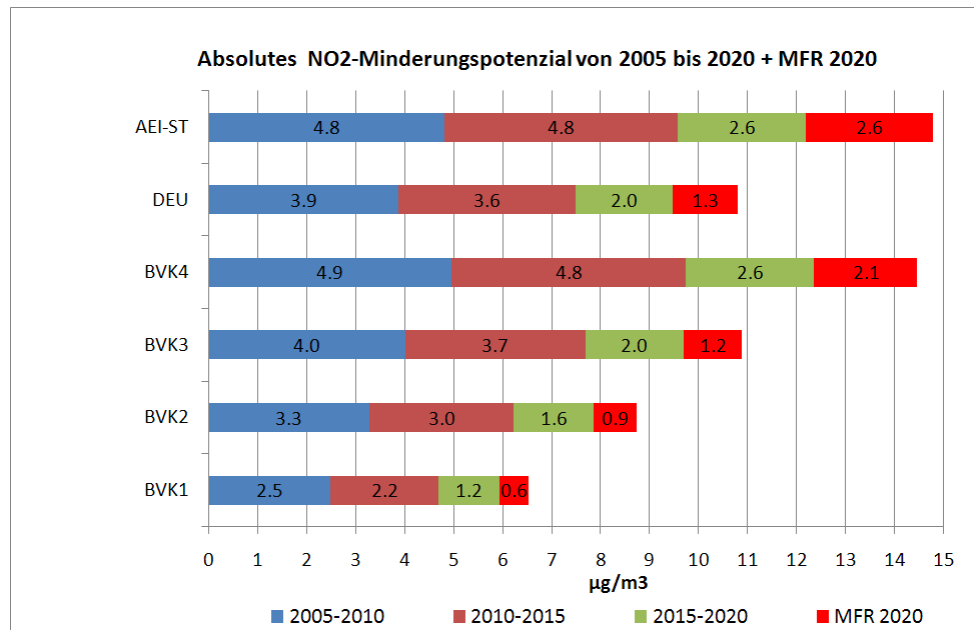


Abbildung 8-1 Absolute NO₂-Immissionsminderungen in µg/m³, die aufgrund der Emissionsentwicklung 2005 bis 2010, 2010 bis 2015, 2015 bis 2020 (Referenzszenarien) und durch die zusätzlichen Maßnahmen des MFR-Szenarios M20 erreicht werden können. Mittlere bevölkerungsgewichtete Abnahmen der Jahresmittelwerte für die 6 Bewertungsklassen. Weitere Erläuterungen im Text.

NO ₂ -Potenzial	BVK1	BVK4
	Ländlicher Hintergrund	Städtischer Hintergrund
Minderung bis 2020	100%	100%
MFR-NT	3.7%	8.6%
MFR-T	6.6%	8.3%
MFR	10.3%	17%

Tabelle 8-1 NO₂-Minderungspotenziale für das MFR-Szenario gesamt (MFR), das MFR-Szenario „technische Maßnahmen“ (MFR-T) und das MFR-Szenario „nicht-technische Maßnahmen“ (MFR-NT). Die Potenziale sind für die Bevölkerungsklassen BVK1 und BVK4 als prozentuale Anteile der durch die Referenz 2020 von 2005 bis 2020 erreichbaren Minderungen ausgedrückt.

9 Literatur

Amann, M., W. Asman, I. Bertok, J. Cofala, C. Heyes, Z. Klimont, W. Schöpp and F. Wagner (2007). Updated Baseline Projections for the Revision of the Emission Ceilings Directive of the European Union. NEC Scenario Analysis Report #4. International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), Laxenburg, Austria.

Amann, M., W. Asman, I. Bertok, J. Cofala, C. Heyes, Z. Klimont, W. Schöpp and F. Wagner (2008). National Emission Ceilings for 2020 based on the 2008 Climate & Energy Package. NEC Scenario Analysis Report #6. International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), Laxenburg, Austria,

Builtjes, 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

Denier van der Gon, H.A.C., A.J.H. Visschedijk, H. van der Brugh (2009). Gridded European emission data for the projection years 2010, 2015 and 2020 based on the IIASA GAINS NEC scenarios. TNO-report TNO-034-UT-2009-02306_RPT-ML. Forschungs-Teilbericht im Rahmen des PAREST-Vorhabens: FKZ 206 43 200/01 „Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung“, TNO, Niederlande.

Denier van der Gon, H.A.C., A.J.H. Visschedijk, H. van der Brugh, R. Droge (2010). A high resolution European emission data base for the year 2005. Forschungs-Teilbericht im Rahmen des PAREST-Vorhabens: FKZ 206 43 200/01 „Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung“, TNO, Niederlande.

Fath, J. , Kerschbaumer, A., Stern, R. (2010). Archivierung der im Rahmen des Parest-Projekts erzeugten Immissionsfelder. Forschungs-Teilbericht im Rahmen des PAREST-Vorhabens: FKZ 206 43 200/01 „Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung“. Berlin, Institut für Meteorologie der Freien Universität Berlin.

IVU (2009). Benutzeranleitung FLADIS-view. Forschungs-Teilbericht an das Umweltbundesamt, im Rahmen des PAREST-Vorhabens: FKZ 206 43 200/01 „Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung“, IVU Umwelt GmbH, Freiburg.

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, 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

Kerschbaumer, A. und Reimer, E. (2003). Erstellung der Meteorologischen Eingangsdaten für das REM/Calgrid-Modell: Modellregion Berlin-Brandenburg. Abschlussbericht zum UBA-Forschungsvorhaben 29943246. Freie Universität Berlin, Institut für Meteorologie.

Kugler, U., Jörß, W., Theloke, J. (2010). Verkehrsemissionsmodellierung für PAREST – Modellvergleich und alternative Szenarien. Forschungs-Teilbericht an das Umweltbundesamt, im Rahmen des PAREST-Vorhabens: FKZ 206 43 200/01 „Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung“, IER-Universität Stuttgart.

Stern, R. (2003). Entwicklung und Anwendung des chemischen Transportmodells REM/CALGRID. Abschlussbericht zum F& E-Vorhaben 298 41 252 des Umweltbundesamts „Modellierung und Prüfung von Strategien zur Verminderung der Belastung durch Ozon“.

Stern, R. (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, R., Builtjes, P., Schaap, M., Timmermans, R., Vautard, R., Hodzic, A., Memmesheimer, M., Feldmann, H., Renner, E., Wolke, R., Kerschbaumer, A., (2008). A model inter-comparison study focussing on episodes with elevated PM10 concentrations. Atmospheric Environment 42 4567-4588. 2008.

Stern, R. (2009). Auswirkungen der verschiedenen NEC-Abschätzungen auf die Immissionen in Deutschland. Forschungs-Teilbericht im Rahmen des PAREST-Vorhabens: FKZ 206 43 200/01 „Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung“. Berlin, Institut für Meteorologie der Freien Universität Berlin.

Stern, R. (2010a). Bewertung von Emissionsminderungsszenarien mit Hilfe chemischer Transportberechnungen: PM10- und PM2.5-Minderungspotenziale von Maßnahmenpaketen zur weiteren Reduzierung der Immissionen in Deutschland . Forschungs-Teilbericht im Rahmen des PAREST-Vorhabens: FKZ 206 43 200/01 „Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung“. Berlin, Institut für Meteorologie der Freien Universität Berlin.

Stern, R. (2010b) Prognose der Luftqualität und Abschätzung von Grenzwertüberschreitungen in Deutschland für die Referenzjahre 2010, 2015 und 2020. Forschungs-Teilbericht im Rahmen des PAREST-Vorhabens: FKZ 206 43 200/01 „Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung“. Berlin, Institut für Meteorologie der Freien Universität Berlin.

Stern, R. (2010c). Bewertung von Emissionsminderungsszenarien mit Hilfe chemischer Transportberechnungen: Verkehrsmodell TREMOD und Verkehrsmodell TREMOVE. Forschungs-Teilbericht im Rahmen des PAREST-Vorhabens: FKZ 206 43 200/01 „Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung“. Berlin, Institut für Meteorologie der Freien Universität Berlin.

Stern, R. (2010d). Anwendung von chemischen Transportmodellen im Rahmen des Parest-Projekts: Ergebnisvergleich REM-CALGRID, LOTOS-EUROS und MUSCAT-COSMO für das Referenzjahr 2005. Forschungs-Teilbericht im Rahmen des PAREST-Vorhabens: FKZ 206 43 200/01 „Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung“. Berlin, Institut für Meteorologie der Freien Universität Berlin.

Theloke, J., U. Kugler, W. Jörß, B. Thiruchittampalam, T. Kampffmeyer, M., Uzbasich, U. Dämmgen, P. Builtjes, R. Stern (2010). Beschreibung der maßnahmenbasierten und hypothetischen Maßnahmenbündel in PAREST. Forschungs-Teilbericht im Rahmen des PAREST-Vorhabens: FKZ 206 43 200/01 „Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung“. IER-Universität Stuttgart.

Thiruchittampalam, B., Köble, R., Theloke, J., Kugler, U., Uzbasich, M., Kampffmeyer, T. (2010) Berechnung von räumlich hochaufgelösten Emissionen für Deutschland. Forschungs-Teilbericht im Rahmen des PAREST-Vorhabens: FKZ 206 43 200/01 „Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung“. IER-Universität Stuttgart.

10 Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1 Emissionen Referenz 2020, Deutschland.....	6
Tabelle 3-2 Änderung der Emissionen der Referenz 2020 bezogen auf die Referenz 2005, Deutschland	7
Tabelle 3-3 Einzelmaßnahmen im Maßnahmenpaket M20 MFR , Nicht-technische Maßnahmen.....	10
Tabelle 3-4 Einzelmaßnahmen im Maßnahmenpaket M20 MFR , technische Maßnahmen, Teil 1	11
Tabelle 3-5 Einzelmaßnahmen im Maßnahmenpaket M20 MFR , technische Maßnahmen, Teil 2	12
Tabelle 3-6 Einzelmaßnahmen im Maßnahmenpaket M20 MFR , technische Maßnahmen, Teil 3	13
Tabelle 3-7 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M20, MFR technische und nicht-technische Maßnahmen, bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland	14
Tabelle 3-8 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M21, MFR-NT nicht-technische Maßnahmen, bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Einzelmaßnahmen siehe Tabelle 3-3 Einzelmaßnahmen im Maßnahmenpaket M20 MFR , Nicht-technische Maßnahmen.	14
Tabelle 3-9 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M22, MFR-T technische Maßnahmen, bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Einzelmaßnahmen siehe Tabelle 3-4, Tabelle 3-5, Tabelle 3-6.	15
Tabelle 3-10 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M23, MFR-Landwirtschaft, bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Einzelmaßnahmen A001 bis A006, A012, A013 nach Tabelle 3-3, A007 bis A009 nach Tabelle 3-4.....	15
Tabelle 3-11 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M24, MFR-Lösemittel, bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Einzelmaßnahmen siehe Tabelle 3-4.	16
Tabelle 3-12 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M25, MFR-Kleinf Feuerungsanlagen, bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Einzelmaßnahmen K002, K003, K005, siehe Tabelle 3-5.	16
Tabelle 3-13 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M26 MFR-Großfeuerungsanlagen bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Einzelmaßnahmen G004, G005, G010, G011, G014, G016, G019, G021, siehe Tabelle 3-5.	17
Tabelle 3-14 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M27 MFR-Produktionsprozesse bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Einzelmaßnahmen P002 bis P011, siehe Tabelle 3-6.....	17
Tabelle 3-15 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M28 MFR-Verkehr bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Einzelmaßnahmen V002 bis V011, siehe Tabelle 3-3, V001 und V012, siehe Tabelle 3-4..	18
Tabelle 3-16 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M29 MFR-Sonstiger Verkehr bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Einzelmaßnahmen MM005, MM007, MM009, MM010, siehe Tabelle 3-3, MM001 bis MM006, MM008, siehe Tabelle 3-4.	18
Tabelle 3-17 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M30 MFR-Landwirtschaft, nicht-technische Maßnahmen, bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Einzelmaßnahmen A001 bis A006, A012, A013 nach Tabelle 3-3.....	19
Tabelle 3-18 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M31 MFR-Landwirtschaft, technische Maßnahmen, bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Einzelmaßnahmen A007 bis A009 nach Tabelle 3-4.	19
Tabelle 3-19 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M32 MFR-Verkehr, technische Maßnahmen, bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Einzelmaßnahmen V001 und V012 nach Tabelle 3-4.	20
Tabelle 3-20 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M33 MFR-Verkehr, nicht-technische Maßnahmen, bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Einzelmaßnahmen V002 bis V011 nach Tabelle 3-3.	20
Tabelle 3-21 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M34 MFR-Sonstiger Verkehr, technische Maßnahmen, bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Einzelmaßnahmen MM001 bis MM008 nach Tabelle 3-4.	21
Tabelle 3-22 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M35 MFR-Sonstiger Verkehr, nicht-technische Maßnahmen, bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Einzelmaßnahmen MM005, MM007, MM009, MM010 nach Tabelle 3-3.....	21
Tabelle 3-23 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M43 MFR-Landwirtschaft, Tierhaltung, bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Einzelmaßnahmen A001 bis A009 nach Tabelle 3-3 und Tabelle 3-4.	22
Tabelle 3-24 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M44 Kleinf Feuerungsanlagen, Ökodesign bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Einzelmaßnahme K005, siehe Tabelle 3-5.....	22
Tabelle 3-25 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M45 Kleinf Feuerungsanlagen, 1. BlmschV, bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Einzelmaßnahme K003, siehe Tabelle 3-5.....	23
Tabelle 3-26 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M46 Großfeuerungsanlagen, Novellierung der IED-Richtlinie, bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Einzelmaßnahmen G004, G005, siehe Tabelle 3-5.	23

Tabelle 3-27 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M47 Großfeuerungsanlagen, Novellierung der IED-Richtlinie, UBA-Entwurf bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Einzelmaßnahmen G014, G019, G021, siehe Tabelle 3-5.	24
Tabelle 3-28 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M48 Industrie-NO _x bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland, Einzelmaßnahmen P002 bis P005, siehe Tabelle 3-6.	24
Tabelle 3-29 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M49 Industrie-Feinstaub bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland, Einzelmaßnahmen P008 bis P010, siehe Tabelle 3-6.	25
Tabelle 3-30 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M50 Tempolimit bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland, Einzelmaßnahmen V003, V004, V007, siehe Tabelle 3-3.	25
Tabelle 3-31 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M51 Landwirtschaft bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland, Einzelmaßnahme A012, siehe Tabelle 3-3.	26
Tabelle 3-32 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M52 Großfeuerungsanlagen bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Einzelmaßnahme G010, siehe Tabelle 3-5.	26
Tabelle 3-33 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M53 Verkehr bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Einzelmaßnahme V012, siehe Tabelle 3-4.	27
Tabelle 3-34 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M54 Sonstiger Verkehr bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Einzelmaßnahme M009, siehe Tabelle 3-3.	27
Tabelle 3-35 Änderung (%) der Emissionen des Szenarios M59 Kleinfeuerungsanlagen bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Ersatz von Holzfeuerungen durch Ölfeuerungen.	28
Tabelle 3-36 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M73 Landwirtschaft bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Einzelmaßnahme A007, siehe Tabelle 3-4.	28
Tabelle 3-37 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M74 Landwirtschaft bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Einzelmaßnahme A009, siehe Tabelle 3-4.	29
Tabelle 3-38 Änderung (%) der Emissionen Hypothetisches Szenario M15 Landwirtschaft: „Reduzierter Fleischverbrauch“ bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland.	29
Tabelle 3-39 Änderung (%) der Emissionen für M76 Klimaschutzszenario MMS bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland.	30
Tabelle 3-40 Änderung (%) der Emissionen für M77 Klimaschutzszenario MWMS bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland.	30
Tabelle 3-41 Änderung (%) der Emissionen für M83 Klimaschutzszenario MWMS+MFR bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland.	31
Tabelle 3-42 Änderung (%) der Emissionen für M84 Klimaschutzszenario MWMS+MFR-Landwirtschaft bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland.	31
Tabelle 3-43 Änderung (%) der Emissionen für M94 Klimaschutzszenario MWMS+MFR-Kleinfeuerungsanlagen bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland.	32
Tabelle 4-1 Absolute und relative Änderungsbereiche der Konzentrationen in Deutschland: Referenz 2020 - Referenz 2005. Negative Zahlen kennzeichnen Abnahmen der Konzentration, positive Zahlen Zunahmen.	34
Tabelle 5-1 Erreichbare Emissionsminderungen in % bezüglich der Emissionsreferenz 2020 für das Abschalten einzelner Verursachergruppen (-100% aller Emissionen einer Verursachergruppe). Die rot markierten Einträge kennzeichnen für jeden Schadstoff das jeweils höchste theoretisch mögliche (Nullemission) Emissionsminderungspotenzial. Die Summe der Einzelminderungen ergibt -100%.	43
Tabelle 5-2 Mittlere (Mean) und maximale (Max) Beiträge (µg/m ³) der deutschen Emissionen, gesamt und für die Verursachergruppen, zu den NO ₂ -Jahresmittelwerten der Referenz 2020. Der mittlere Beitrag ist der über alle Rechenzellen in Deutschland gemittelte Beitrag, der maximale Beitrag ist der höchste Einzelbeitrag, der in Deutschland berechnet wurde. Das Verhältnis Max/Mean (gerundet) kann als Maßzahl für die Feldgradienten interpretiert werden. Die roten Zahlen kennzeichnen die höchsten Einzelbeiträge, die grünen Zahlen die niedrigsten Einzelbeiträge. Die maximalen Beiträge der einzelnen Verursachergruppen treten in unterschiedlichen Gitterzellen auf.	46
Tabelle 5-3 Minimale (Min), mittlere (Mean) und maximale (Max) Anteile (%) der Emissionen der einzelnen Verursachergruppen an dem NO ₂ -Gesamtbeitrag aller deutschen Emissionen zu den NO ₂ -Jahresmitteln der Referenz 2020. Der mittlere Beitrag ist der über alle Rechenzellen in Deutschland gemittelte Anteil, der minimale bzw. maximale Beitrag ist der niedrigste bzw. höchste Einzelbeitrag einer Zelle, der in Deutschland berechnet wurde. Das Verhältnis Max/Mean (gerundet) kann als Maßzahl für die Feldgradienten interpretiert werden. Die roten Zahlen kennzeichnen die höchsten Einzelbeiträge, die grünen Zahlen die niedrigsten Einzelbeiträge. Die minimalen und maximalen Beiträge der einzelnen Verursachergruppen treten in unterschiedlichen Gitterzellen auf.	46
Tabelle 5-4 Bevölkerungsgewichtete NO ₂ -Jahresmittelwerte der Referenz 2020 in den 6 Bewertungsklassen. Maximal mögliches Minderungspotenzial aller deutschen Emissionen (SNAP 1-10) bezogen auf die Referenz 2020. Maximal mögliches Minderungspotenzial der betrachteten Verursachergruppen. Rot gekennzeichnet in jeder Bewertungsklasse ist das jeweils höchste Einzelpotenzial einer Verursachergruppe. Alle Angaben in µg/m ³	56

Tabelle 5-5 Bandbreiten der absoluten und relativen Minderungspotenziale der NO ₂ -Jahresmittelwerte in Deutschland, bezogen auf die Referenz 2020, die bis 2020 erreichbare Minderung und bezogen auf das maximal mögliche Minderungspotenzial nach 2020: Maßnahmenpakete M20, M21, M22. Ergebnisse gerundet auf 1 µg/m ³ und 1 %.	58
Tabelle 5-6 Bandbreiten der absoluten und relativen Minderungspotenziale der NO ₂ -Jahresmittelwerte in Deutschland, bezogen auf die Referenz 2020: Maßnahmenpakete M25 bis M29.	62
Tabelle 5-7 Bandbreiten der absoluten und relativen Minderungspotenziale der NO ₂ -Jahresmittelwerte in Deutschland, bezogen auf die Referenz 2020: Maßnahmenpakete Verkehr, M32, M33, M50, M53.	68
Tabelle 5-8 Bandbreiten der absoluten und relativen Minderungspotenziale der NO ₂ -Jahresmittelwerte in Deutschland, bezogen auf die Referenz 2020: Maßnahmenpakete Sonstiger Verkehr, M34, M35, M54.	73
Tabelle 5-9 Bandbreiten der absoluten und relativen Minderungspotenziale der NO ₂ -Jahresmittelwerte in Deutschland, bezogen auf die Referenz 2020: Maßnahmenpakete Kleinfeuerungsanlagen, M44, M45, M59.	77
Tabelle 5-10 Bandbreiten der absoluten und relativen Minderungspotenziale der NO ₂ -Jahresmittelwerte in Deutschland, bezogen auf die Referenz 2020: Maßnahmenpakete Großfeuerungsanlagen, M46, M47, M52.	81
Tabelle 5-11 Bandbreiten der absoluten und relativen Minderungspotenziale der NO ₂ -Jahresmittelwerte in Deutschland, bezogen auf die Referenz 2020: Maßnahmenpakete Industrie, M48, M49.	84
Tabelle 5-12 Bandbreiten der absoluten und relativen Minderungspotenziale der NO ₂ -Jahresmittelwerte in Deutschland, bezogen auf die Referenz 2020: Maßnahmenpakete Klimaschutzszenarien, M76, M77, M83, M94. Negative Angaben bedeuten Abnahmen, positive Angaben Zunahmen der Konzentration bezogen auf die Referenz 2020.	87
Tabelle 6-1 Bevölkerungsgewichtete NO ₂ -Minderungspotenziale für 6 Bewertungsklassen. Die Potenziale geben für jede Maßnahme/Szenario die berechnete Änderung der NO ₂ -Jahresmittelwerte bezüglich der Referenz 2020 an. Negative Angaben bedeuten Zunahmen der NO ₂ -Jahresmittelwerte. Minderung 2005-2020: Minderungen erreichbar mit der Emissionsreferenz 2020 bezogen auf die Referenz 2005. HS-100%: Minderungspotenzial aller deutschen Emissionen bezogen auf die Referenz 2020. Die beiden letzten Spalten geben das absolute und relative maximale lokale Potenzial in Deutschland an.	96
Tabelle 7-1 Bandbreiten der absoluten und relativen Minderungspotenziale der O ₃ -Jahresmittelwerte, der AOT40-Werte und der Anzahl der Tage mit einem maximalen O ₃ -8-h-Mittelwert > 120 µg/m ³ bezogen auf die Referenz 2020: Maßnahmenpakete M20 bis M35. Negative Angaben bedeuten Abnahmen, positive Angaben Zunahmen der Konzentration bezogen auf die Referenz 2020.	107
Tabelle 8-1 NO ₂ -Minderungspotenziale für das MFR-Szenario gesamt (MFR), das MFR-Szenario „technische Maßnahmen“ (MFR-T) und das MFR-Szenario „nicht-technische Maßnahmen“ (MFR-NT). Die Potenziale sind für die Bevölkerungsklassen BVK1 und BVK4 als prozentuale Anteile der durch die Referenz 2020 von 2005 bis 2020 erreichbaren Minderungen ausgedrückt.	123

11 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1 Bevölkerungsdichte in Einwohner/km ² in 4 Klassen. Zur Klassendefinition siehe Text. Die Auflösung entspricht der Auflösung des Nestes 2, Deutschland fein: 0.0625° Breite, 0.125°, circa 8 km x 7 km.	5
Abbildung 4-1 NO ₂ -Jahresmittelwerte für die Emissionsreferenz 2020 in µg/m ³ . MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) sowie die mittlere Konzentration (MEAN) über Deutschland an. Meteorologische Referenz ist 2005.	35
Abbildung 4-2 Absolute Änderung der NO ₂ -Jahresmittelwerte als Folge der Emissionsentwicklung 2005 nach 2020 in µg/m ³ . MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsänderungsbereich (MIN und MAX) sowie die mittlere Konzentrationsänderung (MEAN) über Deutschland an. Meteorologische Referenz ist 2005.	36
Abbildung 4-3 Relative Änderung der NO ₂ -Jahresmittelwerte als Folge der Emissionsentwicklung 2005 nach 2020 in %. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich der Änderung (MIN und MAX) sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an. Meteorologische Referenz ist 2005.	36
Abbildung 4-4 O ₃ -Jahresmittelwerte für die Emissionsreferenz 2020 in µg/m ³ . MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) sowie die mittlere Konzentration (MEAN) über Deutschland an. Meteorologische Referenz ist 2005.	37
Abbildung 4-5 Absolute Änderung der O ₃ -Jahresmittelwerte als Folge der Emissionsentwicklung 2005 nach 2020 in µg/m ³ . MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsänderungsbereich (MIN und MAX) sowie die mittlere Konzentrationsänderung (MEAN) über Deutschland an. Meteorologische Referenz ist 2005.	38
Abbildung 4-6 Relative Änderung der O ₃ -Jahresmittelwerte als Folge der Emissionsentwicklung 2005 nach 2015 in %. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich der Änderung (MIN und MAX) sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an. Meteorologische Referenz ist 2005.	38

Abbildung 4-7 AOT40-Werte zum Schutz der Vegetation für die Emissionsreferenz 2020 in µg/m ³ h. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) sowie die mittlere Konzentration (MEAN) über Deutschland an. Meteorologische Referenz ist 2005.	39
Abbildung 4-8 Absolute Änderung der AOT40-Werte für Vegetation als Folge der Emissionsentwicklung 2005 nach 2020 in µg/m ³ h. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsänderungsbereich (MIN und MAX) sowie die mittlere Konzentrationsänderung (MEAN) über Deutschland an. Meteorologische Referenz ist 2005.	40
Abbildung 4-9 Relative Änderung der AOT40-Werte für Vegetation als Folge der Emissionsentwicklung 2005 nach 2020 in %. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich der Änderung (MIN und MAX) sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an. Meteorologische Referenz ist 2005.	40
Abbildung 4-10 Anzahl der Tage mit einem maximalen O ₃ -8-h-Mittelwert > 120 µg/m ³ für die Emissionsreferenz 2020. MIN und MAX geben die kleinste und größte Anzahl von Tagen an, MEAN die mittlere Anzahl von Tagen über Deutschland. Meteorologische Referenz ist 2005.	41
Abbildung 4-11 Änderung der Anzahl der Tage mit einem maximalen O ₃ -8-h-Mittelwert 120 µg/m ³ als Folge der Emissionsentwicklung 2005 nach 2020. MIN und MAX geben die kleinste und größte Anzahl von Tagen an, MEAN die mittlere Anzahl von Tagen über Deutschland. Meteorologische Referenz ist 2005.	41
Abbildung 5-1 NO ₂ -Jahresmittelwerte in µg/m ³ in Deutschland ohne die deutschen Emissionen, Referenz 2020	44
Abbildung 5-2 Relativer Beitrag (%) der deutschen Emissionen zu den NO ₂ -Jahresmittelwerten der Referenz 2020. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich des Beitrags (MIN und MAX) sowie den mittleren Beitrag (MEAN) über Deutschland an.	44
Abbildung 5-3 Beitrag der deutschen Emissionen in µg/m ³ zu den NO ₂ -Jahresmittelwerten der Referenz 2020.	45
Abbildung 5-4 Beitrag (µg/m ³) der Verursachergruppe „Energy transformation“ (SNAP 1) zu den NO ₂ -Jahresmitteln der Referenz 2020 (siehe Abbildung 4-1).	47
Abbildung 5-5 Anteil (%) der Verursachergruppe „Energy transformation“ (SNAP 1) am NO ₂ -Immissionsbeitrag der deutschen Emissionen zur Referenz 2020 (siehe Abbildung 5-3).	47
Abbildung 5-6 Beitrag (µg/m ³) der Verursachergruppe „Small combustion sources“ (SNAP 2) zu den NO ₂ -Jahresmitteln der Referenz 2020 (siehe Abbildung 4-1).	48
Abbildung 5-7 Anteil (%) der Verursachergruppe „Small combustion sources“ (SNAP 2) am NO ₂ -Immissionsbeitrag der deutschen Emissionen zur Referenz 2020 (siehe Abbildung 5-3).	48
Abbildung 5-8 Beitrag (µg/m ³) der Verursachergruppe „Industrial combustion“ (SNAP 3) zu den NO ₂ -Jahresmitteln der Referenz 2020 (siehe Abbildung 4-1).	49
Abbildung 5-9 Anteil (%) der Verursachergruppe „Industrial combustion“ (SNAP 3) am NO ₂ -Immissionsbeitrag der deutschen Emissionen zur Referenz 2020 (siehe Abbildung 5-3).	49
Abbildung 5-10 Beitrag (µg/m ³) der Verursachergruppe „Industrial process emissions“ (SNAP 4) zu den NO ₂ -Jahresmitteln der Referenz 2020 (siehe Abbildung 4-1).	50
Abbildung 5-11 Anteil (%) der Verursachergruppe „Industrial process emissions“ (SNAP 4) am NO ₂ -Immissionsbeitrag der deutschen Emissionen zur Referenz 2020 (siehe Abbildung 5-3).	50
Abbildung 5-12 Beitrag (µg/m ³) der Verursachergruppe „Road transport“ (SNAP 7) zu den NO ₂ -Jahresmitteln der Referenz 2020 (siehe Abbildung 4-1).	51
Abbildung 5-13 Anteil (%) der Verursachergruppe „Road transport“ (SNAP 7) am NO ₂ -Immissionsbeitrag der deutschen Emissionen zur Referenz 2020 (siehe Abbildung 5-3).	51
Abbildung 5-14 Beitrag (µg/m ³) der Verursachergruppe „Non road transport“ (SNAP 8) zu den NO ₂ -Jahresmitteln der Referenz 2020 (siehe Abbildung 4-1).	52
Abbildung 5-15 Anteil (%) der Verursachergruppe „Non road transport“ (SNAP 8) am NO ₂ -Immissionsbeitrag der deutschen Emissionen zur Referenz 2020 (siehe Abbildung 5-3).	52
Abbildung 5-16 Beitrag (µg/m ³) der Verursachergruppe „Agriculture“ (SNAP 10) zu den NO ₂ -Jahresmitteln der Referenz 2020 (siehe Abbildung 4-1).	53
Abbildung 5-17 Anteil (%) der Verursachergruppe „Agriculture“ (SNAP 10) am NO ₂ -Immissionsbeitrag der deutschen Emissionen zur Referenz 2020 (siehe Abbildung 5-3).	53
Abbildung 5-18 Bevölkerungsgewichtete NO ₂ -Konzentrationen der Referenz 2020 für die 4 Bevölkerungsklassen, das Deutschlandmittel und das Mittel an den AEI-Stationen in µg/m ³ .	54
Abbildung 5-19 Bevölkerungsgewichtete NO ₂ -Konzentrationen der Referenz 2020 für die 4 Bevölkerungsklassen, das Deutschlandmittel und das Mittel an den AEI-Stationen in µg/m ³ . Roter Anteil: Maximal erreichbares NO ₂ -Minderungspotenzial durch eine 100%ige Reduktion aller deutschen Emissionen. Blauer Anteil: Mittlere NO ₂ -Konzentration ohne die deutschen Emissionen.	55
Abbildung 5-20 Maximal mögliches NO ₂ -Minderungspotenzial der betrachteten Verursachergruppen relativ zum Potenzial aller deutschen Emissionen (SNAP 1-10 = 100%). Bevölkerungsgewichtetes Mittel der Bevölkerungsklasse 1 (Ländliche Gebiete). Das Potenzial aller deutschen Emissionen beträgt für die Bevölkerungsklasse 1 circa 5.2 µg/m ³ .	56

Abbildung 5-21 Maximal mögliches NO ₂ -Minderungspotenzial der betrachteten Verursachergruppen relativ zum Potenzial aller deutschen Emissionen (SNAP 1-10 = 100%). Bevölkerungsgewichtetes Mittel der Bevölkerungsklasse 4 (Ballungsräume). Das Potenzial aller deutschen Emissionen beträgt für die Bevölkerungsklasse 4 circa 14.2 µg/m ³ .	57
Abbildung 5-22 Maximal mögliches NO ₂ -Minderungspotenzial der betrachteten Verursachergruppen relativ zum Potenzial aller deutschen Emissionen (SNAP 1-10 = 100%). Bevölkerungsgewichtetes Mittel der Bevölkerungsklasse 4 (Ballungsräume). Verkehrsemissionen berechnet mit TREMOVE 2.7. Das Potenzial aller deutschen Emissionen beträgt auf Basis von TREMOVE 2.7 für die Bevölkerungsklasse 4 circa 17.9 µg/m ³ .	57
Abbildung 5-23 Absolute Änderung der NO ₂ -Jahresmittelwerte in µg/m ³ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M20 (MFR-Szenario). Die Änderung wird berechnet als: M20-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.	59
Abbildung 5-24 Relative Änderung der NO ₂ -Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M20 (MFR-Szenario). Die Änderung wird berechnet als: M20-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.	59
Abbildung 5-25 Absolute Änderung der NO ₂ -Jahresmittelwerte in µg/m ³ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M21 (MFR-Szenario, nicht-technische Maßnahmen). Die Änderung wird berechnet als: M21-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.	60
Abbildung 5-26 Relative Änderung der NO ₂ -Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M21 (MFR-Szenario, nicht-technische Maßnahmen). Die Änderung wird berechnet als: M21-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.	60
Abbildung 5-27 Absolute Änderung der NO ₂ -Jahresmittelwerte in µg/m ³ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M22 (MFR-Szenario, technische Maßnahmen). Die Änderung wird berechnet als: M22-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.	61
Abbildung 5-28 Relative Änderung der NO ₂ -Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M22 (MFR-Szenario, technische Maßnahmen). Die Änderung wird berechnet als: M22-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.	61
Abbildung 5-29 Absolute Änderung der NO ₂ -Jahresmittelwerte in µg/m ³ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M25 (MFR-Kleinf Feuerungsanlagen, SNAP 2). Die Änderung wird berechnet als: M25-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.	63
Abbildung 5-30 Relative Änderung der NO ₂ -Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M25 (MFR-Kleinf Feuerungsanlagen, SNAP 2). Die Änderung wird berechnet als: M25-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.	63
Abbildung 5-31 Absolute Änderung der NO ₂ -Jahresmittelwerte in µg/m ³ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M26 (MFR-Großfeuerungsanlagen, SNAP 1, 3). Die Änderung wird berechnet als: M26-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.	64
Abbildung 5-32 Relative Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M26 (MFR-Großfeuerungsanlagen, SNAP 1, 3). Die Änderung wird berechnet als: M26-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.	64
Abbildung 5-33 Absolute Änderung der NO ₂ -Jahresmittelwerte in µg/m ³ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M27 (MFR-Produktionsprozesse, SNAP 4). Die Änderung wird berechnet als: M27-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.	65
Abbildung 5-34 Relative Änderung der NO ₂ -Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M27 (MFR-Produktionsprozesse, SNAP 4). Die Änderung wird berechnet als: M27-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.	65
Abbildung 5-35 Absolute Änderung der NO ₂ -Jahresmittelwerte in µg/m ³ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M28 (MFR-Verkehr, SNAP 7). Die Änderung wird berechnet als: M28-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.	66

Abbildung 5-36 Relative Änderung der NO ₂ -Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M28 (MFR-Verkehr, SNAP 7). Die Änderung wird berechnet als: M28-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.	66
Abbildung 5-37 Absolute Änderung der NO ₂ -Jahresmittelwerte in µg/m ³ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M29 (MFR-Sonstiger Verkehr, SNAP 8). Die Änderung wird berechnet als: M29-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.	67
Abbildung 5-38 Relative Änderung der NO ₂ -Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M29 (MFR-Sonstiger Verkehr, SNAP 8). Die Änderung wird berechnet als: M29-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.	67
Abbildung 5-39 Absolute Änderung der NO ₂ -Jahresmittelwerte in µg/m ³ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M32 (MFR-Verkehr, technische Maßnahmen, SNAP 7). Die Änderung wird berechnet als: M32-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.	69
Abbildung 5-40 Relative Änderung der NO ₂ -Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M32 (MFR-Verkehr, technische Maßnahmen, SNAP 7). Die Änderung wird berechnet als: M32-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.	69
Abbildung 5-41 Absolute Änderung der NO ₂ -Jahresmittelwerte in µg/m ³ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M33 (MFR-Verkehr, nicht-technische Maßnahmen, SNAP 7). Die Änderung wird berechnet als: M33-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.	70
Abbildung 5-42 Relative Änderung der NO ₂ -Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M33 (MFR-Verkehr, nicht-technische Maßnahmen, SNAP 7). Die Änderung wird berechnet als: M33-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.	70
Abbildung 5-43 Absolute Änderung der NO ₂ -Jahresmittelwerte in µg/m ³ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M50 (Verkehr-Tempolimit, SNAP 7). Die Änderung wird berechnet als: M50-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.	71
Abbildung 5-44 Relative Änderung der NO ₂ -Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M50 (Verkehr-Tempolimit, SNAP 7). Die Änderung wird berechnet als: M50-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.	71
Abbildung 5-45 Absolute Änderung der NO ₂ -Jahresmittelwerte in µg/m ³ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M53 (Verkehr-Einzelmaßnahme V012, SNAP 7). Die Änderung wird berechnet als: M53-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.	72
Abbildung 5-46 Relative Änderung der NO ₂ -Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M53 (Verkehr-Einzelmaßnahme V012, SNAP 7). Die Änderung wird berechnet als: M53-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.	72
Abbildung 5-47 Absolute Änderung der NO ₂ -Jahresmittelwerte in µg/m ³ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M34 (MFR-Sonstiger Verkehr, technische Maßnahmen, SNAP 8). Die Änderung wird berechnet als: M34-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.	74
Abbildung 5-48 Relative Änderung der NO ₂ -Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M34 (MFR-Sonstiger Verkehr, technische Maßnahmen, SNAP 8). Die Änderung wird berechnet als: M34-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.	74
Abbildung 5-49 Absolute Änderung der NO ₂ -Jahresmittelwerte in µg/m ³ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M35 (MFR-Sonstiger Verkehr, nicht-technische Maßnahmen, SNAP 8). Die Änderung wird berechnet als: M35-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.	75

Abbildung 5-50 Relative Änderung der NO ₂ -Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M35 (MFR-Sonstiger Verkehr, nicht-technische Maßnahmen, SNAP 8). Die Änderung wird berechnet als: M35-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an. ...	75
Abbildung 5-51 Absolute Änderung der NO ₂ -Jahresmittelwerte in µg/m ³ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M54 (Sonstiger Verkehr, Maßnahme MM009, SNAP 8). Die Änderung wird berechnet als: M54-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.	76
Abbildung 5-52 Relative Änderung der NO ₂ -Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M54 (Sonstiger Verkehr, Maßnahme MM009, SNAP 8). Die Änderung wird berechnet als: M54-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.	76
Abbildung 5-53 Absolute Änderung der NO ₂ -Jahresmittelwerte in µg/m ³ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M44 (Kleinf Feuerungsanlagen, Ökodesign, SNAP 2). Die Änderung wird berechnet als: M44-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.	78
Abbildung 5-54 Relative Änderung der NO ₂ -Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M44 (Kleinf Feuerungsanlagen, Ökodesign, SNAP 2). Die Änderung wird berechnet als: M44-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.	78
Abbildung 5-55 Absolute Änderung der NO ₂ -Jahresmittelwerte in µg/m ³ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M45 (Kleinf Feuerungsanlagen, 1. BImSchV, SNAP 2). Die Änderung wird berechnet als: M45-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.	79
Abbildung 5-56 Relative Änderung der NO ₂ -Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M45 (Kleinf Feuerungsanlagen, 1. BImSchV, SNAP 2). Die Änderung wird berechnet als: M45-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.	79
Abbildung 5-57 Absolute Änderung der NO ₂ -Jahresmittelwerte in µg/m ³ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M59 (Kleinf Feuerungsanlagen, Öl- statt Holzfeuerungen, SNAP 2). Die Änderung wird berechnet als: M59-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.	80
Abbildung 5-58 Relative Änderung der NO ₂ -Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M59 (Kleinf Feuerungsanlagen, Öl- statt Holzfeuerungen, SNAP 2). Die Änderung wird berechnet als: M59-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.	80
Abbildung 5-59 Absolute Änderung der NO ₂ -Jahresmittelwerte in µg/m ³ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M46 (Großfeuerungsanlagen, IED-Richtlinie, SNAP 1, 3). Die Änderung wird berechnet als: M46-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.	82
Abbildung 5-60 Relative Änderung der NO ₂ -Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M46 (Großfeuerungsanlagen, IED-Richtlinie, SNAP 1, 3). Die Änderung wird berechnet als: M46-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.	82
Abbildung 5-61 Absolute Änderung der NO ₂ -Jahresmittelwerte in µg/m ³ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M47 (Großfeuerungsanlagen, IED-Richtlinie, UBA-Entwurf, SNAP 1, 3). Die Änderung wird berechnet als: M47-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.	83
Abbildung 5-62 Relative Änderung der NO ₂ -Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M47 (Großfeuerungsanlagen, IED-Richtlinie, UBA-Entwurf, SNAP 1, 3). Die Änderung wird berechnet als: M47-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.	83
Abbildung 5-63 Absolute Änderung der NO ₂ -Jahresmittelwerte in µg/m ³ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M48 (MFR-Industrie-NO _x , SNAP 4). Die Änderung wird berechnet als: M48-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.	85

Abbildung 5-64 Relative Änderung der NO ₂ -Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M48 (MFR-Industrie-NO _x , SNAP 4). Die Änderung wird berechnet als: M48-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.	85
Abbildung 5-65 Absolute Änderung der NO ₂ -Jahresmittelwerte in µg/m ³ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M76 (Klimaschutzszenario MMS). Die Änderung wird berechnet als: M76-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.	88
Abbildung 5-66 Relative Änderung der NO ₂ -Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M76 (Klimaschutzszenario MMS). Die Änderung wird berechnet als: M76-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.	88
Abbildung 5-67 Absolute Änderung der NO ₂ -Jahresmittelwerte in µg/m ³ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M77 (Klimaschutzszenario MWMS). Die Änderung wird berechnet als: M77-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.	89
Abbildung 5-68 Relative Änderung der NO ₂ -Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M77 (Klimaschutzszenario MWMS). Die Änderung wird berechnet als: M77-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.	89
Abbildung 5-69 Absolute Änderung der NO ₂ -Jahresmittelwerte in µg/m ³ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M83 (Klimaschutzszenario MWMS+MFR). Die Änderung wird berechnet als: M83-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.	90
Abbildung 5-70 Relative Änderung der NO ₂ -Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M83 (Klimaschutzszenario MWMS+MFR). Die Änderung wird berechnet als: M77-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.	90
Abbildung 5-71 Absolute Änderung der NO ₂ -Jahresmittelwerte in µg/m ³ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M94 (Klimaschutzszenario MWMS+MFR-Kleinf Feuerungsanlagen). Die Änderung wird berechnet als: M94-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.	91
Abbildung 5-72 Relative Änderung der NO ₂ -Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M94 (Klimaschutzszenario MWMS+MFR-Kleinf Feuerungsanlagen). Die Änderung wird berechnet als: M94-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.	91
Abbildung 6-1 Bevölkerungsgewichtete NO ₂ -Minderungspotenziale für die Bevölkerungsklassen 1 und 4. Die Potenziale geben für jede Maßnahme die berechnete absolute Änderung der NO ₂ -Jahresmittelwerte in µg/m ³ bezogen auf die Referenz 2020 an.	97
Abbildung 6-2 Maximale berechnete absolute Änderung der NO ₂ -Jahresmittelwerte in µg/m ³ (oben) und maximale relative Änderung in % (unten) in Deutschland bezogen auf die Referenz 2020.	98
Abbildung 6-3 Bevölkerungsgewichtete relative NO ₂ -Minderungspotenziale für die Bevölkerungsklassen 1 und 4. Die Potenziale geben für jede Maßnahme das Potenzial in % der Minderung an, die für die Referenz 2020 (NO ₂ -Minderung von 2005 bis 2020) berechnet wird.	99
Abbildung 6-4 Bevölkerungsgewichtete relative NO ₂ -Minderungspotenziale für die Bevölkerungsklassen 1 und 4. Die Potenziale geben für jede Maßnahme das Potenzial in % des Potenzials an, das für das MFR-Szenario M20 berechnet wird.	100
Abbildung 6-5 Bevölkerungsgewichtete relative NO ₂ -Minderungspotenziale aller MFR-Szenarien für die Bevölkerungsklassen 1 und 4. Die Potenziale geben für jede Maßnahme das Potenzial in % der Minderung an, die für die Referenz 2020 (NO ₂ -Minderung von 2005 bis 2020) berechnet wird.	101
Abbildung 6-6 Bevölkerungsgewichtete relative NO ₂ -Minderungspotenziale aller Szenarien der Verursachergruppe Straßenverkehr und des MFR-Szenarios M20 für die Bevölkerungsklassen 1 und 4. Die Potenziale geben für jede Maßnahme das Potenzial in % der Minderung an, die für die Referenz 2020 (PM10-Minderung von 2005 bis 2020=100%) berechnet wird.	102
Abbildung 6-7 Bevölkerungsgewichtete relative NO ₂ -Minderungspotenziale aller Szenarien der Verursachergruppe Sonstiger Verkehr und des MFR-Szenarios M20 für die Bevölkerungsklassen 1 und 4. Die Potenziale geben für jede Maßnahme das Potenzial in % der Minderung an, die für die Referenz 2020 (PM10-Minderung von 2005 bis 2020=100%) berechnet wird.	103

Abbildung 6-8 Bevölkerungsgewichtete relative NO ₂ -Minderungspotenziale der Klimaschutzszenarien für die Bevölkerungsklassen 1 und 4. Die Potenziale sind in % der Minderung angegeben, die für die Referenz 2020 (NO ₂ -Minderung von 2005 bis 2020=100%) berechnet wird.	105
Abbildung 7-1 Absolute Änderung der O ₃ -Jahresmittelwerte in µg/m ³ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M20 (MFR-Szenario). Die Änderung wird berechnet als: M20-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.	108
Abbildung 7-2 Relative Änderung der O ₃ -Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M20 (MFR-Szenario). Die Änderung wird berechnet als: M20-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.	108
Abbildung 7-3 Absolute Änderung der O ₃ -Jahresmittelwerte in µg/m ³ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M21 (MFR-Szenario, nicht-technische Maßnahmen). Die Änderung wird berechnet als: M21-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.	109
Abbildung 7-4 Relative Änderung der O ₃ -Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M21 (MFR-Szenario, nicht-technische Maßnahmen). Die Änderung wird berechnet als: M21-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.	109
Abbildung 7-5 Absolute Änderung der O ₃ -Jahresmittelwerte in µg/m ³ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M22 (MFR-Szenario, technische Maßnahmen). Die Änderung wird berechnet als: M22-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland.	110
Abbildung 7-6 Relative Änderung der O ₃ -Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M22 (MFR-Szenario, technische Maßnahmen). Die Änderung wird berechnet als: M22-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.	110
Abbildung 7-7 Absolute Änderung der AOT40-Werte in µg/m ³ h bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M20 (MFR-Szenario). Die Änderung wird berechnet als: M20-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.	111
Abbildung 7-8 Relative Änderung der AOT40-Werte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M20 (MFR-Szenario). Die Änderung wird berechnet als: M20-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.	111
Abbildung 7-9 Absolute Änderung der AOT40-Werte in µg/m ³ h bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M21 (MFR-Szenario, nicht-technische Maßnahmen). Die Änderung wird berechnet als: M21-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.	112
Abbildung 7-10 Relative Änderung der AOT40-Werte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M21 (MFR-Szenario, nicht-technische Maßnahmen). Die Änderung wird berechnet als: M21-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.	112
Abbildung 7-11 Absolute Änderung der AOT40-Werte in µg/m ³ h bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M22 (MFR-Szenario, technische Maßnahmen). Die Änderung wird berechnet als: M22-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.	113
Abbildung 7-12 Relative Änderung der AOT40-Werte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M22 (MFR-Szenario, technische Maßnahmen). Die Änderung wird berechnet als: M22-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.	113
Abbildung 7-13 Änderung der Anzahl der Tage mit einem maximalen O ₃ -8-h-Mittelwert > 120 µg/m ³ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M20 (MFR-Szenario). MIN und MAX geben die kleinste und größte Anzahl von Tagen an, MEAN die mittlere Anzahl von Tagen über Deutschland. Meteorologische Referenz ist 2005.	114
Abbildung 7-14 Änderung der Anzahl der Tage mit einem maximalen O ₃ -8-h-Mittelwert > 120 µg/m ³ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M21 (MFR-Szenario, nicht-technische Maßnahmen). MIN und MAX geben die kleinste und größte Anzahl von Tagen an, MEAN die mittlere Anzahl von Tagen über Deutschland. Meteorologische Referenz ist 2005.	114
Abbildung 7-15 Änderung der Anzahl der Tage mit einem maximalen O ₃ -8-h-Mittelwert > 120 µg/m ³ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M22 (MFR-Szenario, technische Maßnahmen). MIN und MAX	

geben die kleinste und größte Anzahl von Tagen an, MEAN die mittlere Anzahl von Tagen über Deutschland. Meteorologische Referenz ist 2005.....	115
Abbildung 8-1 Absolute NO ₂ -Immissionsminderungen in µg/m ³ , die aufgrund der Emissionsentwicklung 2005 bis 2010, 2010 bis 2015, 2015 bis 2020 (Referenzszenarien) und durch die zusätzlichen Maßnahmen des MFR-Szenarios M20 erreicht werden können. Mittlere bevölkerungsgewichtete Abnahmen der Jahresmittelwerte für die 6 Bewertungsklassen. Weitere Erläuterungen im Text.	122

12 Anhang: Städtische Hintergrundstationen zur Bestimmung des „Average Exposure Indicator“, AEI

DEBB021	Potsdam-Zentrum
DEBB064	Cottbus
DEBE010	Berlin-Wedding-Amrumer Strasse
DEBE034	Berlin-Neukoelln-Nansenstrasse
DEBE068	Berlin-Brückenstraße
DEBW013	Stuttgart Bad Cannstatt
DEBW081	Karlsruhe-Nordwest
DEBY039	Muenchen/Lothstrasse
DEBY058	Nuernberg/Muggenhof
DEBY099	Augsburg/LfU
DEHB002	Bremen-Ost
DEHE008	Frankfurt-Ost
DEHE013	Kassel-Mitte
DEHE022	Wiesbaden-Sued
DEHH008	Hamburg Sternschanze
DEHH059	Hamburg Wilhelmsburg
DEMV019	Güstrow
DEMV021	Rostock-Warnemünde
DENI038	Osnabrueck
DENI054	Hannover/Linden
DENW008	Dortmund2
DENW024	Essen-Vogelheim
DENW038	Mülheim-Styrum
DENW053	Köln-Chorweiler
DENW067	Bielefeld
DENW071	Düsseldorf-Loerick
DENW094	Aachen-Burtscheid
DENW095	Muenster-Geist
DENW114	Wuppertal-Langerfeld
DERP009	Mainz-Zitadelle
DESH023	Lübeck-St. Jürgen
DESL012	Saarbruecken-City
DESN085	Dresden-HerzoginGarten
DEST050	Halle/Nord
DEST077	Magdeburg/West
DETH020	Erfurt Kraempferstr.