

TEXTE

61/2013

Bewertung von Emissionsminderungsszenarien mit Hilfe chemischer Transportberechnungen

PM10- und PM2,5-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,19

**Bewertung von
Emissionsminderungsszenarien mit
Hilfe chemischer
Transportberechnungen: PM10- und
PM2,5-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/4536.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 Appelhans

Dessau-Roßlau, Juni 2013

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Auswertesystematik	4
3	Referenzemissionen und Maßnahmenpakete	7
3.1	Referenzemissionen 2020	7
3.2	Emissionsminderungspotenziale bzgl. der Referenz 2020	9
3.2.1	Zusammenstellung der betrachteten Einzelmaßnahmen	9
3.2.2	Maßnahmenpaket M20: MFR	15
3.2.3	Maßnahmenpaket M21: MFR-NT, Nicht-technische Maßnahmen	15
3.2.4	Maßnahmenpaket M22: MFR-T, technische Maßnahmen	16
3.2.5	Maßnahmenpaket M23: MFR-Landwirtschaft	16
3.2.6	Maßnahmenpaket M24: MFR Lösemittel	17
3.2.7	Maßnahmenpaket M25: MFR-Kleinfeuerungsanlagen	17
3.2.8	Maßnahmenpaket M26: MFR-Großfeuerungsanlagen	18
3.2.9	Maßnahmenpaket M27: MFR-Produktionsprozesse	18
3.2.10	Maßnahmenpaket M28: MFR-Verkehr	19
3.2.11	Maßnahmenpaket M29: MFR-Sonstiger Verkehr	19
3.2.12	Maßnahmenpaket M30: MFR-Landwirtschaft, nicht-technische Maßnahmen ..	20
3.2.13	Maßnahmenpaket M31: MFR-Landwirtschaft, technische Maßnahmen	20
3.2.14	Maßnahmenpaket M32: MFR-Verkehr, technische Maßnahmen	21
3.2.15	Maßnahmenpaket M33: MFR-Verkehr, nicht-technische Maßnahmen	21
3.2.16	Maßnahmenpaket M34: MFR-Sonstiger Verkehr, technische Maßnahmen	22
3.2.17	Maßnahmenpaket M35: MFR-Sonstiger Verkehr, nicht-technische Maßnahmen 22	
3.2.18	Maßnahmenpaket M43: MFR-Landwirtschaft, Tierhaltung	23
3.2.19	Maßnahmenpaket M44: Kleinfeuerungsanlagen, Ökodesign	23
3.2.20	Maßnahmenpaket M45: Kleinfeuerungsanlagen, 1. BImSchV	24
3.2.21	Maßnahmenpaket M46: Großfeuerungsanlagen, IED-Richtlinie	24
3.2.22	Maßnahmenpaket M47: Großfeuerungsanlagen, IED-Richtlinie, UBA-Entwurf 25	
3.2.23	Maßnahmenpaket M48: MFR-Industrie-NOx	25
3.2.24	Maßnahmenpaket M49: MFR-Industrie-Feinstaub	26
3.2.25	Maßnahmenpaket M50: Tempolimit	26
3.2.26	Maßnahmenpaket M51: Landwirtschaft, Maßnahme A012	27
3.2.27	Maßnahmenpaket M52: Großfeuerungsanlagen, Maßnahme G010	27
3.2.28	Maßnahmenpaket M53: Verkehr, Maßnahme V012	28
3.2.29	Maßnahmenpaket M54: Sonstiger Verkehr, Maßnahme MM009	28
3.2.30	Hypothetisches Szenario M59: Kleinfeuerungsanlagen, Ersatz von Holzfeuerungen durch Ölfeuerungen	29
3.2.31	Maßnahmenpaket M73: Landwirtschaft, Maßnahme A007	29
3.2.32	Maßnahmenpaket M74: Landwirtschaft, Maßnahme A009	30
3.2.33	Hypothetisches Szenario M15: Landwirtschaft, „Reduzierter Fleischverbrauch“ 30	
3.2.34	Szenario M76: Klimaschutzszenario MMS	31
3.2.35	Szenario M77: Klimaschutzszenario MWMS	31
3.2.36	Szenario M83: Klimaschutzszenario MWMS+MFR	32
3.2.37	Szenario M84: Klimaschutzszenario MWMS+MFR-Landwirtschaft	32
3.2.38	Szenario M94: Klimaschutzszenario MWMS+MFR-Kleinfeuerungsanlagen ..	33

4	Referenz 2020	34
5	Maßnahmenpakete: PM10-Immissionsminderungspotenziale bzgl. der Referenz 2020	39
5.1	Hypothetische Szenarien: Maximal mögliche Minderungspotenziale	39
5.1.1	Flächenhafte Visualisierung und Auswertung	40
5.1.2	Bevölkerungsgewichtete Auswertung	57
5.2	Minderungspotenziale der einzelnen Maßnahmenbündel: Flächenhafte Visualisierung und Auswertung	61
5.2.1	MFR gesamt, technisch und nicht-technisch: M20, M21, M22	61
5.2.2	MFR pro Verursachergruppe: M23 bis M29	69
5.2.3	Maßnahmenpakete Landwirtschaft: M15, M30, M31, M43, M51, M73, M74	76
5.2.4	Maßnahmenpakete Straßenverkehr: M32, M33, M50, M53	83
5.2.5	Maßnahmenpakete Sonstiger Verkehr: M34, M35, M54	86
5.2.6	Maßnahmenpakete Kleinfeuerungsanlagen: M44, M45, M59	90
5.2.7	Maßnahmenpakete Großfeuerungsanlagen: M46, M47, M52	93
5.2.8	Maßnahmenpakete Industrieprozesse: M48, M49	97
5.2.9	Klimaschutzszenarien: M76, M77, M83, M84, M94	100
6	Mittlere Auswertung der PM10-Potenziale	108
6.1	Überblick	108
6.2	Maßnahmenpakete und hypothetische Szenarien	109
6.3	Die Klimaschutzszenarien	127
7	Auswertung der PM2.5-Potenziale	129
7.1	Überblick	129
7.2	MFR gesamt, technisch und nicht-technisch: M20, M21, M22	129
7.3	Mittlere Auswertung der PM2.5-Potenziale nach Bevölkerungsklassen	133
8	Zusammenfassung	148
9	Literatur	160
10	Tabellenverzeichnis	162
11	Abbildungsverzeichnis	165
12	Anhang: Städtische Hintergrundstationen zur Bestimmung des „Average Exposure Indicator“, AEI	174

1 Einleitung

Ziel des F&E-Vorhabens „Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung“ (PAREST, 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. Die Bestimmung der PM10- und PM2.5-Konzentrationen erfordert die Anwendung komplexer Chemie-Aerosol-Modelle, da sich der Feinstaub (PM10) aus direkt emittierten Partikeln und in der Atmosphäre gebildeten, sog. sekundären Aerosolen zusammensetzt. Die sekundären Aerosole werden erst während des Transports über komplexe physikalisch/chemische Zusammenhänge aus den gasförmigen Vorläuferstoffen Ammoniak (NH₃), Schwefeldioxid (SO₂) und Stickoxiden (NO_x) gebildet und können daher über weite Strecken transportiert werden. Die immissionsseitigen Auswirkungen der geplanten Maßnahmen werden in PAREST hauptsächlich mit dem am Institut für Meteorologie der Freien Universität mit Unterstützung des Umweltbundesamts entwickelten REM-CALGRID-Modell (RCG-Modell, Stern, 2003, 2004; Stern et al., 2008) bestimmt.

Ausgangspunkt der Szenarienrechnungen sind die im Arbeitspaket I des FE-Vorhabens entwickelten Emissionsprognosen, die die Änderung der Emissionen aufgrund von bereits beschlossenen und eingeleiteten technischen und 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, 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 beschreibt die Auswertung der Emissionsszenarien in Deutschland für die Stoffe PM10 und PM2.5. Es werden vorgestellt:

1. Immissionsverteilungen für die Emissionsreferenz 2020 (CLE-Szenario).
2. Änderungen der 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.

Die Auswertungen der Emissionsszenarien für die NO₂- und die Ozonkonzentrationen werden in einem zweiten Bericht zusammengestellt (Stern, 2010a). Eine Bewertung der Ausgangssituation für das Referenzjahr 2005 kann in Stern (2010b, 2010c, 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 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; Kerschbaumer, 2010a).

Der Bericht ist folgendermaßen aufgebaut: In Kapitel 2 folgt eine Beschreibung der Auswertemethodik. Kapitel 3 gibt einen Überblick zu den berechneten Maßnahmenpaketen sowie deren Minderungspotenziale bezüglich der Referenz 2020. Neben den Maßnahmenbündeln werden auch einige weitere Szenarien beschrieben, die auf hypothetischen Annahmen für spezielle Verursacher beruhen (z.B. Ersatz von Holzfeuerungen durch Ölfeuerungen bei den Kleinverbrauchern) oder eine andere Referenz 2020 beschreiben (Klimaschutzszenarien). In Kapitel 4 folgt die Beschreibung der Ausgangssituation (Referenz 2020) und der durch die bereits beschlossenen und bis 2020 umgesetzten Maßnahmen erreichbaren Immissionsminderungen. Die durch zusätzliche Maßnahmen über die Emissionsreferenz 2020 hinaus möglichen PM10-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 PM10-Konzentrationen bewertet. Kapitel 7 liefert die entsprechende Auswertung für PM2.5. Der Bericht schließt mit einer Zusammenfassung in Kapitel 8.

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

2 Auswertesystematik

Die Auswertung der Maßnahmenberechnungen erfolgt auf der Basis der RCG-Ergebnisse in diesem Bericht für die Jahresmittelwerte der Stoffe PM10 und PM2.5. Basis 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 PM2.5 (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 8×7 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

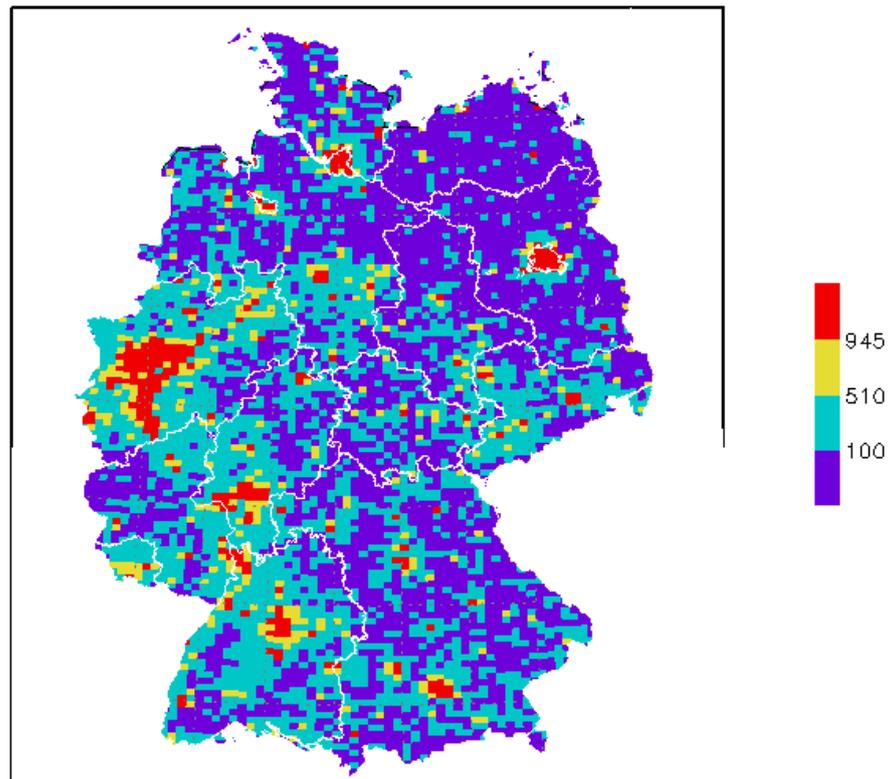
P_i Bevölkerungsanzahl in Zelle i der Klasse j

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.

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 z. B. die PM10-Emissionen der Verursachergruppe Verkehr, Dieselfahrzeuge von 2005 bis 2020 um 90 % auf 2.1 kt/a ab.

Germany Emissions 2020 kt/y	NOX	NMVOG	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
- Kleinf Feuerungsanlagen, Ökodesign: M44
- Kleinf Feuerungsanlagen, 1. BImSchV: M45
- Großfeuerungsanlagen, IED-Richtlinie: M46
- Großfeuerungsanlagen, IED-Richtlinie, UBA-Entwurf: M47
- MFR, Industrie, NOx: 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:

- Kleinf Feuerungsanlagen: 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 Emissionsminderungen durch die entsprechende Maßnahme oder das entsprechende Szenario noch erreicht werden können.

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
V08	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 Innenausbaugewerbe 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 NOx bei gasbefeuernden 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 NOx bei ölbefeuernden Kleinfeuerungsanlagen im Rahmen der geplanten Ökodesign-Richtlinie
G004	1	Großfeuerungsanlagen	Kohlefeuerungen>50-100MW	Vorschläge des UBA zur Verschärfung des NOx-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 NOx-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	Erdgaskessel- feuerungen>50 MW	Absenkung des NOx-Emissionsgrenzwertes auf 20 mg/Nm ³ im Jahresmittel für Erdgaskesselfeuerungen >50 MW
G019	1	Großfeuerungsanlagen	Gasturbinen- Erdgas>50MW	Vorschläge des UBA zur Verschärfung des NOx-Emissionsgrenzwertes für erdgasgefeuerte Gasturbinen >50 MW im Rahmen der geplanten Novellierung der IED-Richtlinie
G021	1	Großfeuerungsanlagen	Ölkessel- feuerungen>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 NOx auf < 200 mg/Nm ³ für alle Anlagen zur Herstellung von Zement
P003	3	Industrieprozesse	Glas	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für NOx auf < 500 mg/Nm ³ für Anlagen zur Herstellung von Glas
P004	3	Industrieprozesse	Sinter	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für NOx auf < 100 mg/Nm ³ für Sinteranlagen
P005	3	Industrieprozesse	Walzstahl	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für NOx 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	NMVOC	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	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	-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	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	-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	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	-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	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		-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	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		-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	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	-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	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	-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 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	-0.41	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 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	-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-NOx

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-NOx 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	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	-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	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	-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: Kleinf Feuerungsanlagen, Ersatz von Holzfeuerungen durch Ölfeuerungen

Change R2020-M59 %	NOX	NMVOC	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 Kleinf Feuerungsanlagen bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Ersatz von Holzfeuerungen durch Ölfeuerungen.

3.2.31 Maßnahmenpaket M73: Landwirtschaft, Maßnahme A007

Change R2020-M73 %	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		-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	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		-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	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		-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	NMVOG	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	NMVOG	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 PM10-Jahresmittelwerte in Deutschland. Die maximalen Jahresmittelwerte von über $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ werden im Ruhrgebiet und im Raum Ludwigshafen/Mannheim berechnet. Zur besseren Einschätzung der Auswirkungen der Maßnahmenpakete zeigen die Abbildung 4-2 und die Abbildung 4-3 die absoluten und relativen PM10-Abnahmen bezüglich der Emissionsreferenz 2005. Durch die bis zum Jahre 2020 umgesetzten Maßnahmen sinken die PM10-Jahresmittelwerte nach den Berechnungen zwischen 1 und $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dies entspricht relativen Abnahmen zwischen circa 8 und 29%.

Die Abbildung 4-4 bis Abbildung 4-6 zeigen dieselbe Auswertung für die PM2.5-Jahresmittelwerte. Die Tabelle 4-1 zeigt die Bandbreite der in Deutschland berechneten Immissionsminderungen für die Emissionsentwicklung 2005 nach 2020.

	Absolute Änderung $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Relative Änderung %
PM10-Jahresmittelwert	-2 bis -11	-8 bis -29
PM2.5-Jahresmittelwert	-1 bis -6	-14 bis -34

Tabelle 4-1 Absolute und relative Änderungsbereiche (Minderungen) der Konzentrationen in Deutschland: Referenz 2020 - Referenz 2005.

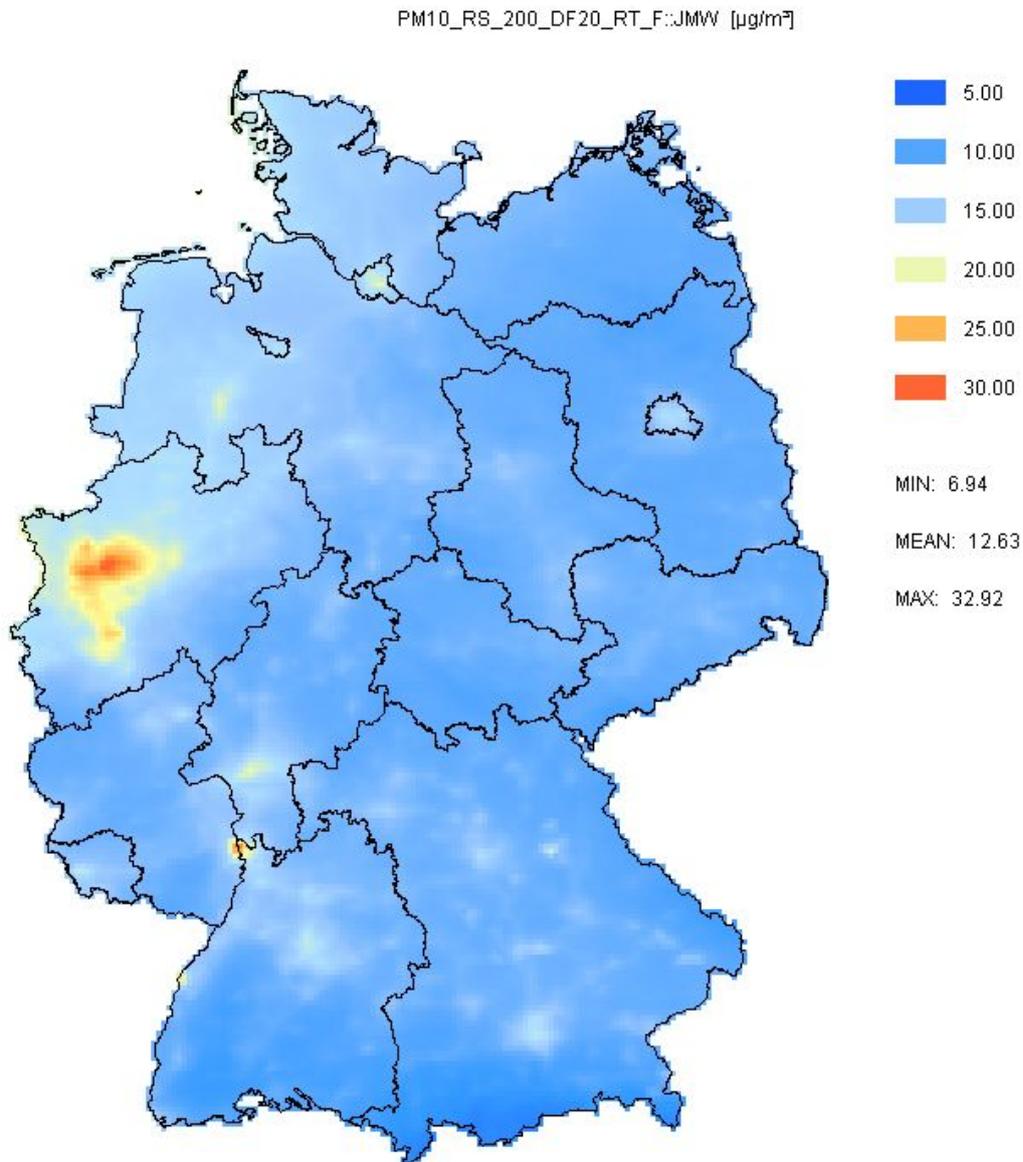


Abbildung 4-1 PM10-Jahresmittelwerte für die Emissionsreferenz 2020 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) sowie die mittlere Konzentration (MEAN) über Deutschland an. Meteorologische Referenz ist 2005.

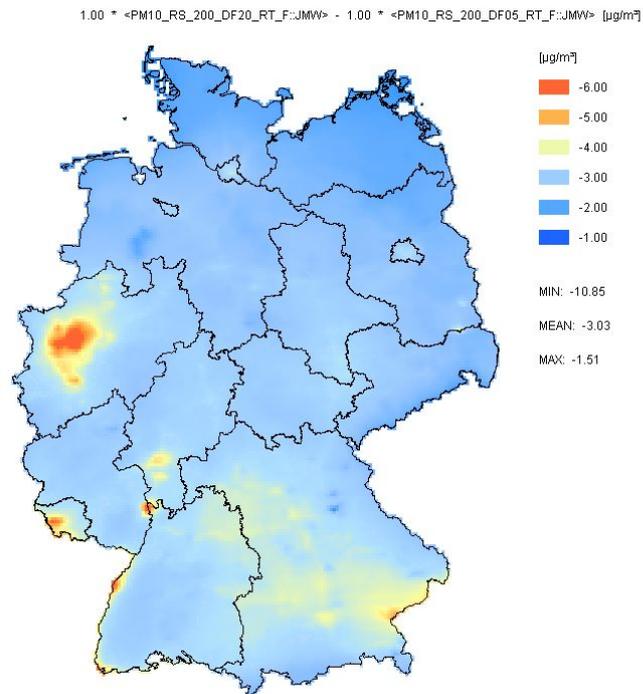


Abbildung 4-2 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte als Folge der Emissionsentwicklung 2005 nach 2020 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsänderungsbereich (MIN und MAX) sowie die mittlere Konzentrationsänderung (MEAN) über Deutschland an. Meteorologische Referenz ist 2005.

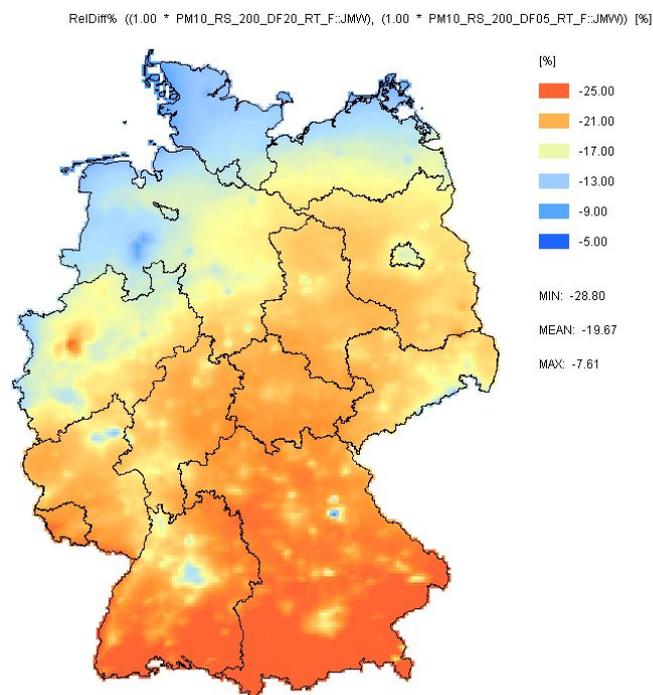


Abbildung 4-3 Relative Änderung der PM10-Jahresmittelwerte als Folge der Emissionsentwicklung 2005 nach 2020 in %. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich der Änderung (MIN und MAX) sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an. Meteorologische Referenz ist 2005.

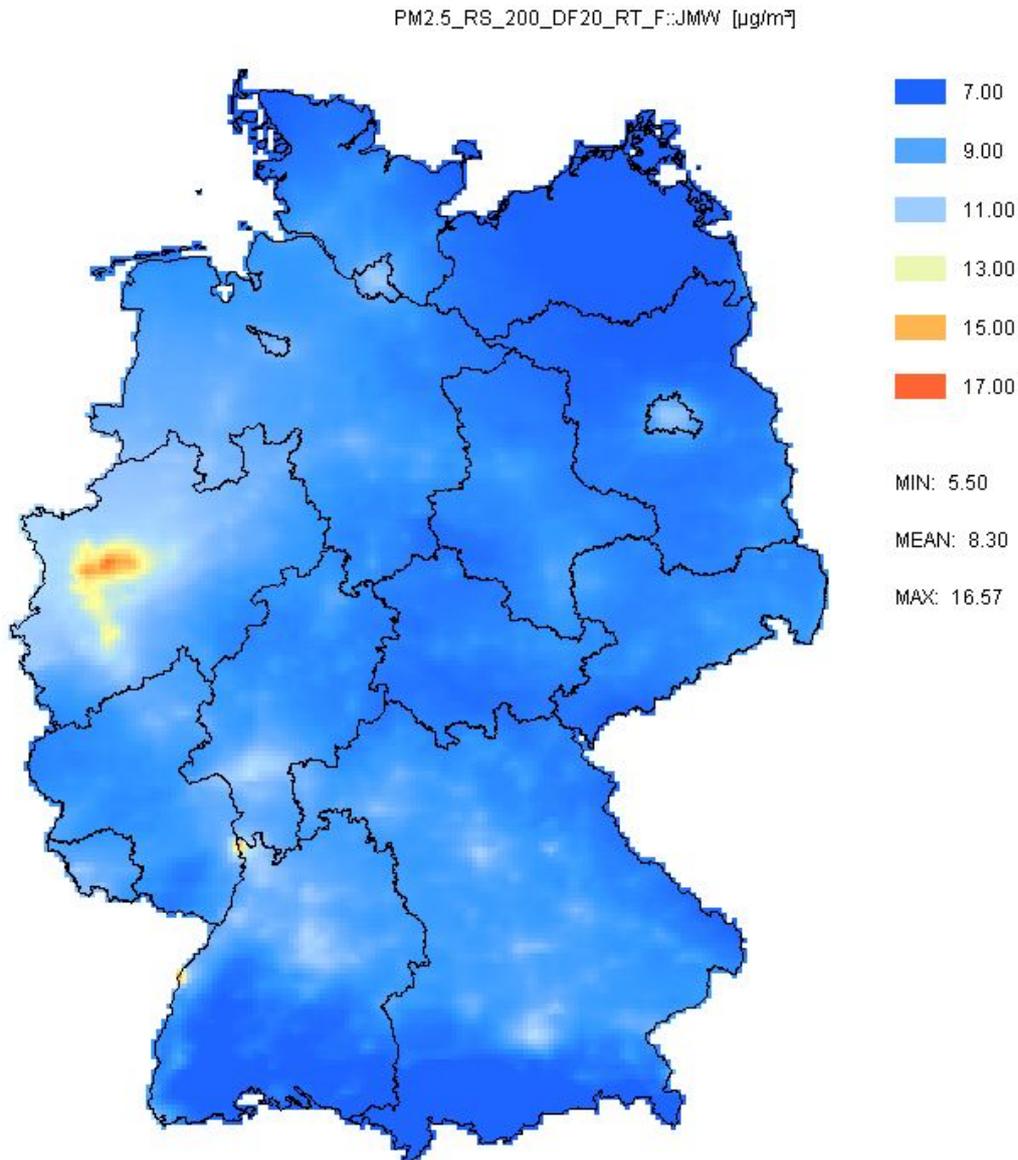


Abbildung 4-4 PM2.5-Jahresmittelwerte für die Emissionsreferenz 2020 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) sowie die mittlere Konzentration (MEAN) über Deutschland an. Meteorologische Referenz ist 2005.

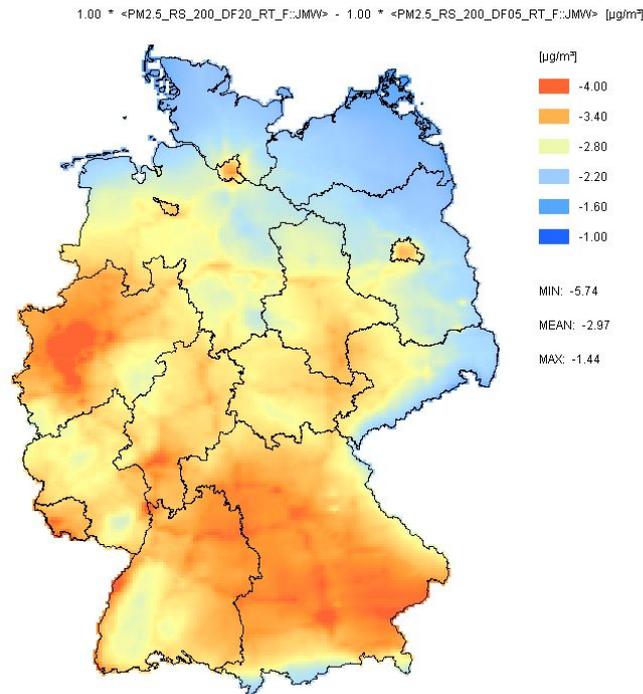


Abbildung 4-5 Absolute Änderung der PM2.5-Jahresmittelwerte als Folge der Emissionsentwicklung 2005 nach 2020 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsänderungsbereich (MIN und MAX) sowie die mittlere Konzentrationsänderung (MEAN) über Deutschland an. Meteorologische Referenz ist 2005.

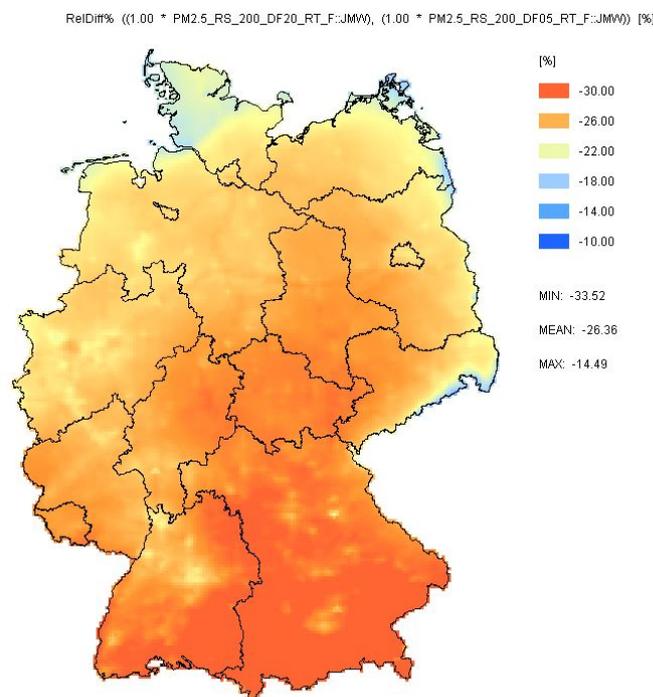


Abbildung 4-6 Relative Änderung der PM2.5-Jahresmittelwerte als Folge der Emissionsentwicklung 2005 nach 2020 in %. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich der Änderung (MIN und MAX) sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an. Meteorologische Referenz ist 2005.

5 Maßnahmenpakete: PM10-Immissionsminderungspotenziale bzgl. der Referenz 2020

5.1 Hypothetische Szenarien: Maximal mögliche Minderungspotenziale

Bevor die realen Maßnahmenbündel betrachtet werden, wird in diesem Kapitel abgesteckt, welche 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)
- „Extraction of fossil fuels“ (SNAP 5)
- „Solvent and product use“ (SNAP 6)
- „Road transport exhaust“ (SNAP 7-1 und SNAP 7-2)
- „Brake and tyre wear“ (SNAP 7-4)
- „Traffic resuspension“ (SNAP 7_6)
- „Road traffic total“ (SNAP 7)
- „Non road transport“ (SNAP 8)
- „Agriculture“ (SNAP 10)

Die Verursachergruppe „Waste handling and disposal“ (SNAP 9) hat so geringe Emissionen, dass sie hier nicht betrachtet wird. 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 Verkehr. Ammoniakemissionen werden zu über 95% von der Landwirtschaft gestellt. Die Kleinf Feuerungsanlagen haben das größte PM2.5-Emissionsminderungspotenzial gefolgt vom Verkehr. Bei den PM10-Emissionen stellt der Verkehr 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 PM10-Ferntransport über die deutschen Grenzen und dem PM10-Beitrag der natürlichen Emissionen.

Der Beitrag der einzelnen Verursacher zu den Immissionen innerhalb von Deutschland wird durch Nullsetzen der entsprechenden anthropogenen 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 PM10 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 PM10-Immissionsverteilung, die sich nach den Berechnungen einstellen würde, wenn in Deutschland alle anthropogenen Emissionen Null wären. Die PM10-Konzentrationen sinken ohne die deutschen Emissionen in den zentralen und südlichen Regionen Deutschlands bis auf circa 5 µg/m³ ab, in den westlichen und östlichen Randgebieten werden noch 8-18 µg/m³ erreicht. An den Küsten überlagern sich die Beiträge der Seesalzaerosole zum PM10 mit dem Ferntransport. Der Ferntransport über die Landesgrenzen ist im Westen höher als im Osten, da im Jahresmittel die Westwindwetterlagen überwiegen. Der Beitrag der deutschen Emissionen zu den Immissionen der Referenz 2020 kann aus Abbildung 5-2 abgeleitet werden. Danach können insbesondere in den hoch belasteten Ballungsgebieten deutlich mehr als 50% der PM10-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 unter 50% der PM10-Konzentrationen den deutschen Emissionen zugeschrieben werden. Die Abbildung 5-3 zeigt den absoluten Beitrag der deutschen Emissionen zu den PM10-Jahresmittelwerten der Referenz 2020. In den Ballungsräumen können danach zwischen circa 10 bis über 20 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%.

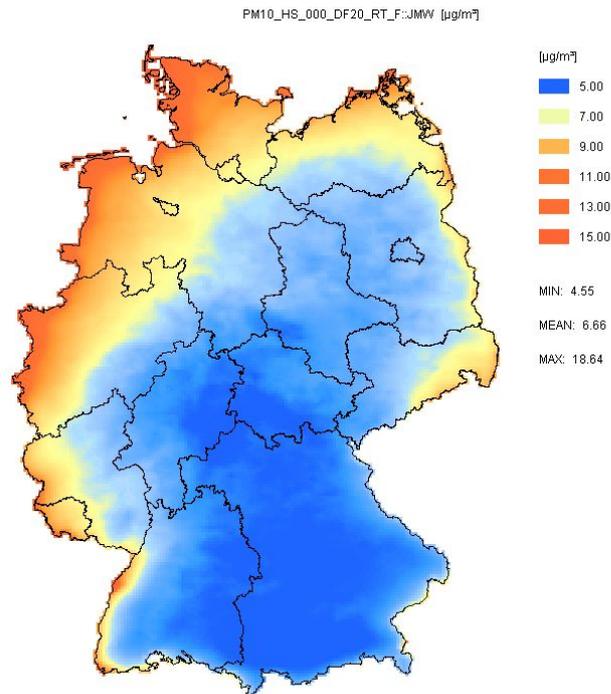


Abbildung 5-1 PM10-Jahresmittelwerte 2020 in µg/m³ in Deutschland (2020) ohne die deutschen Emissionen.

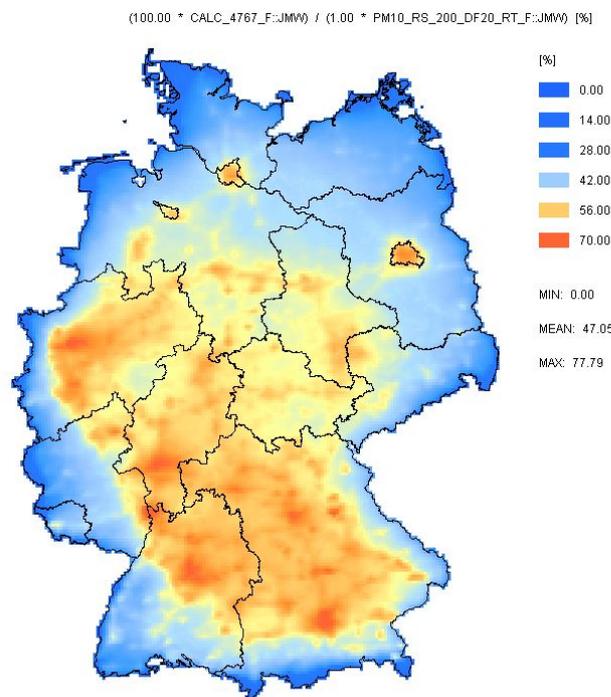


Abbildung 5-2 Relativer Beitrag (%) der deutschen Emissionen zu den PM10-Jahresmittelwerten der Referenz 2020. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich des Beitrags (MIN und MAX) sowie den mittleren Beitrag (MEAN) über Deutschland an.

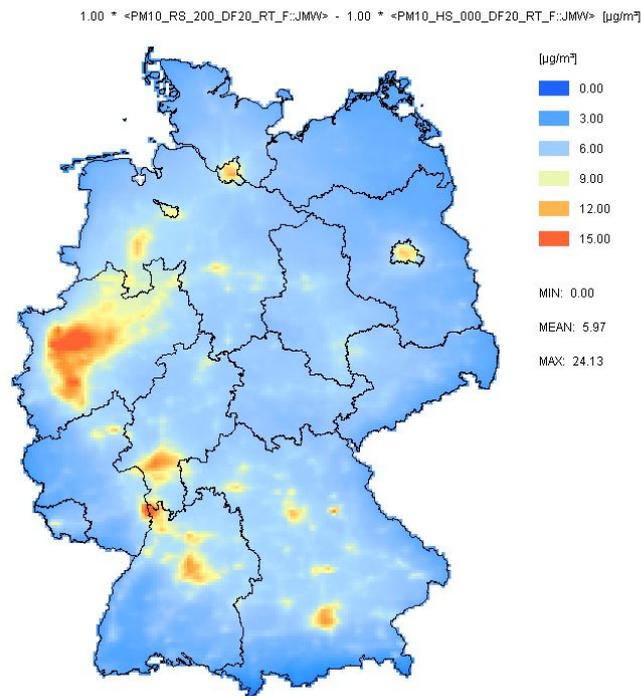


Abbildung 5-3 Beitrag der deutschen Emissionen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ zu den PM10-Jahresmittelwerten der Referenz 2020.

Die hypothetischen Szenarien dienen zur Abschätzung der Beiträge einzelner Verursachergruppen zum gesamt möglichen PM10-Minderungspotenzial bezogen auf die Referenz 2020. In den folgenden Abbildungen (Abbildung 5-4 bis Abbildung 5-27) sind dazu die deutschlandweiten absoluten Beiträge jedes Szenarios zu den PM10-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 PM10-Jahresmittelwerten der Referenz 2020 circa $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Der maximale Beitrag, der für eine Gitterzelle im Ruhrgebiet (Duisburg, siehe Abbildung 5-3) berechnet wird liegt bei $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Im Mittel über Deutschland stellen die Emissionen der Landwirtschaft mit circa $2.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ den höchsten Beitrag einer einzelnen Verursachergruppe. Der maximale Beitrag der Landwirtschaft zu den PM10-Jahresmittelwerten liegt bei $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und wird in Niedersachsen südlich von Bremen berechnet (siehe dazu auch Abbildung 5-26). Den höchsten maximalen Beitrag einer Verursachergruppe in einer Gitterzelle liefern mit circa $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ die prozessbedingten Emissionen der SNAP4-Verursachergruppe im Raum Ludwigshafen-Mannheim (siehe Abbildung 5-10). Der Beitrag der Auspuffemissionen des Kfz-Verkehrs ist sehr gering. Insgesamt liefern die Kfz-bedingten Emissionen aber im Mittel über Deutschland nach der Landwirtschaft mit $1.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ den zweithöchsten Einzelbeitrag, was auf die sehr hohen nicht-auspuffbedingten PM10-Emissionen zurückzuführen ist. Die schärfsten Feldgradienten treten auf bei den Verursachergruppen SNAP 4 und SNAP 5, was auf im Verhältnis zum Deutschlandmittel sehr hohe lokale Beiträge hinweist (Abbildung 5-10, Abbildung 5-12).

Auch bei der relativen Betrachtung wird wieder unmittelbar deutlich, dass die landwirtschaftlichen Emissionen im Deutschlandmittel mit 43% den höchsten relativen Anteil am PM10-Bildungspotenzial der deutschen Emissionen haben (Tabelle 5-3). Dies ist auf den flächendeckend sehr hohen Anteil in den ländlichen Gebieten Norddeutschlands zurückzuführen (Abbildung 5-27). Auch der höchste lokale relative Anteil in einer Gitterzelle wird mit 76% von der Landwirtschaft gestellt. Der Straßenverkehr liegt mit einem mittleren Anteil von 19% an zweiter Stelle. Den zweithöchsten lokalen relativen Anteil stellen mit 61% die Prozess-emissionen wieder in der Gitterzelle im Raum Ludwigshafen-Mannheim (absoluter Anteil $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

SNAP	Source group	Mean	Max	Max/Mean
1-10	All	6.0	24.1	4
1	Energy transformation	0.7	2.0	3
2	Small combustion sources	0.8	3.3	4
3	Industrial combustion	0.3	2.5	8
4	Industrial process emissions	0.8	13.3	17
5	Extraction of fossil fuels	0.1	7.0	70
6	Solvent and product use	0.2	1.2	6
7-1_2	Road transport exhaust	0.3	0.5	2
7-4	Brake and tyrewear	0.3	1.6	5
7-6	Traffic resuspension	0.6	3.6	6
7	Road traffic total	1.3	5.7	4
8	Non road transport	0.3	1.8	6
10	Agriculture	2.5	8.1	3

Tabelle 5-2 Mittlere (Mean) und maximale (Max) Beiträge ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) der deutschen Emissionen, gesamt und für die Verursachergruppen, zu den PM10-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 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	2.6	11.2	28.7	3
2	Small combustion sources	3.7	12.8	37.9	3
3	Industrial combustion	2.2	4.8	13.3	3
4	Industrial process emissions	5.0	11.9	61.0	5
5	Extraction of fossil fuels	0.3	1.1	28.9	26
6	Solvent and product use	0.9	2.9	10.5	4
7-1_2	Road transport exhaust	1.5	4.5	7.4	2
7-4	Brake and tyrewear	1.8	4.7	10.3	2
7-6	Traffic resuspension	3.5	9.8	23.1	2
7	Road traffic total	9.2	18.9	37.2	2
8	Non road transport	1.6	4.9	19.8	4
10	Agriculture	9.4	43.4	75.8	2

Tabelle 5-3 Minimale (Min), mittlere (Mean) und maximale (Max) Anteile (%) der Emissionen der einzelnen Verursachergruppen an dem PM10-Gesamtbeitrag aller deutschen Emissionen zu den PM10-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 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.

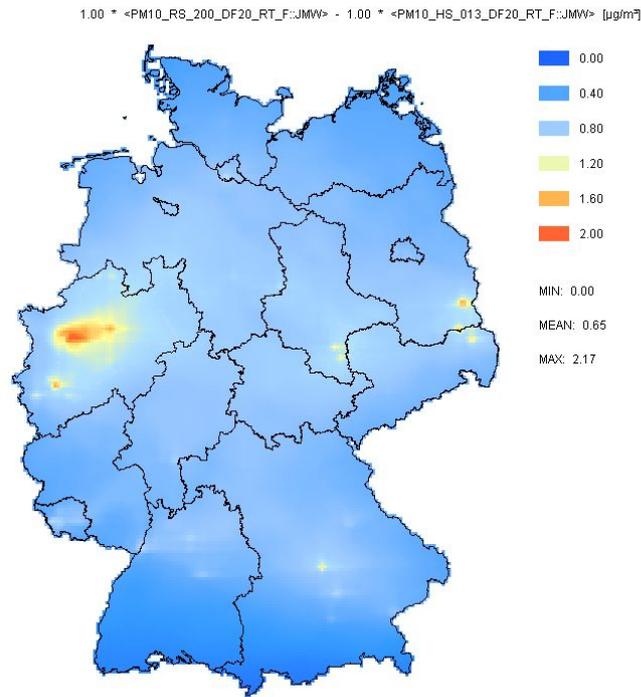


Abbildung 5-4 Beitrag ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) der Verursachergruppe „Energy transformation“ (SNAP 1) zu den PM10-Jahresmitteln der Referenz 2020 (siehe Abbildung 4-1).

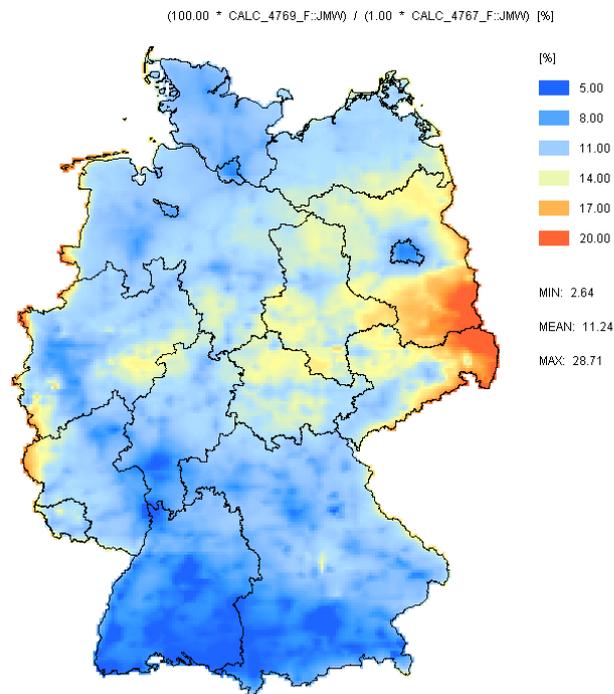


Abbildung 5-5 Anteil (%) der Verursachergruppe „Energy transformation“ (SNAP 1) am PM10-Immissionsbeitrag der deutschen Emissionen zur Referenz 2020 (siehe Abbildung 5-3).

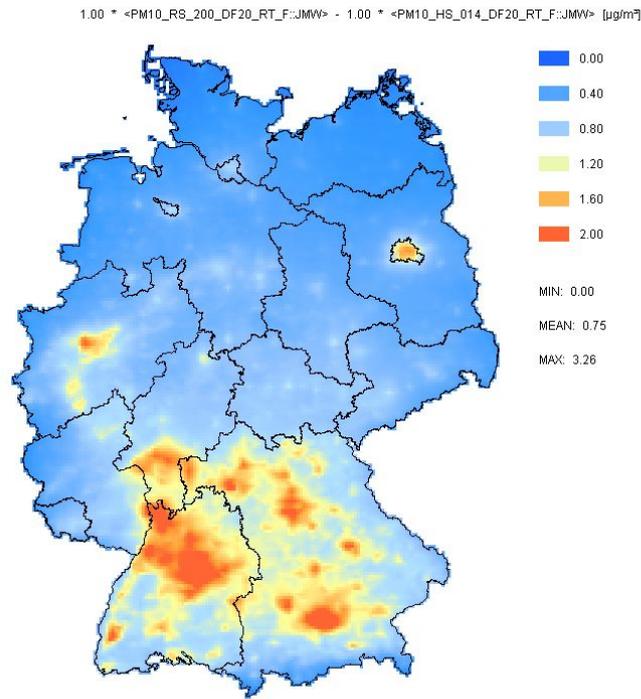


Abbildung 5-6 Beitrag ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) der Verursachergruppe „Small combustion sources“ (SNAP 2) zu den PM10-Jahresmitteln der Referenz 2020 (siehe Abbildung 4-1).

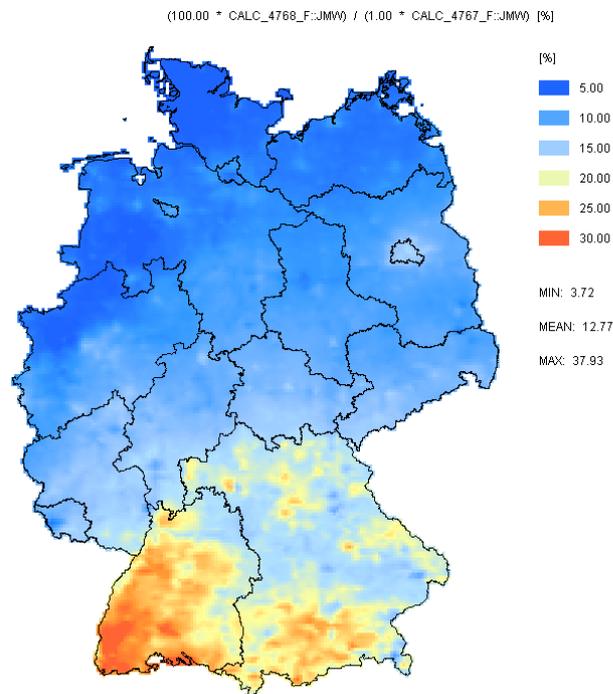


Abbildung 5-7 Anteil (%) der Verursachergruppe „Small combustion sources“ (SNAP 2) am PM10-Immissionsbeitrag der deutschen Emissionen zur Referenz 2020 (siehe Abbildung 5-3).

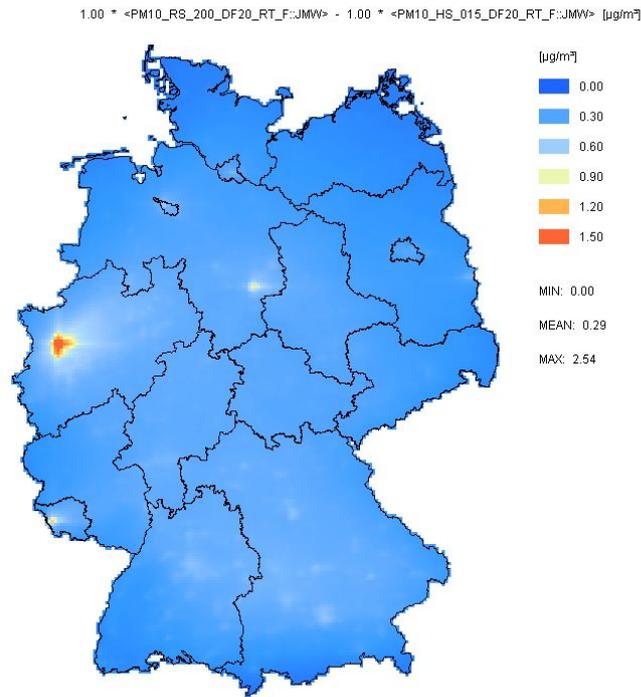


Abbildung 5-8 Beitrag ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) der Verursachergruppe „Industrial combustion“ (SNAP 3) zu den PM10-Jahresmitteln der Referenz 2020 (siehe Abbildung 4-1).

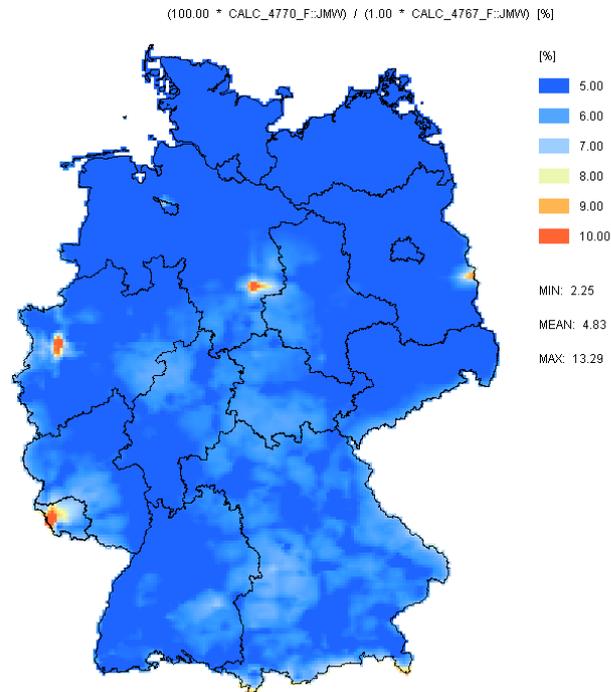


Abbildung 5-9 Anteil (%) der Verursachergruppe „Industrial combustion“ (SNAP 3) am PM10-Immissionsbeitrag der deutschen Emissionen zur Referenz 2020 (siehe Abbildung 5-3).

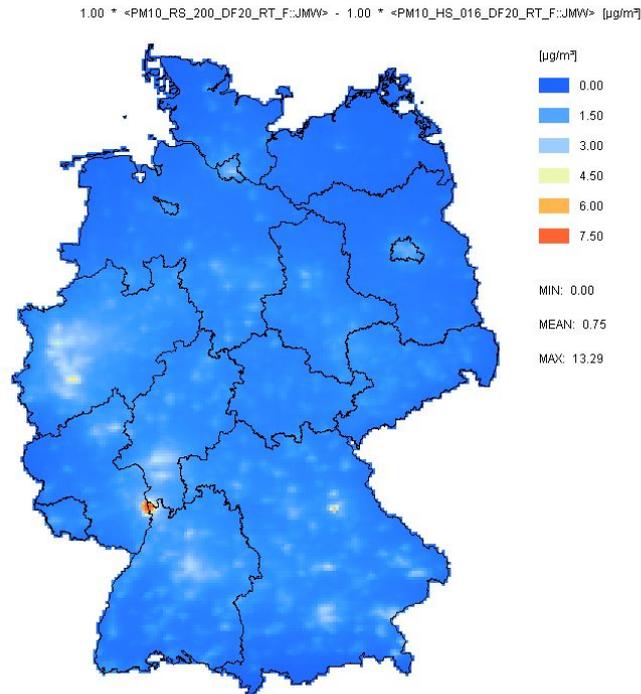


Abbildung 5-10 Beitrag ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) der Verursachergruppe „Industrial process emissions“ (SNAP 4) zu den PM10-Jahresmitteln der Referenz 2020 (siehe Abbildung 4-1).

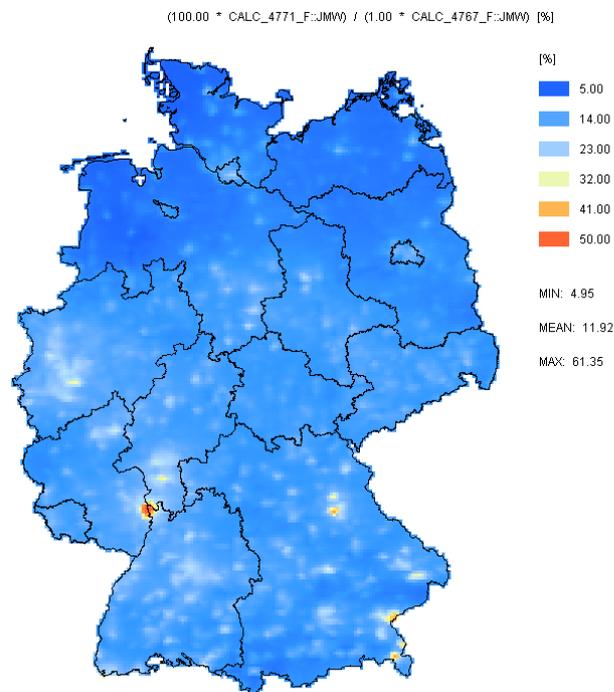


Abbildung 5-11 Anteil (%) der Verursachergruppe „Industrial process emissions“ (SNAP 4) am PM10-Immissionsbeitrag der deutschen Emissionen zur Referenz 2020 (siehe Abbildung 5-3).

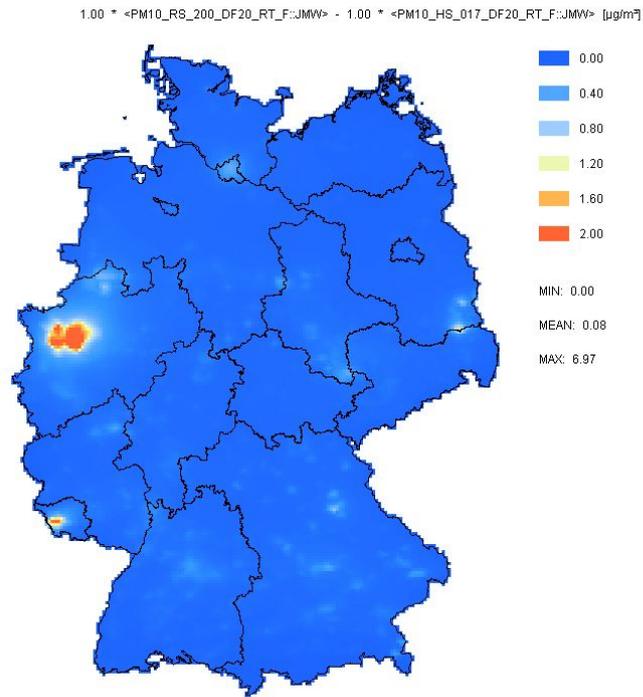


Abbildung 5-12 Beitrag ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) der Verursachergruppe „Extractions of fossil fuels“ (SNAP 5) zu den PM10-Jahresmitteln der Referenz 2020 (siehe Abbildung 4-1).

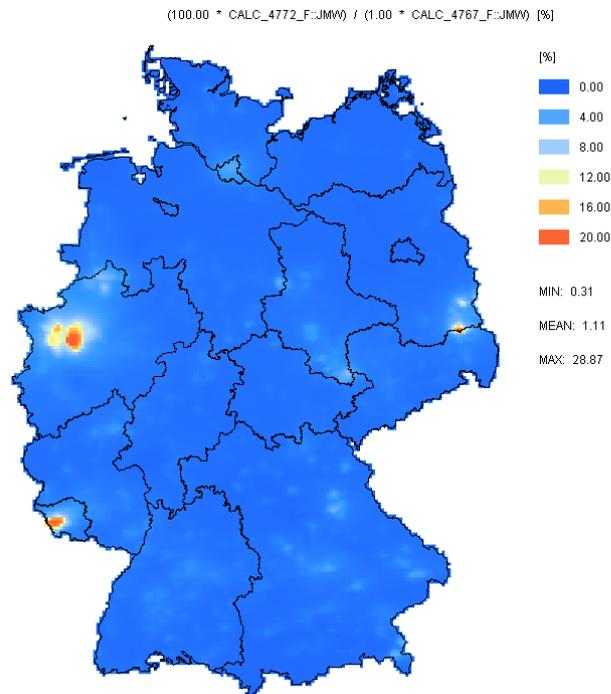


Abbildung 5-13 Anteil (%) der Verursachergruppe „Extractions of fossil fuels“ (SNAP 5) am PM10-Immissionsbeitrag der deutschen Emissionen zur Referenz 2020 (siehe Abbildung 5-3).

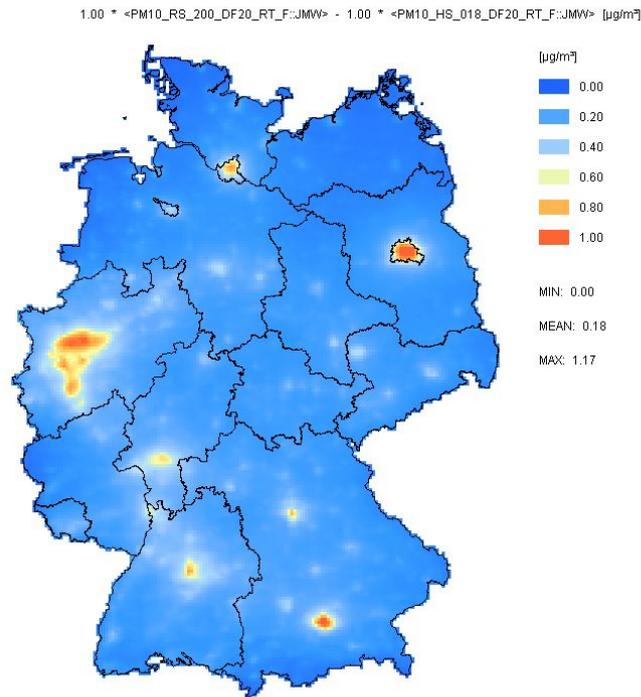


Abbildung 5-14 Beitrag ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) der Verursachergruppe „Solvent and product use“ (SNAP 6) zu den PM10-Jahresmitteln der Referenz 2020 (siehe Abbildung 4-1).

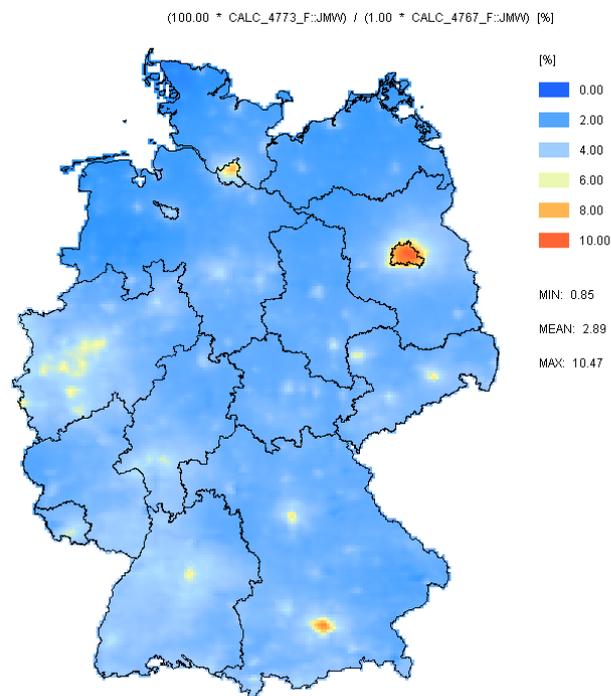


Abbildung 5-15 Anteil (%) der Verursachergruppe „Solvent and product use“ (SNAP 6) am PM10-Immissionsbeitrag der deutschen Emissionen zur Referenz 2020 (siehe Abbildung 5-3).

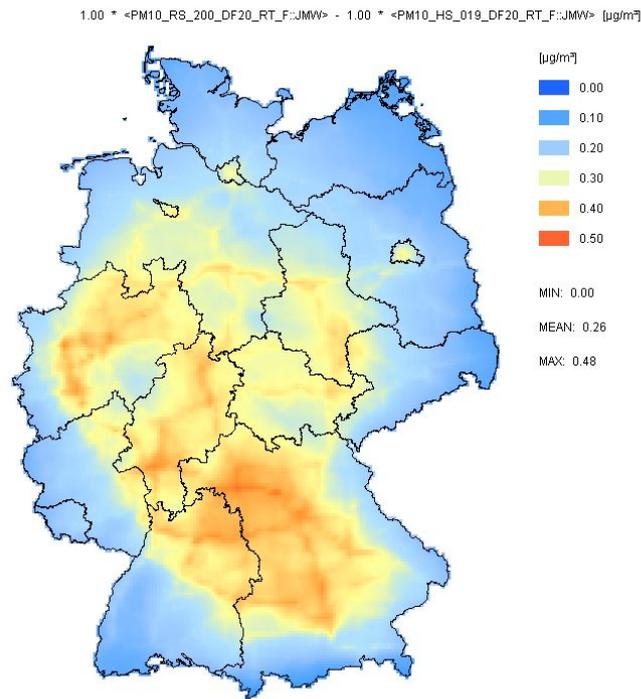


Abbildung 5-16 Beitrag ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) der Verursachergruppe „Road transport exhaust“ (SNAP 7-1 und 7-2) zu den PM10-Jahresmitteln der Referenz 2020 (siehe Abbildung 4-1).

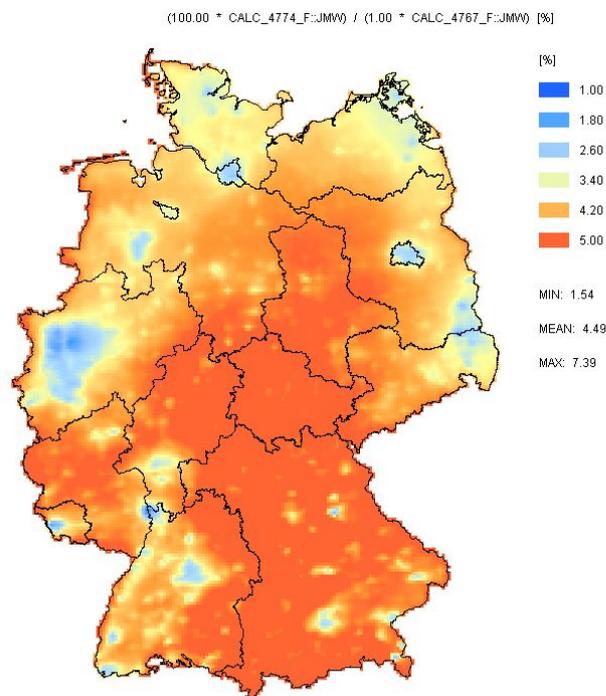


Abbildung 5-17 Anteil (%) der Verursachergruppe „Road transport exhaust“ (SNAP 7-1 und 7-2) am PM10-Immissionsbeitrag der deutschen Emissionen zur Referenz 2020 (siehe Abbildung 5-3).

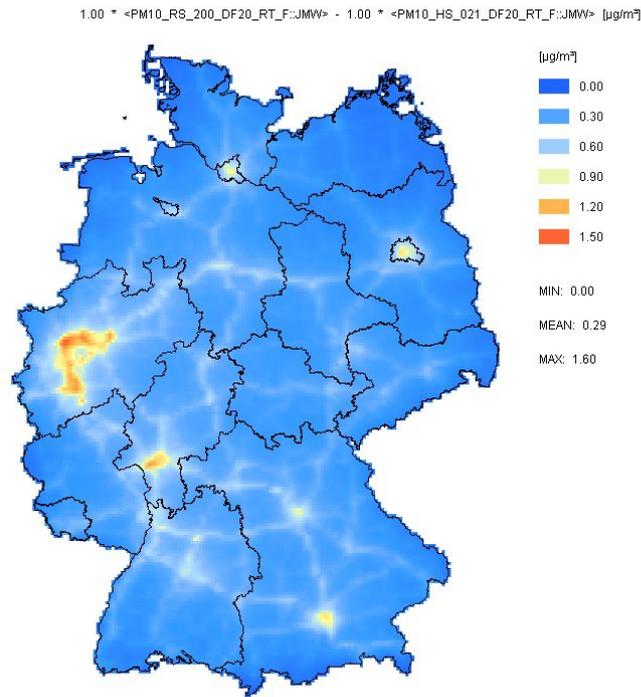


Abbildung 5-18 Beitrag (µg/m³) der Verursachergruppe „Road transport brake and tyre wear“ (SNAP 7-4) zu den PM10-Jahresmitteln der Referenz 2020 (siehe Abbildung 4-1).

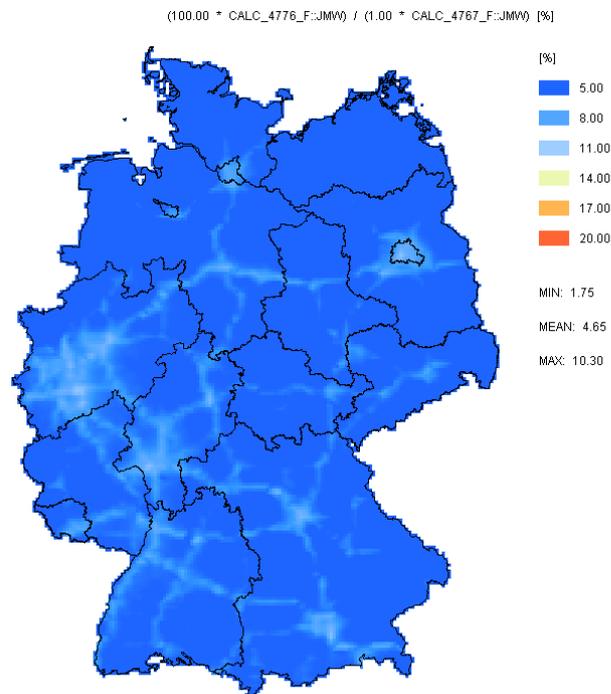


Abbildung 5-19 Anteil (%) der Verursachergruppe „Road transport brake and tyre wear“ (SNAP 7-4) am PM10-Immissionsbeitrag der deutschen Emissionen zur Referenz 2020 (siehe Abbildung 5-3).

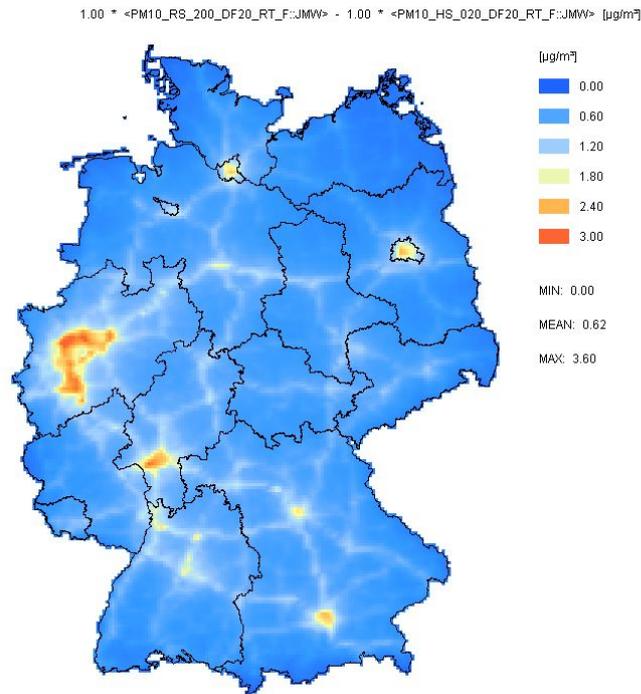


Abbildung 5-20 Beitrag ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) der Verursachergruppe „Road transport resuspension“ (SNAP 7-6) zu den PM10-Jahresmitteln der Referenz 2020 (siehe Abbildung 4-1).

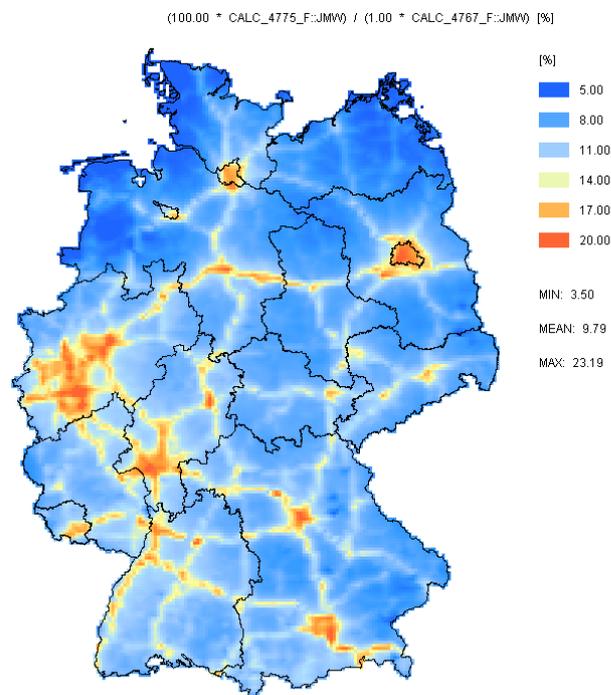


Abbildung 5-21 Anteil (%) der Verursachergruppe „Road transport transport resuspension“ (SNAP 7-6) am PM10-Immissionsbeitrag der deutschen Emissionen zur Referenz 2020 (siehe Abbildung 5-3).

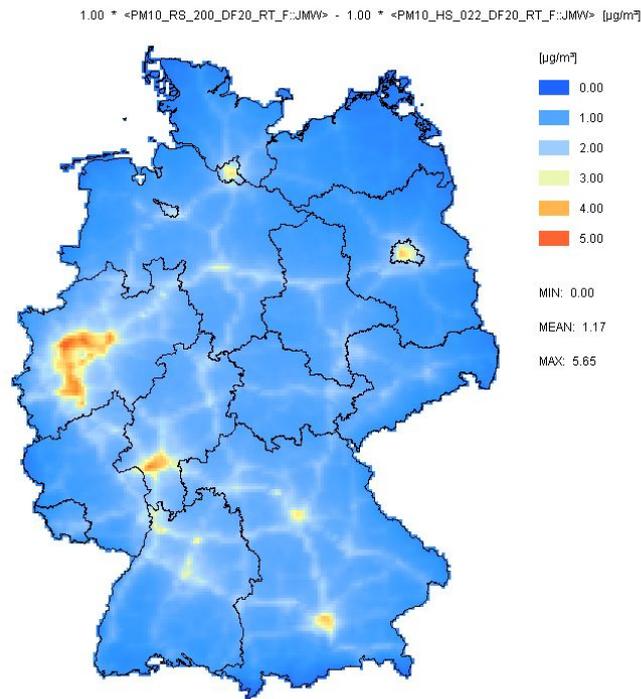


Abbildung 5-22 Beitrag ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) der Verursachergruppe „Road transport total“ (SNAP 7) zu den PM10-Jahresmitteln der Referenz 2020 (siehe Abbildung 4-1).

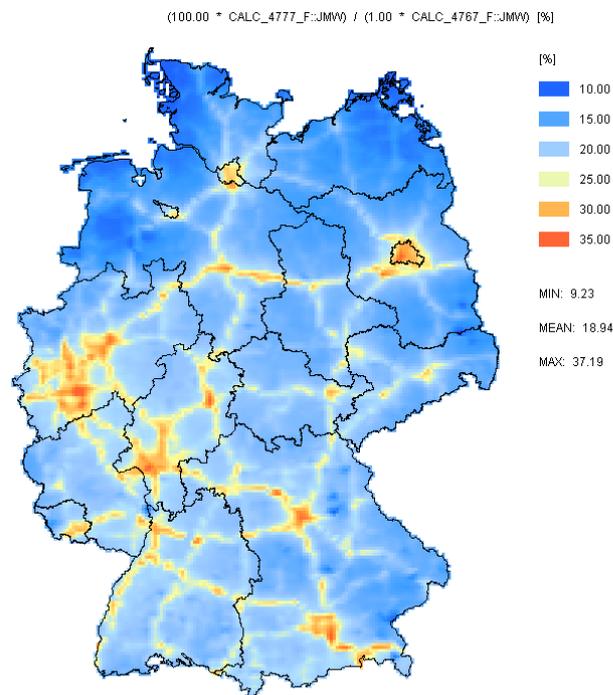


Abbildung 5-23 Anteil (%) der Verursachergruppe „Road transport total“ (SNAP 7) am PM10-Immissionsbeitrag der deutschen Emissionen zur Referenz 2020 (siehe Abbildung 5-3).

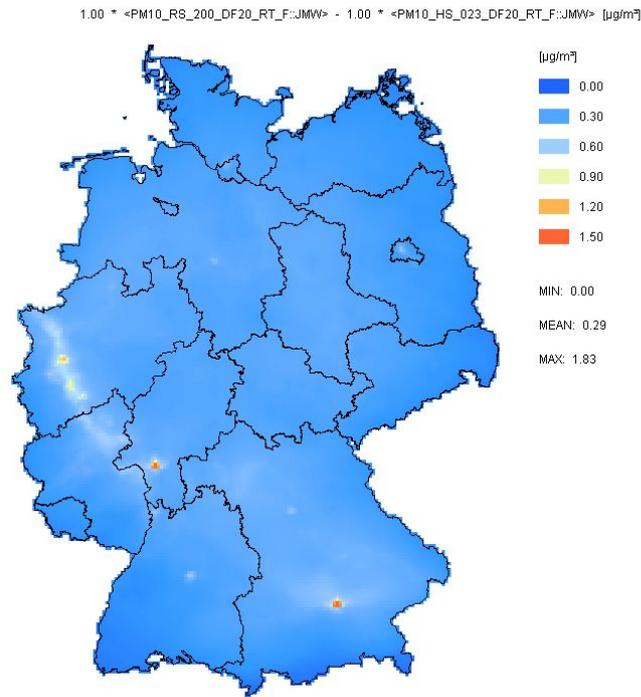


Abbildung 5-24 Beitrag ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) der Verursachergruppe „Non road transport“ (SNAP 8) zu den PM10-Jahresmitteln der Referenz 2020 (siehe Abbildung 4-1).

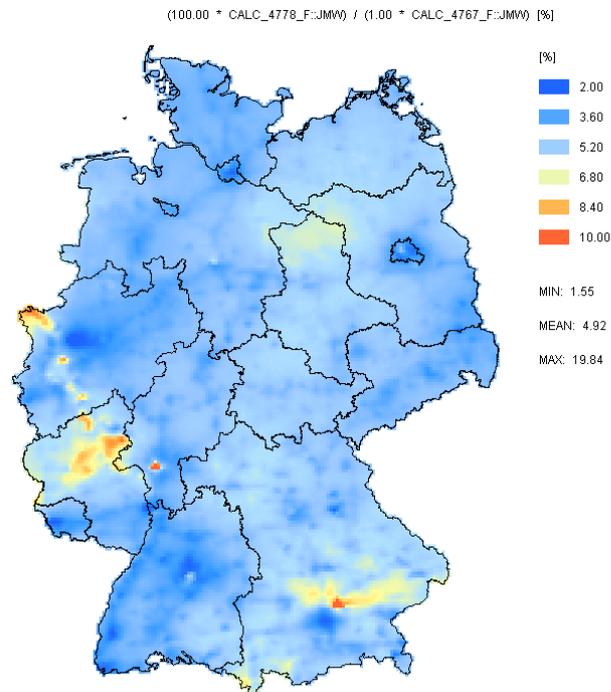


Abbildung 5-25 Anteil (%) der Verursachergruppe „Non road transport“ (SNAP 8) am PM10-Immissionsbeitrag der deutschen Emissionen zur Referenz 2020 (siehe Abbildung 5-3).

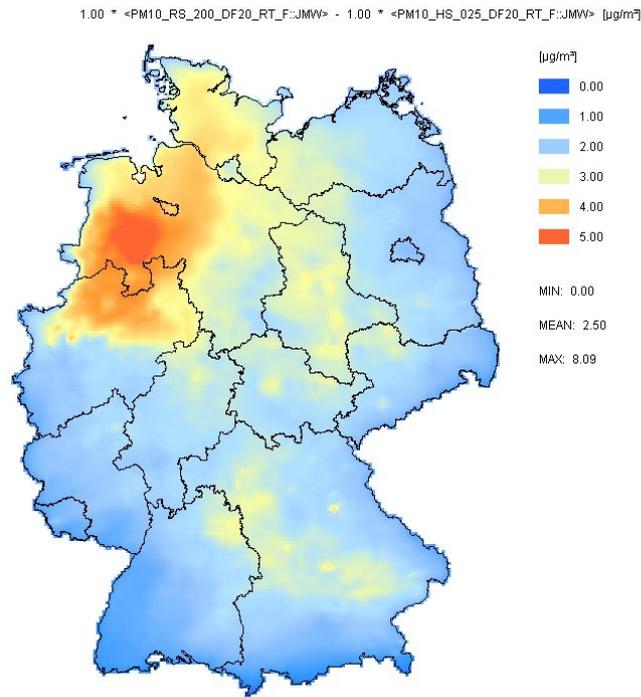


Abbildung 5-26 Beitrag ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) der Verursachergruppe „Agriculture“ (SNAP 10) zu den PM10-Jahresmitteln der Referenz 2020 (siehe Abbildung 4-1).

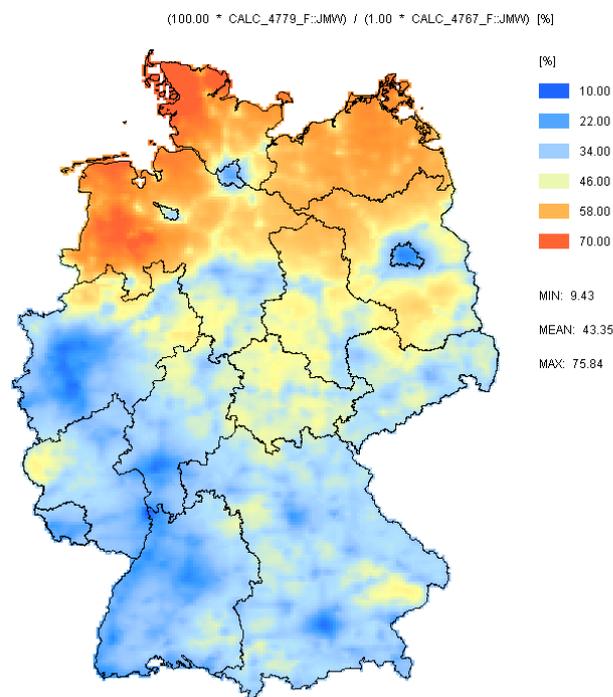


Abbildung 5-27 Anteil (%) der Verursachergruppe „Agriculture“ (SNAP 10) am PM10-Immissionsbeitrag der deutschen Emissionen zur Referenz 2020 (siehe Abbildung 5-3).

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 PM10-Konzentrationen der Referenz 2020 für die 4 Bevölkerungsklassen, das Deutschlandmittel und das Mittel an den AEI-Stationen (Abbildung 5-28). Das bevölkerungsgewichtete PM10-Jahresmittel beträgt im Mittel über Deutschland für die Referenz 2020 circa $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Von der Bevölkerungsklasse 1 (ländliche Regionen) bis zur Bevölkerungsklasse 4 (Ballungsgebiete) steigt die PM10-Konzentration von 12 auf $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 5-29 wieder die bevölkerungsgewichteten PM10-Konzentrationen der Referenz 2020. Die farbige Unterteilung gibt den Anteil der Immissionen an, der den deutschen anthropogenen Emissionen zugeschrieben werden kann sowie den Anteil, der auf den Ferntransport aus dem Ausland und den Beitrag der natürlichen Quellen in Deutschland 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 $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für die ländlichen Regionen und $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für die Ballungsräume. Es sei betont, dass das maximal mögliche Minderungspotenzial lokal deutlich höher sein kann, siehe dazu Abbildung 5-3.

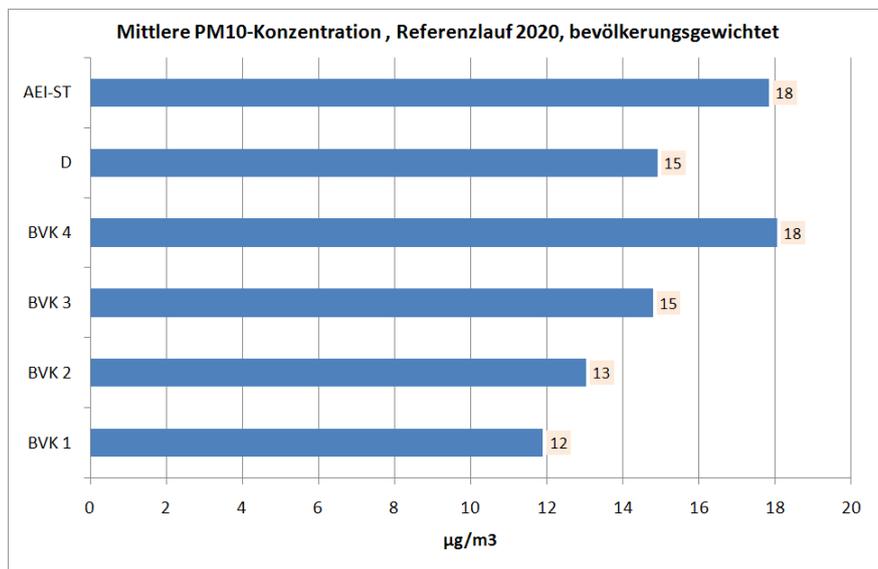


Abbildung 5-28 Bevölkerungsgewichtete PM10-Konzentrationen der Referenz 2020 für die 4 Bevölkerungsklassen, das Deutschlandmittel und das Mittel an den AEI-Stationen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

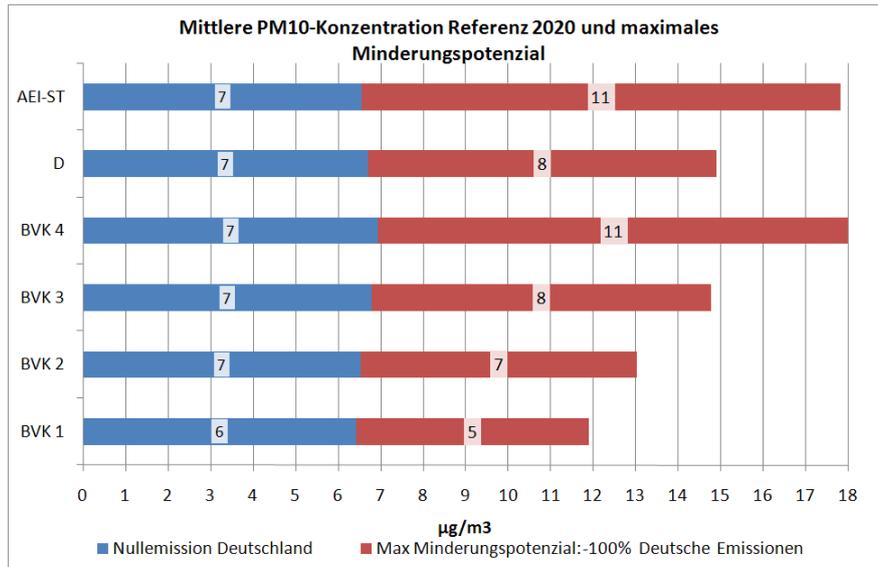


Abbildung 5-29 Bevölkerungsgewichtete PM10-Konzentrationen der Referenz 2020 für die 4 Bevölkerungsklassen, das Deutschlandmittel und das Mittel an den AEI-Stationen in µg/m³. Roter Anteil: Maximal erreichbares Minderungspotenzial durch eine 100%ige Reduktion aller deutschen anthropogenen Emissionen. Blauer Anteil: Mittlere PM10-Konzentration ohne die deutschen anthropogenen Emissionen (= Summe der Beiträge des Ferntransports aus dem Ausland und der natürlichen Quellen in Deutschland) .

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 Landwirtschaft das größte Minderungspotenzial gefolgt vom Verkehr. In den Ballungsräumen und an den AEI-Stationen ist es umgekehrt, der Verkehr gesamt hat das größte Minderungspotenzial gefolgt von der Landwirtschaft. Die Abbildung 5-30 und Abbildung 5-31 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 stellt die Landwirtschaft nahezu die Hälfte des gesamtmöglichen Potenzials. Es folgt der Straßenverkehr gesamt mit einem Potenzial, das weniger als die Hälfte des Potenzials der Landwirtschaft beträgt. Auf den nächsten Plätzen liegen eng zusammen die Kleinf Feuerungsanlagen, die Energieerzeugung und die industriellen Prozessemissionen. In den Ballungsräumen ergibt sich eine deutlich andere Rangfolge. An erster Stelle liegt der Straßenverkehr, der etwas mehr als ein Viertel des gesamtmöglichen Potenzials stellt. Es sei angemerkt, dass dies im Wesentlichen auf die hohen nicht-auspuffgebundenen PM10-Emissionen des Verkehrs zurückzuführen ist. Die Auspuffemissionen selbst stellen im Jahre 2020 mit circa 5% in ländlichen Regionen und 3% in Ballungsgebieten (Abbildung 5-31) nur noch ein sehr geringes Minderungspotenzial.

Die Berechnung der Verkehrsemissionen erfolgt im PAREST-Projekt mit dem vom Umweltbundesamt verwendeten Verkehrsmodell TREMOD 4.17 (Transport Emission Model) auf der Grundlage der Emissionsfaktoren des HBEFA 2.1 (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^{cc} 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 mit dem von der Europäischen Kommission für die Entwicklung von Verkehrsszenarien verwendet Verkehrsmodell TREMOVE, Version 2.7 ergeben allerdings höhere Auspuffemissionen für die Stoffe NO_x, SO₂ und PM10 als in PAREST verwendet werden. Beim PM10 gibt es in der Summe aber nur geringe Änderungen, da die höheren PM10-Auspuffemissionen von TREMOVE 2.7 durch die niedrigeren PM10-Emissionen durch Brems- und Reifenabrieb kompensiert werden. Die für den Verkehr insgesamt berechneten PM10-Minderungspotenziale unterscheiden sich deswegen zwischen dem in PAREST verwendeten TREMOD- und dem TREMOVE-Verkehrsmodell nur gering (Stern, 2010c). Betrachtet man aber die Untergruppen des Verkehrs, ergeben sich deutliche Unterschiede. Bei TREMOVE 2.7 haben die Auspuffemissionen mit einem Anteil von 7% bis 10% am gesamt möglichen Potenzial einen doppelt so hohen Anteil wie bei TREMOD 4.17M mit 3% bis 5%. Umgekehrt ist es bei dem Beitrag des Brems- und Reifenabriebs, der bei TREMOD 4.17M nur mit 2% zum Potential beiträgt.

An zweiter und dritter Stelle der Rangfolge in Ballungsgebieten liegen mit einem Beitrag von circa einem Fünftel des gesamt möglichen Potenzials die Landwirtschaft und die industriellen Prozessemissionen. Auch bei dem Beitrag einzelner Verursachergruppen gibt es zum Teil sehr große Unterschiede zwischen der mittleren Betrachtung über die 6 Bewertungsklassen und der lokalen Betrachtung. Der Beitrag der Verursachergruppe SNAP 5 („extraction of fossil fuels“) ist im Mittel sehr gering, kann aber lokal sehr hoch sein wie der Vergleich von Tabelle 5-2 mit Tabelle 5-4 zeigt. Lokal trägt SNAP 5 im Ruhrgebiet bis zu knapp 7 µg/m³ zum maximal möglichen Minderungspotenzial bei (siehe auch Abbildung 5-12), im Mittel aber nur zwischen 0.05 und 0.41 µg/m³, je nach Bewertungsklasse.

	BVK 1	BVK 2	BVK 3	BVK 4	D	AEI-ST
Referenz 2020	11.90	13.04	14.78	18.05	14.91	17.83
SNAP 1-10	5.48	6.52	7.99	11.11	8.21	11.27
Energy Transformation (SNAP 1)	0.64	0.67	0.73	0.83	0.73	0.75
Small combustion sources (SNAP 2)	0.68	0.89	1.10	1.45	1.09	1.69
Industrial combustion (SNAP 3)	0.27	0.31	0.36	0.46	0.37	0.45
Industrial processes (SNAP 4)	0.58	0.88	1.32	2.12	1.34	2.02
Extraction of fossil fuels (SNAP 5)	0.05	0.08	0.16	0.41	0.20	0.33
Solvent and product use (SNAP 6)	0.14	0.21	0.32	0.65	0.37	0.82
Road transport exhaust (SNAP 7-1, 7-2, 7-5)	0.26	0.28	0.30	0.33	0.30	0.34
Road transport, brake and tyre wear	0.24	0.34	0.49	0.80	0.51	0.84
Road transport, resuspension	0.49	0.73	1.06	1.77	1.11	1.89
Road transport total (SNAP 7)	0.98	1.36	1.85	2.90	1.93	3.07
Non road transport (SNAP 8)	0.29	0.30	0.31	0.38	0.33	0.37
Agriculture (SNAP 10)	2.60	2.49	2.42	2.26	2.41	2.11

Tabelle 5-4 Bevölkerungsgewichtete PM10-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.

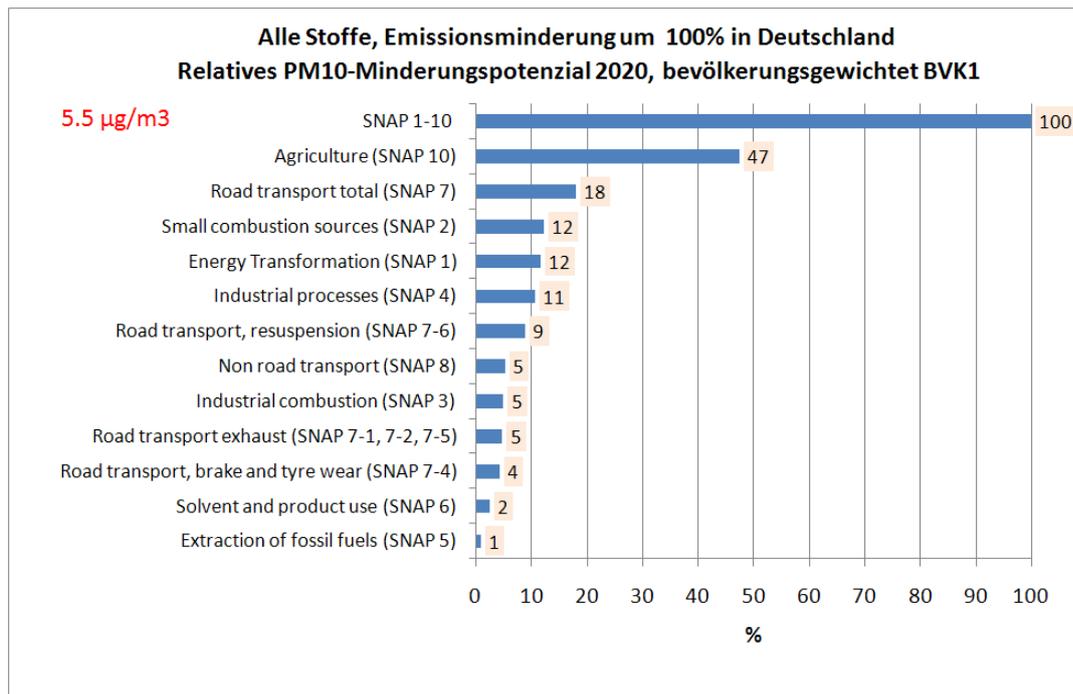


Abbildung 5-30 Maximal mögliches PM10-Minderungspotenzial der betrachteten Verursachergruppen relativ zum Potenzial aller deutschen Emissionen (SNAP 1-10 = 100%). Bevölkerungsgewichtetes Mittel der Bevölkerungsklasse 1 (Ländliche Gebiete). Das Potenzial aller deutschen Emissionen beträgt für die Bevölkerungsklasse 1 circa 5.5 µg/m³.

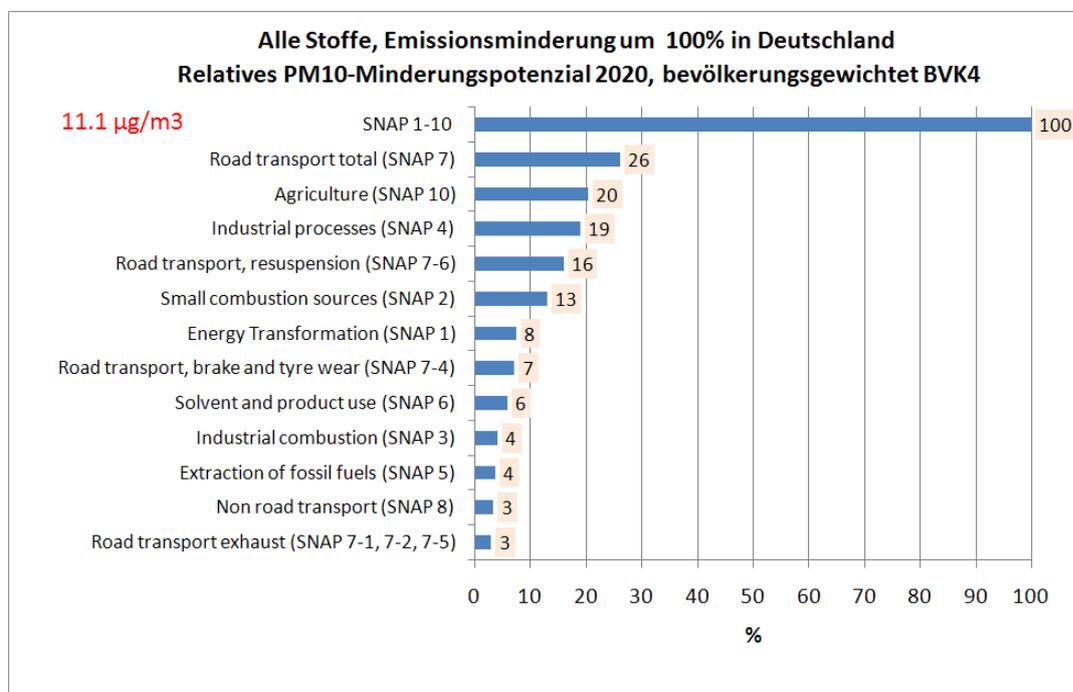


Abbildung 5-31 Maximal mögliches PM10-Minderungspotenzial der betrachteten Verursachergruppen relativ zum Potenzial aller deutschen Emissionen (SNAP 1-10 = 100%). Bevölkerungsgewichtetes Mittel der Bevölkerungsklasse 4 (Ballungsräume). Das Potenzial aller deutschen Emissionen beträgt für die Bevölkerungsklasse 4 circa 11.1 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 5-32 bis Abbildung 5-37 zeigen jeweils die absoluten und relativen PM10-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 $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Ruhrgebiet (Abbildung 5-32). Dies entspricht relativen Abnahmen bezüglich der Referenz 2020 bis zu knapp 10% (Abbildung 5-33). Die nicht-technischen Maßnahmen bewirken nur Abnahmen der PM10-Jahresmittelwerte um maximal $0.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Abbildung 5-34) oder maximal circa 5% (Abbildung 5-36). Der Großteil der durch das MFR-Szenario erreichbaren zusätzlichen Minderung wird also durch die technischen Maßnahmen des MFR-Szenarios bewirkt (Abbildung 5-36 und Abbildung 5-37).

Neben den direkt auf die Konzentrationen der Referenz 2020 bezogenen Auswertungen kann man auch eine relative Auswertung bezüglich der zu erwartenden Minderung durch die bereits eingeleiteten und bis 2020 umgesetzten Maßnahmen und bezüglich der theoretisch noch möglichen Minderung (-100% aller deutschen Emissionen der Referenz 2020) vornehmen. Diese flächenhaften Auswertungen zeigen die Abbildung 5-38 bis Abbildung 5-43. Durch die zusätzlichen Maßnahmen des MFR-Szenarios insgesamt kann man danach die durch die jetzt eingeleiteten Maßnahmen bis 2020 erreichbaren Minderungen lokal noch um bis zu 60% erhöhen. Die höchsten zusätzlichen Minderungen werden südlich von Bremen, in Teilen des Ruhrgebiets sowie in einigen süddeutschen Ballungsräumen berechnet (Abbildung 5-38). Im Mittel über Deutschland beträgt die durch das MFR-Szenario bewirkte zusätzliche Minderung circa 23% der bis 2020 auf Basis der bereits jetzt beschlossenen Maßnahmen zu erwartenden Minderung. Bezieht man die durch das MFR-Szenario erreichbare Zusatzminderung auf das theoretisch mögliche Minderungspotenzial, dann wird dieses maximale Potenzial durch das MFR-Szenario um 5 bis 15 %, im Mittel über Deutschland um circa 12% ausgeschöpft (Abbildung 5-39). Die für die nicht-technischen bzw. technischen Maßnahmen des MFR-Szenarios erreichbare zusätzliche Minderung beträgt circa 5% bzw. circa 18%. Das maximal mögliche Potenzial wird im Mittel um knapp 3% bzw. circa 9% ausgeschöpft (Abbildung 5-40 und Abbildung 5-41 bzw. Abbildung 5-42 und Abbildung 5-43). Die Bandbreiten der nach den verschiedenen Bezugsgrößen für das MFR-Szenario ermittelten Minderungen sind in Tabelle 5-5 zusammengefasst.

PM10-Jahresmittelwert	Absolute Abnahme bezogen auf die Referenz 2020 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Relative Abnahme bezogen auf die Referenz 2020 %	Zusätzliche Minderung relativ zur erreichbaren Minderung von 2005 bis 2020 %	Ausschöpfung des maximal möglichen Minderungspotenzials 2020 %
M20, MFR	0 bis 2	0 bis 9.7	0 bis 62	5 bis 16
M21, MFR, nicht-technisch	0 bis 0.9	0 bis 5.1	0 bis 21	1 bis 8
M22, MFR, technisch	0 bis 1.8	0 bis 7.2	0 bis 55	3 bis 14

Tabelle 5-5 Bandbreiten der absoluten und relativen Minderungspotenziale der PM10-Jahresmittelwerte in Deutschland, bezogen auf die Referenz 2020, die die bis 2020 mit den bereits eingeleiteten Maßnahmen erreichbare Minderung beschreibt, und bezogen auf das maximal mögliche Minderungspotenzial (-100% aller deutschen Emissionen der Referenz 2020): Maßnahmenpakete M20, M21, M22. Ergebnisse gerundet auf $0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ oder 0.1 %.

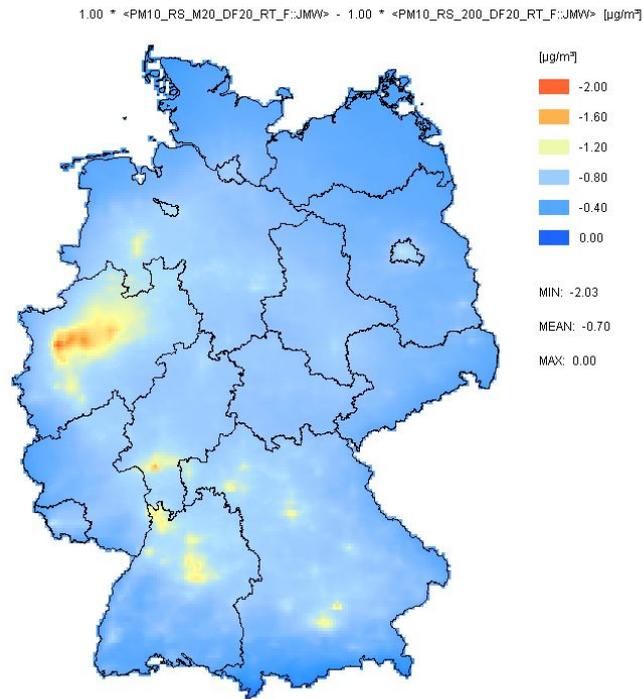


Abbildung 5-32 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M20 (MFR-Szenario). Die Änderung wird berechnet als: M20-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

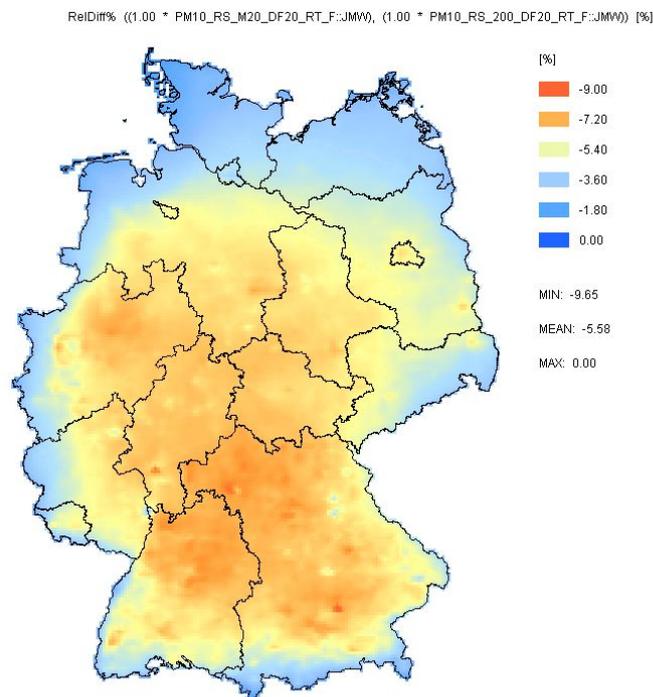


Abbildung 5-33 Relative Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M20 (MFR-Szenario). Die Änderung wird berechnet als: M20-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

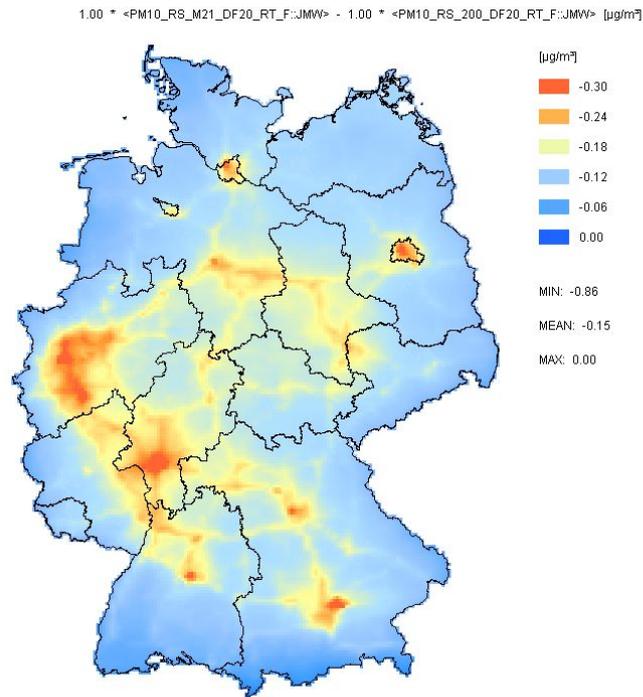


Abbildung 5-34 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M21 (MFR-Szenario, nicht-technische Maßnahmen). Die Änderung wird berechnet als: M21-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

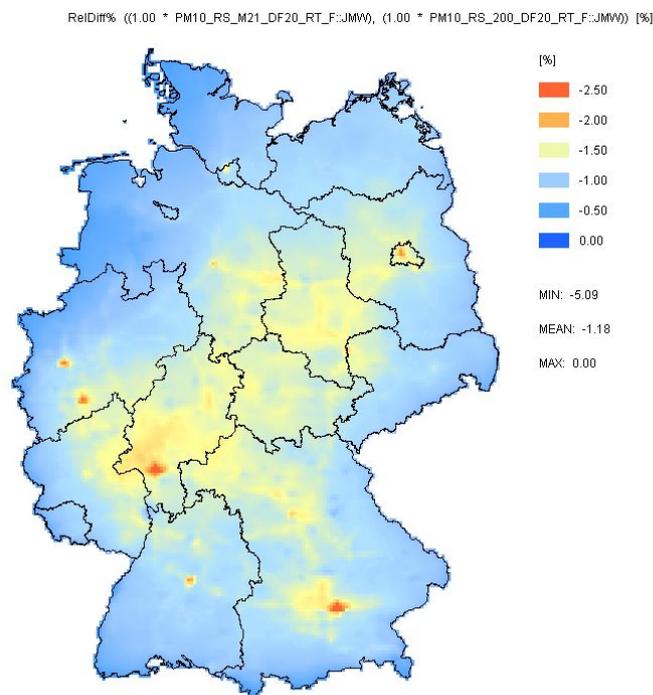


Abbildung 5-35 Relative Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M21 (MFR-Szenario, nicht-technische Maßnahmen). Die Änderung wird berechnet als: M21-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

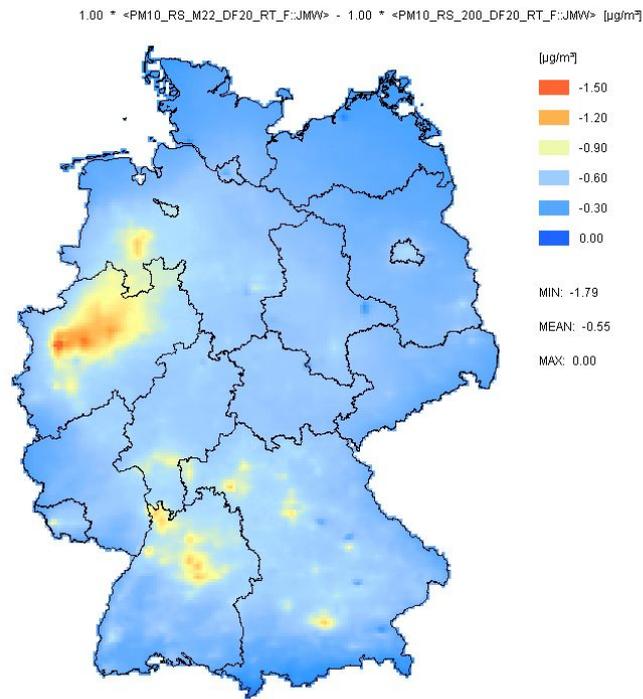


Abbildung 5-36 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M22 (MFR-Szenario, technische Maßnahmen). Die Änderung wird berechnet als: M22-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

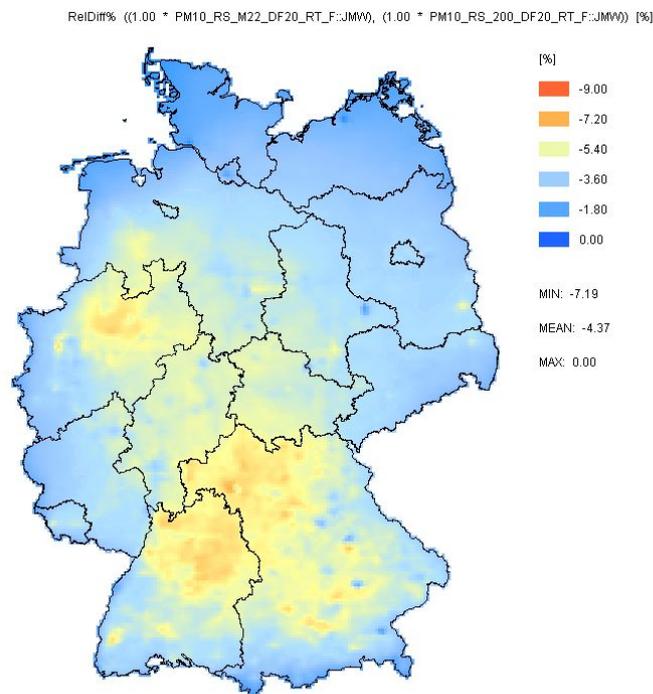


Abbildung 5-37 Relative Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M22 (MFR-Szenario, technische Maßnahmen). Die Änderung wird berechnet als: M22-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

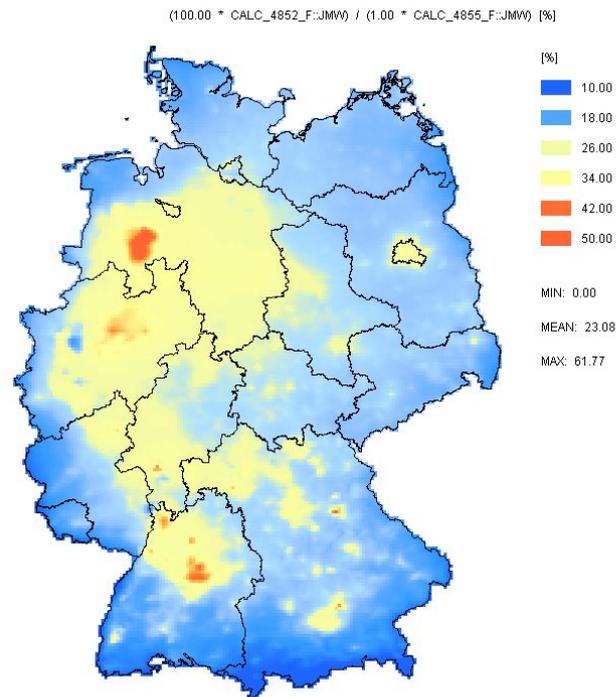


Abbildung 5-38 Zusätzlich erreichbare Minderung der PM10-Jahresmittelwerte für das MFR-Szenario M20 in % bezogen auf die Minderung, die durch die Maßnahmen bis 2020 erreicht werden (Referenz 2005-Referenz 2020). MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

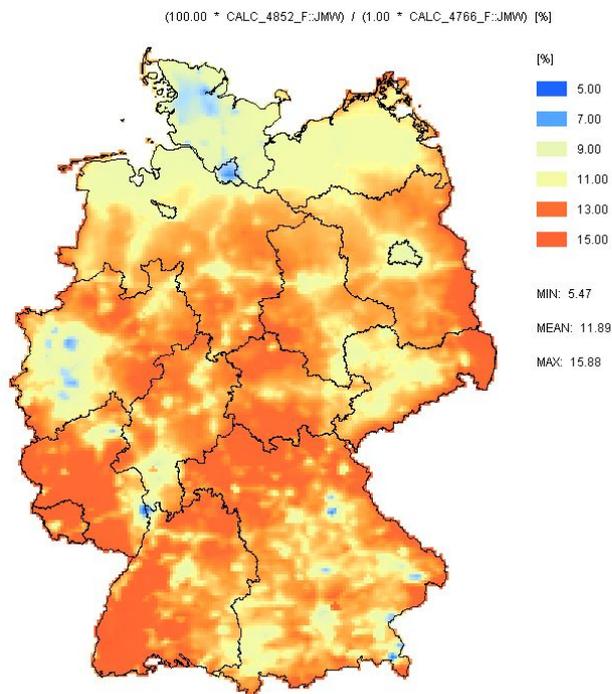


Abbildung 5-39 Ausschöpfung in % des maximal möglichen Minderungspotenzials (-100% aller deutschen Emissionen) durch das MFR-Szenario M20. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

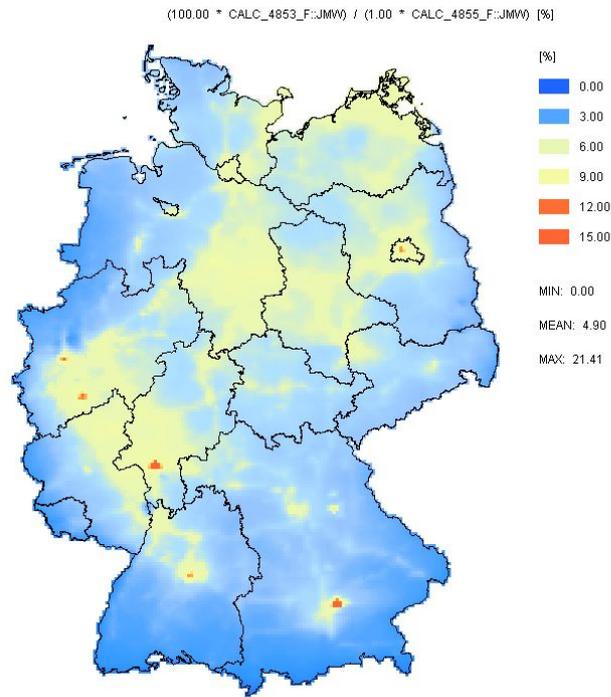


Abbildung 5-40 Zusätzlich erreichbare Minderung der PM10-Jahresmittelwerte für das MFR-Szenario nicht-technische Maßnahmen M21 in % bezogen auf die Minderung, die durch die Maßnahmen bis 2020 erreicht werden (Referenz 2005-Referenz 2020). MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

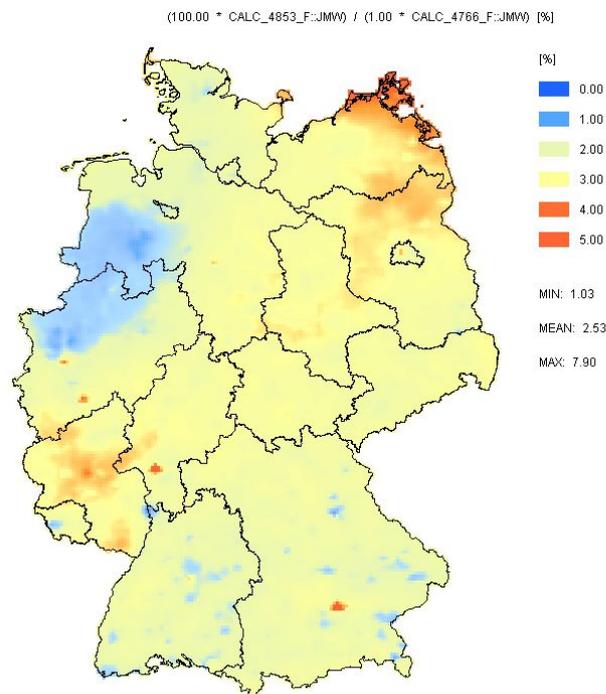


Abbildung 5-41 Ausschöpfung in % des maximal möglichen Minderungspotenzials (-100% aller deutschen Emissionen) durch das MFR-Szenario nicht-technische Maßnahmen, M21. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

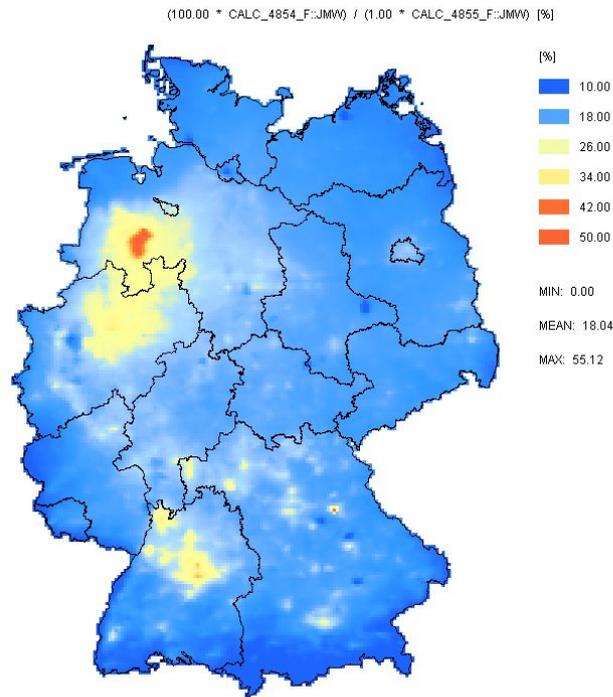


Abbildung 5-42 Zusätzlich erreichbare Minderung der PM10-Jahresmittelwerte für das MFR-Szenario technische Maßnahmen M22 in % bezogen auf die Minderung, die durch die Maßnahmen bis 2020 erreicht werden (Referenz 2005-Referenz 2020). MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

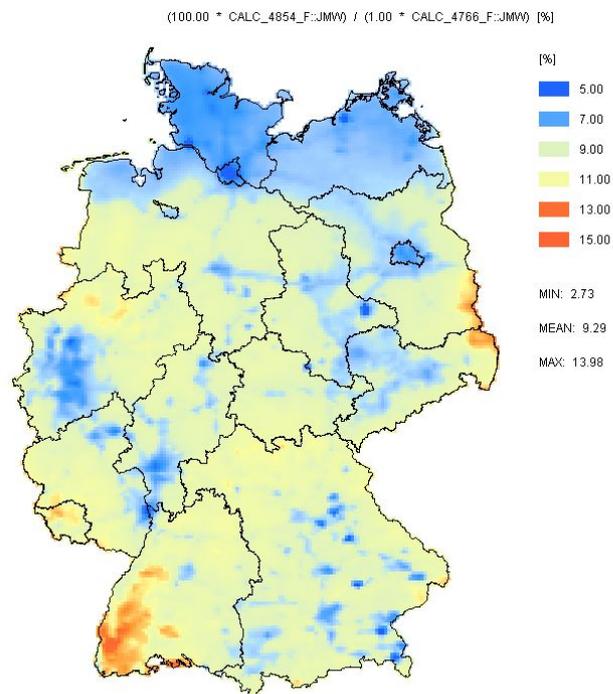


Abbildung 5-43 Ausschöpfung in % des maximal möglichen Minderungspotenzial (-100% aller deutschen Emissionen) durch das MFR-Szenario technische Maßnahmen, M22. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

5.2.2 MFR pro Verursachergruppe: M23 bis M29

Die Maßnahmenbündel M23 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 3-10 bis Tabelle 3-16 entnommen werden. Die

Tabelle 5-6 fasst die Bandbreiten der in Deutschland durch die verursacherspezifischen MFR-Maßnahmen berechneten PM10-Minderungspotenziale zusammen, unter der Angabe der Abbildungen denen die Bandbreiten entnommen wurden. Den größten Einzelbeitrag zum über die Referenz 2020 hinaus noch verfügbaren PM10-Minderungspotenzial liefern die MFR-Szenarien der Verursachergruppen Kleinf Feuerungsanlagen (SNAP 2) und Produktionsprozesse (SNAP 4), die beide lokal noch zu einer weiteren Minderung der PM10-Jahresmittelwerte bis zu knapp $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ führen würden. Danach folgen die Großfeuerungsanlagen (SNAP 1 und SNAP 3) und die Landwirtschaft (SNAP 10) mit einem MFR-Minderungspotenzial bis zu maximal $0.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Deutlich geringere maximale Minderungspotenziale berechnen sich für den Straßenverkehr (SNAP 7) und den sonstigen Verkehr (SNAP 8). Vernachlässigbar ist das PM10-Minderungspotenzial der Lösemittel (SNAP 6).

Die geographische Verteilung der PM10-Minderungspotenziale reflektiert die Schwerpunkte der Emission für die einzelnen Verursachergruppen. Die größten absoluten Minderungspotenziale der Gruppe „Großfeuerungsanlagen“ liegen im Ruhrgebiet und in den westdeutschen und ostdeutschen Braunkohlerevieren (Abbildung 5-48). Das Potenzial des Maßnahmenpakets Produktionsprozesse konzentriert sich auf das Ruhrgebiet und den Raum Braunschweig/Salzgitter (Abbildung 5-50). Die Maxima der PM10-Minderungspotenziale der Kleinf Feuerungsanlagen (SNAP 2) liegen im süddeutschen Raum und den großen Ballungsräumen (Abbildung 5-46). Die Potenziale der Landwirtschaft konzentrieren sich auf das nördliche Nordrhein-Westfalen und in Niedersachsen auf den Raum südlich von Bremen (Abbildung 5-44). Die PM10-Minderungspotenziale des Straßenverkehrs sind maximal in den Ballungsräumen und entlang der Hauptverkehrsachsen (Abbildung 5-52). Der sonstige Verkehr hat seine maximalen PM10-Minderungspotenziale vor allem im Bereich der großen Flughäfen und entlang des Unterrheins (Abbildung 5-54).

PM10-Jahresmittelwert	Absolute Abnahme $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Relative Abnahme %	Abgeleitet aus
M23, MFR, Landwirtschaft	0 bis 0.7	0 bis 3.5	Abbildung 5-44 Abbildung 5-45
M24, MFR, Lösemittel	<0.05		Nicht abgebildet
M25, MFR, Kleinf Feuerungsanlagen	0 bis 0.9	0 bis 5.2	Abbildung 5-46 Abbildung 5-47
M26, MFR, Großfeuerungsanlagen	0 bis 0.8	0 bis 3.7	Abbildung 5-48, Abbildung 5-49
M27, MFR, Produktionsprozesse	0 bis 0.9	0 bis 3.3	Abbildung 5-50 Abbildung 5-51
M28, MFR, Verkehr	0 bis 0.2	0 bis 1.0	Abbildung 5-52 Abbildung 5-53
M29, MFR, Sonstiger Verkehr	0 bis 0.6	0 bis 4.3	Abbildung 5-54 Abbildung 5-55

Tabelle 5-6 Bandbreiten der absoluten und relativen Minderungspotenziale der PM10-Jahresmittelwerte in Deutschland, bezogen auf die Referenz 2020: Maßnahmenpakete M23 bis M29.

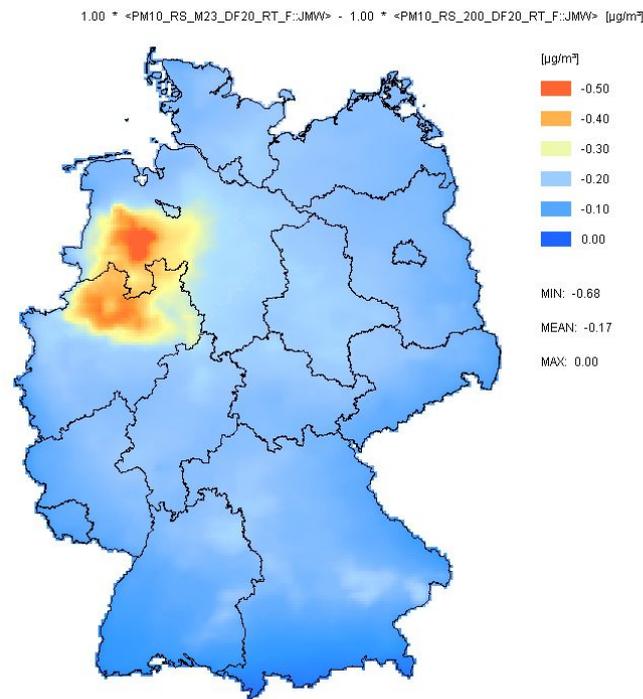


Abbildung 5-44 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M23 (MFR-Landwirtschaft, SNAP 10). Die Änderung wird berechnet als: M23-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

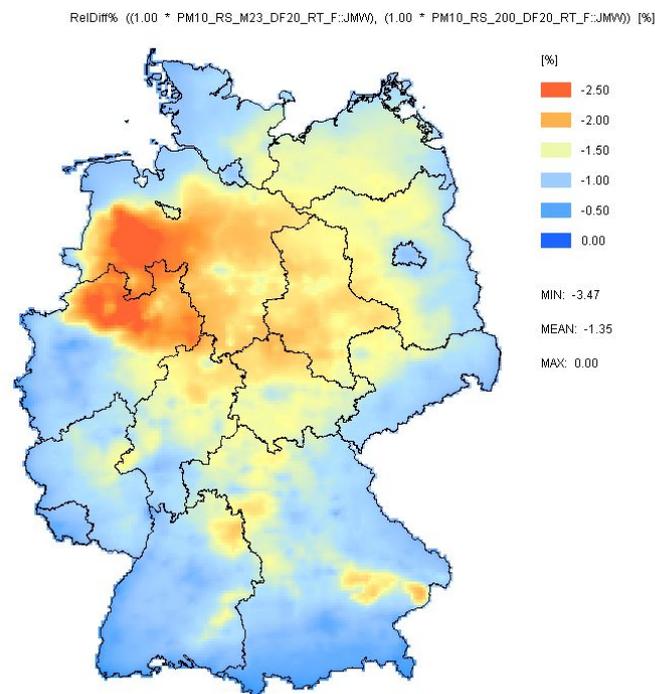


Abbildung 5-45 Relative Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M23 (MFR-Landwirtschaft, SNAP 10). Die Änderung wird berechnet als: M23-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

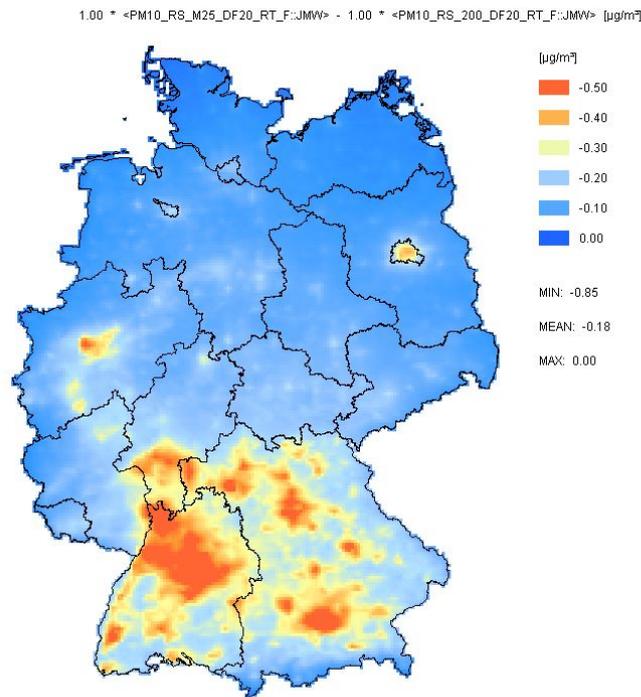


Abbildung 5-46 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M25 (MFR-Kleinfeuerungsanlagen, SNAP 2). Die Änderung wird berechnet als: M25-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

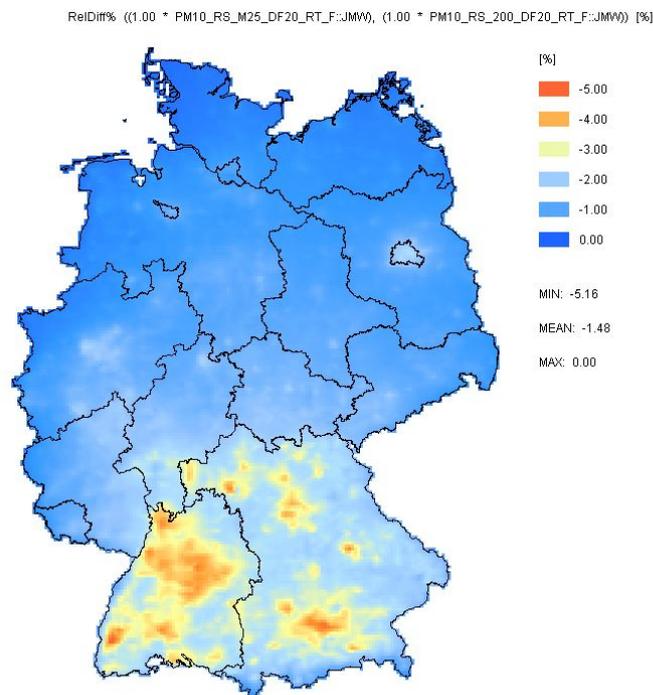


Abbildung 5-47 Relative Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M25 (MFR-Kleinfeuerungsanlagen, SNAP 2). Die Änderung wird berechnet als: M25-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

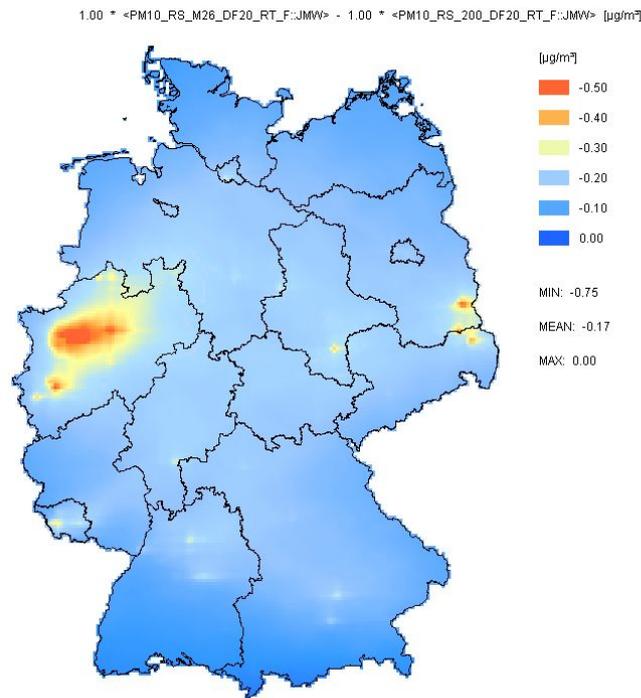


Abbildung 5-48 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M26 (MFR-Großfeuerungsanlagen, SNAP 1, 3). Die Änderung wird berechnet als: M26-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

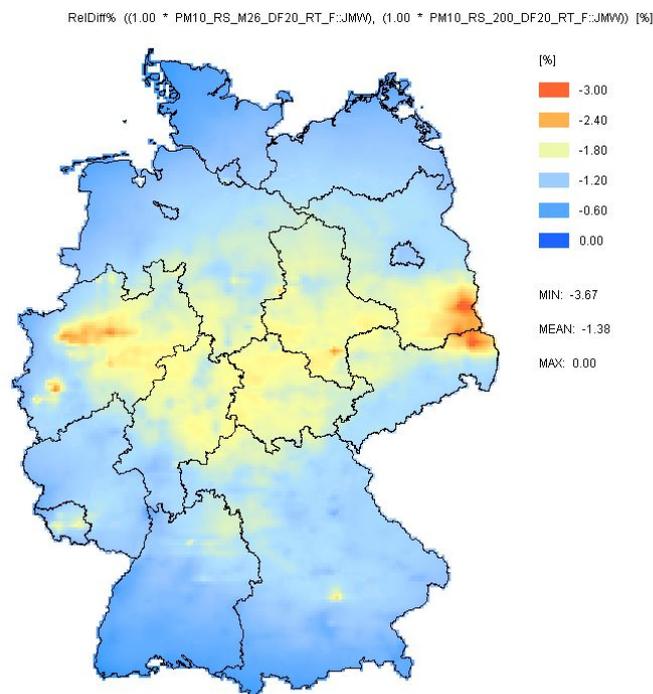


Abbildung 5-49 Relative Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M26 (MFR-Großfeuerungsanlagen, SNAP 1, 3). Die Änderung wird berechnet als: M26-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

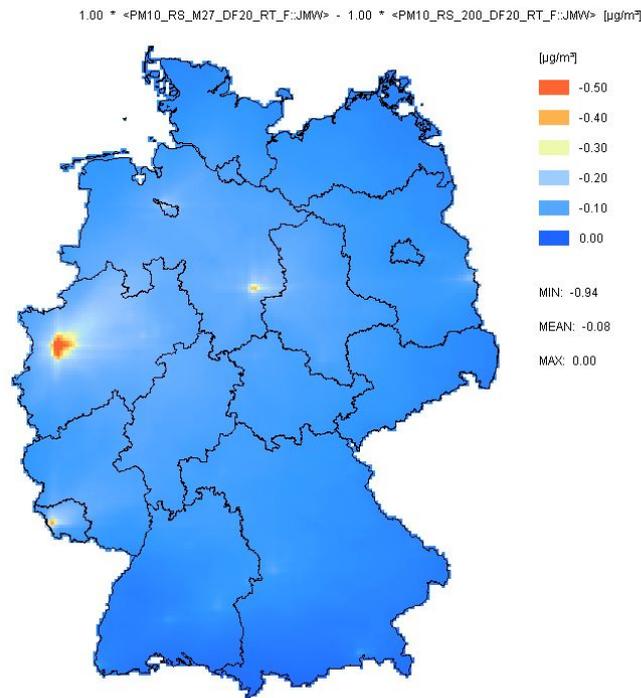


Abbildung 5-50 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M27 (MFR-Produktionsprozesse, SNAP 4). Die Änderung wird berechnet als: M27-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

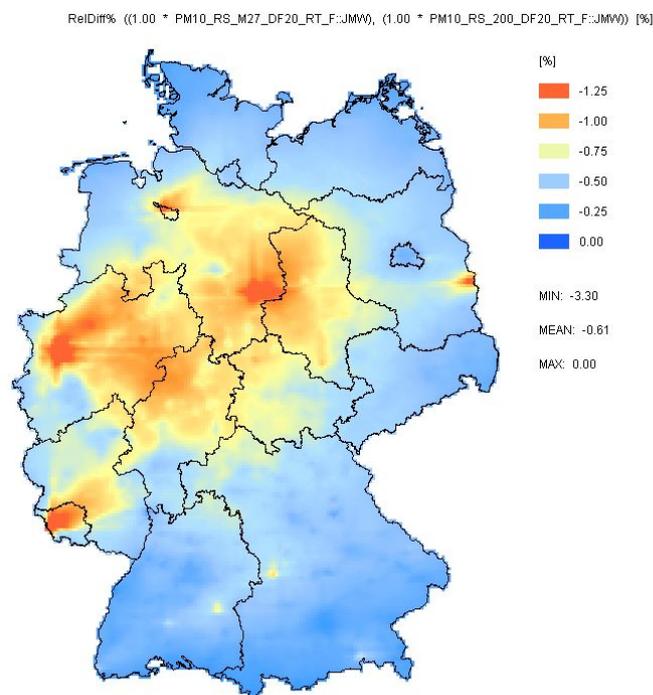


Abbildung 5-51 Relative Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M27 (MFR-Produktionsprozesse, SNAP 4). Die Änderung wird berechnet als: M27-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

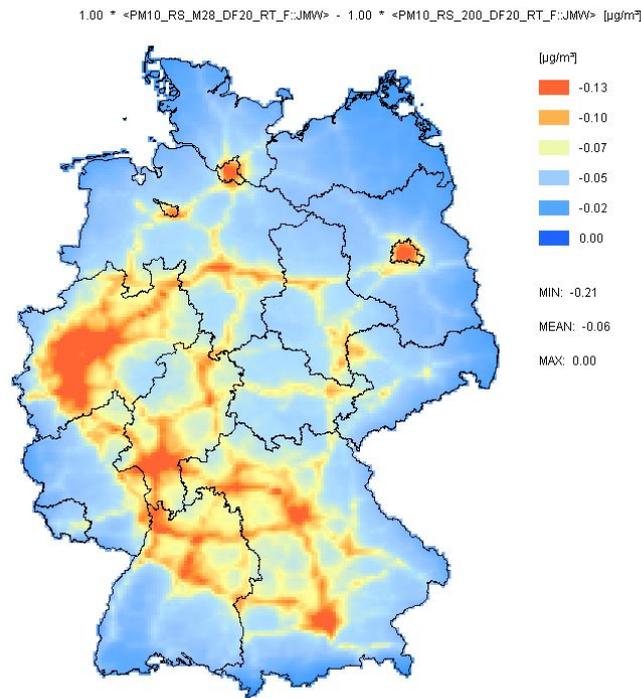


Abbildung 5-52 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M28 (MFR-Verkehr, SNAP 7). Die Änderung wird berechnet als: M28-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

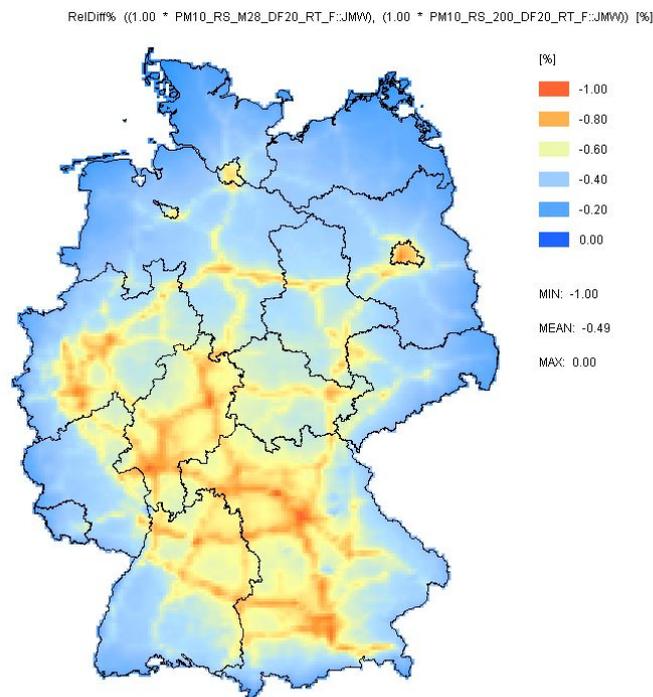


Abbildung 5-53 Relative Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M28 (MFR-Verkehr, SNAP 7). Die Änderung wird berechnet als: M28-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

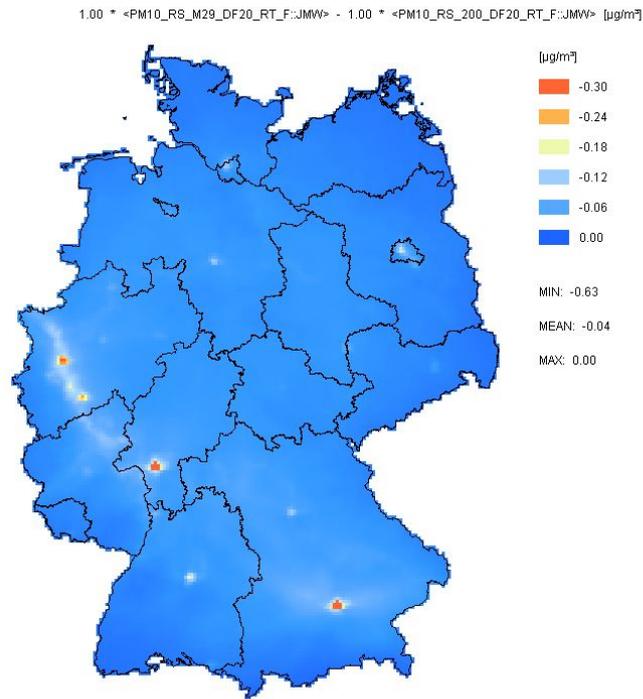


Abbildung 5-54 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M29 (MFR-Sonstiger Verkehr, SNAP 8). Die Änderung wird berechnet als: M29-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

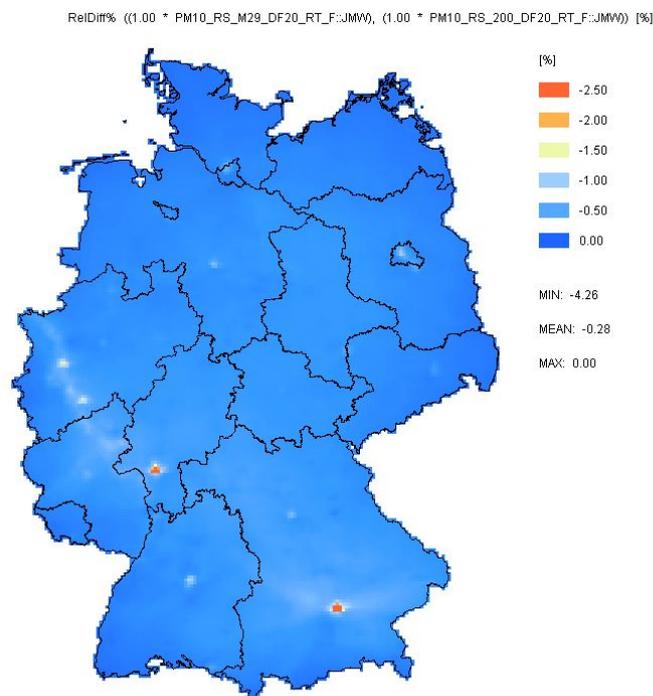


Abbildung 5-55 Relative Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M29 (MFR-Sonstiger Verkehr, SNAP 8). Die Änderung wird berechnet als: M29-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

5.2.3 Maßnahmenpakete Landwirtschaft: M15, M30, M31, M43, M51, M73, M74

In diesem Kapitel werden alle Einzelmaßnahmen der Landwirtschaft diskutiert. Neben der Unterteilung des MFR-Szenarios Landwirtschaft (M23) in technische und nicht-technische Maßnahmen sind dies noch die Emissionsminderungspotenziale des Bereiches „Tierhaltung“ (Tabelle 3-23) sowie der Einzelmaßnahmen A007 (Tabelle 3-36), A009 (Tabelle 3-37) und A012 (Tabelle 3-31). Die Definition der Einzelmaßnahmen kann in Tabelle 3-3 und Tabelle 3-4 gefunden werden. Zusätzlich zu den realen Maßnahmenpaketen wird hier noch das hypothetische Szenario M15 „Reduzierter Fleischverbrauch“ diskutiert. Die daraus resultierenden Emissionsveränderungen zeigt die Tabelle 3-38.

Die Tabelle 5-7 fasst die Bandbreiten der in Deutschland als Folge der verschiedenen Einzelmaßnahmen in der Landwirtschaft berechneten PM10-Minderungspotenziale zusammen. In der Tabelle ist wieder angegeben, welchen Abbildungen die Bandbreiten entnommen wurden. Den größten maximalen Einzelbeitrag zum über die Referenz 2020 hinaus noch aus weiteren Maßnahmen verfügbaren PM10-Minderungspotenzial liefert das MFR-Szenario M31, technische Maßnahmen, knapp gefolgt von der Einzelmaßnahme A007 (M73, „Einsatz von Abluftreinigungen in der Schweinehaltung“). Dies bedeutet, dass der Großteil des Potenzials der technischen Maßnahmen in der Landwirtschaft der Einzelmaßnahme A007 zugeschrieben werden kann. Die nicht-technischen Maßnahmen (M30), das Bündel der Einzelmaßnahmen A001 bis A006 sowie die Einzelmaßnahme A012 tragen dagegen sehr viel weniger zum zusätzlichen Minderungspotenzial der Landwirtschaft bei. Vernachlässigbar ist der Minderungsbeitrag der Einzelmaßnahme A009 (M74, „Tierhaltung, Veränderung der Ausbringtechnik und Verringerung der Zeit bis zur Einarbeitung“). Das mit Abstand höchste PM10-Minderungspotenzial liefert das hypothetische Szenario „Reduzierter Fleischverbrauch“, das bezogen auf die Referenz 2020 zu Abnahmen der PM10-Jahresmittelwerte bis zu $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ oder bis zu 8% führen würde (Abbildung 5-66, Abbildung 5-67).

PM10-Jahresmittelwert	Absolute Abnahme $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Relative Abnahme %	Abgeleitet aus
M30, MFR, Landwirtschaft, nicht-technisch	0 bis 0.1	0 bis 1.0	Abbildung 5-56 Abbildung 5-57
M31, MFR, Landwirtschaft, technisch	0 bis 0.6	0 bis 3.3	Abbildung 5-58 Abbildung 5-59
M43, MFR, Landwirtschaft Maßnahmen A001 bis A006	0 bis 0.1	0 bis 1.0	Abbildung 5-60 Abbildung 5-61
M51, MFR, Landwirtschaft Maßnahme A012	0 bis 0.1	0 bis 0.9	Abbildung 5-62 Abbildung 5-63
M73, MFR, Landwirtschaft Maßnahme A007	0 bis 0.6	0 bis 3.1	Abbildung 5-64 Abbildung 5-65
M74, MFR, Landwirtschaft Maßnahme A009	<0.05		Nicht abgebildet
M15, Landwirtschaft, „Reduzierter Fleischverbrauch“	0 bis 2.0	0 bis 8.3	Abbildung 5-66 Abbildung 5-67

Tabelle 5-7 Bandbreiten der absoluten und relativen Minderungspotenziale der PM10-Jahresmittelwerte in Deutschland, bezogen auf die Referenz 2020: Maßnahmenpakete Landwirtschaft, M30, M31, M43, M51 und hypothetisches Szenario M15.

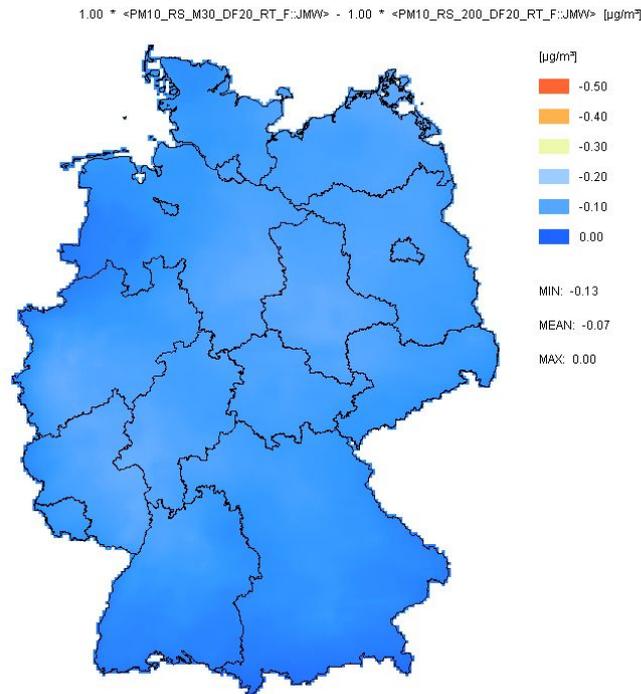


Abbildung 5-56 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M30 (MFR-Landwirtschaft, nicht-technische Maßnahmen, SNAP 10). Die Änderung wird berechnet als: M30-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

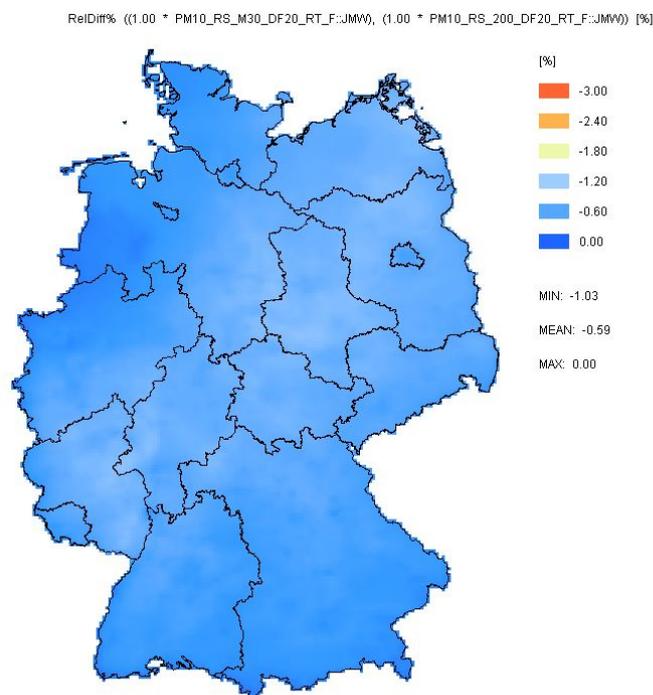


Abbildung 5-57 Relative Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M30 (MFR-Landwirtschaft, nicht-technische Maßnahmen, SNAP 10). Die Änderung wird berechnet als: M30-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

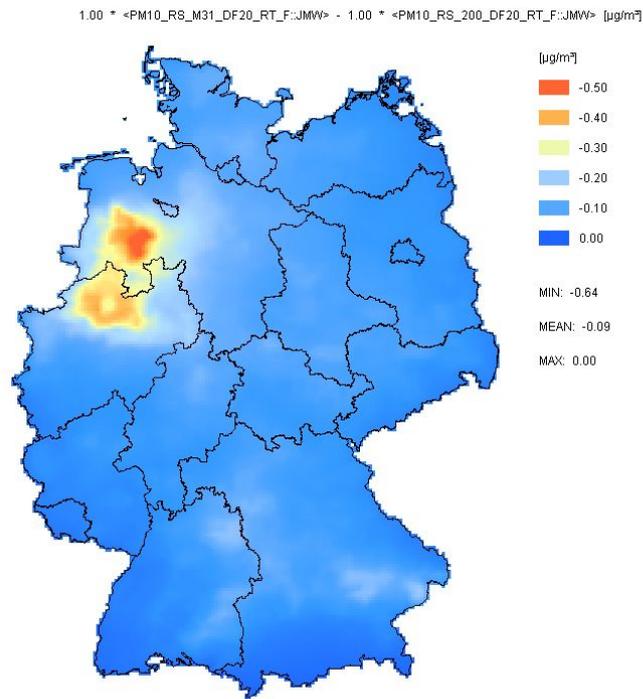


Abbildung 5-58 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M31 (MFR-Landwirtschaft, technische Maßnahmen, SNAP 10). Die Änderung wird berechnet als: M31-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

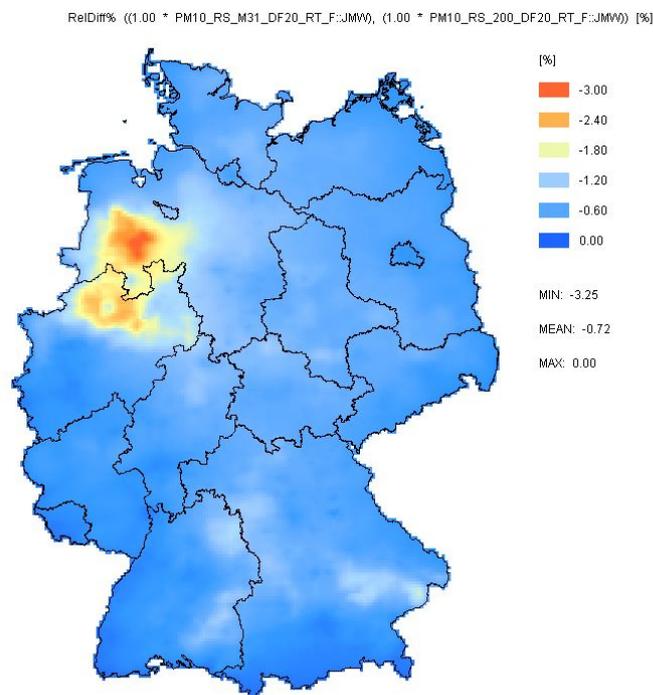


Abbildung 5-59 Relative Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M31 (MFR-Landwirtschaft, technische Maßnahmen, SNAP 10). Die Änderung wird berechnet als: M31-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

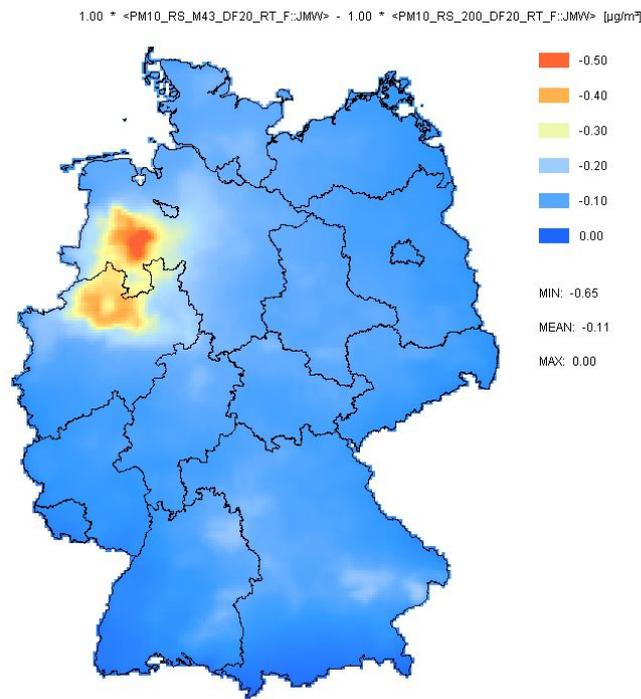


Abbildung 5-60 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M43 (MFR-Landwirtschaft, Tierhaltung, SNAP 10). Die Änderung wird berechnet als: M43-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

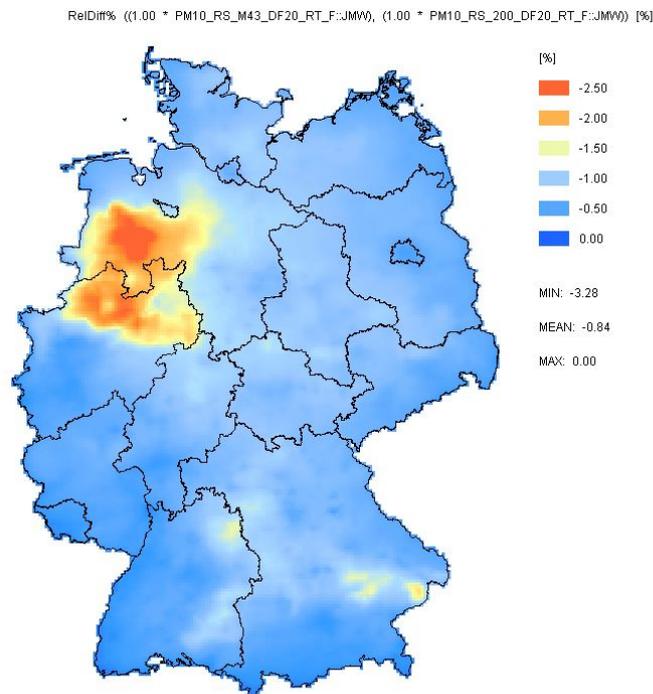


Abbildung 5-61 Relative Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M43 (MFR-Landwirtschaft, Tierhaltung, SNAP 10). Die Änderung wird berechnet als: M43-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

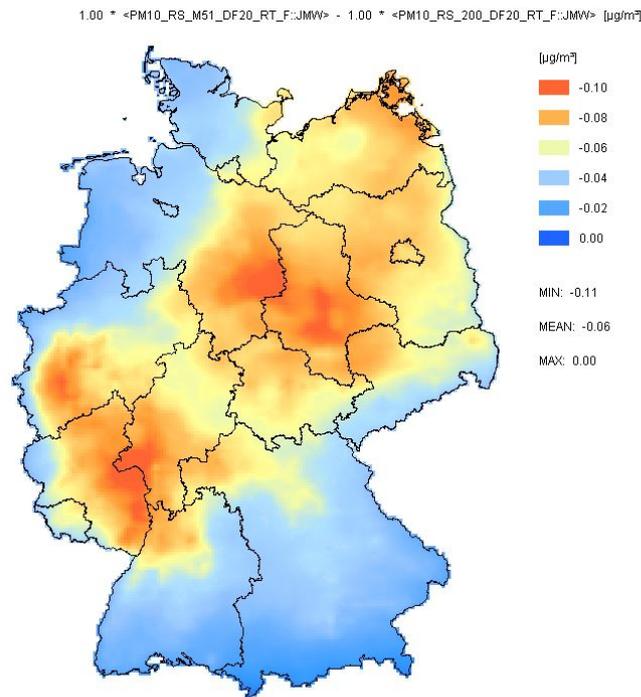


Abbildung 5-62 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M51 (Landwirtschaft, Maßnahme A012, SNAP 10). Die Änderung wird berechnet als: M51-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

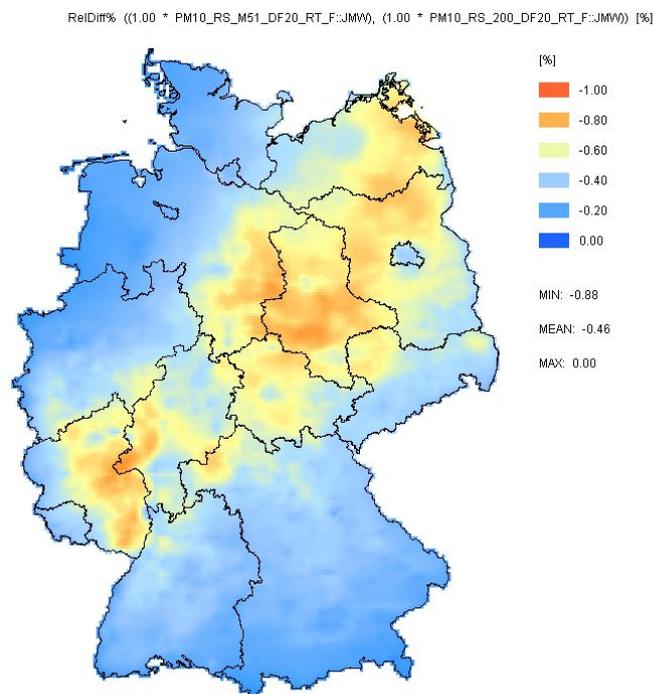


Abbildung 5-63 Relative Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M51 (Landwirtschaft, Maßnahme A012, SNAP 10). Die Änderung wird berechnet als: M51-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

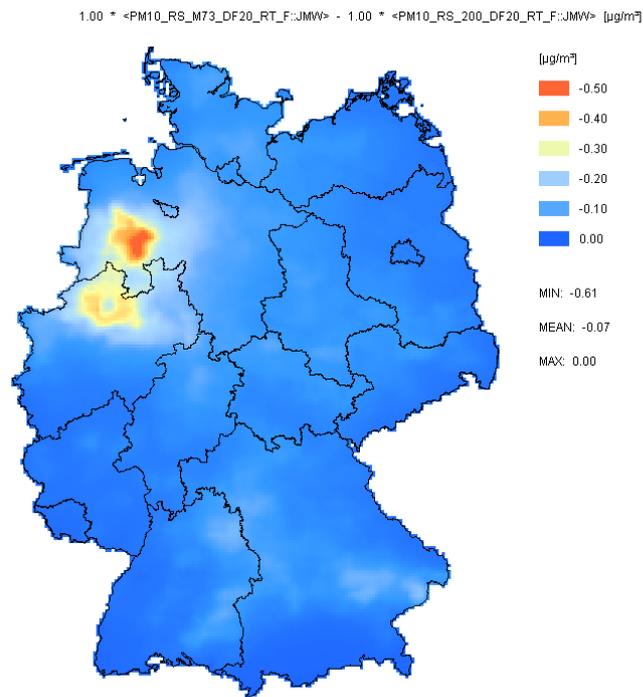


Abbildung 5-64 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M73 (Landwirtschaft, Maßnahme A007, SNAP 10). Die Änderung wird berechnet als: $M73\text{-Referenz } 2020$. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

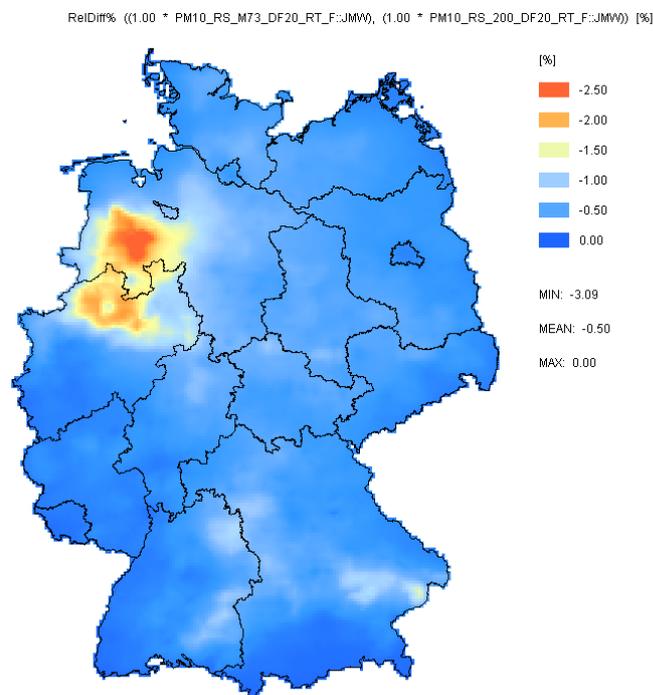


Abbildung 5-65 Relative Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M73 (Landwirtschaft, Maßnahme A007, SNAP 10). Die Änderung wird berechnet als: $M73\text{-Referenz } 2020$. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

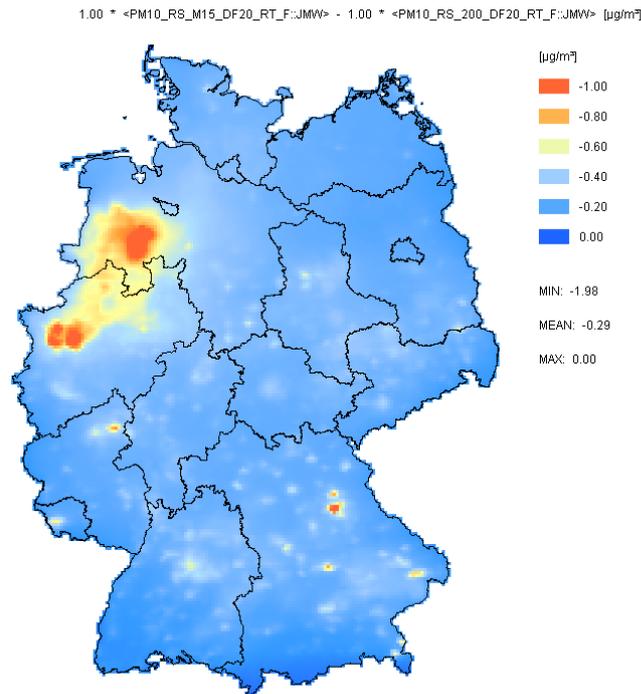


Abbildung 5-66 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bezogen auf die Referenz 2020 für das hypothetische Szenario „Reduzierter Fleischverbrauch“, (Landwirtschaft, M15). Die Änderung wird berechnet als: M15-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

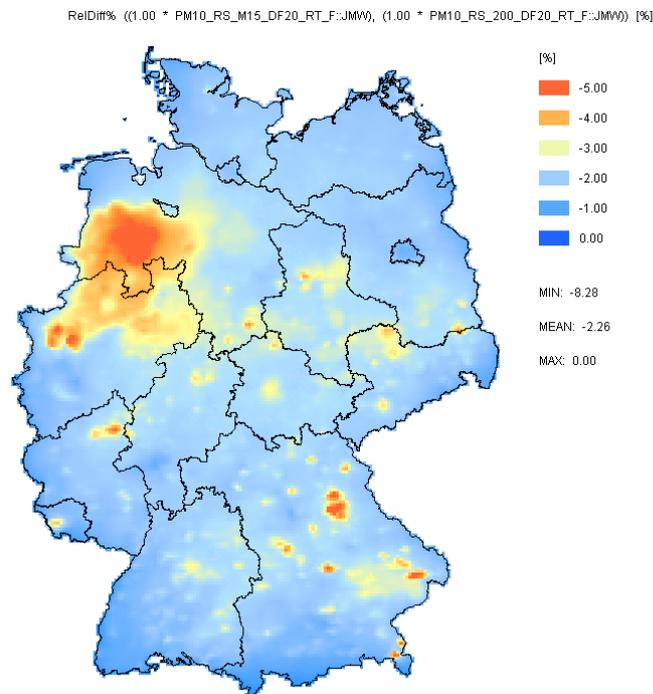


Abbildung 5-67 Relative Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für das hypothetische Szenario „Reduzierter Fleischverbrauch“, (Landwirtschaft, M15). Die Änderung wird berechnet als: M15-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

5.2.4 Maßnahmenpakete 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 auch 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 (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 5-8 fasst die Bandbreiten der in Deutschland als Folge der verschiedenen Einzelmaßnahmen beim Straßenverkehr berechneten PM10-Minderungspotenziale zusammen. Die technischen Maßnahmen tragen nur unbedeutend zu einer weiteren PM10-Immissionsverminderung bei. Auch das PM10-Minderungspotenzial der nicht-technischen Maßnahmen ist gering und liegt selbst für das gesamte Bündel der nicht-technischen Maßnahmen weit unter einen halben µg/m³. Die Summe der nicht-technischen Maßnahmen trägt vor allem in den Ballungsräumen etwas zur weiteren Minderung der PM10-Konzentrationen bei (Abbildung 5-68). Die Auswirkungen eines Tempolimits auf die PM10-Konzentrationen sind gering (Abbildung 5-70).

PM10-Jahresmittelwert	Absolute Abnahme µg/m ³	Relative Abnahme %	Abgeleitet aus
M32, MFR, Verkehr, technisch	<0.05	<0.05	Nicht abgebildet
M33, MFR, Verkehr, nicht-technisch	0 bis 0.2	0 bis 1.0	Abbildung 5-68 Abbildung 5-69
M50, Verkehr, Tempolimit	0 bis 0.1	0 bis 0.3	Abbildung 5-70 Abbildung 5-71
M53, Verkehr, Maßnahme V012	<0.05	<0.05	Nicht abgebildet

Tabelle 5-8 Bandbreiten der absoluten und relativen Minderungspotenziale der PM10-Jahresmittelwerte in Deutschland, bezogen auf die Referenz 2020: Maßnahmenpakete Verkehr, M32, M33, M50, M53.

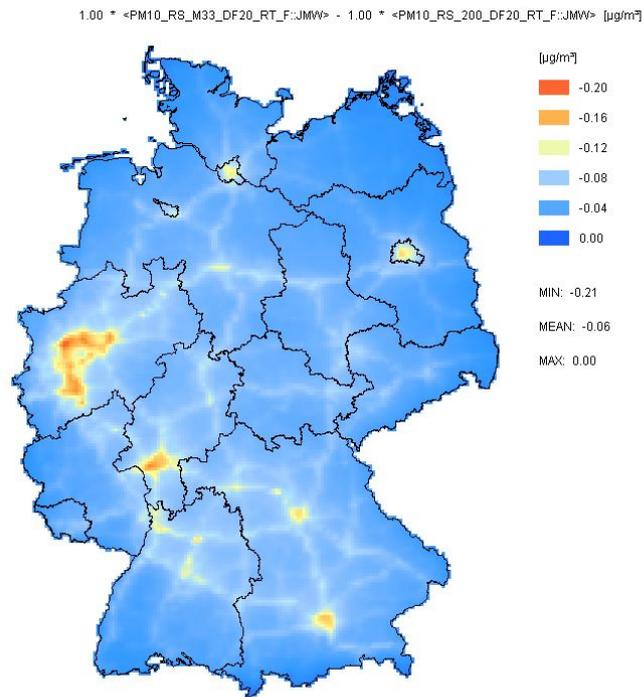


Abbildung 5-68 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M33 (MFR-Verkehr, nicht-technische Maßnahmen, SNAP 7). Die Änderung wird berechnet als: M33-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

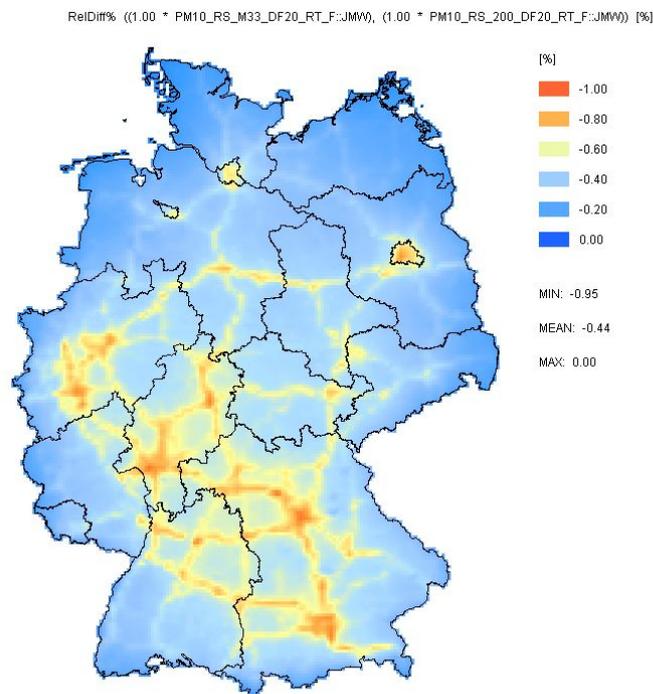


Abbildung 5-69 Relative Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M33 (MFR-Verkehr, nicht-technische Maßnahmen, SNAP 7). Die Änderung wird berechnet als: M33-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

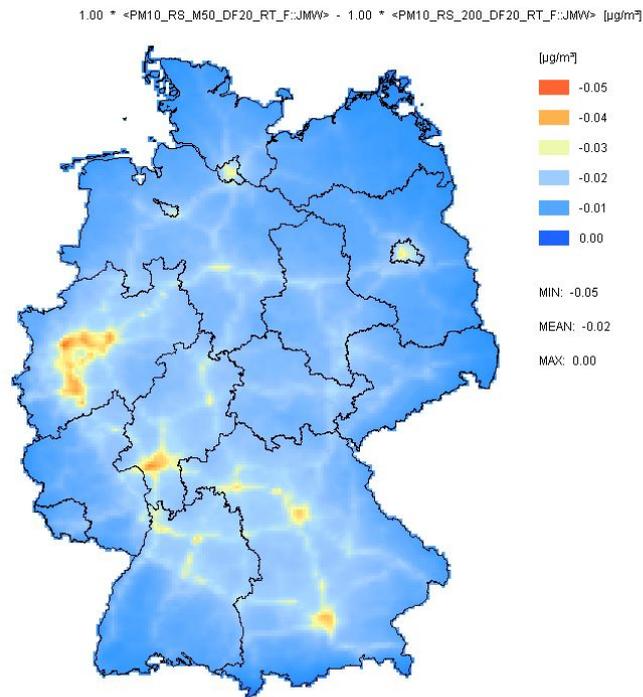


Abbildung 5-70 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M50 (Verkehr-Tempolimit, SNAP 7). Die Änderung wird berechnet als: M50-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

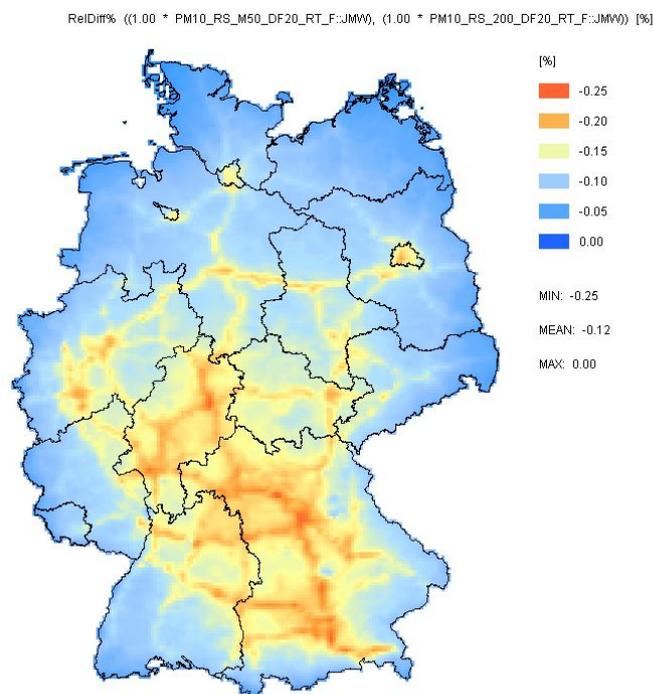


Abbildung 5-71 Relative Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M50 (Verkehr-Tempolimit, SNAP 7). Die Änderung wird berechnet als: M50-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

5.2.5 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. Die Einzelmaßnahme MM009 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 5-9 fasst die Bandbreiten der in Deutschland als Folge der Maßnahmen beim Sonstigen Verkehr berechneten PM10-Minderungspotenziale zusammen. Das Bündel der nicht-technischen Maßnahmen hat deutliche höhere Auswirkungen auf die PM10-Jahresmittelwerte als das der technischen Maßnahmen. Allerdings liegen die Maxima der erreichbaren Minderungen deutlich unter $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Die immissionsseitigen Auswirkungen der technischen Maßnahmen konzentrieren sich auf die Schifffahrtswege mit maximalen Minderungen von circa 0.1 bis $0.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ entlang des Mittel- und Niederrheins (Abbildung 5-72). Da das Potenzial der nicht-technischen Maßnahmen zum Großteil aus der Einzelmaßnahme MM009 stammt, zeigen sich die Auswirkungen auch nur im Umfeld der großen Flughäfen mit maximalen PM10-Minderungspotenzialen bis $0.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für die beiden größten deutschen Flughäfen, Frankfurt und München (Abbildung 5-74 und Abbildung 5-76).

PM10-Jahresmittelwert	Absolute Abnahme $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Relative Abnahme %	Abgeleitet aus
M34, MFR, Sonstiger Verkehr, technisch	0 bis 0.2	0 bis 0.8	Abbildung 5-72 Abbildung 5-73
M35, MFR, Sonstiger Verkehr, nicht-technisch	0 bis 0.6	0 bis 4.2	Abbildung 5-74 Abbildung 5-75
M54, Sonstiger Verkehr, Maßnahme MM009	0 bis 0.6	0 bis 4.1	Abbildung 5-76 Abbildung 5-77

Tabelle 5-9 Bandbreiten der absoluten und relativen Minderungspotenziale der PM10-Jahresmittelwerte in Deutschland, bezogen auf die Referenz 2020: Maßnahmenpakete Sonstiger Verkehr, M34, M35, M54.

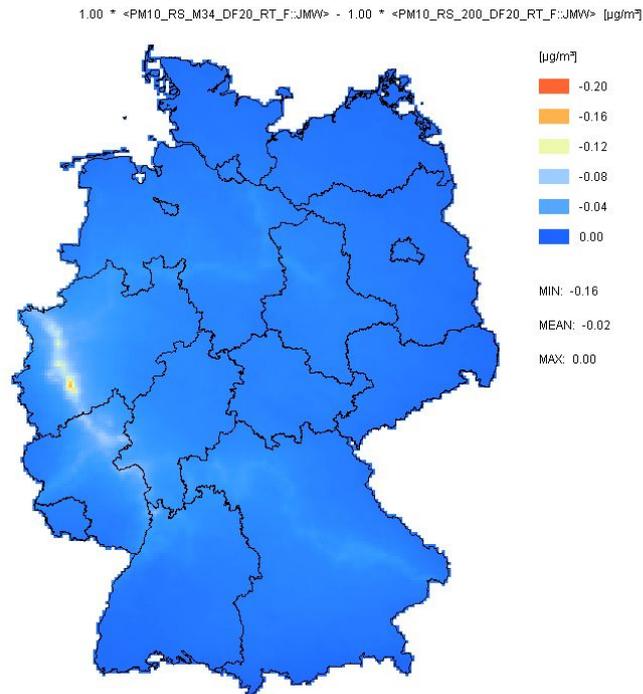


Abbildung 5-72 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M34 (MFR-Sonstiger Verkehr, technische Maßnahmen, SNAP 8). Die Änderung wird berechnet als: M34-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

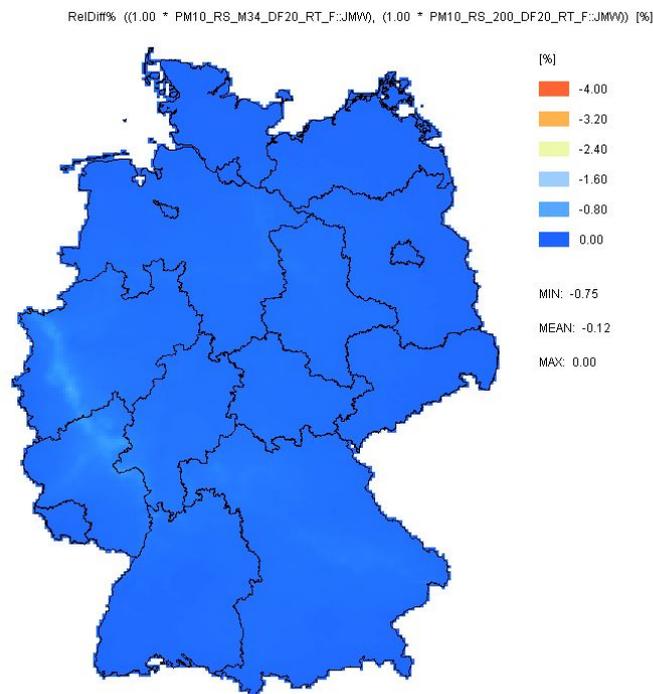


Abbildung 5-73 Relative Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M34 (MFR-Sonstiger Verkehr, technische Maßnahmen, SNAP 8). Die Änderung wird berechnet als: M34-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

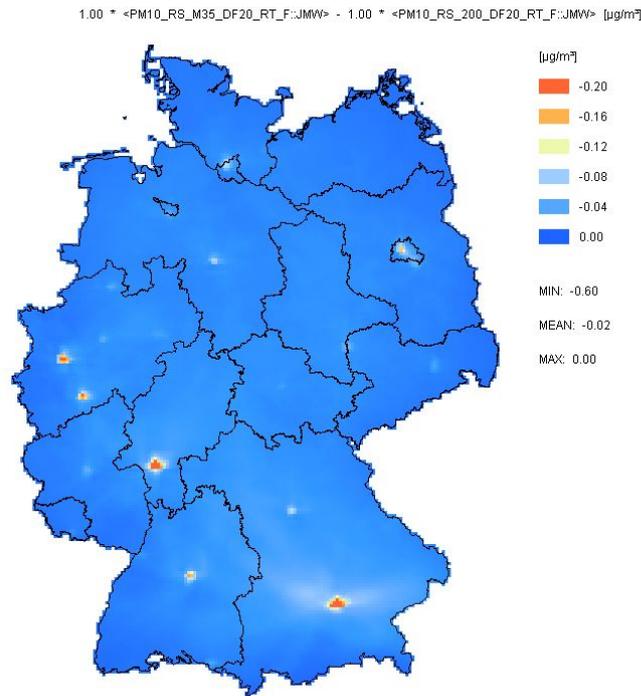


Abbildung 5-74 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M35 (MFR-Sonstiger Verkehr, nicht-technische Maßnahmen, SNAP 8). Die Änderung wird berechnet als: M35-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

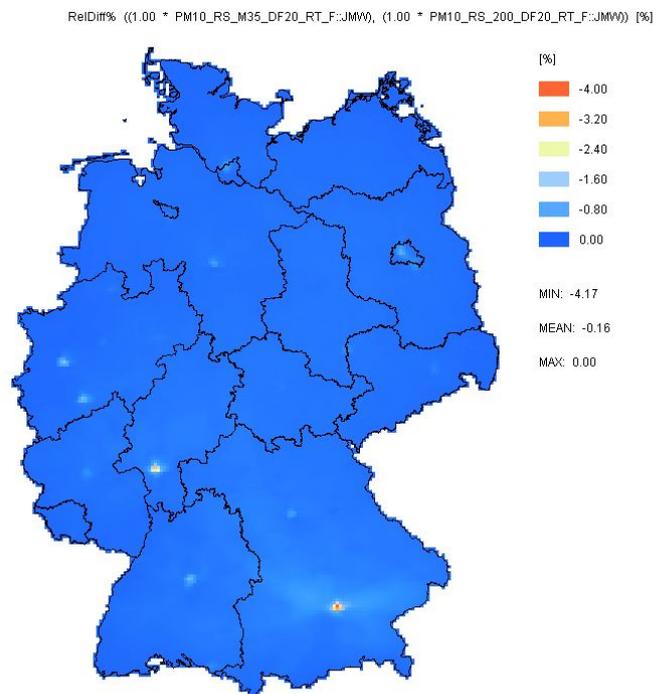


Abbildung 5-75 Relative Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M35 (MFR-Sonstiger Verkehr, nicht-technische Maßnahmen, SNAP 8). Die Änderung wird berechnet als: M35-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

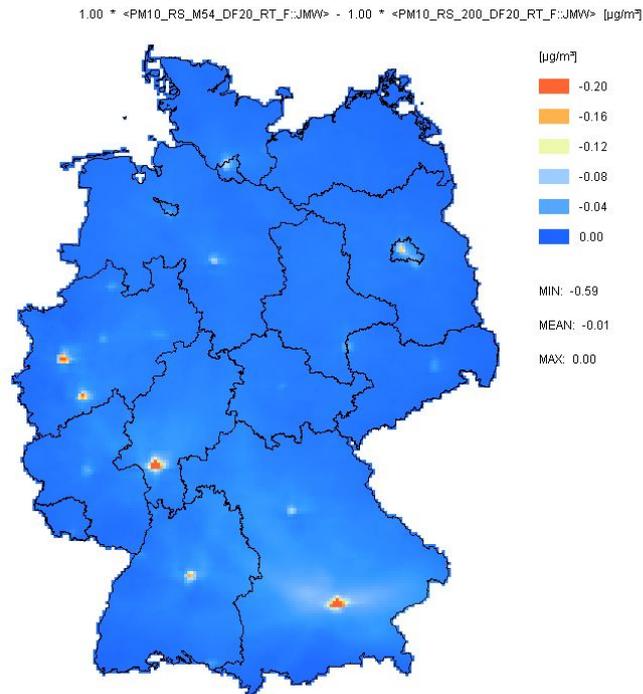


Abbildung 5-76 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M54 (Sonstiger Verkehr, Maßnahme MM009, SNAP 8). Die Änderung wird berechnet als: M54-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

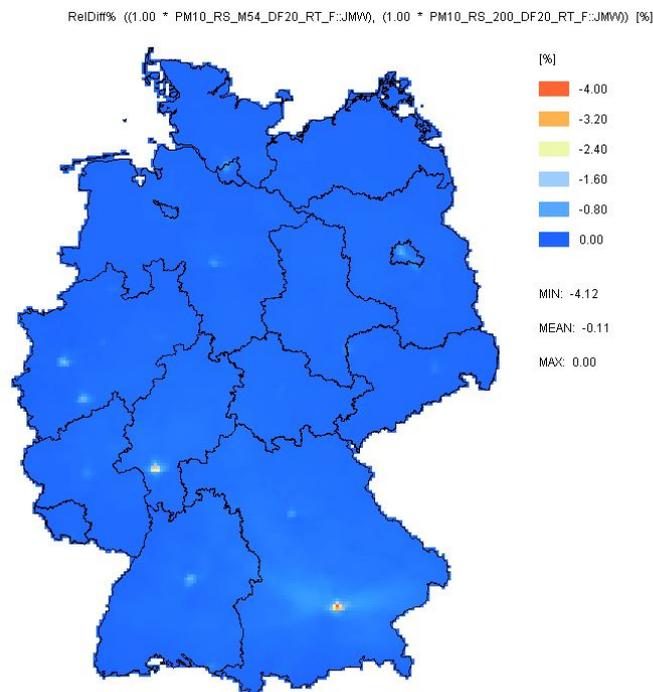


Abbildung 5-77 Relative Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M54 (Sonstiger Verkehr, Maßnahme MM009, SNAP 8). Die Änderung wird berechnet als: M54-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

5.2.6 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 5-10 fasst die Bandbreiten der in Deutschland als Folge der Maßnahmen bei den Kleinf Feuerungsanlagen berechneten PM10-Minderungspotenziale zusammen. Die Auswirkungen der geplanten Ökodesign-Richtlinie auf die PM10-Konzentrationen sind sehr gering, da diese Maßnahme ausschließlich eine NO_x-Emissionsminderung bewirkt. Die Novellierung der 1. BImSchV würde zu einer weiteren Senkung der PM10-Jahresmittelwerte um bis zu maximal 1 µg/m³ führen. Dies entspricht maximalen relativen Abnahmen bis zu circa 5%. Die Auswirkungen der Novellierung konzentrieren sich auf die größeren Ballungsräume und weitere Regionen im süddeutschen Raum (Abbildung 5-78). Mit Abstand das höchste Minderungspotenzial bei den Kleinf Feuerungen bietet die hypothetische Umstellung der Holzfeuerungen auf Ölfeuerung. Mit diesem Szenario können die PM10-Jahresmittelwerte vor allem im süddeutschen Raum lokal um über 2 µg/m³ gesenkt werden (Abbildung 5-80). Bezogen auf die Konzentrationen der Referenz 2020 entspricht dies relativen Abnahmen bis zu knapp 15% (Abbildung 5-81).

PM10-Jahresmittelwert	Absolute Abnahme µg/m ³	Relative Abnahme %	Abgeleitet aus
M44, Kleinf Feuerungsanlagen, Ökodesign	<0.05		Nicht abgebildet
M45, Kleinf Feuerungsanlagen, 1. BImSchV	0 bis 0.9	0 bis 5.1	Abbildung 5-78 Abbildung 5-79
M59, Kleinf Feuerungsanlagen, Öl statt Holz	0 bis 2.3	0 bis 14.6	Abbildung 5-80 Abbildung 5-81

Tabelle 5-10 Bandbreiten der absoluten und relativen Minderungspotenziale der PM10-Jahresmittelwerte in Deutschland, bezogen auf die Referenz 2020: Maßnahmenpakete Kleinf Feuerungsanlagen, M44, M45, M59.

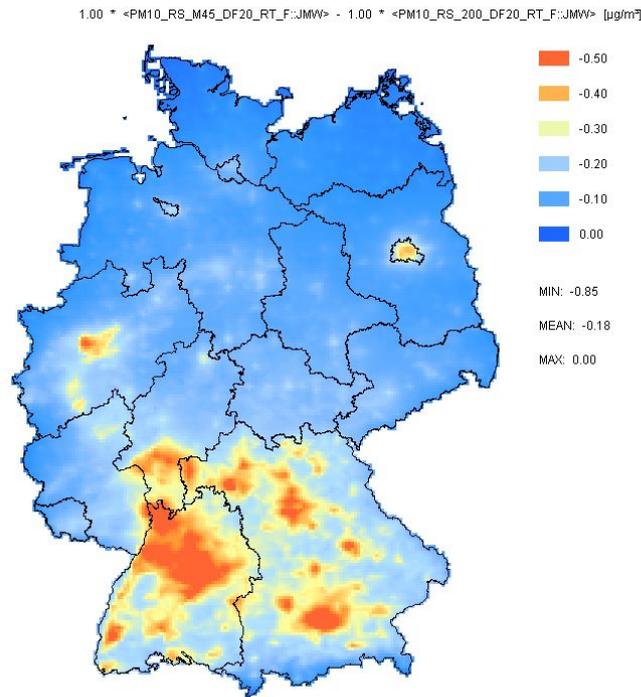


Abbildung 5-78 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M45 (Kleinf Feuerungsanlagen, 1. BImSchV, SNAP 2). Die Änderung wird berechnet als: M45-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

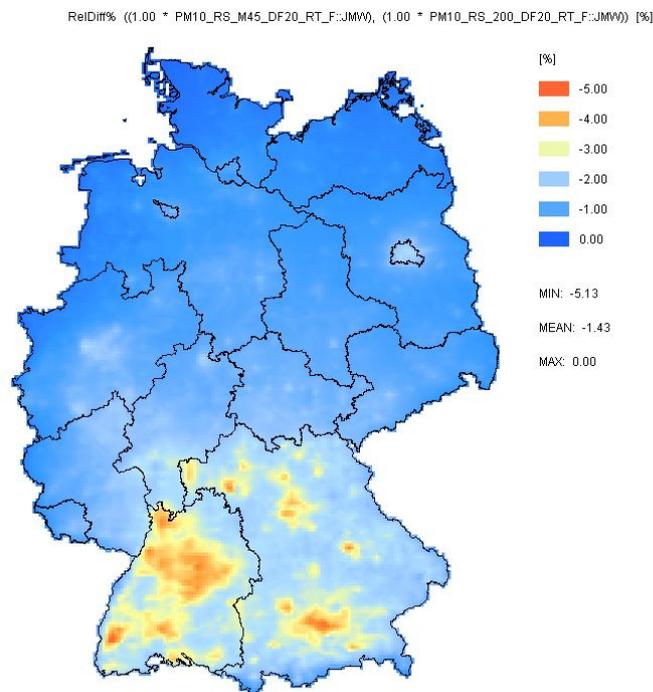


Abbildung 5-79 Relative Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M45 (Kleinf Feuerungsanlagen, 1. BImSchV, SNAP 2). Die Änderung wird berechnet als: M45-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

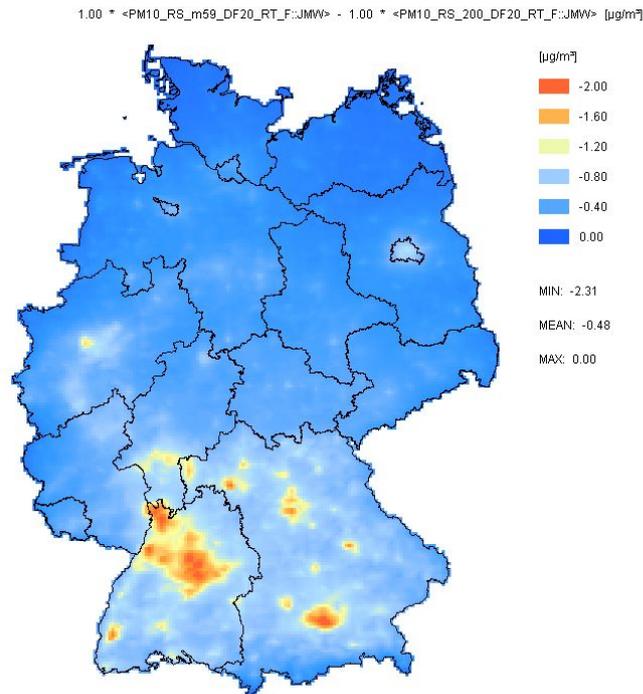


Abbildung 5-80 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M59 (Kleinf Feuerungsanlagen, Öl- statt Holzfeuerungen, SNAP 2). Die Änderung wird berechnet als: M59-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

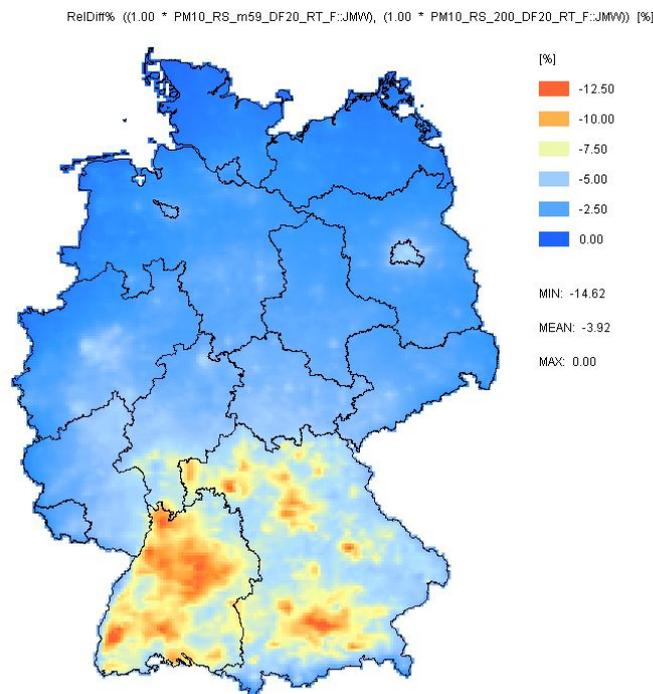


Abbildung 5-81 Relative Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M59 (Kleinf Feuerungsanlagen, Öl- statt Holzfeuerungen, SNAP 2). Die Änderung wird berechnet als: M59-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

5.2.7 Maßnahmenpakete Großfeuerungsanlagen: M46, M47, M52

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 Einzelmaßnahme M52 (Absenkung des Staubemissionsgrenzwerts für kohlegefeuerte Anlagen, G010) bewirkt dagegen eine Minderung der PM10-Emissionen (Tabelle 3-32). Die genaue Definition der Einzelmaßnahmen kann in Tabelle 3-5 gefunden werden.

Die Tabelle 5-11 fasst die Bandbreiten der in Deutschland als Folge der Maßnahmen bei den Großfeuerungsanlagen berechneten PM10-Minderungspotenziale zusammen. Die Novellierung der IED-Richtlinie würde zu einer maximalen Absenkung der PM10-Konzentrationen um circa 0,4 µg/m³ führen mit einem geringfügig höheren Potenzial für den UBA-Entwurf. Die Abnahmen konzentrieren sich auf das Umfeld der betroffenen Großfeuerungsanlagen mit Schwerpunkten im Ruhrgebiet und den Braunkohlegebieten in der Lausitz (Abbildung 5-82 bis Abbildung 5-85). Die Absenkung des Staubemissionsgrenzwerts für kohlegefeuerte Anlagen (Maßnahmenpaket M52, Einzelmaßnahme G010) würde im Umfeld der betroffenen Anlagen Abnahmen der PM10-Jahresmittelwerte um maximal 0,5 µg/m³ bewirken. Für diese Maßnahme liegt der Schwerpunkt der Minderung eindeutig im Ruhrgebiet (Abbildung 5-86). Die geringeren maximalen relativen Abnahmen für das Maßnahmenpaket M52 im Vergleich mit den Paketen M46 und M47 hängen mit der PM10-Konzentrationsverteilung der Referenz 2020 zusammen: Die höchsten PM10-Jahresmittelwerte werden im Ruhrgebiet berechnet. Deshalb wirkt sich dort eine weitere Minderung der PM10-Konzentration prozentual geringer aus als im Lausitzer Raum, wo die Konzentrationen der Referenz 2020 niedriger sind, für die Maßnahmenpakete M46 und M47 aber mit dem Ruhrgebiet vergleichbare absolute Minderungen berechnet werden.

PM10-Jahresmittelwert	Absolute Abnahme µg/m ³	Relative Abnahme %	Abgeleitet aus
M46, Großfeuerungsanlagen, IED-Richtlinie	0 bis 0,4	0 bis 2,9	Abbildung 5-82 Abbildung 5-83
M47, Großfeuerungsanlagen, IED-Richtlinie, UBA-Entwurf	0 bis 0,4	0 bis 3	Abbildung 5-84 Abbildung 5-85
M52, Großfeuerungsanlagen, Maßnahme G010	0 bis 0,5	0 bis 1,6	Abbildung 5-86 Abbildung 5-87

Tabelle 5-11 Bandbreiten der absoluten und relativen Minderungspotenziale der PM10-Jahresmittelwerte in Deutschland, bezogen auf die Referenz 2020: Maßnahmenpakete Großfeuerungsanlagen, M46, M47, M52.

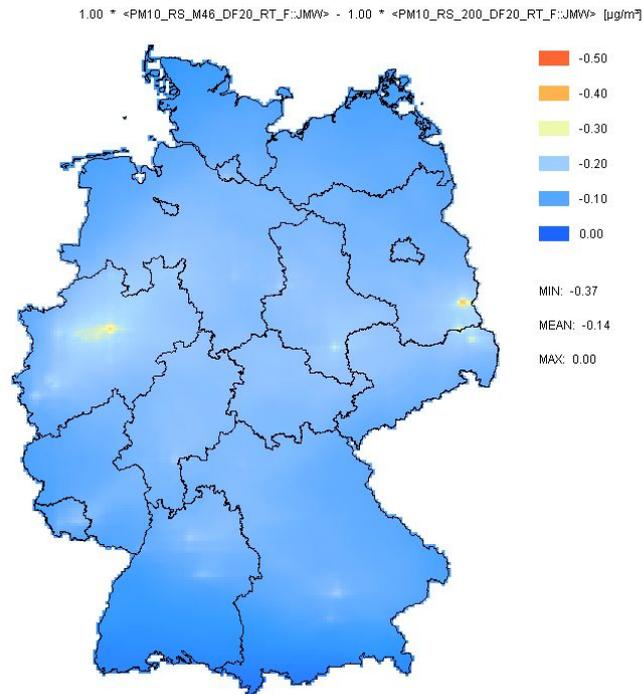


Abbildung 5-82 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M46 (Großfeuerungsanlagen, IED-Richtlinie, SNAP 1, 3). Die Änderung wird berechnet als: M46-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

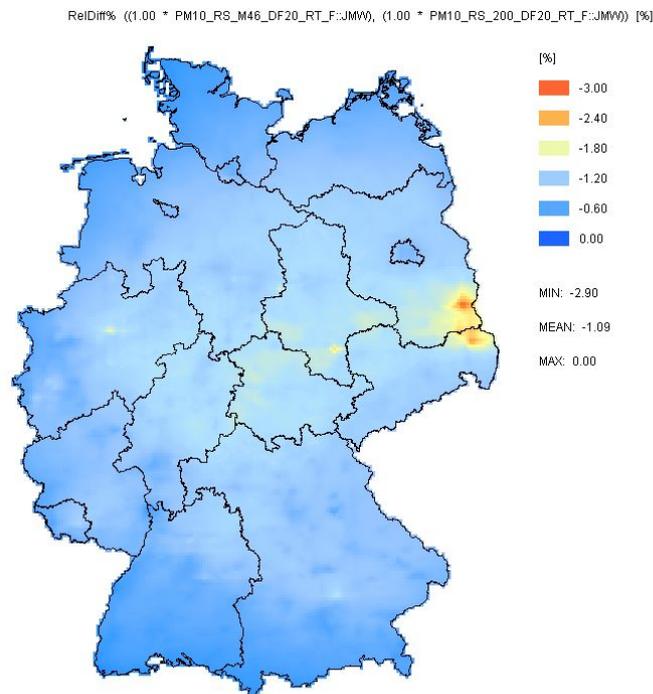


Abbildung 5-83 Relative Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M46 (Großfeuerungsanlagen, IED-Richtlinie, SNAP 1, 3). Die Änderung wird berechnet als: M46-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

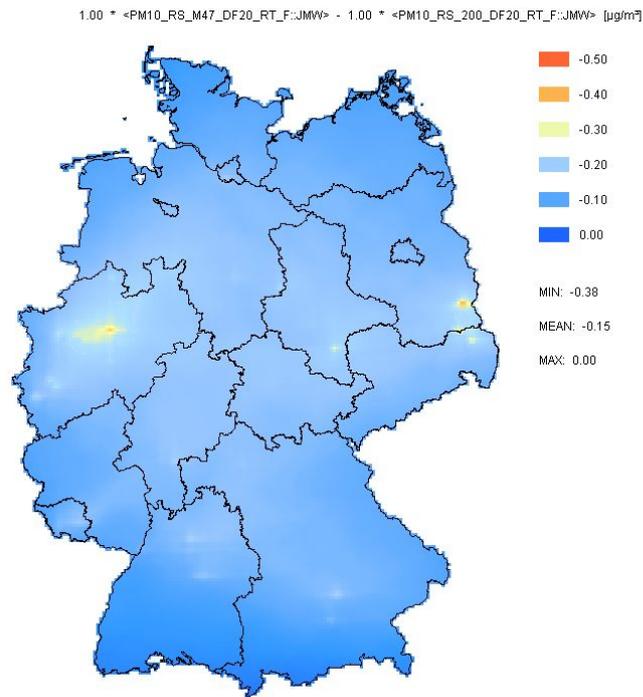


Abbildung 5-84 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M47 (Großfeuerungsanlagen, IED-Richtlinie, UBA-Entwurf, SNAP 1, 3). Die Änderung wird berechnet als: M47-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

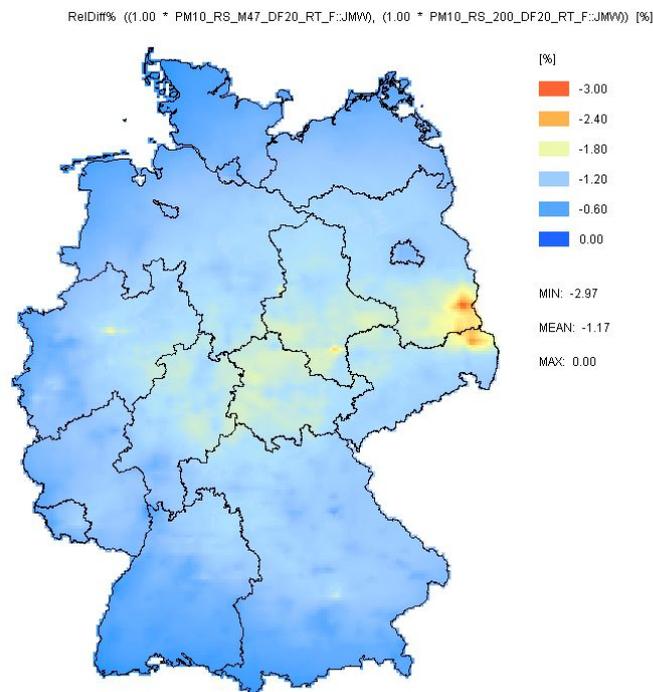


Abbildung 5-85 Relative Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M47 (Großfeuerungsanlagen, IED-Richtlinie, UBA-Entwurf, SNAP 1, 3). Die Änderung wird berechnet als: M47-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

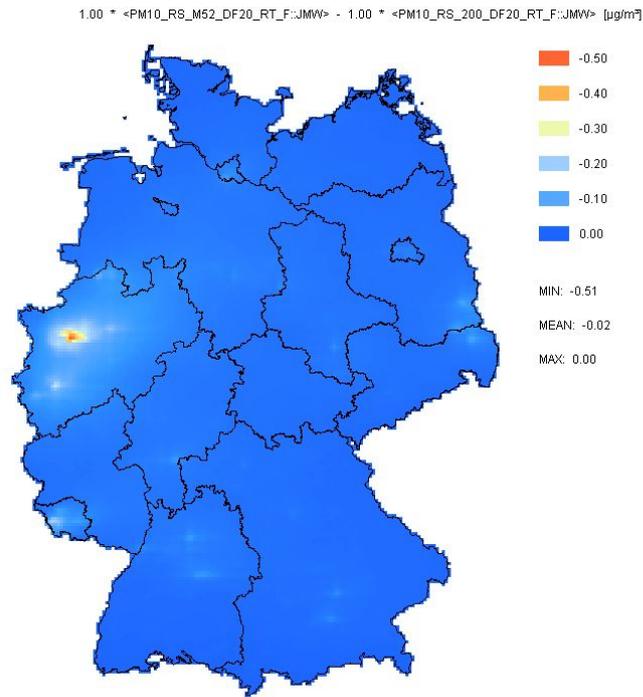


Abbildung 5-86 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M52 (Großfeuerungsanlagen, Maßnahme G010, SNAP 1, 3). Die Änderung wird berechnet als: M52-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

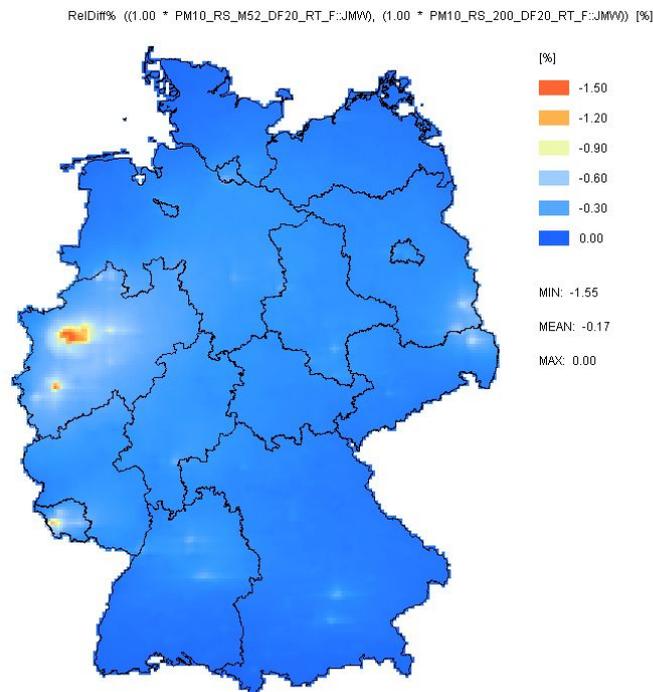


Abbildung 5-87 Relative Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M52 (Großfeuerungsanlagen, Maßnahme G010, SNAP 1, 3). Die Änderung wird berechnet als: M52-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

5.2.8 Maßnahmenpakete Industrieprozesse: M48, M49

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).

Die Tabelle 5-12 fasst die Bandbreiten der in Deutschland als Folge der Maßnahmen bei den industriellen Prozessen (SNAP 4) berechneten PM10-Minderungspotenziale zusammen. Die Minderung der NO_x-Emissionen (Paket M48) wirkt sich nur gering auf die PM10-Konzentrationen aus. Im Gegensatz zu den Maßnahmenpaketen für die Großfeuerungsanlagen profitiert das Ruhrgebiet kaum von der NO_x-Minderung der industriellen Quellen (Abbildung 5-88), was mit der Verteilung des Emissionsminderungspotenzials zusammenhängt. Die PM10-Abnahmen für die PM10-Emissionsminderungen des Maßnahmenpakets M49 liegen maximal bei 0.7 µg/m³ und konzentrieren sich auf das Ruhrgebiet und in schwächerem Maße auf den Raum Salzgitter (Abbildung 5-90).

PM10-Jahresmittelwert	Absolute Abnahme µg/m ³	Relative Abnahme %	Abgeleitet aus
M48, Industrie, NO _x	0 bis 0.1	0 bis 0.4	Abbildung 5-88 Abbildung 5-89
M49, Industrie, Feinstaub	0 bis 0.7	0 bis 2.4	Abbildung 5-90 Abbildung 5-91

Tabelle 5-12 Bandbreiten der absoluten und relativen Minderungspotenziale der PM10-Jahresmittelwerte in Deutschland, bezogen auf die Referenz 2020: Maßnahmenpakete Industrie, M48, M49.

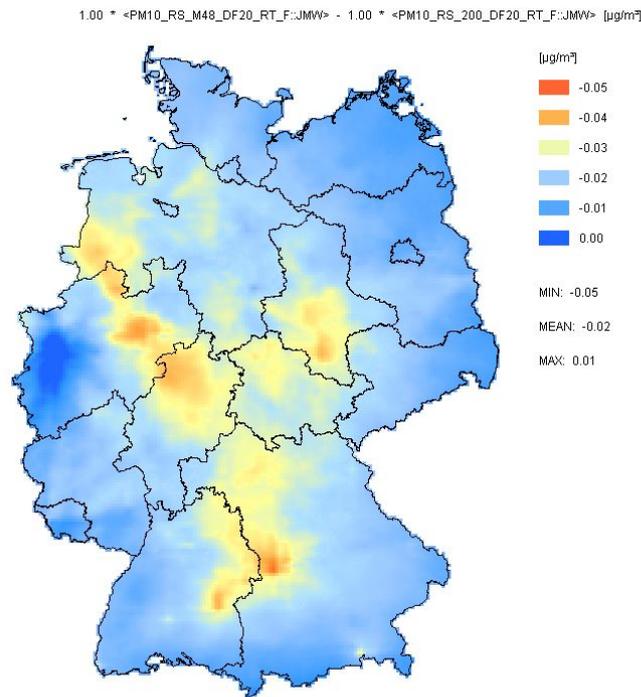


Abbildung 5-88 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M48 (MFR-Industrie-NO_x, SNAP 4). Die Änderung wird berechnet als: M48-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

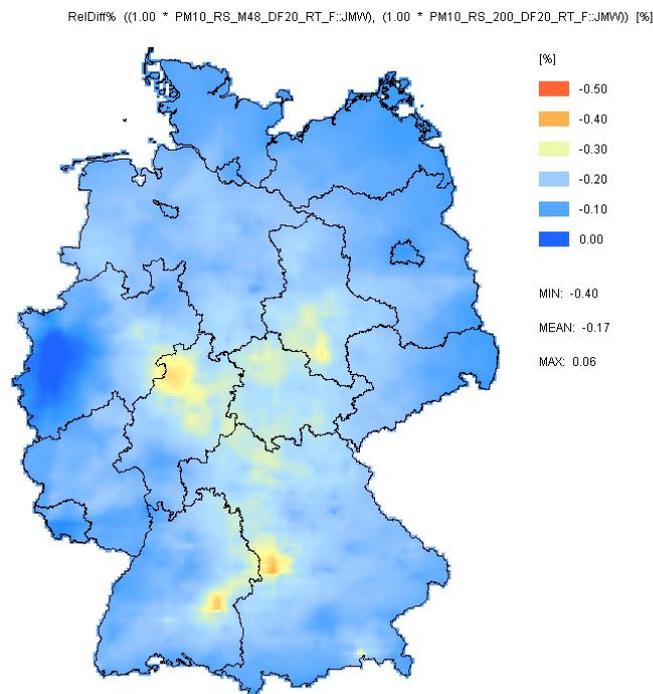


Abbildung 5-89 Relative Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M48 (MFR-Industrie-NO_x, SNAP 4). Die Änderung wird berechnet als: M48-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

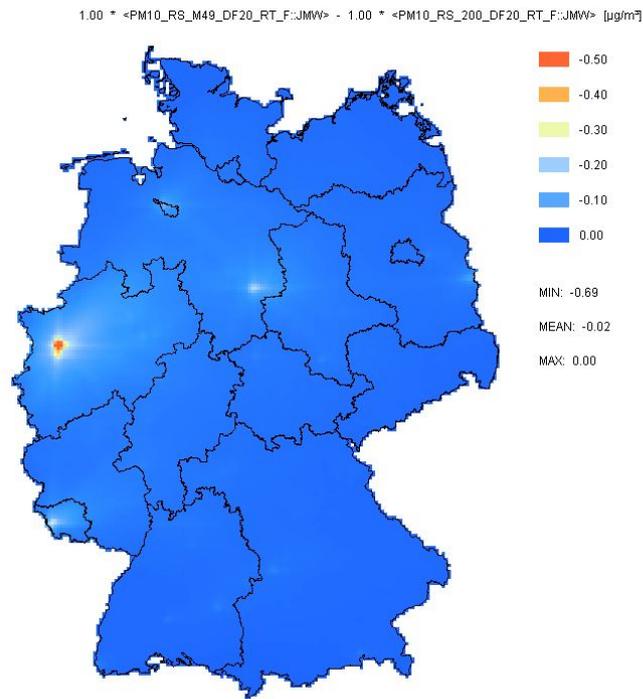


Abbildung 5-90 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M49 (MFR-Industrie-Feinstaub, SNAP 4). Die Änderung wird berechnet als: M49-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

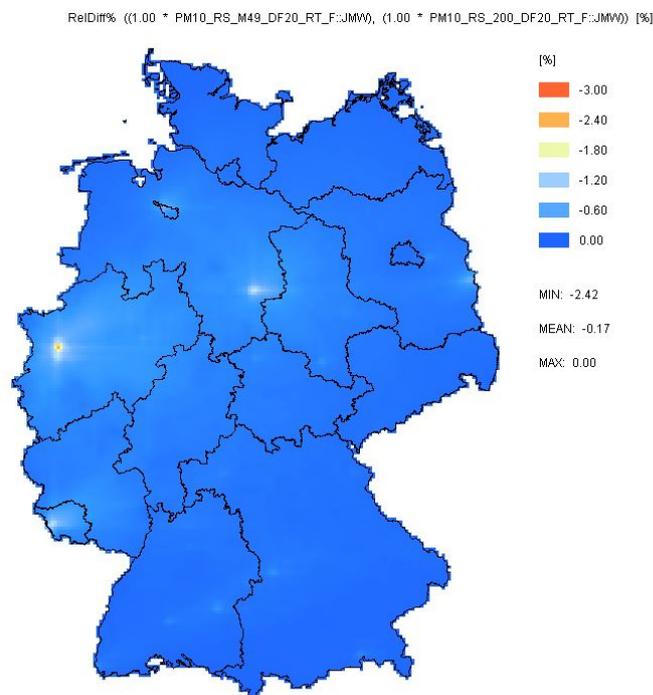


Abbildung 5-91 Relative Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M49 (MFR-Industrie-Feinstaub, SNAP 4). Die Änderung wird berechnet als: M49-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

5.2.9 Klimaschutzszenarien: M76, M77, M83, M84, M94

Die Klimaschutzszenarien M76 und M77 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 der PAREST-Referenz und dem 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 Kleinf Feuerungsanlagen 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 und M94 für MFR-Kleinf Feuerungsanlagen. 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 5-13 fasst die Bandbreiten der in Deutschland für die Klimaschutzszenarien berechneten Änderungen der PM10-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 weitgehend im nördlichen Teil, die niedrigen im südlichen Teil Deutschlands auf (Abbildung 5-92 und Abbildung 5-93). Das schärfere Klimaschutzszenario MWMS führt überall in Deutschland zu größeren Abnahmen der PM10-Konzentrationen als die Referenz 2020. Bezogen auf die Referenz 2020 sinken die PM10-Jahresmittelwerte maximal um weitere 8%. Die höchsten Abnahmen werden entsprechend der im Vergleich zur Referenz 2020 stärkeren Minderung der Verkehrsemissionen im Umfeld der Hauptverkehrsachsen berechnet (Abbildung 5-94 und Abbildung 5-95).

Die absoluten und relativen Änderungen der PM10-Jahresmittelwerte für das klimaschutzbezogene MFR-Szenario, das MFR-Landwirtschaft-Szenario und das MFR-Kleinf Feuerungsanlagen-Szenario zeigen Abbildung 5-96 bis Abbildung 5-101. Für das MFR-Szenario M83 steigen die maximalen Abnahmen in den großen Ballungsräumen bezüglich der Referenz 2020 auf über 2.5 µg/m³ an. Relativ werden Abnahmen bis zu 13% erreicht. Mit dem Klimaschutzszenario MWMS+MFR-Kleinf Feuerungsanlagen werden bezogen auf die Referenz 2020 Abnahmen bis zu 1.9 µg/m³, für das Klimaschutzszenario MWMS+MFR-Landwirtschaft bis zu 1.8 µg/m³ erreicht.

Die Auswirkungen des MFR-Szenarios bezogen auf das Klimaschutzszenario MWMS (M83) zeigen Abbildung 5-102 und Abbildung 5-103. Das MFR-Szenario führt zu zusätzlichen Minderungen des Klimaschutzszenarios MWMS (M77) von sehr kleinen Werten bis zu Maximalwerten von 1.8 µg/m³ im Ruhrgebiet (Abbildung 5-102). Dies entspricht relativen Abnahmen bezüglich des Klimaschutzszenarios von maximal um die 7% (Abbildung 5-103). Damit ist die Wirkung des MFR-Szenarios bezogen auf das Klimaschutzszenarios etwas geringer als die Wirkung des MFR-Szenarios M20 bezogen auf die Referenz 2020 (Abbildung 5-32, Abbildung 5-33), was auf das für die meisten Sektoren im Vergleich mit Szenario M20 etwas geringere Emissionsminderungspotenzial des Szenarios M83 zurückzuführen ist.

PM10-Jahresmittelwert	Absolute Änderung $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Relative Änderung %	Abgeleitet aus
M76, Klimaschutz MMS	-0.4 bis 0.4	-2.7 bis 1.5	Abbildung 5-92 Abbildung 5-93
M77, Klimaschutz MWMS	-1.6 bis 0	-8.4 bis 0	Abbildung 5-94 Abbildung 5-95
M83, Klimaschutz MWMS+MFR	-2.6 bis 0	-13 bis 0	Abbildung 5-96 Abbildung 5-97
M84, Klimaschutz MWMS+MFR- Landwirtschaft	-1.8 bis 0	-9.1 bis 0	Abbildung 5-98 Abbildung 5-99
M94, Klimaschutz MWMS+MFR- Kleinf Feuerungsanlagen	-1.9 bis 0	-10 bis 0	Abbildung 5-100 Abbildung 5-101

Tabelle 5-13 Bandbreiten der absoluten und relativen Minderungspotenziale der PM10-Jahresmittelwerte in Deutschland, bezogen auf die Referenz 2020: Maßnahmenpakete Klimaschuttszenarien, M76, M77, M83, M84, M94. Negative Angaben bedeuten Abnahmen, positive Angaben Zunahmen der Konzentration bezogen auf die Referenz 2020.

1.

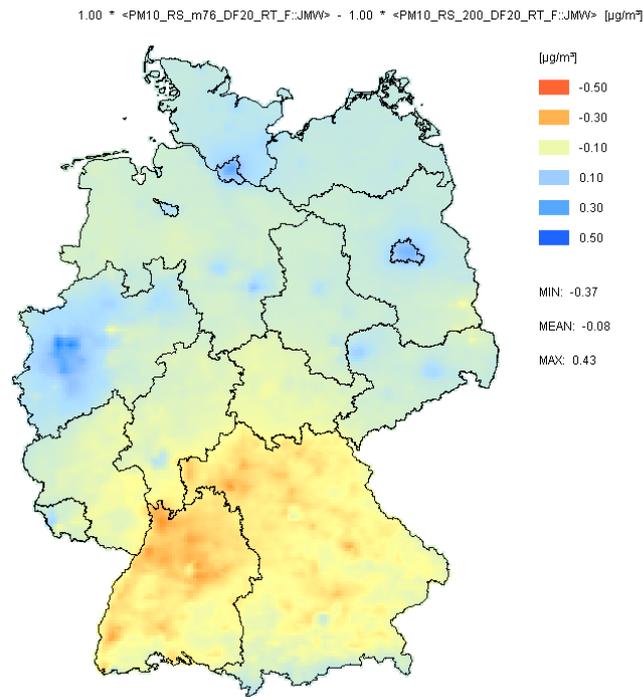


Abbildung 5-92 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M76 (Klimaschutzszenario MMS). Die Änderung wird berechnet als: M76-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

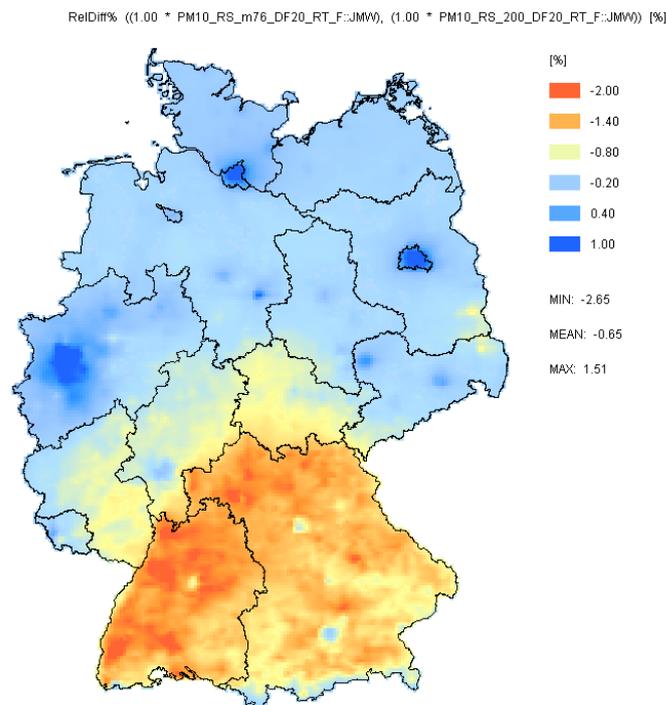


Abbildung 5-93 Relative Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M76 (Klimaschutzszenario MMS). Die Änderung wird berechnet als: M76-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

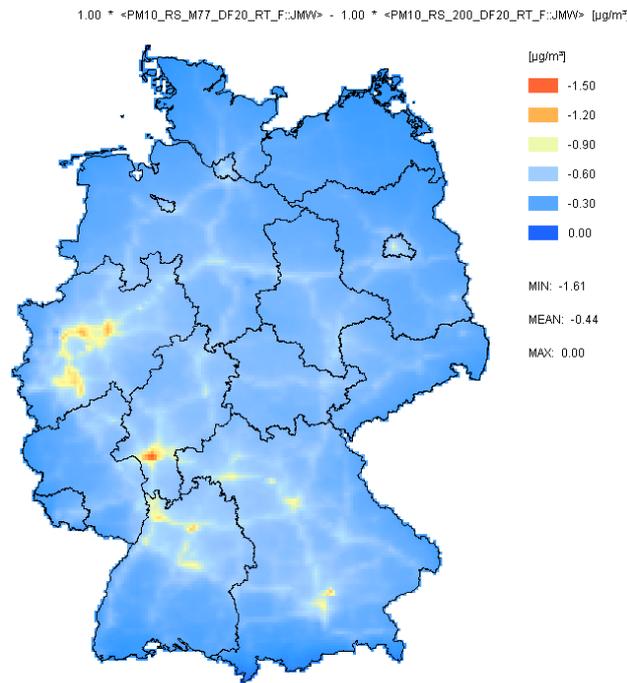


Abbildung 5-94 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M77 (Klimaschutzszenario MWMS). Die Änderung wird berechnet als: M77-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

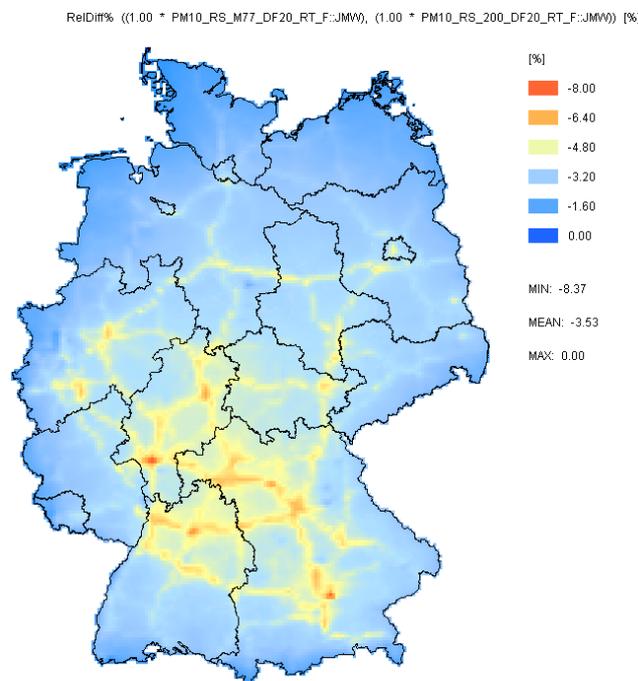


Abbildung 5-95 Relative Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M77 (Klimaschutzszenario MWMS). Die Änderung wird berechnet als: M76-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

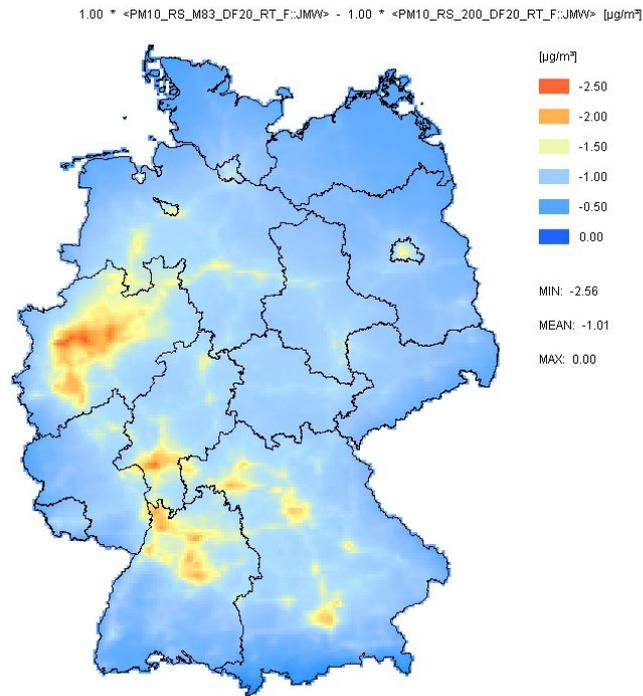


Abbildung 5-96 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M83 (Klimaschutzszenario MWMS+MFR). Die Änderung wird berechnet als: M83-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

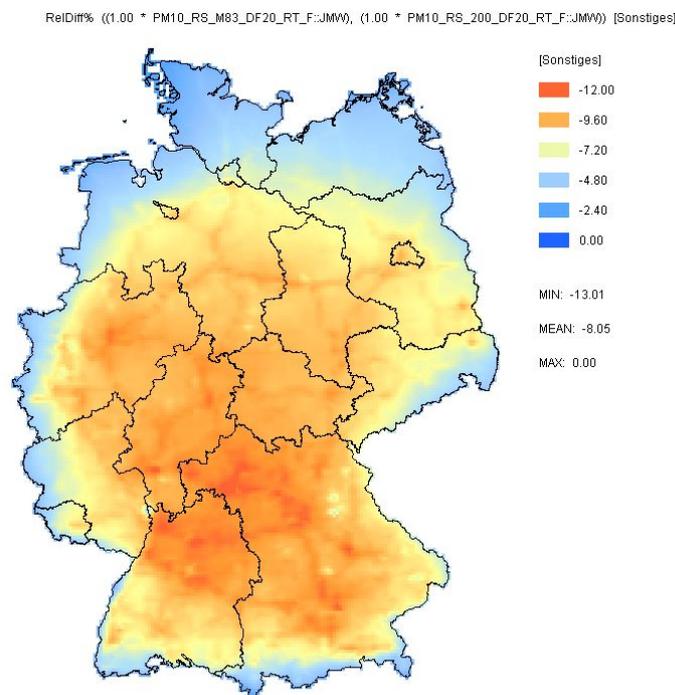


Abbildung 5-97 Relative Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M83 (Klimaschutzszenario MWMS+MFR). Die Änderung wird berechnet als: M83-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

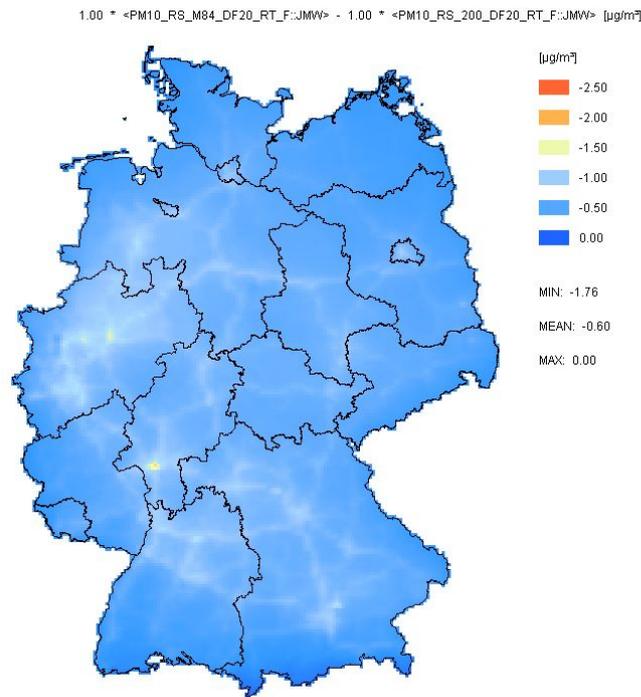


Abbildung 5-98 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M84 (Klimaschutzszenario MWMS+MFR-Landwirtschaft). Die Änderung wird berechnet als: M84-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

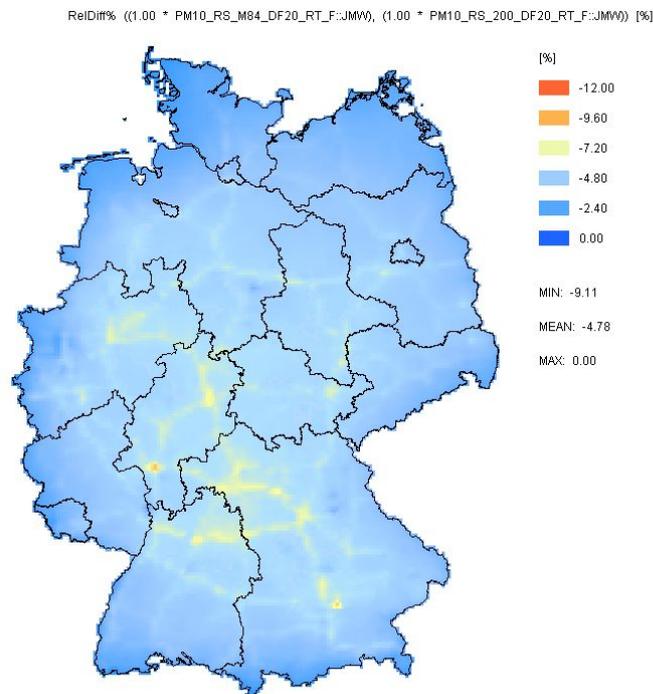


Abbildung 5-99 Relative Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M84 (Klimaschutzszenario MWMS+MFR-Landwirtschaft). Die Änderung wird berechnet als: M84-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

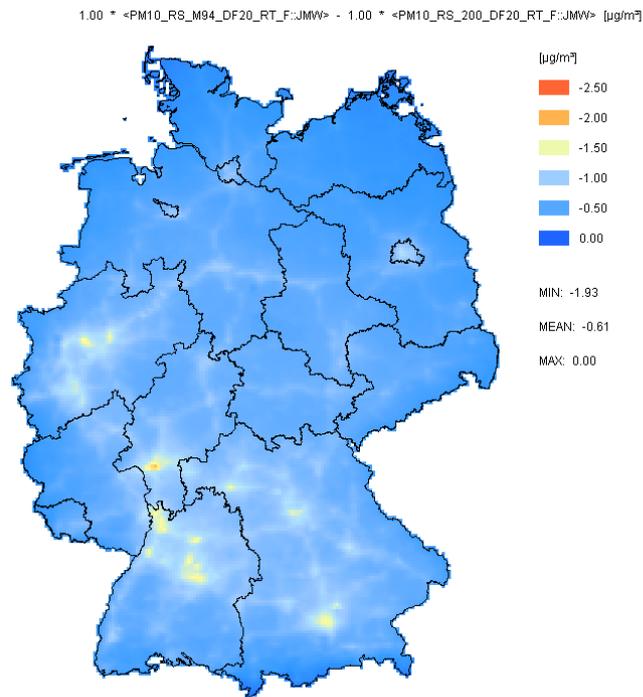


Abbildung 5-100 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M94 (Klimaschutzszenario MWMS+MFR-Kleinfeuerungsanlagen). Die Änderung wird berechnet als: M94-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

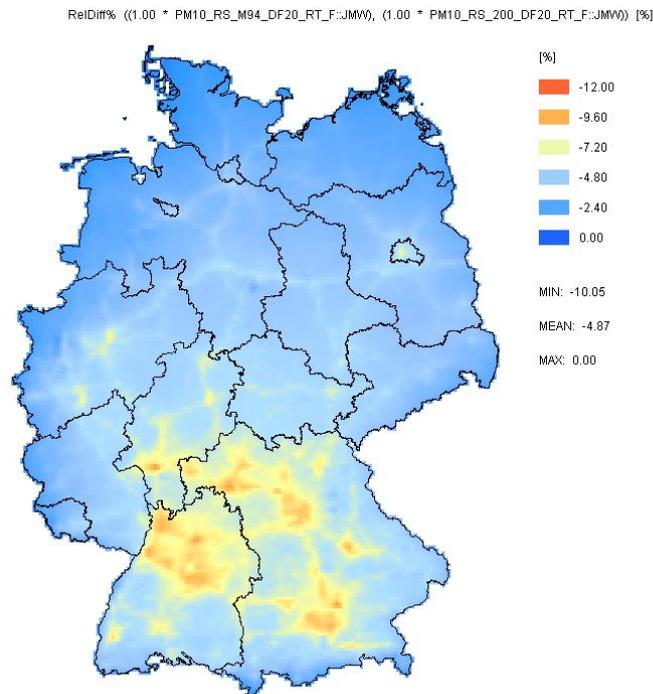


Abbildung 5-101 Relative Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M94 (Klimaschutzszenario MWMS+MFR-Kleinfeuerungsanlagen). Die Änderung wird berechnet als: M94-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

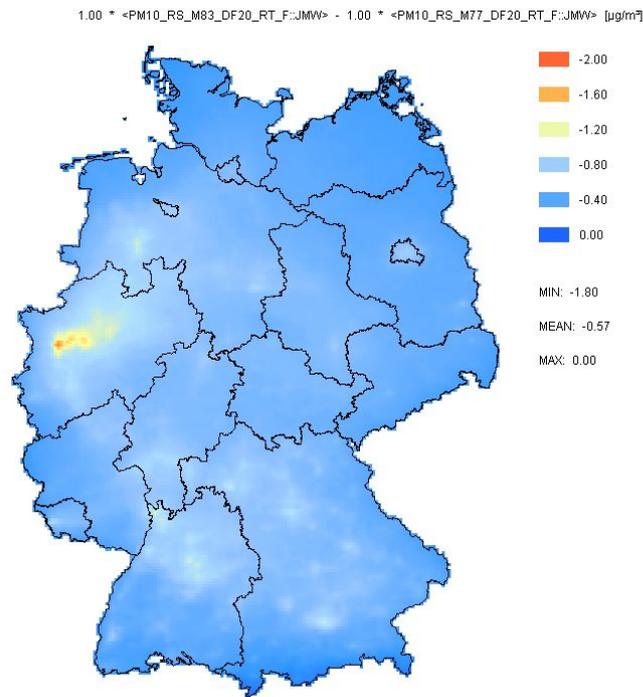


Abbildung 5-102 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in µg/m³ bezogen auf das Klimaschutzszenario MWMS (M77) für Maßnahmenpaket M83 (Klimaschutzszenario MWMS+MFR). Die Änderung wird berechnet als: M83-M77. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

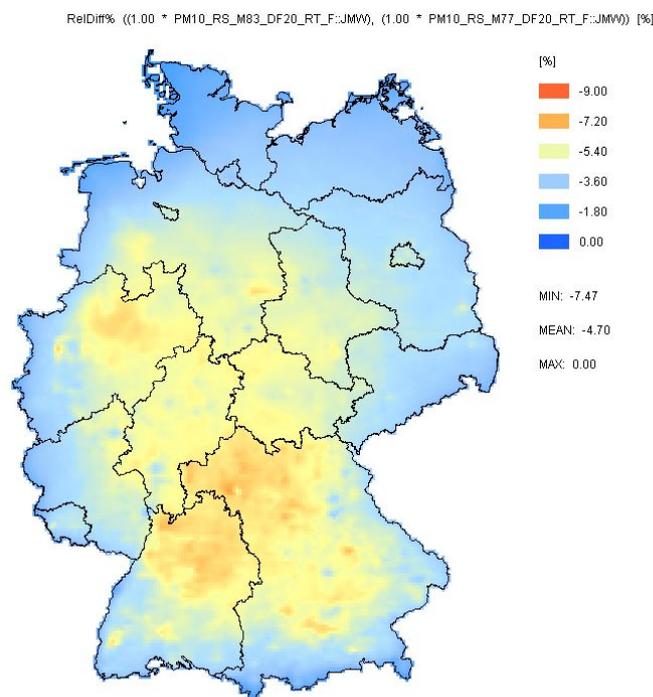


Abbildung 5-103 Relative Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in % bezogen auf Klimaschutzszenario MWMS (M77) für Maßnahmenpaket M83 (Klimaschutzszenario MWMS+MFR). Die Änderung wird berechnet als: M83-M77. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

6 Mittlere Auswertung der PM10-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 PM10-Minderungspotenziale in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ zusammen. Zusätzlich angegeben sind für jedes Szenario das maximale lokale Minderungspotenzial und das maximale lokale 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 ist.

Die PM10-Minderungspotenziale sind mit 2 Kommastellen angegeben, um die berechneten Unterschiede zwischen den einzelnen Maßnahmenpaketen manifestieren zu können. Diese Angabe dient nur zur numerischen Unterscheidung der Wirksamkeit der einzelnen Maßnahmenpakete und ist kein Maß für die Unsicherheitsbereiche der Emissionsangaben oder der Immissionsberechnungen. Darauf wird an anderer Stelle eingegangen (Stern, 2010e).

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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Abbildung 6-1
- Maximale absolute und relative lokale Minderungspotenziale in Deutschland, Abbildung 6-2
- Relative Minderungspotenziale in % des Potenzials des MFR-Szenarios M20, Abbildung 6-3.
- Relative Minderungspotenziale in % der Minderung erreichbar mit der Emissionsreferenz 2020 (PM10-Minderung 2005 bis 2020), Abbildung 6-4.
- Relative Minderungspotenziale in % der Minderung erreichbar mit der Emissionsreferenz 2020 (PM10-Minderung 2005 bis 2020) für alle MFR-Szenarien, Abbildung 6-5.

- Relative Minderungspotenziale in % der Minderung erreichbar mit der Emissionsreferenz 2020 (PM10-Minderung 2005 bis 2020) für alle Szenarien der Verursachergruppe Landwirtschaft, Abbildung 6-6.
- Relative Minderungspotenziale in % der Minderung erreichbar mit der Emissionsreferenz 2020 (PM10-Minderung 2005 bis 2020) für alle Szenarien der Verursachergruppe Kleinverbraucher, Abbildung 6-7.
- Relative Minderungspotenziale in % der Minderung erreichbar mit der Emissionsreferenz 2020 (PM10-Minderung 2005 bis 2020) für alle Szenarien der Verursachergruppe Großfeuerungsanlagen, Abbildung 6-8.
- Relative Minderungspotenziale in % der Minderung erreichbar mit der Emissionsreferenz 2020 (PM10-Minderung 2005 bis 2020) für alle Szenarien der Verursachergruppe Industrielle Prozesse, Abbildung 6-9.
- Relative Minderungspotenziale in % der Minderung erreichbar mit der Emissionsreferenz 2020 (PM10-Minderung 2005 bis 2020) für alle Szenarien der Verursachergruppe Straßenverkehr, Abbildung 6-10.
- Relative Minderungspotenziale in % der Minderung erreichbar mit der Emissionsreferenz 2020 (PM10-Minderung 2005 bis 2020) für alle Szenarien der Verursachergruppe Sonstiger Verkehr, Abbildung 6-11.
- Relative Minderungspotenziale in % der Minderung erreichbar mit der Emissionsreferenz 2020 (PM10-Minderung 2005 bis 2020) für alle Einzelszenarien, Abbildung 6-12.

In Abbildung 6-1 bis Abbildung 6-4 sind alle betrachteten Szenarien zusammengefasst, unabhängig davon, ob es sich um reale, hypothetische oder Szenarien mit einer anderen Referenz handelt. Diese Abbildungen und Tabelle 6-1 geben damit einen kompletten Überblick zum Immissionsminderungspotenzial aller Maßnahmen. Die folgenden Abbildungen fassen die Szenarien dann jeweils inhaltlich zusammen. Die Auswertung erfolgt zuerst für das Paket der MFR-Szenarien. Danach werden die verursacherspezifischen Einzelmaßnahmen diskutiert. Die Klimaschutzszenarien werden extra behandelt, da es sich in diesem Falle um eine andere Referenz 2020 handelt. Die Auswertung der Szenarien erfolgt hauptsächlich über die relativen Potenziale bezogen auf die mit der Emissionsreferenz 2020 erreichbaren Immissionsminderungen, da die durch die gegenwärtig bereits eingeleiteten Maßnahmen erreichbare Immissionsminderung bis 2020 der Ausgangspunkt aller Betrachtungen ist.

6.2 Maßnahmenpakete und hypothetische Szenarien

Das größte Potenzial zur weiteren Minderung der PM10-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 PM10-Jahresmittelwerte in den ländlichen Regionen um circa $0.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, in den Ballungsräumen um circa $1.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ führen. Die durch dieses Szenario maxi-

mal in Deutschland berechnete lokale Abnahme, d.h. die Abnahme in einer Gitterzelle des Modells, beträgt circa $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Die maximale relative lokale Abnahme in Deutschland liegt bei knapp 10%, 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 PM10-Jahresmittelwerte in der Zeitspanne 2005 bis 2020 auf Basis der bereits eingeleiteten Maßnahmen, in ländlichen Regionen knapp $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, in Ballungsräumen knapp $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Das maximal mögliche mittlere Minderungspotenzial, d.h. das Potenzial des hypothetischen Szenarios „keine deutschen Emissionen“ beträgt ausgehend von der Referenz 2020 für die Bevölkerungsklasse 1 noch circa $5.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und für die Bevölkerungsklasse 4 noch etwas mehr als $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tabelle 6-1).

Relativ ausgedrückt führt die Umsetzung des MFR-Szenarios zu einer weiteren Minderung der PM10-Jahresmittelwerte, die in ländlichen Regionen bei circa 22%, in Ballungsräumen bei circa 28% der Minderung der Referenz 2020 liegt (Abbildung 6-4). Der Großteil des PM10-Minderungspotenzials des MFR-Szenarios ist den technischen Maßnahmen zuzuschreiben mit denen allein noch 17.3% (Bevölkerungsklasse 1) bzw. 21.9% (Bevölkerungsklasse 4) der Minderungskapazität der Referenz 2020 erreicht werden können (Abbildung 6-5). Die nicht-technischen MFR-Maßnahmen bringen dagegen nur 4.7 % bzw. 6.1 % der Minderungen der Referenz 2020 (Abbildung 6-5).

In Abbildung 6-3 ist die Wirksamkeit der Szenarien relativ zu der durch das MFR-Szenario M20 erreichbaren zusätzlichen Minderung der PM10-Jahresmittelwerte dargestellt. Die technischen Maßnahmen des MFR-Bündels (M22) stellen in ländlichen Regionen und in den Ballungsräumen 77% bis 78% des Gesamtpotenzials der MFR-Maßnahmen. Für die verursacherspezifischen MFR-Szenarien ergibt sich folgende Reihenfolge:

Ländliche Regionen (Bevölkerungsklasse 1):

1. M23, MFR-Landwirtschaft (26% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)
2. M26, MFR-Großfeuerungsanlagen (26% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)
3. M25, MFR-Kleinfeuerungsanlagen (24% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)
4. M27, MFR-Industrielle Prozesse (11% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)
5. M28, MFR-Straßenverkehr (9% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)
6. M29, MFR-Sonstiger Verkehr (5% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)
7. M24, MFR-Lösemittel (<1% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)

Ballungsgebiete (Bevölkerungsklasse 4):

1. M25, MFR Kleinfeuerung (33% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)
2. M26, MFR-Großfeuerungsanlagen (23% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)
3. M23, MFR-Landwirtschaft (16% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)
4. M27, MFR-Industrielle Prozesse (11% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)
5. M28, MFR-Straßenverkehr (11% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)
6. M29, MFR-Sonstiger Verkehr (6% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)
7. M24, MFR-Lösemittel (1% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)

Die beiden hypothetischen Szenarien M59 und M15 sowie das Klimaschutzszenario M77 haben in ländlichen und städtischen Gebieten eine Minderungskapazität, die höher ist als diejenige der verursacherspezifischen MFR-Szenarien.

Bezogen auf die mit der Referenz 2020 erreichbaren Minderungen (Abnahmen der PM10-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 die Landwirtschaft in den ländlichen Gebieten (5.8% der mit der Emissionsreferenz 2020 erreichbaren Minderung, Abbildung 6-5) und die Kleinf Feuerungsanlagen in den Ballungsräumen das höchste PM10-Minderungspotenzial (9.2% der mit der Emissionsreferenz 2020 erreichbaren Minderung, Abbildung 6-5). Für die Wirksamkeit der MFR-Szenarien zur weiteren Senkung der PM10-Belastung bezogen auf die Minderung der Referenz 2020 ergibt sich die Rangfolge:

Ländliche Regionen (Bevölkerungsklasse 1):

1. M23, MFR-Landwirtschaft (5.8% der Minderung der Referenz 2020)
2. M26, MFR-Großfeuerungsanlagen (5.6% der Minderung der Referenz 2020)
3. M25, MFR-Kleinf Feuerungsanlagen (5.3% der Minderung der Referenz 2020)
4. M27, MFR-Industrielle Prozesse (2.5% der Minderung der Referenz 2020)
5. M28, MFR-Straßenverkehr (1.9% der Minderung der Referenz 2020)
6. M29, MFR-Sonstiger Verkehr (1.1% der Minderung der Referenz 2020)
7. M24, MFR-Lösemittel (0.1% der Minderung der Referenz 2020)

Ballungsgebiete (Bevölkerungsklasse 4):

1. M25, MFR Kleinf Feuerungsanlagen (9.2% der Minderung der Referenz 2020)
2. M26, MFR-Großfeuerungsanlagen (6.4% der Minderung der Referenz 2020)
3. M23, MFR-Landwirtschaft (4.5% der Minderung der Referenz 2020)
4. M27, MFR-Industrielle Prozesse (3.2% der Minderung der Referenz 2020)
5. M28, MFR-Straßenverkehr (3.2% der Minderung der Referenz 2020)
6. M29, MFR-Sonstiger Verkehr (1.7% der Minderung der Referenz 2020)
7. M24, MFR-Lösemittel (0.2% der Minderung der Referenz 2020)

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

1. M27, MFR-Industrielle Prozesse
2. M25, MFR Kleinf Feuerung
3. M26, MFR-Großfeuerungsanlagen
4. M23, MFR-Landwirtschaft
5. M29, MFR-Sonstiger Verkehr
6. M28, MFR-Straßenverkehr
7. M24, MFR-Lösemittel

Die Auswirkungen von Emissionsminderungsmaßnahmen bei industriellen Anlagen machen sich also eher lokal als im Mittel bemerkbar, da die Minderung vor allem im näheren Umkreis einer Anlage wirksam wird.

In Abbildung 6-6 sind alle Maßnahmen zusammengefasst, die Emissionsminderungen in der Landwirtschaft bewirken. Das effektivste Maßnahmenbündel ist naturgemäß das MFR-Szenario M23 mit 5.8% der Minderung erreichbar mit der Referenz 2020 für den ländlichen Raum und 4.5% für die Ballungsräume. An 2. Stelle im ländlichen Raum und in den Ballungsräumen folgt das Szenario M43 „MFR-Tierhaltung“, das noch 3.8% bzw. 2.6% der Minderung der Referenz 2020 bringt. Maßnahmenpaket M43 ist eine Mischung von techni-

schen und nicht-technischen Maßnahmen und für sich genommen wirksamer als das Bündel der technischen (M31), bzw. nicht-technischen Maßnahmen (M30) in der Landwirtschaft. Die Einzelmaßnahme A007 (M73, „Einsatz von Abluftreinigungen in der Schweinehaltung“) stellt im ländlichen Raum nahezu das ganze Minderungspotenzial des Bündels der technischen Maßnahmen. In den Ballungsgebieten macht sich diese Maßnahme dagegen weniger in einer PM10-Minderung bemerkbar. Am wenigsten Wirkung zeigt die Maßnahme A009 (M74, „Tierhaltung, Veränderung der Ausbringtonik und Verringerung der Zeit bis zur Einarbeitung“).

Bei den Kleinf Feuerungsanlagen wäre die mit Abstand wirksamste Maßnahme zur Senkung der PM10-Belastung der Ersatz der Holzfeuerungen durch Ölfeuerungen (hypothetisches Szenario M59, Abbildung 6-7). Durch dieses Szenario könnte im ländlichen Raum im Mittel knapp 14% in den Ballungsräumen circa 24% der Minderung der Referenz 2020 erreicht werden. Lokal stellt dieses Szenario sogar das höchste Minderungspotenzial aller betrachteten Maßnahmen (Abbildung 6-2). Die in Deutschland berechnete maximale Abnahme der PM10-Jahresmittelwerte durch das hypothetische Szenario M59 beträgt $2.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und ist damit höher als die durch das MFR-Szenario M20 bewirkte maximale Abnahme. Bei der mittleren Auswertung werden mit diesem Szenario in ländlichen Regionen 63%, in Ballungsräumen sogar 87% der durch das MFR-Szenario M20 erzielbaren Minderung erreicht (Abbildung 6-3). Die Auswirkungen der Maßnahmenpakete M25 (MFR-Szenario) und M45 (Novellierung der 1. BImSchV) sind nahezu identisch und führen zu Abnahmen der PM10-Belastung in der Größenordnung von 5% der Minderung erreichbar mit der Referenz 2020 in ländlichen Gebieten, bzw. circa 9% in Ballungsräumen (Abbildung 6-7). Der Beitrag der Maßnahme M44 („Ökodesign“) zur Senkung der PM10-Belastung ist dagegen geringfügig.

Die Auswirkungen der Maßnahmen im Bereich der Großfeuerungsanlagen sind in Abbildung 6-8 zusammengestellt. Das MFR-Szenario M26 würde zu einer mittleren Absenkung der PM10-Belastung in der Größenordnung von 6% der Minderung der Referenz 2020 führen. Das durch die Novellierung der IED-Richtlinie erreichbare Minderungspotenzial beträgt im ländlichen Raum zwischen 80% bis 85%, in den Ballungsräumen zwischen 65% und 70% des Potenzials des MFR-Szenarios M26 mit den höheren Anteilen für die UBA-Version M47. Die Absenkung des Staubemissionsgrenzwerts für kohlegefeuerte Anlagen (Maßnahmenpaket M52, Einzelmaßnahme G010) hat in der mittleren Auswertung die geringsten Auswirkungen der betrachteten Maßnahmenpakete für Großfeuerungsanlagen, da diese Maßnahme nur an wenigen Orten in Deutschland zum Tragen kommt. Lokal ist die maximal erreichbare PM10-Minderung aber vergleichbar mit der durch die Maßnahme M47 (Abbildung 6-2, siehe dazu auch Kap. 5.2.7).

Die Auswirkungen der Maßnahmen für den Sektor „Industrielle Prozesse“ sind in Abbildung 6-9 zusammengestellt. Das MFR-Szenario M27 liefert ein PM10-Minderungspotenzial das in der mittleren Auswertung bei 2% bis 3% der Minderung der Referenz 2020 liegt. Wie bei den Großfeuerungsanlagen ist das lokale Potenzial dieser Verursachergruppe im Umfeld der geminderten Anlagen deutlich höher. Die maximale lokale Minderung für das Paket M27 beträgt knapp $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und liegt damit in der Spitzengruppe der lokal überhaupt erreichbaren Minderungen (Abbildung 6-2). Von den beiden Einzelmaßnahmen M48 und M49 ist die direkte Minderung der PM10-Emissionen in Ballungsräumen die deutlich wirksamere Maßnahme zur Senkung der PM10-Belastung. In den ländlichen Gebieten sind die Minderungspotential von M48 und M49 ähnlich hoch. Insbesondere die Staubminderung bei den industriellen Prozessen rutscht in der Bewertung nach oben, wenn man von der mittleren Betrachtung auf die lokale Betrachtung im Umfeld der geminderten Anlage übergeht (Abbildung 6-2 und auch Kap. 5.2.8). Eine NO_x -Minderung wirkt sich nicht im direkten Umfeld der gemin-

dernten Anlage aus, da die Bildung von sekundären Aerosolen über Stickoxide ein Prozess ist, der erst während des Transports der Schadstoffe abläuft. Aus diesem Grunde ist das Minderungspotenzial von M48 und M49 in der mittleren Betrachtung in den ländlichen Gebieten ähnlich, während in der lokalen Betrachtung der maximalen Änderung die Staubminderung weit vor derjenigen der NO_x-Minderung liegt (Abbildung 6-2).

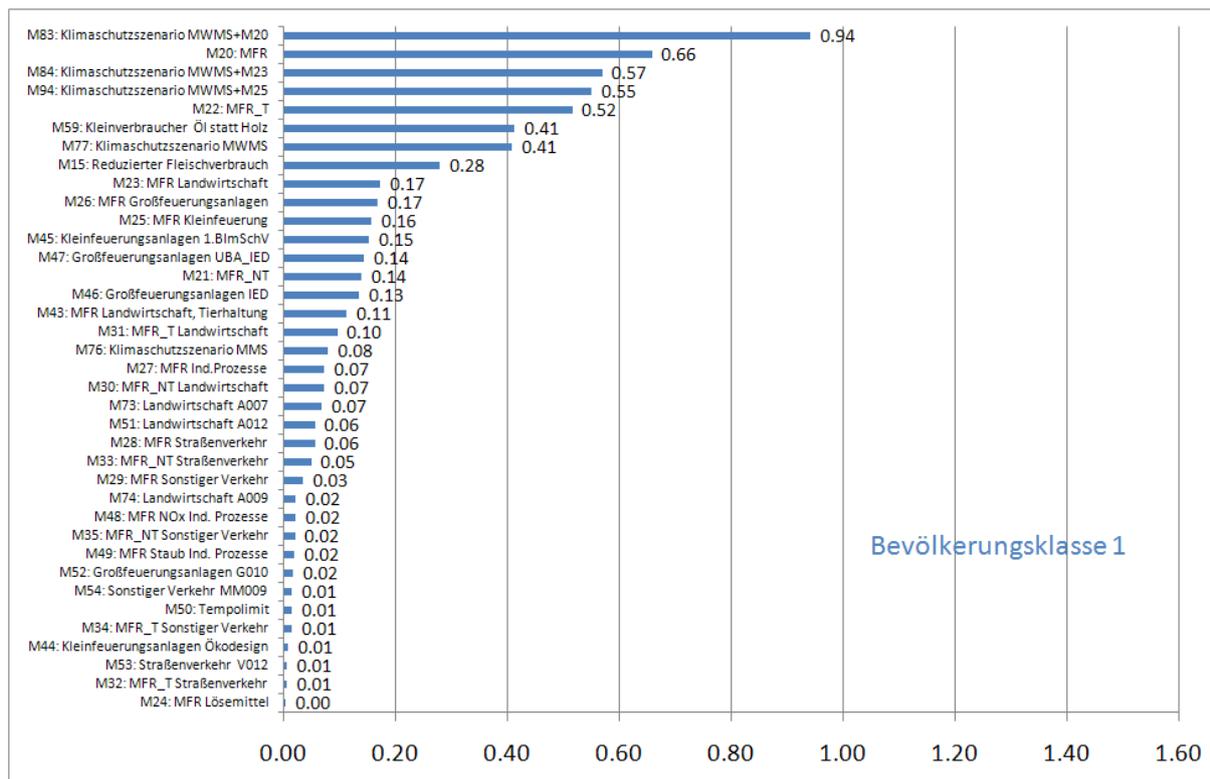
Das MFR-Szenario Straßenverkehr trägt in ländlichen Regionen mit knapp 2% der Minderung der Referenz 2020, in Ballungsräumen mit etwas mehr als 3% zur weiteren Senkung der PM10-Belastung bei (Abbildung 6-10). Der überwiegende Anteil des Potenzials wird dabei von den nicht-technischen Maßnahmen gestellt. Ein umfassendes Tempolimit (Maßnahmenpaket M50) bewirkt eine stärkere Reduzierung der PM10-Belastung als das Bündel der weiteren technischen Maßnahmen (Maßnahmenpaket MFR-T, M32). Insgesamt sind die Auswirkungen aber gering. Auch die Nachrüstung von schweren Nutzfahrzeugen mit SCR (Maßnahme M53) hat nur geringe positive Auswirkungen auf die PM10-Belastung, da diese Maßnahme ausschließlich die NO_x-Emissionen mindert.

Die Auswirkungen der Maßnahmen für den Sektor „Sonstiger Verkehr“ sind in Abbildung 6-11 zusammengefasst. Im Mittel führt das MFR-Szenario M29 zu einer weiteren Minderung der PM10-Belastung von circa 1% in ländlichen Gebieten und circa 2% in Ballungsräumen. Auch der Sonstige Verkehr rutscht in der Rangfolge der Bewertung nach oben wenn man zur lokalen Betrachtung übergeht, da sich das Emissionsminderungspotenzials dieser Gruppe auf die Flughäfen und die Binnenschifffahrt konzentriert (Abbildung 6-2 und Kap. 5.2.5).

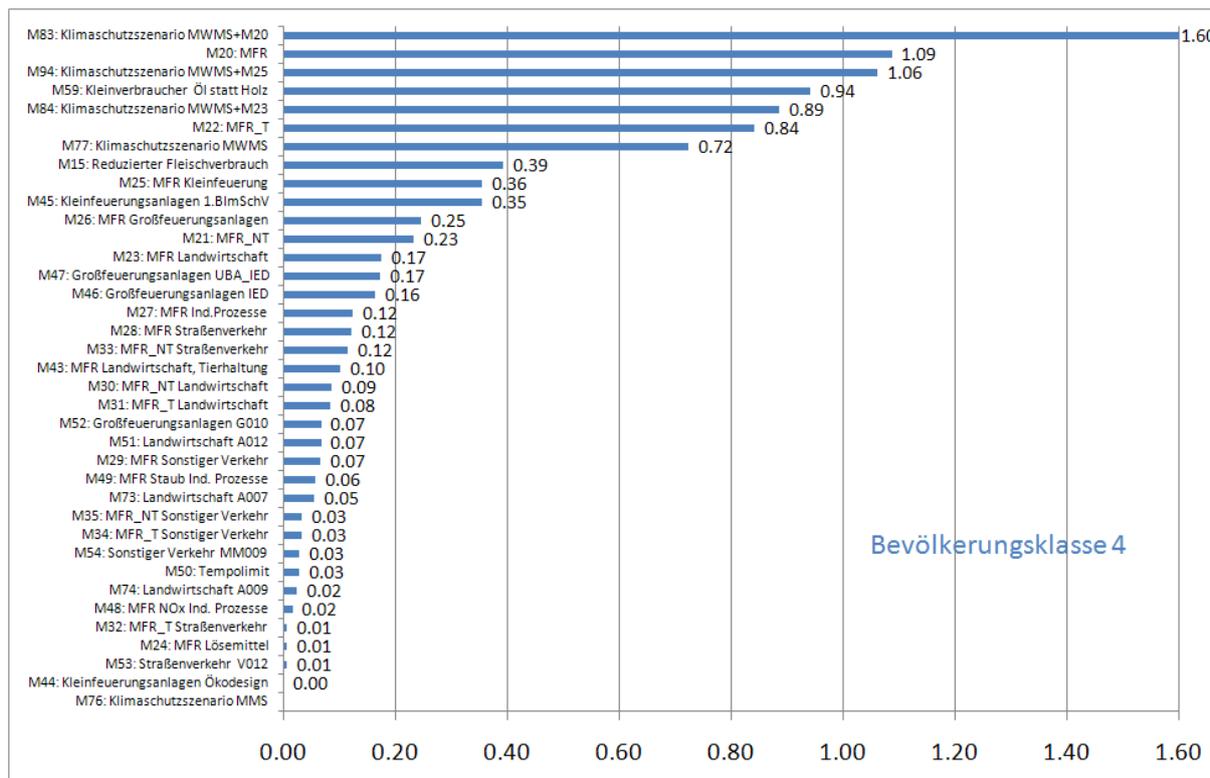
In Abbildung 6-12 sind die Potenziale derjenigen Maßnahmen zusammengestellt, die nicht zu den alle Einzelmaßnahmen umfassenden MFR-Gruppen gehören. Bei den Einzelmaßnahmen ist natürlich wieder die Umstellung der Holzfeuerungen auf Ölfeuerungen (M59) die mit Abstand effektivste Maßnahme zur Senkung der PM10-Belastung gefolgt von dem Szenario des reduzierten Fleischverbrauchs (M15). Diese beiden Szenarien gehören aber zu der Gruppe der hypothetischen Szenarien. Das höchste Potenzial der realen Maßnahmen kommt aus der Verursachergruppe Kleinf Feuerungen: Die Novellierung der 1. BImSchV, die gemessen an der mit der Referenz 2020 erreichbaren Minderung in ländlichen Regionen ein zusätzliches Potenzial von circa 5% und in Ballungsräumen von circa 9% erbringt. Auf dem zweiten Platz folgt die Maßnahme 47, die Novellierung der IED-Richtlinie, UBA-Entwurf gefolgt von dem regulären Entwurf der Novellierung dieser Richtlinie (Maßnahme M46). Die die Tierhaltung betreffende Maßnahme aus der Landwirtschaft (Maßnahme M43) liefert das vierthöchste Potenzial. Diese ersten 6 Maßnahmen bzw. hypothetische Szenarien haben für die ländlichen Regionen und die Ballungsräume dieselbe Rangfolge. Danach folgen in den ländlichen Regionen die landwirtschaftlichen Einzelmaßnahmen M73, M51, M74, in den Ballungsräumen liegen die Maßnahmen M52-Großfeuerungsanlagen, M51-Landwirtschaft, M49-Industrielle Prozesse und M73-Landwirtschaft eng zusammen auf den Plätzen 6 bis 9.

	BVK 1	BVK 2	BVK 3	BVK 4	D	AEI-ST	Max.lokale Abnahme (µg/m ³)	Max.lokale Abnahme (%)
Referenz 2020	2.98	3.16	3.30	3.84	3.39	3.78		
HS:-100%, alle Stoffe, alle SNAPS	5.48	6.52	7.99	11.11	8.21	11.27		
M15: Reduzierter Fleischverbrauch	0.28	0.31	0.35	0.39	0.34	0.35	2	8.3
M20: MFR	0.66	0.77	0.89	1.09	0.88	1.10	2.03	9.65
M21: MFR_NT	0.14	0.16	0.18	0.23	0.18	0.25	0.86	5.09
M22: MFR_T	0.52	0.61	0.70	0.84	0.69	0.84	1.79	7.19
M23: MFR Landwirtschaft	0.17	0.18	0.18	0.17	0.18	0.16	0.68	3.47
M24: MFR Lösemittel	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.07
M25: MFR Kleinf Feuerung	0.16	0.22	0.28	0.36	0.27	0.41	0.85	5.16
M26: MFR Großfeuerungsanlagen	0.17	0.18	0.21	0.25	0.21	0.22	0.75	3.67
M27: MFR Ind.Prozesse	0.07	0.08	0.10	0.12	0.10	0.11	0.94	3.3
M28: MFR Straßenverkehr	0.06	0.07	0.09	0.12	0.09	0.13	0.21	1
M29: MFR Sonstiger Verkehr	0.03	0.04	0.04	0.07	0.05	0.07	0.63	4.26
M30: MFR_NT Landwirtschaft	0.07	0.07	0.08	0.09	0.08	0.08	0.13	1.03
M31: MFR_T Landwirtschaft	0.10	0.10	0.09	0.08	0.09	0.08	0.64	3.25
M32: MFR_T Straßenverkehr	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.09
M33: MFR_NT Straßenverkehr	0.05	0.06	0.08	0.12	0.08	0.12	0.21	0.95
M34: MFR_T Sonstiger Verkehr	0.01	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.16	0.75
M35: MFR_NT Sonstiger Verkehr	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.05	0.6	4.17
M43: MFR Landwirtschaft, Tierhaltung	0.11	0.11	0.11	0.10	0.11	0.10	0.13	1.03
M44: Kleinf Feuerungsanlagen Ökodesign	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.2
M45: Kleinf Feuerungsanlagen 1.BImSchV	0.15	0.22	0.27	0.35	0.26	0.41	0.85	5.13
M46: Großfeuerungsanlagen IED	0.13	0.14	0.15	0.16	0.15	0.16	0.37	2.9
M47: Großfeuerungsanlagen UBA_IED	0.14	0.15	0.16	0.17	0.16	0.17	0.38	2.97
M48: MFR NOx Ind. Prozesse	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.05	0.4
M49: MFR Staub Ind. Prozesse	0.02	0.03	0.04	0.06	0.04	0.05	0.69	2.42
M50: Tempolimit	0.01	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03	0.05	0.25
M51: Landwirtschaft A012	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.06	0.11	0.88
M52: Großfeuerungsanlagen G010	0.02	0.03	0.04	0.07	0.04	0.05	0.51	1.55
M53: Straßenverkehr V012	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
M54: Sonstiger Verkehr MM009	0.01	0.02	0.02	0.03	0.02	0.05	0.59	4.12
M59: Kleinverbraucher Öl statt Holz	0.41	0.59	0.75	0.94	0.72	1.07	2.3	14.6
M73: Landwirtschaft A007	0.07	0.07	0.07	0.05	0.06	0.05	0.61	3.09
M74: Landwirtschaft A009	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.1
M76: Klimaschutzszenario MMS	0.08	0.09	0.08	-0.04	0.04	-0.07	-0.43-0.37	-1.51-2.65
M77: Klimaschutzszenario MWMS	0.41	0.49	0.59	0.72	0.58	0.72	1.61	8.37
M83: Klimaschutzszenario MWMS+M20	0.942	1.117	1.305	1.6	1.29	1.6	2.56	13
M84: Klimaschutzszenario MWMS+M23	0.569	0.658	0.753	0.886	0.74	0.875	1.76	9.1
M95: Klimaschutzszenario MWMS+M25	0.55	0.693	0.841	1.062	0.83	1.115	1.93	10

Tabelle 6-1 Bevölkerungsgewichtete PM10-Minderungspotenziale für 6 Bewertungsklassen. Die Potenziale geben für jede Maßnahme/Szenario die berechnete Änderung der PM10-Jahresmittelwerte bezüglich der Referenz 2020 an. Negative Angaben bedeuten Zunahmen der PM10-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.



Bevölkerungsklasse 1



Bevölkerungsklasse 4

Abbildung 6-1 Bevölkerungsgewichtete PM10-Minderungspotenziale für die Bevölkerungsklassen 1 und 4. Die Potenziale geben für jede Maßnahme die berechnete absolute Änderung (Abnahmen sind positiv) der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bezogen auf die Referenz 2020 an.

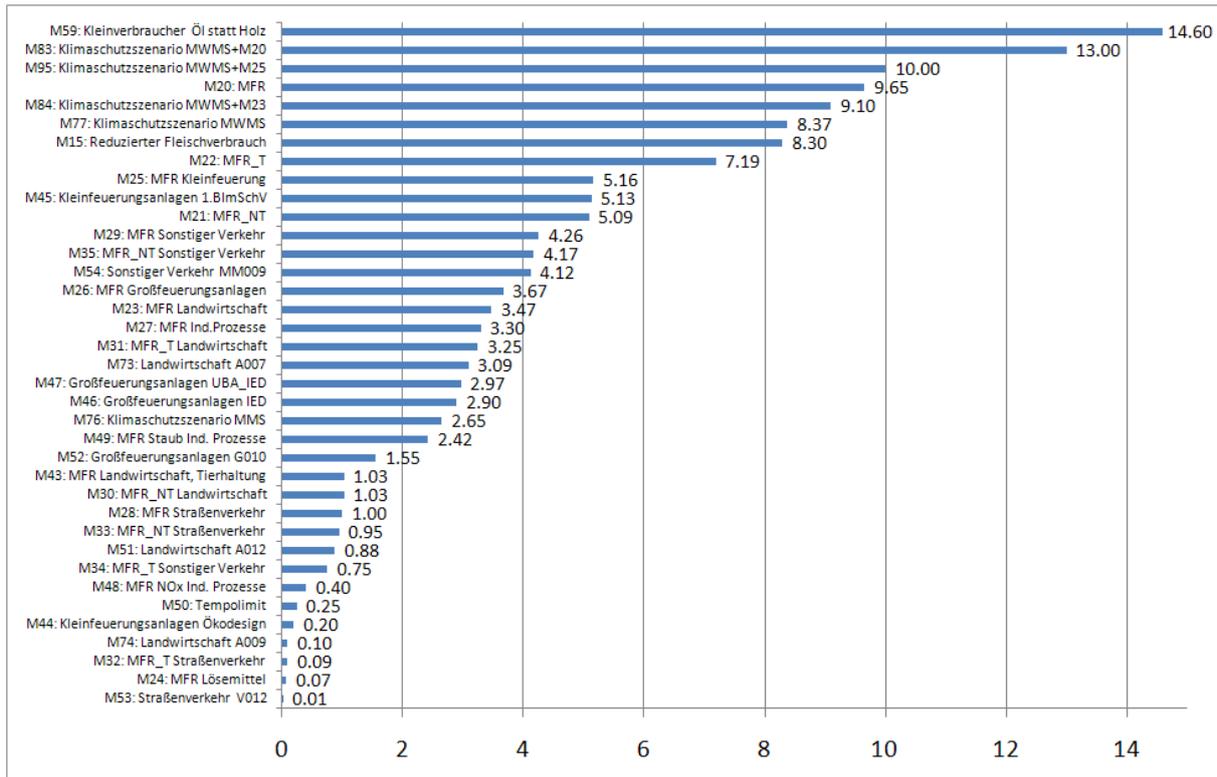
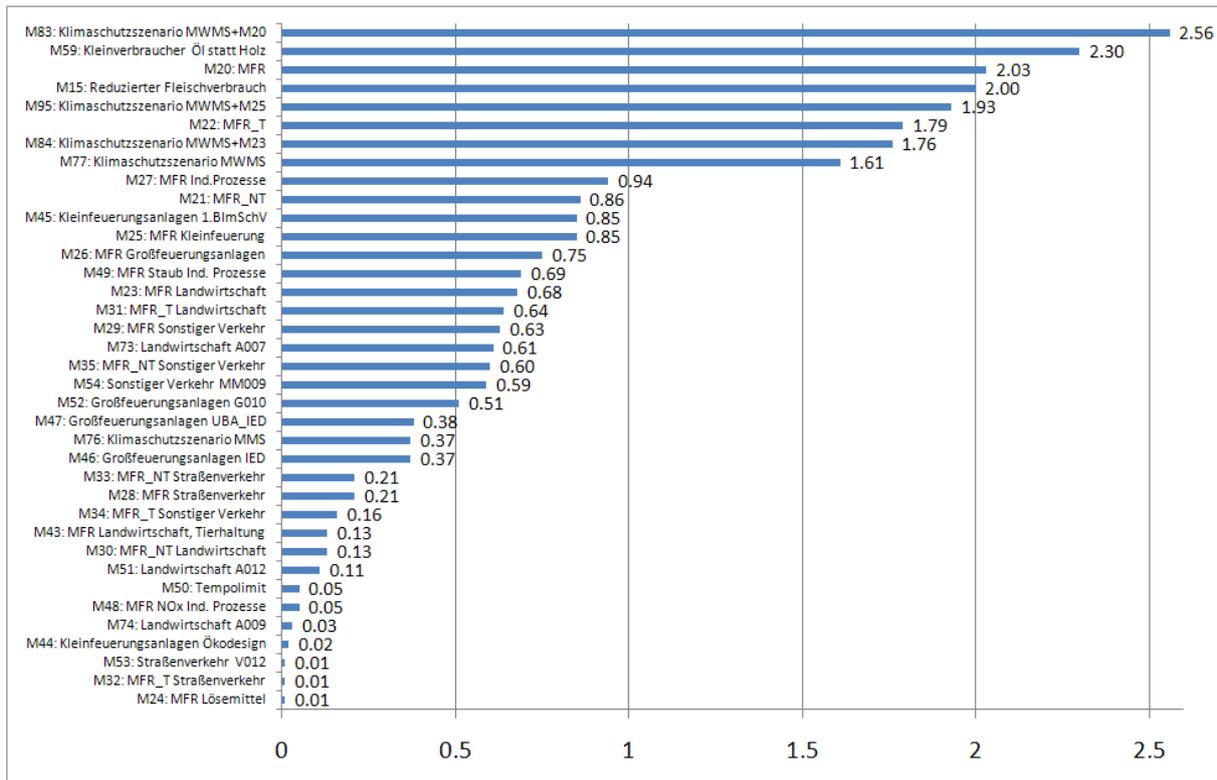


Abbildung 6-2 Maximale berechnete absolute Änderung (Abnahmen sind positiv) der PM10-Jahresmittelwerte in µg/m³ (oben) und maximale relative Änderung in % (unten) in Deutschland bezogen auf die Referenz 2020.

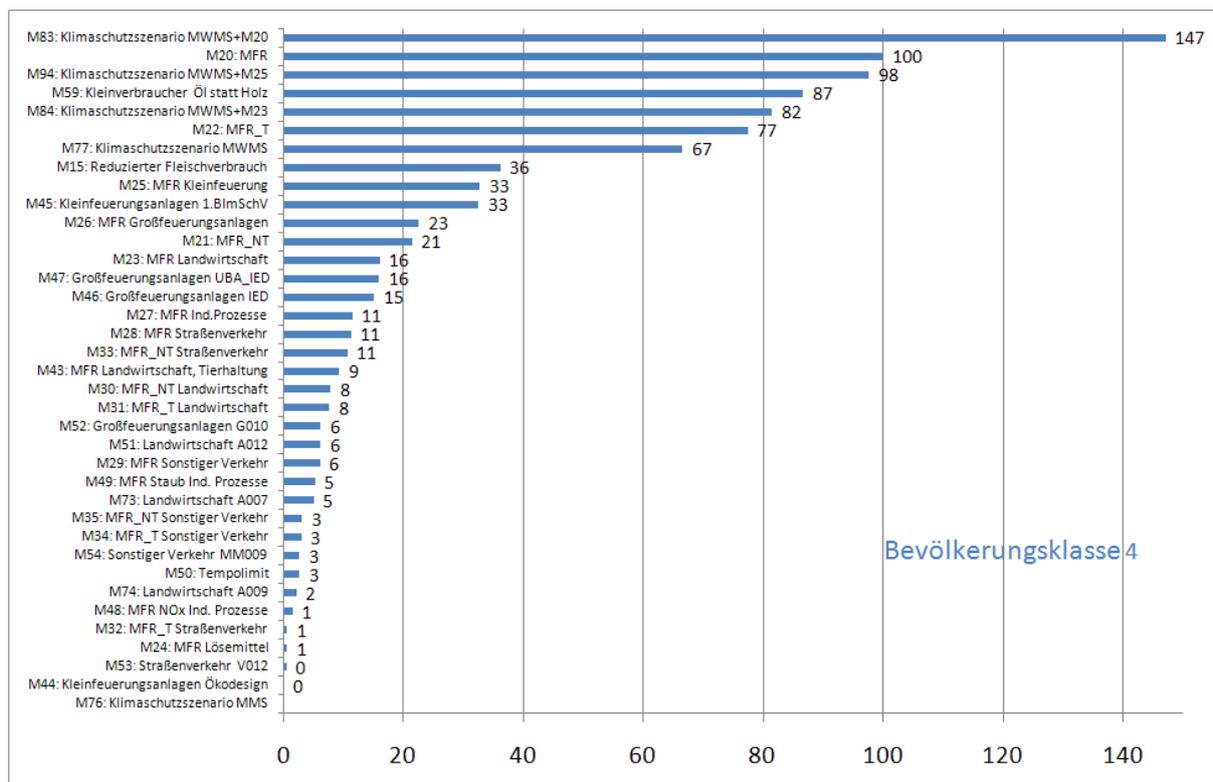
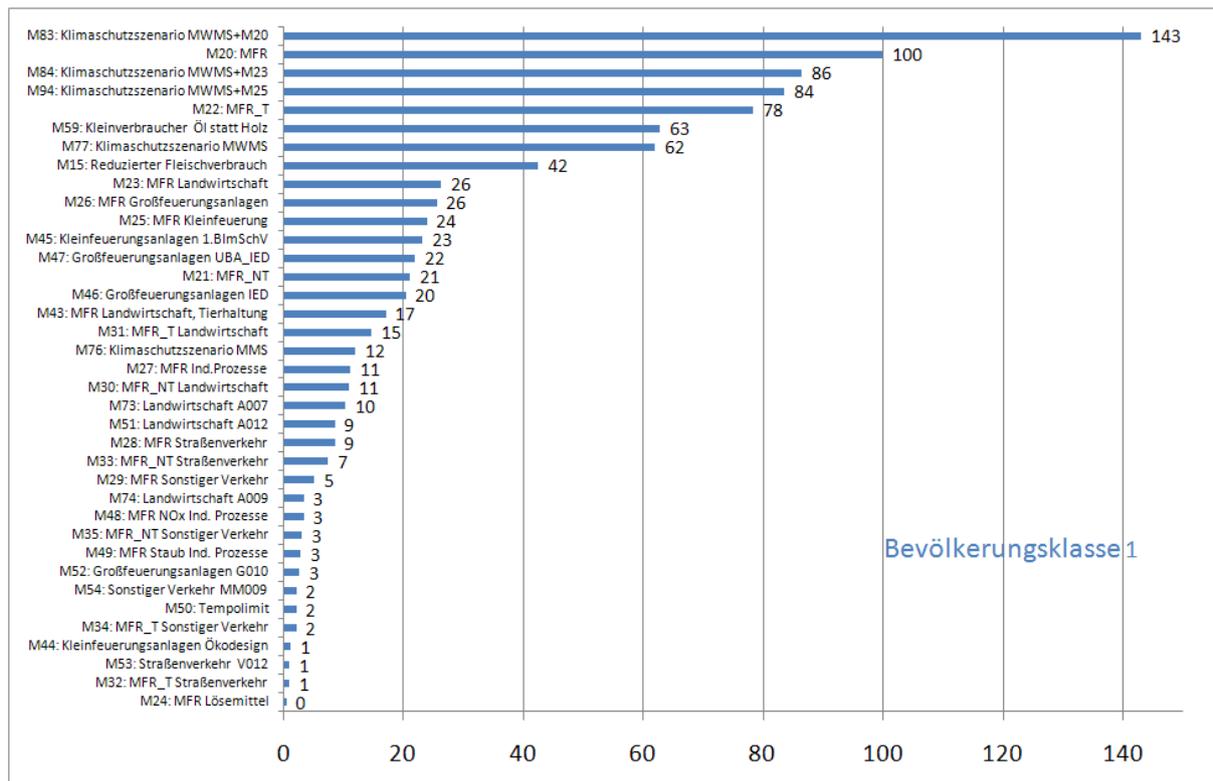
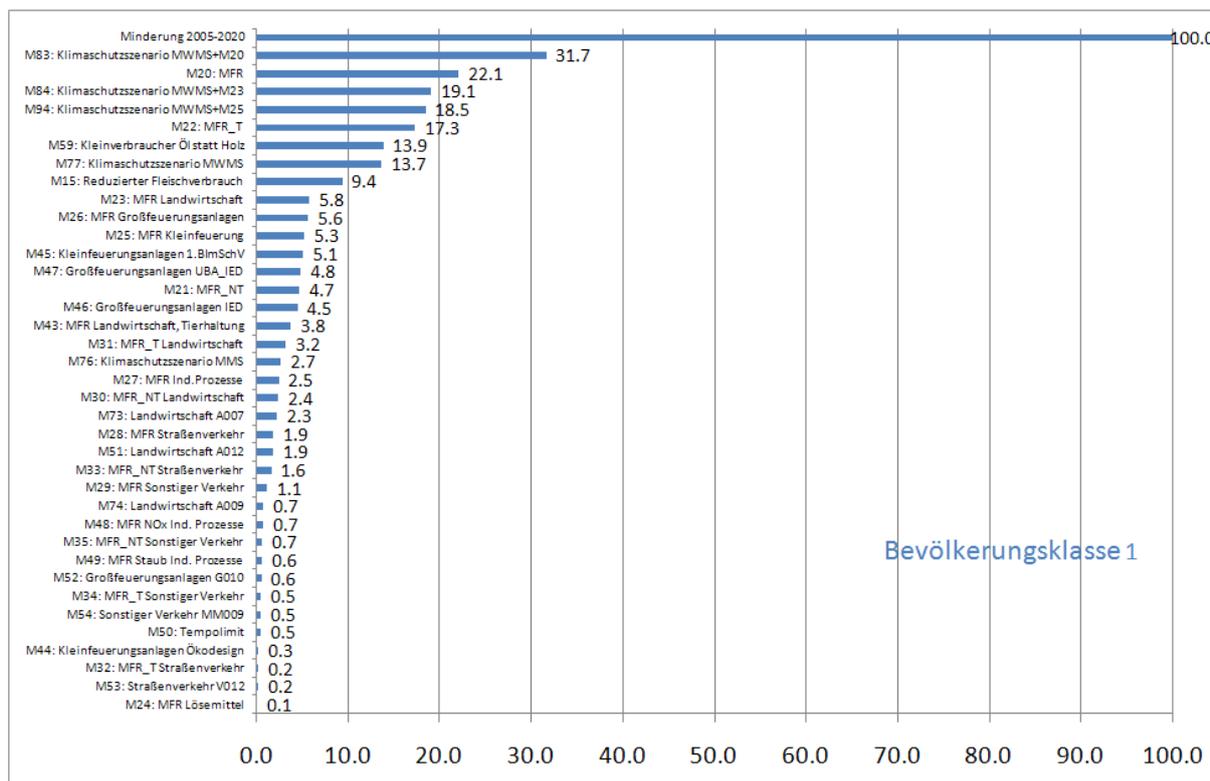
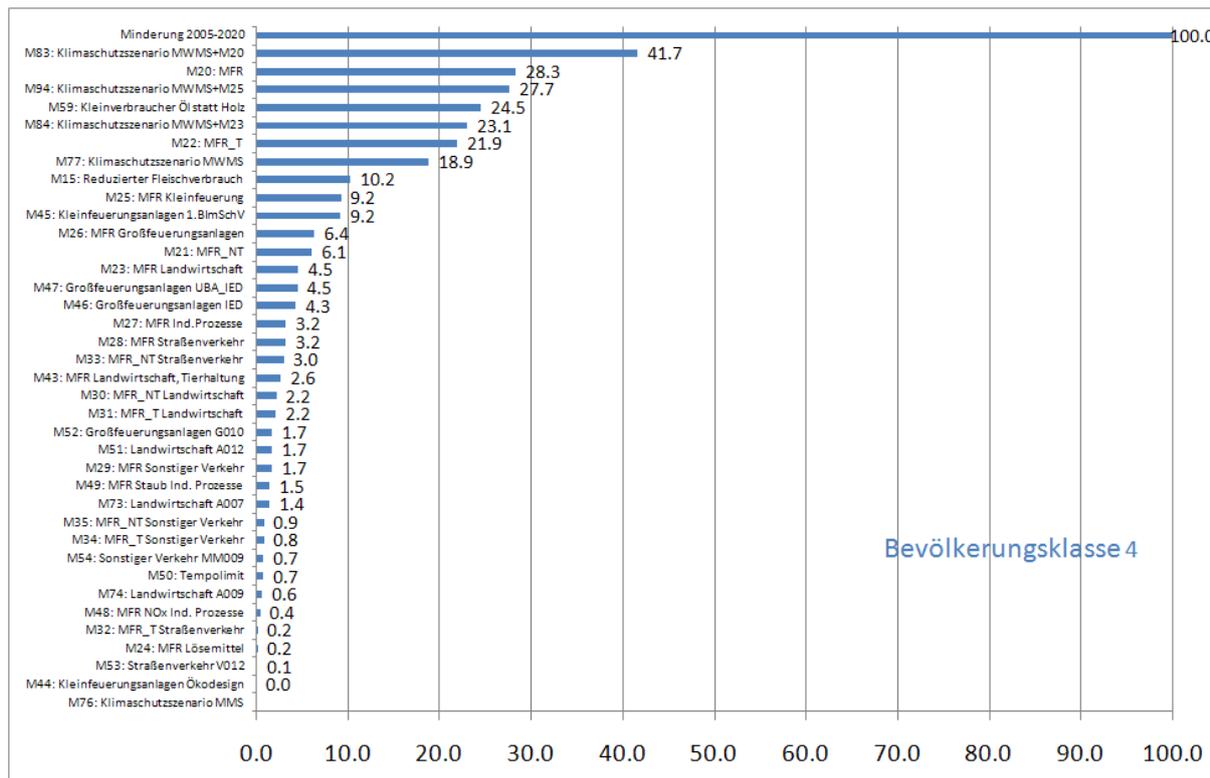


Abbildung 6-3 Bevölkerungsgewichtete relative PM10-Minderungspotenziale für die Bevölkerungsklassen 1 und 4. Die Potenziale geben für jede Maßnahme das Potenzial in % des Potenzials an, das für das MFR-Szenario M20 (=100%) berechnet wird.



Bevölkerungsklasse 1



Bevölkerungsklasse 4

Abbildung 6-4 Bevölkerungsgewichtete relative PM10-Minderungspotenziale 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.

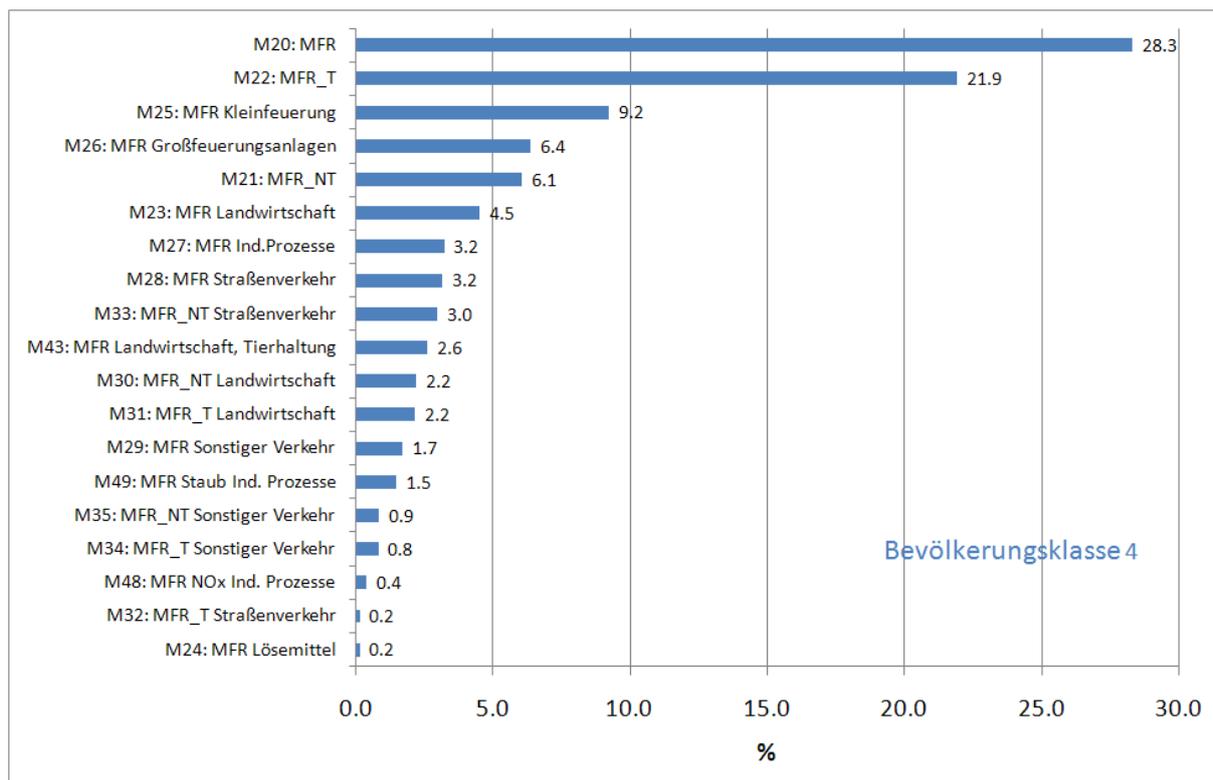
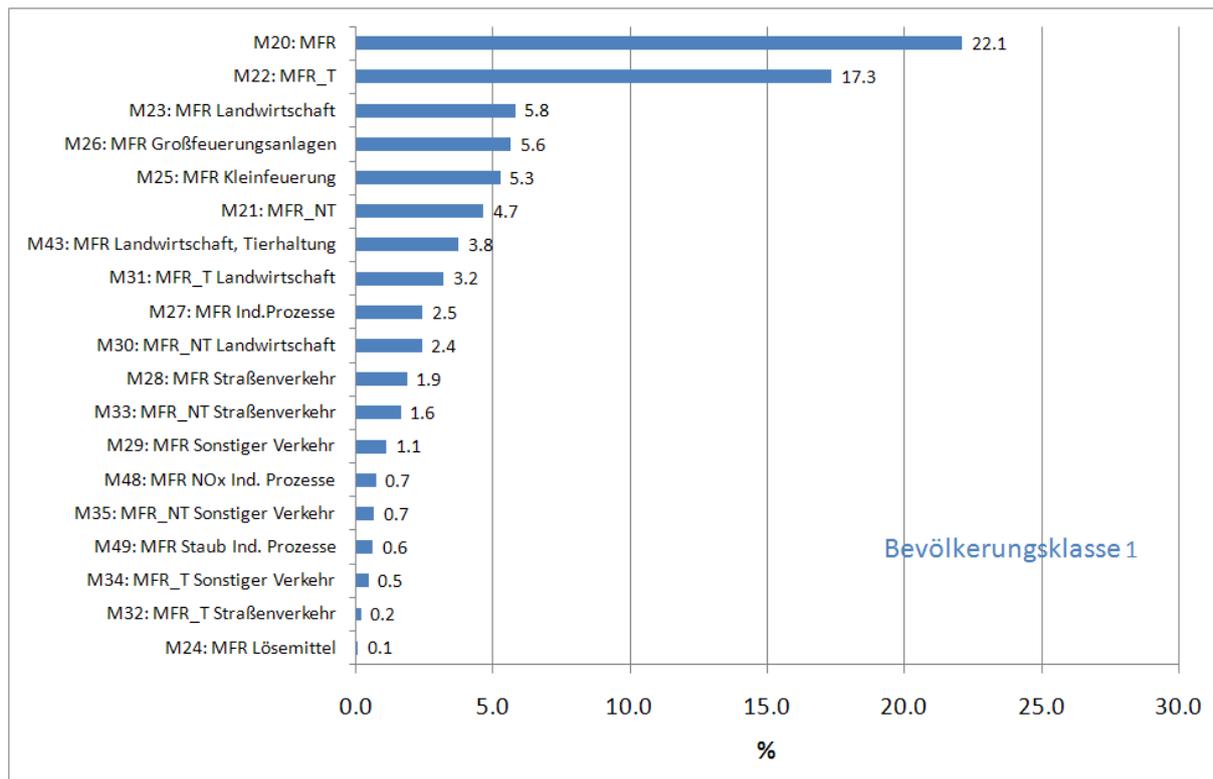


Abbildung 6-5 Bevölkerungsgewichtete relative PM10-Minderungspotenziale aller MFR-Szenarien für die Bevölkerungsklassen 1 und 4. Die Potenziale geben für jede Maßnahme das Potenzial in % der Minderung an, die für die Referenz 2020 (PM10-Minderung von 2005 bis 2020=100%) berechnet wird.

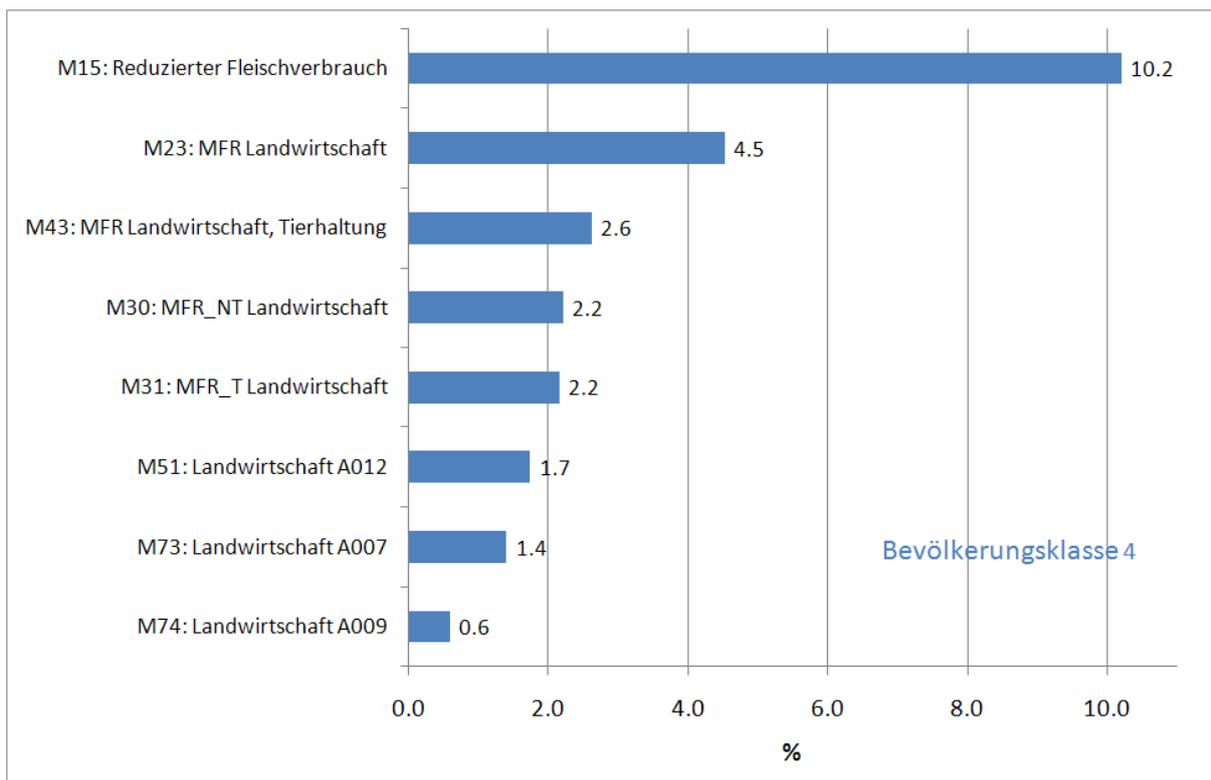
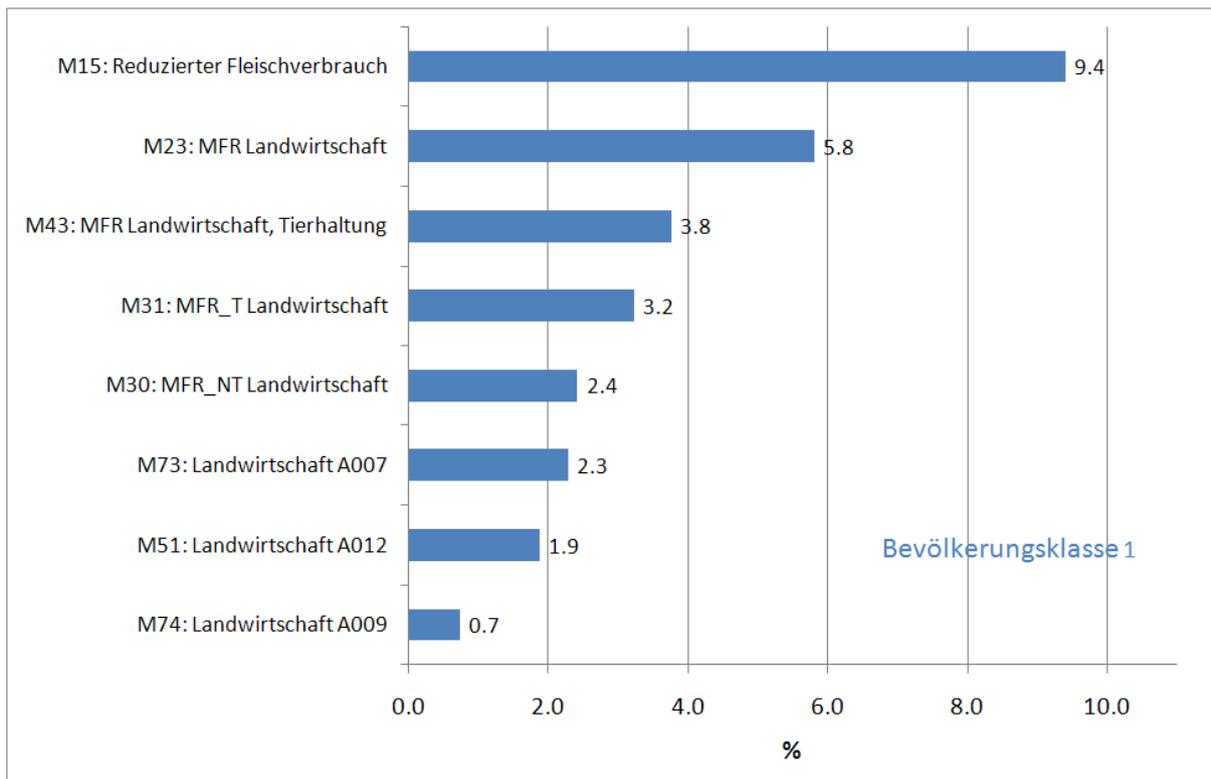


Abbildung 6-6 Bevölkerungsgewichtete relative PM10-Minderungspotenziale aller Szenarien der Verursachergruppe Landwirtschaft für die Bevölkerungsklassen 1 und 4. Die Potenziale geben für jede Maßnahme das Potenzial in % der Minderung an, die für die Referenz 2020 (PM10-Minderung von 2005 bis 2020=100%) berechnet wird.

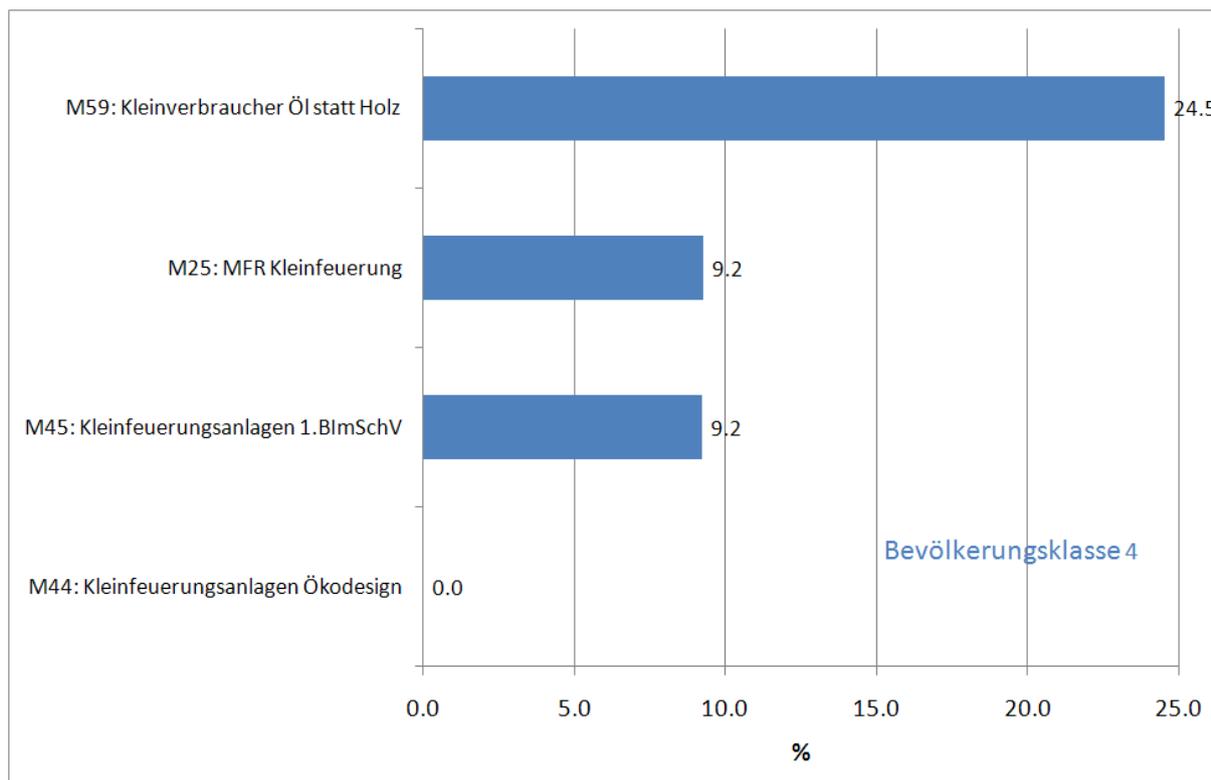
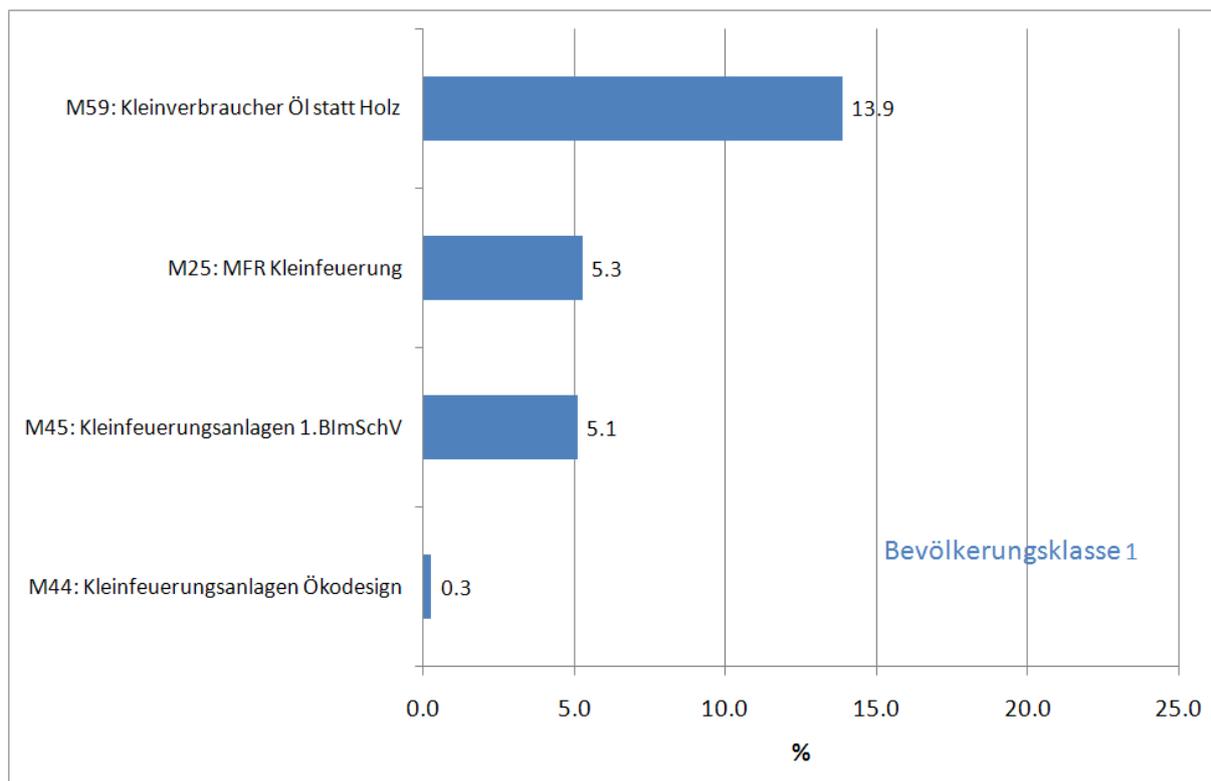


Abbildung 6-7 Bevölkerungsgewichtete relative PM10-Minderungspotenziale aller Szenarien der Verursachergruppe Kleinverbraucher für die Bevölkerungsklassen 1 und 4. Die Potenziale geben für jede Maßnahme das Potenzial in % der Minderung an, die für die Referenz 2020 (PM10-Minderung von 2005 bis 2020=100%) berechnet wird.

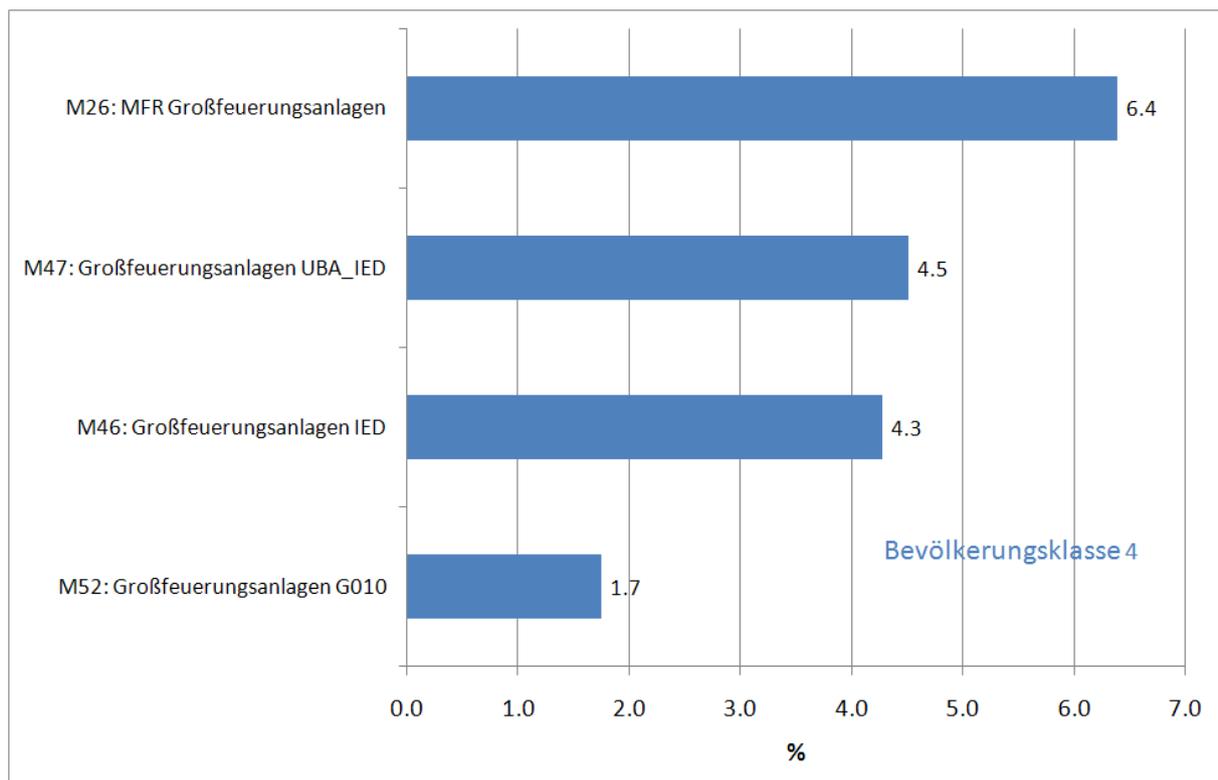
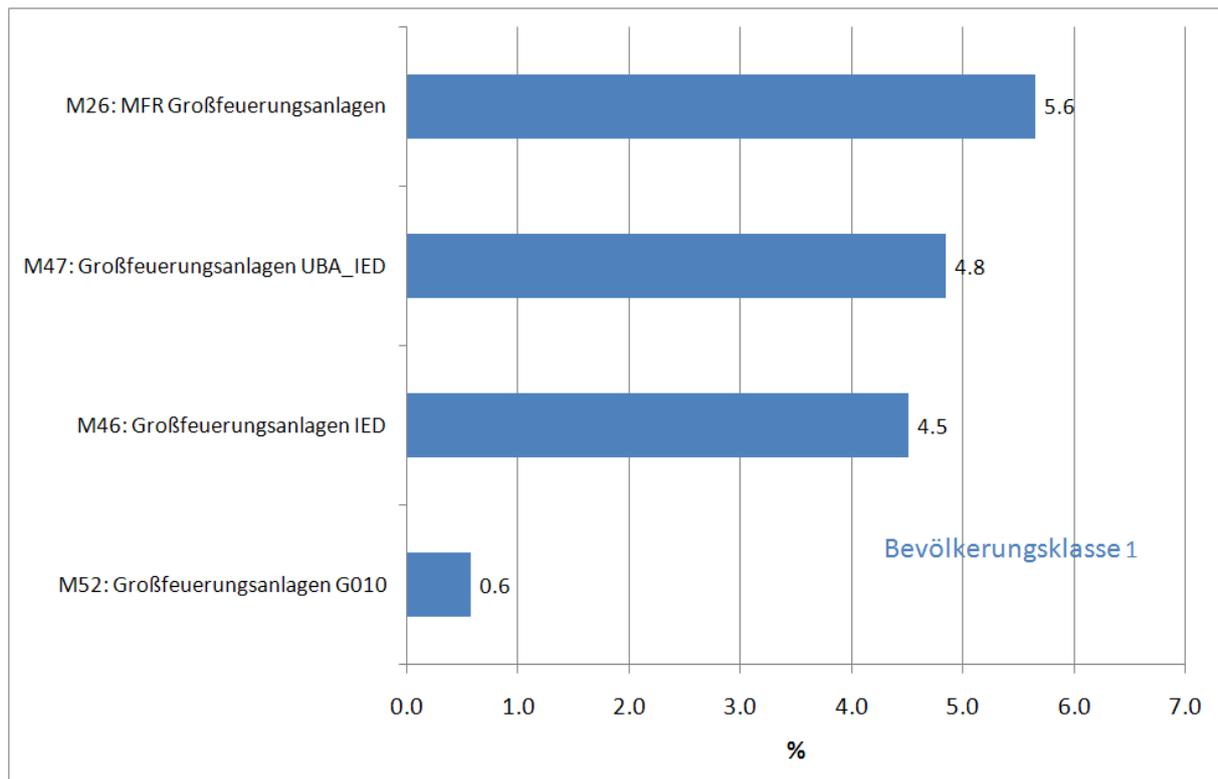


Abbildung 6-8 Bevölkerungsgewichtete relative PM10-Minderungspotenziale aller Szenarien der Verursachergruppe Großfeuerungsanlagen für die Bevölkerungsklassen 1 und 4. Die Potenziale geben für jede Maßnahme das Potenzial in % der Minderung an, die für die Referenz 2020 (PM10-Minderung von 2005 bis 2020=100%) berechnet wird.

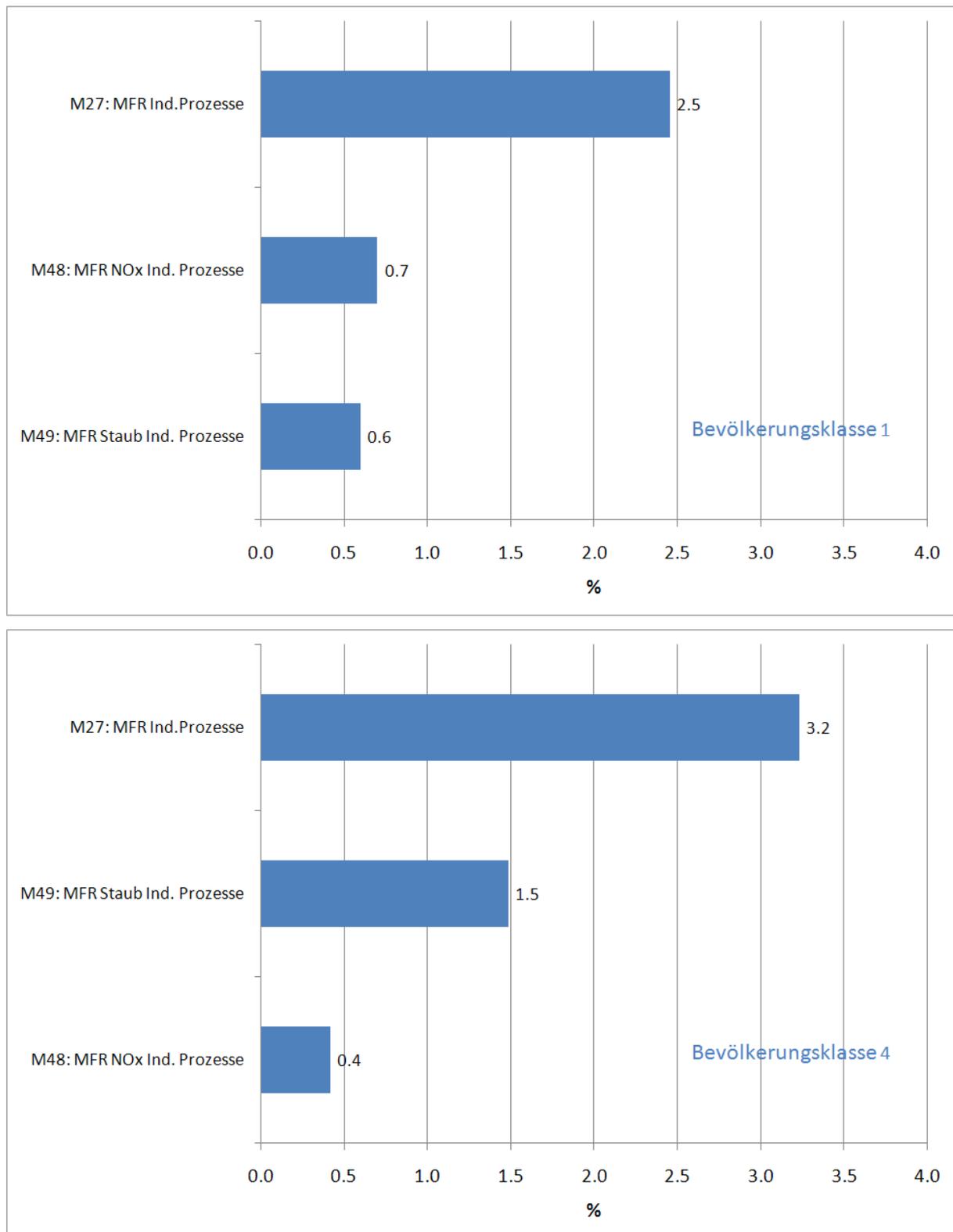


Abbildung 6-9 Bevölkerungsgewichtete relative PM10-Minderungspotenziale aller Szenarien der Verursachergruppe Industrielle Prozesse für die Bevölkerungsklassen 1 und 4. Die Potenziale geben für jede Maßnahme das Potenzial in % der Minderung an, die für die Referenz 2020 (PM10-Minderung von 2005 bis 2020=100%) berechnet wird.

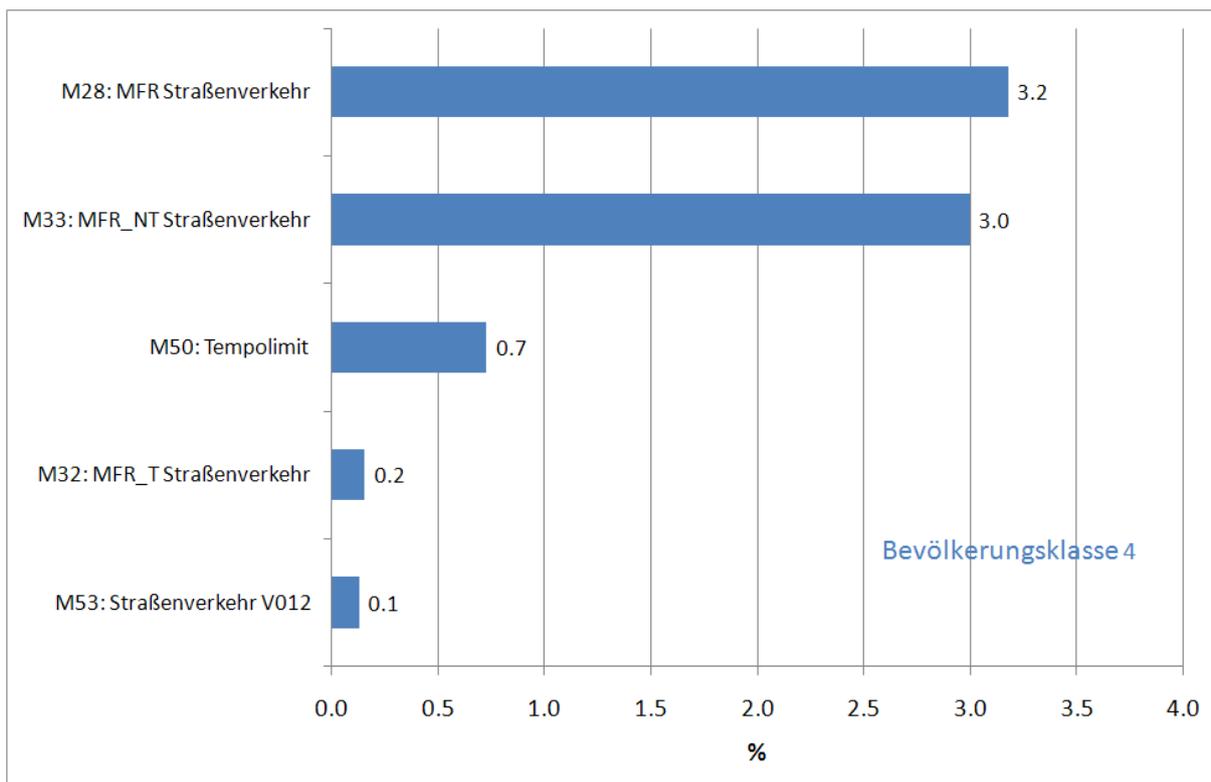
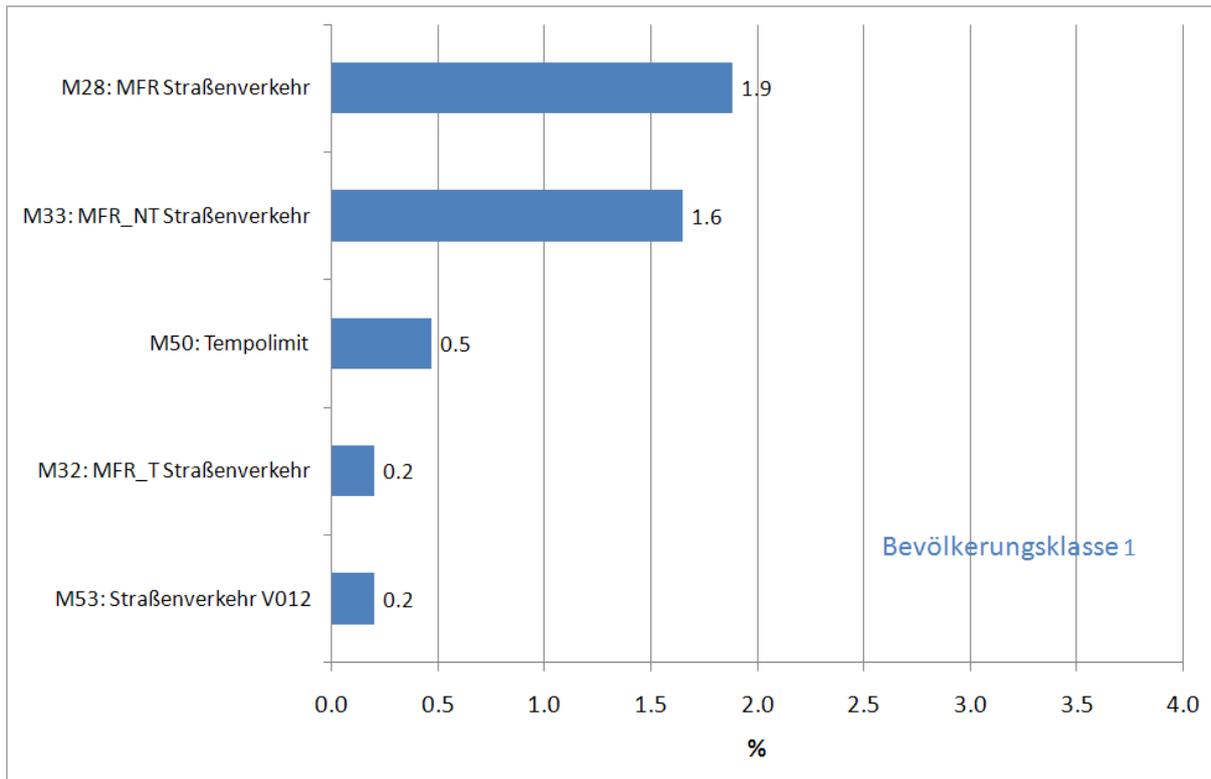


Abbildung 6-10 Bevölkerungsgewichtete relative PM10-Minderungspotenziale aller Szenarien der Verursachergruppe Straßenverkehr für die Bevölkerungsklassen 1 und 4. Die Potenziale geben für jede Maßnahme das Potenzial in % der Minderung an, die für die Referenz 2020 (PM10-Minderung von 2005 bis 2020=100%) berechnet wird.

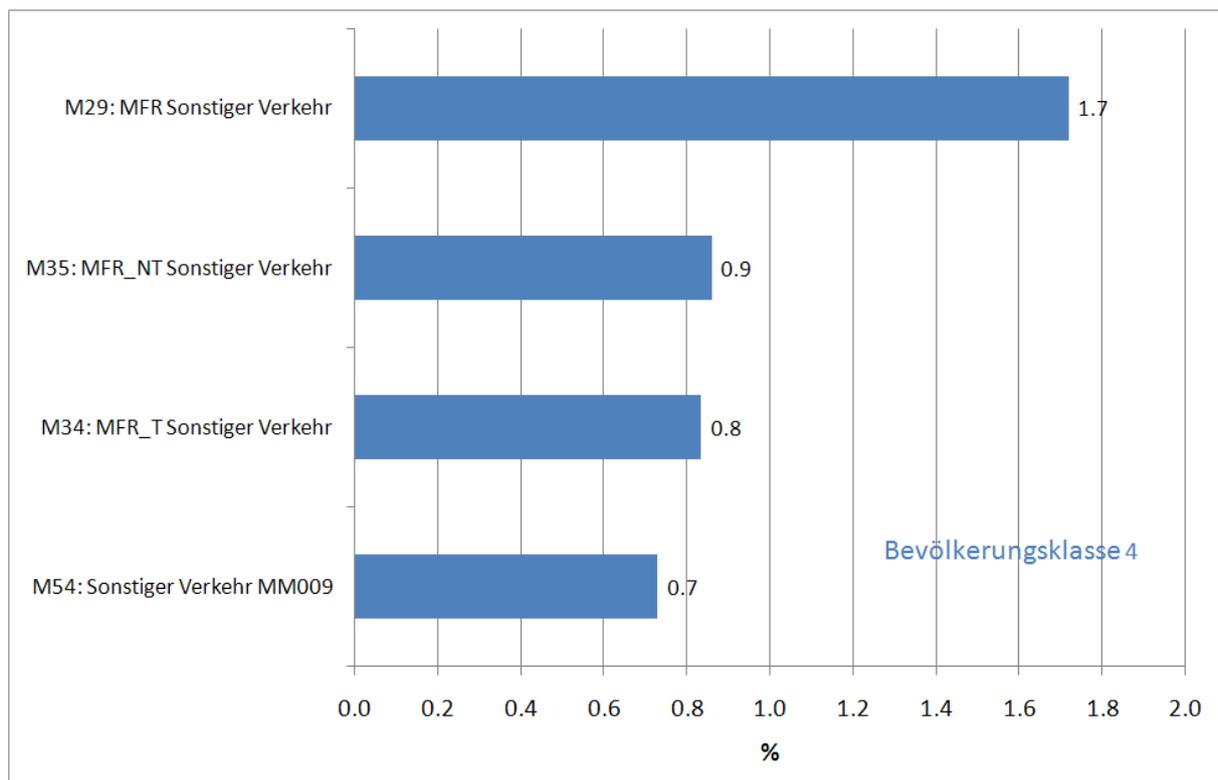
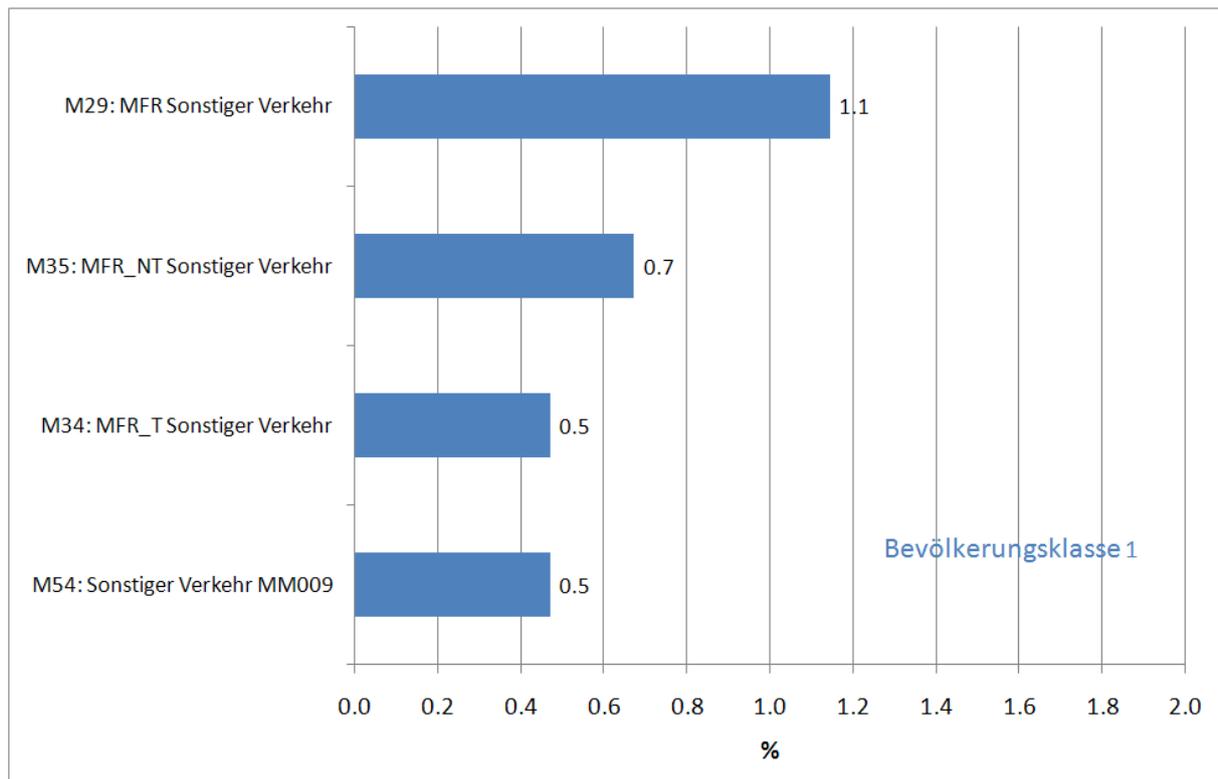


Abbildung 6-11 Bevölkerungsgewichtete relative PM10-Minderungspotenziale aller Szenarien der Verursachergruppe Sonstiger Verkehr für die Bevölkerungsklassen 1 und 4. Die Potenziale geben für jede Maßnahme das Potenzial in % der Minderung an, die für die Referenz 2020 (PM10-Minderung von 2005 bis 2020=100%) berechnet wird.

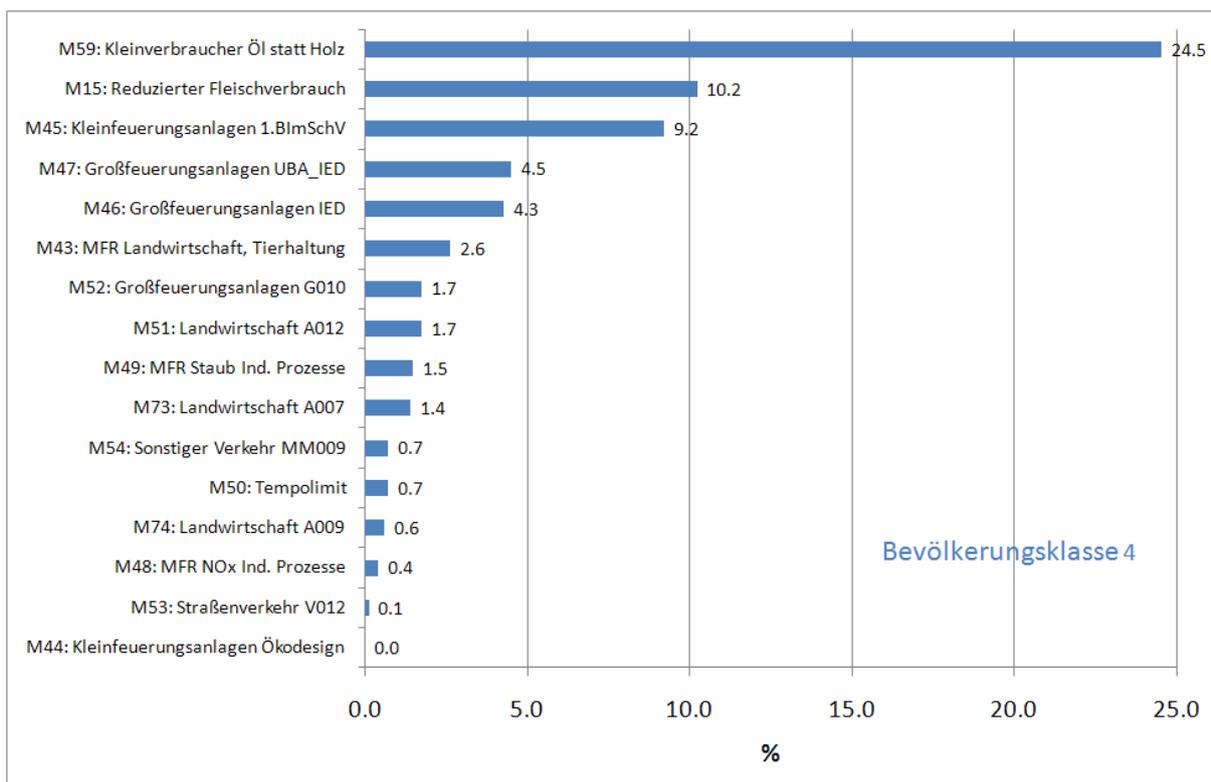
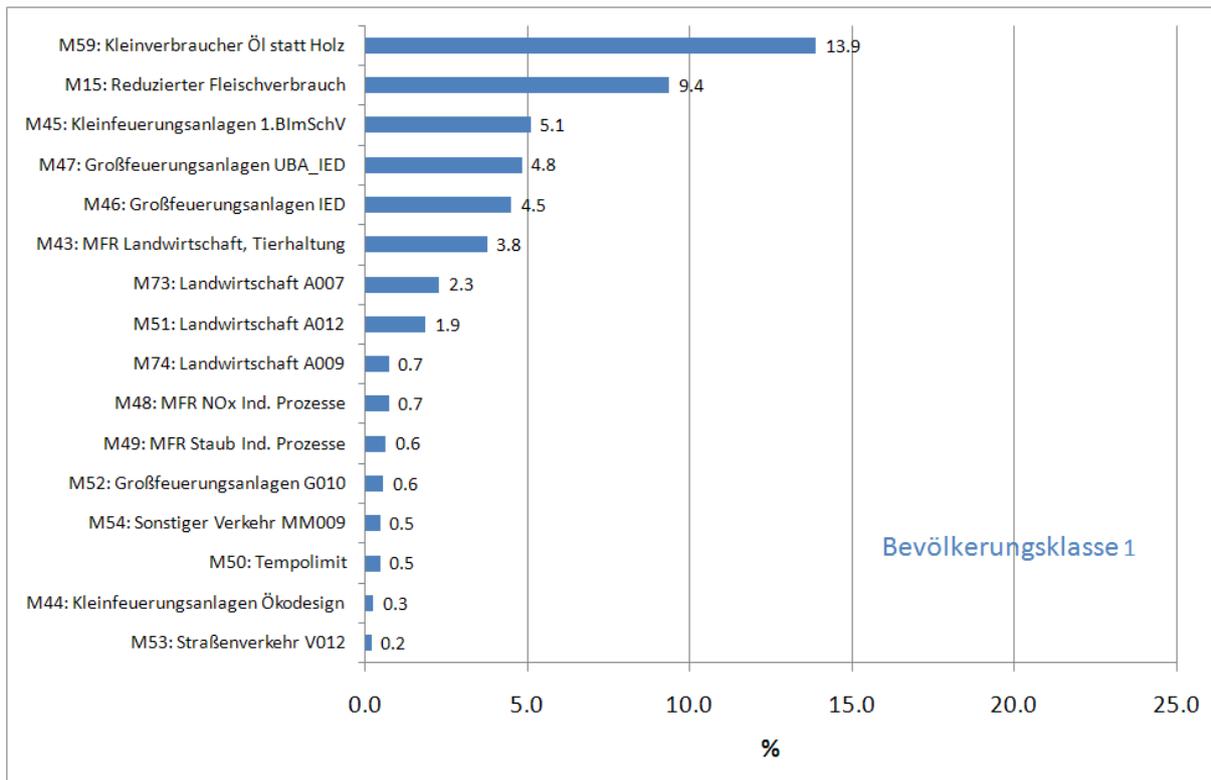


Abbildung 6-12 Bevölkerungsgewichtete relative PM10-Minderungspotenziale aller Einzelszenarien, d.h. der Szenarien, die nicht zu der alle Einzelmaßnahmen zusammenfassenden MFR-Gruppe gehören für die Bevölkerungsklassen 1 und 4. Die Potenziale geben für jede Maßnahme das Potenzial in % der Minderung an, die für die Referenz 2020 (PM10-Minderung von 2005 bis 2020=100%) berechnet wird.

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. 5.2.9). Deshalb werden sie hier getrennt behandelt.

Die Abbildung 6-13 zeigt die PM10-Minderungspotenziale für die Klimaschutzszenarien. Die Potenziale geben an, um wieviel % sich die auf Basis der Klimaschutzszenarien für 2020 berechneten mittleren PM10-Konzentrationen von denjenigen für die PAREST-Referenz 2020 unterscheiden. In ländlichen Regionen hat das Klimaschutzszenario MMS ein um 2.7% höhere Minderungskapazität, das Klimaschutzszenario MWMS ein um nahezu 14% höhere Minderungskapazität zur Senkung der PM10-Belastung als die Referenz 2020. In den ländlichen Regionen werden also für die Klimaschutzszenarien niedrigere PM10-Konzentrationen berechnet als für die PAREST-Referenz 2020. In Ballungsräumen führt das Klimaschutzszenario MMS zu etwas höheren Konzentrationen als die Referenz 2020. Das Klimaschutzszenario MWMS hat dagegen in ländlichen Regionen eine circa 14% höhere Minderungskapazität, in Ballungsräumen eine circa 19% höhere Minderungskapazität als die Referenz 2020, d.h. auf Basis des verstärkten Klimaschutzszenarios werden für 2020 niedrigere PM10-Jahresmittelwerte berechnet. Die Ausgangssituation für weiterführende Maßnahmen zur Senkung der PM10-Belastung wäre also auf Basis des MWMS-Klimaszenarios 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 knapp 32%, in Ballungsräumen noch um über 40% erhöht werden. Im Vergleich dazu werden mit dem MFR-Szenario basierend auf der Referenz 2020 in ländlichen Gebieten nur eine weitere Minderung von circa 22%, in Ballungsräumen von 28% erreicht (Abbildung 6-4). Von den beiden betrachteten verursacherspezifischen MFR-Szenarien ist auch bei den Klimaschutzszenarien das MFR-Szenario Kleinf Feuerungsanlagen wieder in den Ballungsräumen, das MFR-Landwirtschaftsszenario in den ländlichen Gebieten die wirksamere Maßnahme zur weiteren Senkung der PM10-Immissionen.

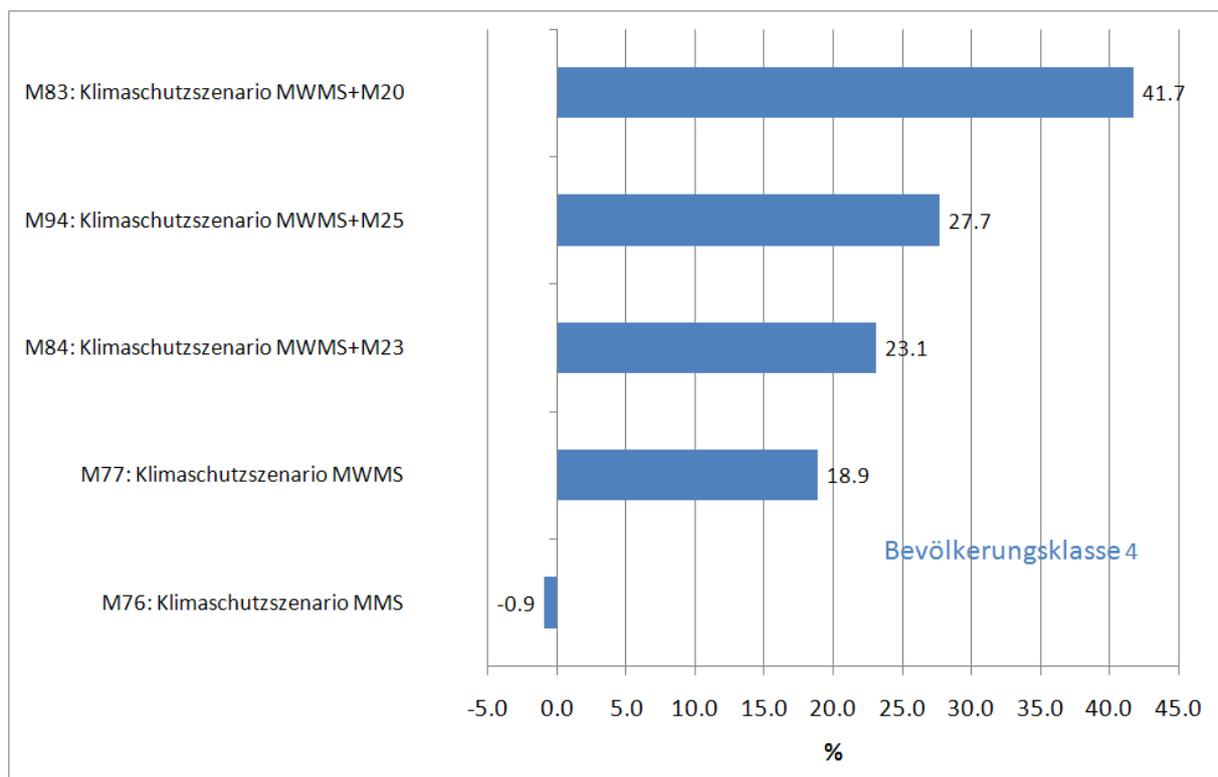
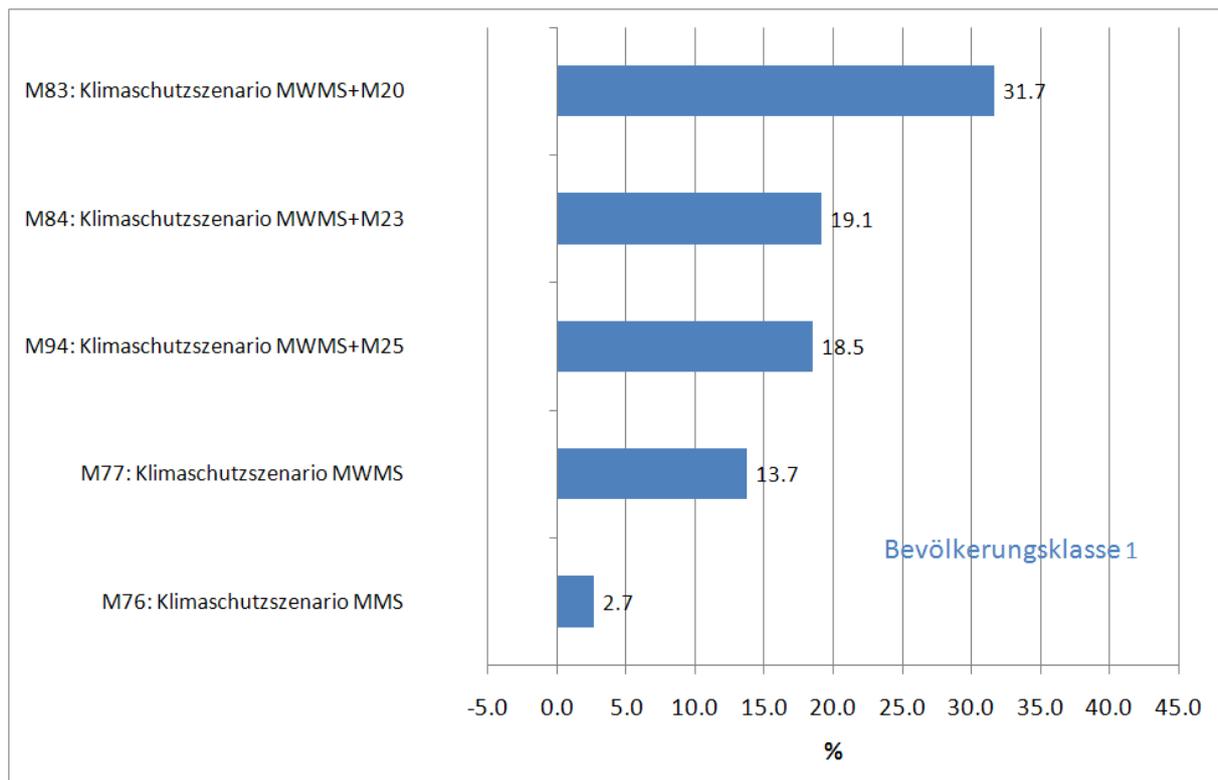


Abbildung 6-13 Bevölkerungsgewichtete relative PM10-Minderungspotenziale der Klimaschutzszenarien für die Bevölkerungsklassen 1 und 4. Die Potenziale sind in % der Minderung angegeben, die für die Referenz 2020 (PM10-Minderung von 2005 bis 2020=100%) berechnet wird.

7 Auswertung der PM2.5-Potenziale

7.1 Überblick

Die Minderungspotenziale für PM2.5 werden im Wesentlichen nur für die definierten Bewertungsklassen diskutiert. Die Vorgehensweise folgt derjenigen für PM10. Immissionsverteilungen für Deutschland werden nur für die übergreifenden MFR-Szenarien präsentiert. Alle den PM10-Darstellungen entsprechenden PM2.5-Darstellungen können aber mit dem im Rahmen des Projekts entwickelten FLADIS-viewer erzeugt werden (Fath et al., 2010; IVU, 2009).

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

Abbildung 7-1 bis Abbildung 7-6 zeigen jeweils die absoluten und relativen PM2.5-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 circa $1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Ruhrgebiet (Abbildung 7-1). Dies entspricht relativen Abnahmen bezüglich der Referenz 2020 bis zu maximal 12% bis 13% (Abbildung 7-2). Die nicht-technischen Maßnahmen bewirken Abnahmen der PM2.5-Jahresmittelwerte um maximal $0.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Abbildung 7-3) oder maximal circa 6 bis 7% (Abbildung 7-4). Die stärksten Auswirkungen zeigen die nicht-technischen Maßnahmen im Umfeld der großen Flughäfen Deutschlands. Mit den technischen Maßnahmen werden maximale Abnahmen von circa $1.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ oder circa 10% erreicht (Abbildung 7-5, Abbildung 7-6).

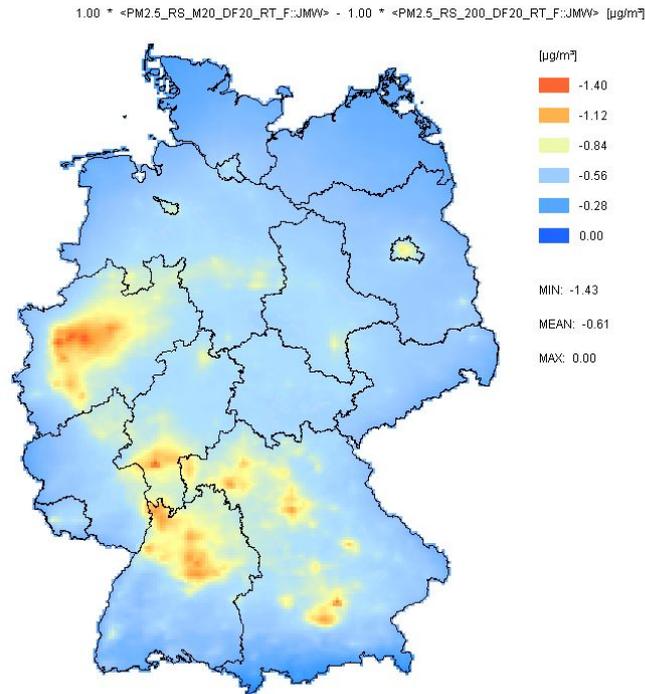


Abbildung 7-1 Absolute Änderung der PM2.5-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M20 (MFR-Szenario). Die Änderung wird berechnet als: M20-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

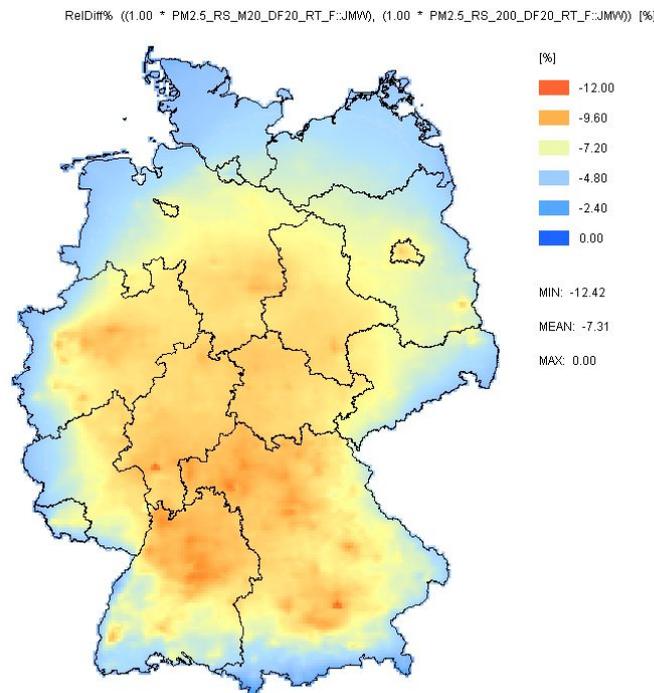


Abbildung 7-2 Relative Änderung der PM2.5-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M20 (MFR-Szenario). Die Änderung wird berechnet als: M20-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

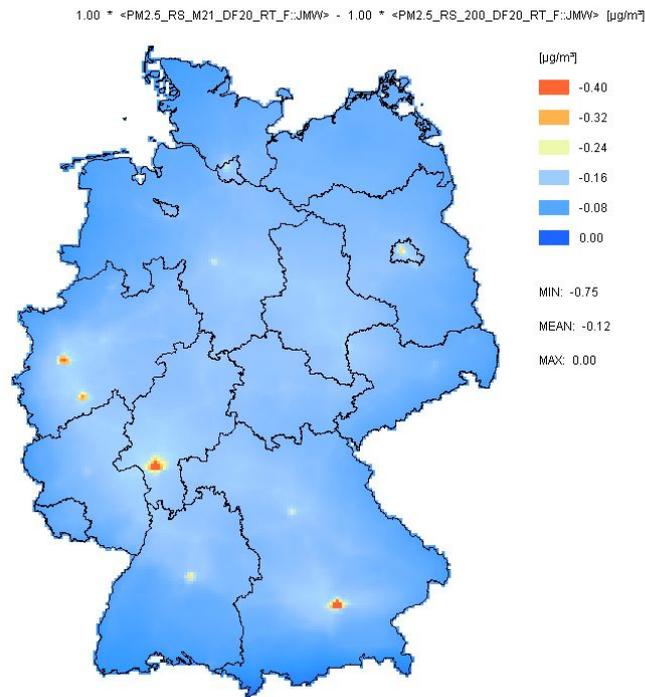


Abbildung 7-3 Absolute Änderung der PM2.5-Jahresmittelwerte in µg/m³ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M21 (MFR-Szenario, nicht-technische Maßnahmen). Die Änderung wird berechnet als: M21-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

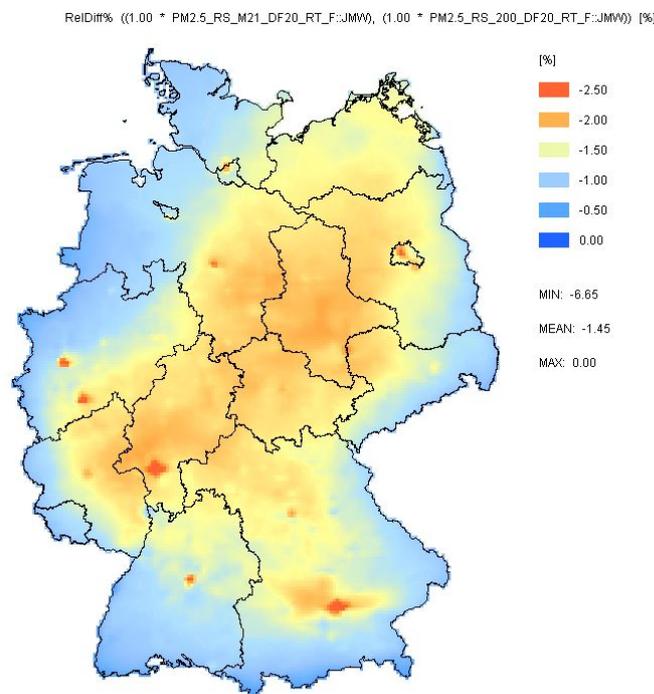


Abbildung 7-4 Relative Änderung der PM2.5-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M21 (MFR-Szenario, nicht-technische Maßnahmen). Die Änderung wird berechnet als: M21-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

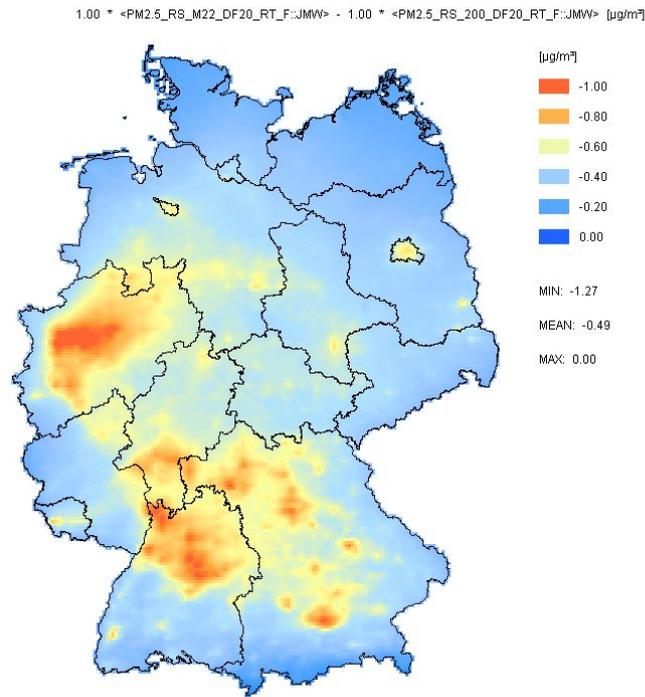


Abbildung 7-5 Absolute Änderung der PM2.5-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M22 (MFR-Szenario, technische Maßnahmen). Die Änderung wird berechnet als: M22-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland.

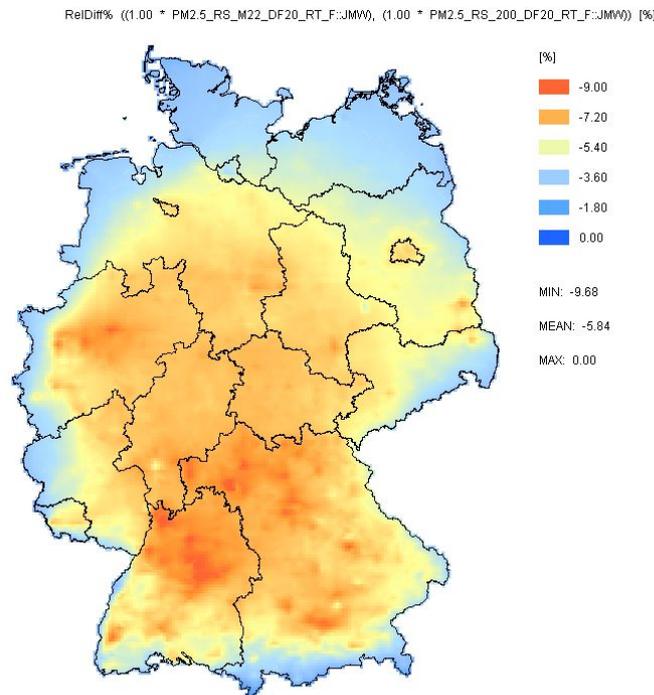


Abbildung 7-6 Relative Änderung der PM2.5-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M22 (MFR-Szenario, technische Maßnahmen). Die Änderung wird berechnet als: M22-Referenz 2020. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.

7.3 Mittlere Auswertung der PM2.5-Potenziale nach Bevölkerungsklassen

Tabelle 7-1 und Abbildung 7-7 bis Abbildung 7-19 zeigen die der PM10-Auswertung entsprechenden Graphiken für PM2.5. In den meisten Fällen ergibt sich für die PM2.5-Potenziale eine sehr ähnliche Rangfolge wie für die PM10-Potenziale. Deshalb wird hier im Wesentlichen nur auf die Unterschiede eingegangen. In Abbildung 7-11 ist die Wirksamkeit der Szenarien relativ zu der durch das MFR-Szenario M20 erreichbaren zusätzlichen Minderung der PM2.5-Jahresmittelwerte dargestellt. Die technischen Maßnahmen des MFR-Bündels (M22) stellen in ländlichen Regionen 79% (PM10: 78%) und in den Ballungsräumen 82% (PM10: 77%) des Gesamtpotenzials der MFR-Maßnahmen. Für die verursacherspezifischen MFR-Szenarien ergibt sich folgende Reihenfolge für das PM2.5-Minderungspotenzial:

Ländliche Regionen (Bevölkerungsklasse 1):

1. M26, MFR-Großfeuerungsanlagen (29% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)
2. M25, MFR-Kleinfeuerungsanlagen (26% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)
3. M23, MFR-Landwirtschaft (22% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)
4. M27, MFR-Industrielle Prozesse (11% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)
5. M28, MFR-Straßenverkehr (7% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)
6. M29, MFR-Sonstiger Verkehr (6% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)
7. M24, MFR-Lösemittel (1% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)

Ballungsgebiete (Bevölkerungsklasse 4):

1. M25, MFR Kleinfeuerung (36% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)
2. M26, MFR-Großfeuerungsanlagen (26% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)
3. M23, MFR-Landwirtschaft (15% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)
4. M27, MFR-Industrielle Prozesse (10% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)
5. M29, MFR-Sonstiger Verkehr (7% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)
6. M28, MFR-Straßenverkehr (6% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)
7. M24, MFR-Lösemittel (1% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)

Bei den PM2.5-Potenzialen für den ländlichen Raum ist die Bedeutung der Landwirtschaft geringer als bei den PM10-Potenzialen, wo die Landwirtschaft mit 26%igem Anteil am Potenzial des MFR-Szenarios auf Platz 1 der Rangliste der verursacherspezifischen MFR-Szenarien steht (Abbildung 6-3, Abbildung 6-5). Für die Ballungsräume ergibt sich für PM2.5 und PM10 nahezu dieselbe Rangfolge. Lediglich der Straßenverkehr und der Sonstige Verkehr tauschen die Plätze.

Auch bei den verursachergruppenspezifischen Ranglisten gibt es nur geringe Unterschiede zwischen PM2.5 und PM10 in der Reihenfolge der Maßnahmenbewertung. Lediglich bei den industriellen Prozessen wächst die Bedeutung der Maßnahme M48, Reduzierung von NO_x-Emissionen. Während bei den PM10-Potenzialen die Auswirkung der Staubminderung (Maßnahme M49) in den Ballungsgebieten eindeutig höher ist als die Auswirkung der NO_x-Minderung (Maßnahme M48, Abbildung 6-9), sind diese beiden Maßnahmen für die PM2.5-Minderung nahezu gleichwertig (Abbildung 7-15). Dies ist darauf zurückzuführen, dass die aus den gasförmigen Vorläufern gebildeten sekundären Aerosole zum überwiegenden Teil in der Feinfraktion bis 2.5 µm zu finden sind, so dass ihr Anteil am PM2.5 höher ist als am PM10.

	BVK 1	BVK 2	BVK 3	BVK 4	D	AEI-ST	Max.lokale Abnahme in D (µg/m ³)	Max.lokale Abnahme in D (%)
Minderung 2005-2020	2.93	3.12	3.24	3.58	3.27	3.60		
HS:-100%, alle Stoffe, alle SNAPS	4.07	4.62	5.33	6.91	5.46	7.09		
M15: Reduzierter Fleischverbrauch	0.20	0.21	0.22	0.24	0.22	0.23	2	8.3
M20: MFR	0.58	0.67	0.77	0.93	0.76	0.95	1.4	12.4
M21: MFR_NT	0.12	0.13	0.14	0.16	0.14	0.18	0.75	6.65
M22: MFR_T	0.46	0.54	0.63	0.76	0.62	0.77	1.27	9.68
M23: MFR Landwirtschaft	0.13	0.13	0.14	0.14	0.13	0.13	0.2	2.28
M24: MFR Lösemittel	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.07
M25: MFR Kleinf Feuerung	0.15	0.21	0.26	0.33	0.25	0.38	0.8	6.94
M26: MFR Großfeuerungsanlagen	0.17	0.18	0.20	0.24	0.20	0.22	0.7	5.26
M27: MFR Ind.Prozesse	0.07	0.07	0.08	0.09	0.08	0.08	0.5	3.19
M28: MFR Straßenverkehr	0.04	0.04	0.05	0.06	0.05	0.06	0.08	0.81
M29: MFR Sonstiger Verkehr	0.03	0.04	0.04	0.07	0.05	0.07	0.62	5.83
M30: MFR_NT Landwirtschaft	0.07	0.07	0.08	0.08	0.07	0.08	0.12	1.39
M31: MFR_T Landwirtschaft	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.15	1.51
M32: MFR_T Straßenverkehr	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.13
M33: MFR_NT Straßenverkehr	0.03	0.04	0.04	0.05	0.04	0.05	0.08	0.7
M34: MFR_T Sonstiger Verkehr	0.01	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.16	1.22
M35: MFR_NT Sonstiger Verkehr	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.05	0.6	5.7
M43: MFR Landwirtschaft, Tierhaltung	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.16	1.6
M44: Kleinf Feuerungsanlagen Ökodesign	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.2
M45: Kleinf Feuerungsanlagen 1.BImSchV	0.14	0.20	0.26	0.33	0.25	0.38	0.79	6.89
M46: Großfeuerungsanlagen IED	0.13	0.14	0.15	0.16	0.15	0.16	0.38	4.24
M47: Großfeuerungsanlagen UBA_IED	0.14	0.15	0.16	0.17	0.16	0.17	0.39	4.35
M48: MFR NOx Ind. Prozesse	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.05	0.55
M49: MFR Staub Ind. Prozesse	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.24	1.55
M50: Tempolimit	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.23
M51: Landwirtschaft A012	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.11	1.2
M52: Großfeuerungsanlagen G010	0.02	0.02	0.04	0.06	0.04	0.05	0.46	2.77
M53: Straßenverkehr V012	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.12
M54: Sonstiger Verkehr MM009	0.01	0.02	0.02	0.03	0.02	0.05	0.59	5.64
M59: Kleinverbraucher Öl statt Holz	0.39	0.56	0.70	0.89	0.67	1.01	2.17	19.64
M73: Landwirtschaft A007	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.12	1.21
M74: Landwirtschaft A009	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.35
M76: Klimaschutzszenario MMS	0.08	0.09	0.08	-0.02	0.05	-0.06	-0.32-0.35	3.57
M77: Klimaschutzszenario MWMS	0.30	0.32	0.34	0.32	0.32	0.29	0.35	8.66
M83: Klimaschutzszenario MWMS+M20	0.761	0.865	0.966	1.081	0.94	1.06	1.69	14.58
M84: Klimaschutzszenario MWMS+M23	0.41	0.44	0.463	0.448	0.44	0.41	1.11	9.56
M94: Klimaschutzszenario MWMS+M25	0.429	0.51	0.579	0.635	0.55	0.66	1.28	11.49

Tabelle 7-1 Bevölkerungsgewichtete PM2.5-Minderungspotenziale für 6 Bewertungsklassen. Die Potenziale geben für jede Maßnahme/Szenario die berechnete Änderung der PM2.5-Jahresmittelwerte bezüglich der Referenz 2020 an. Negative Angaben bedeuten Zunahmen der PM2.5-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.

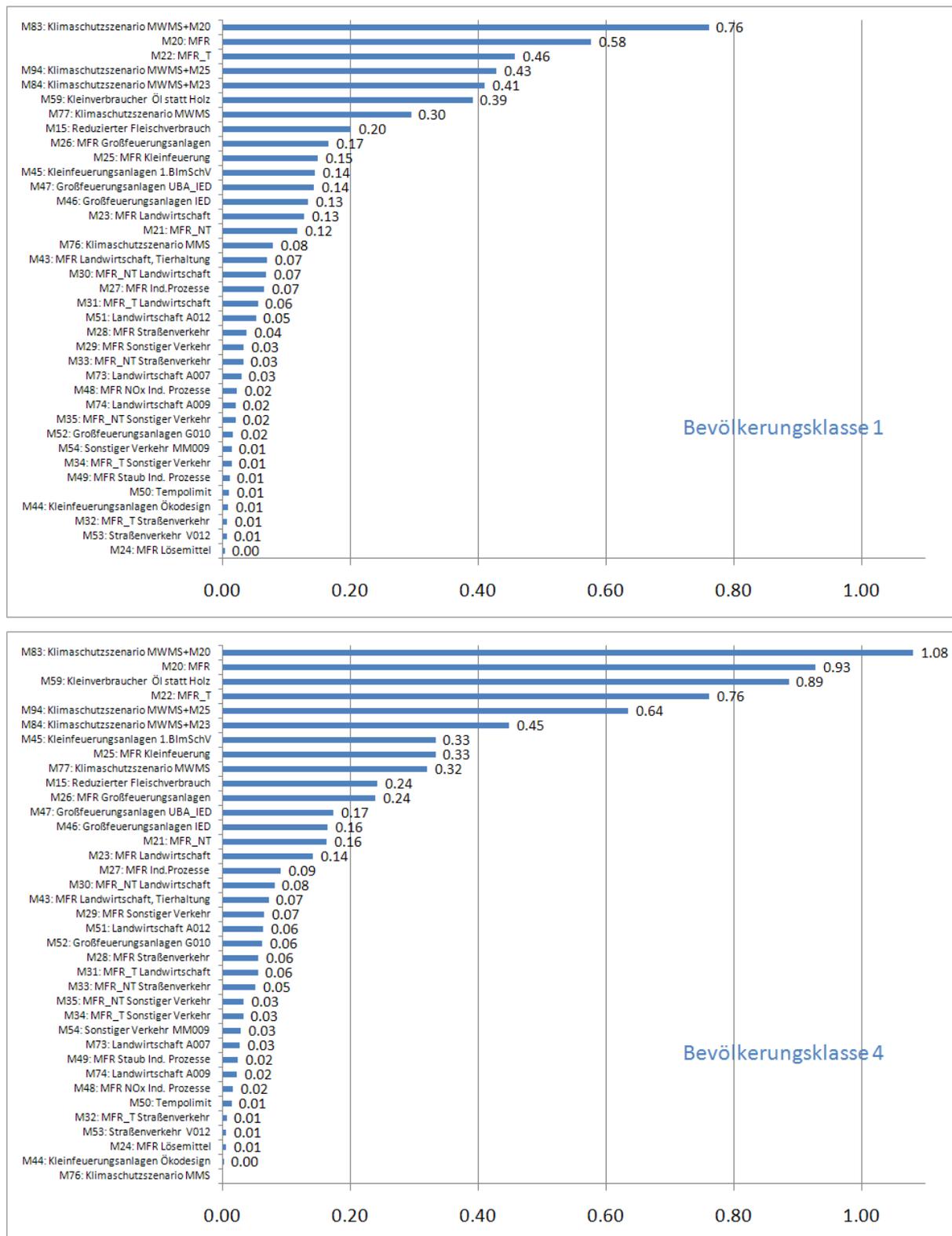


Abbildung 7-7 Bevölkerungsgewichtete PM2.5-Minderungspotenziale für die Bevölkerungsklassen 1 und 4. Die Potenziale geben für jede Maßnahme die berechnete absolute Änderung (Abnahmen sind positiv) der PM2.5-Jahresmittelwerte in µg/m³ bezogen auf die Referenz 2020 an.

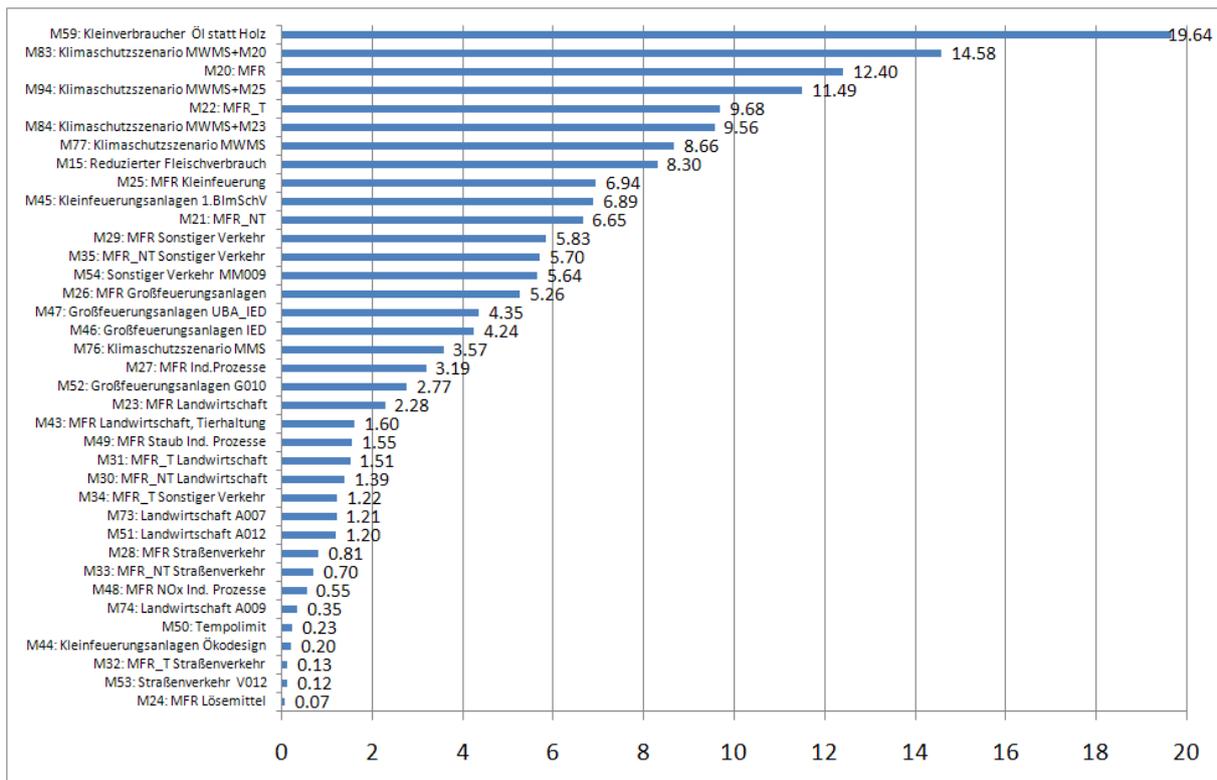
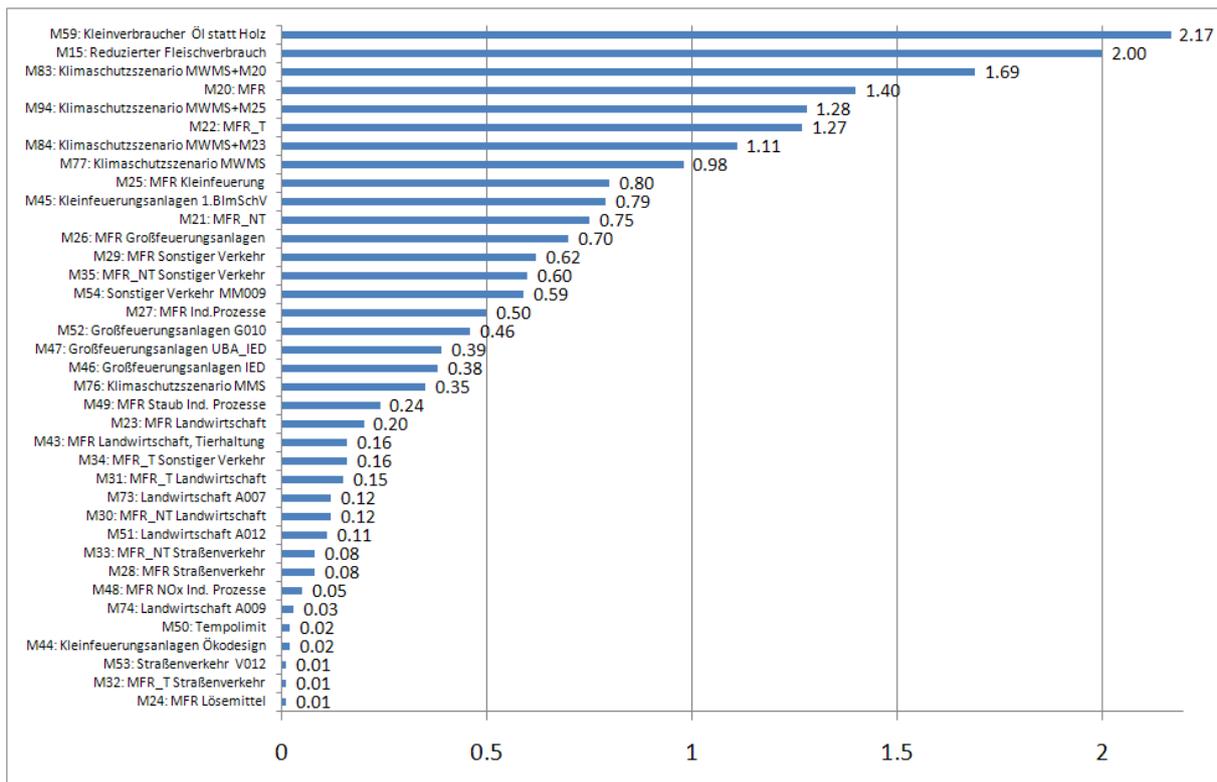
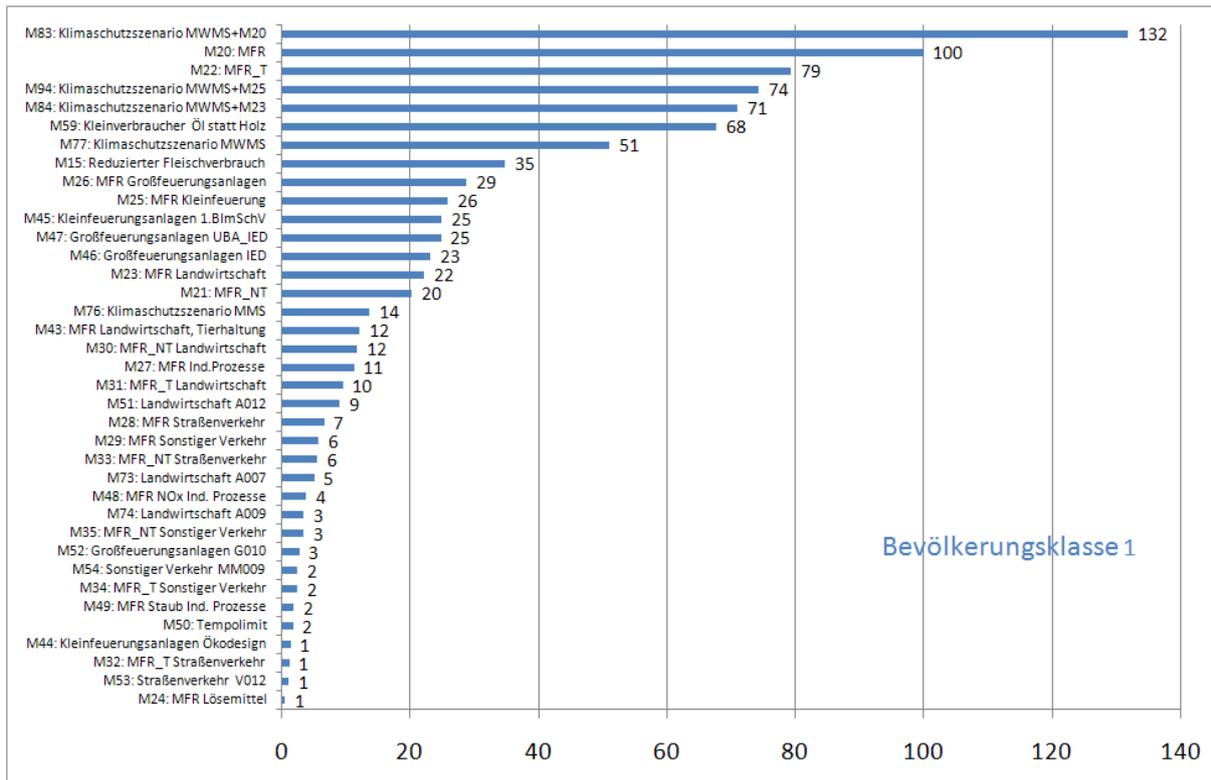
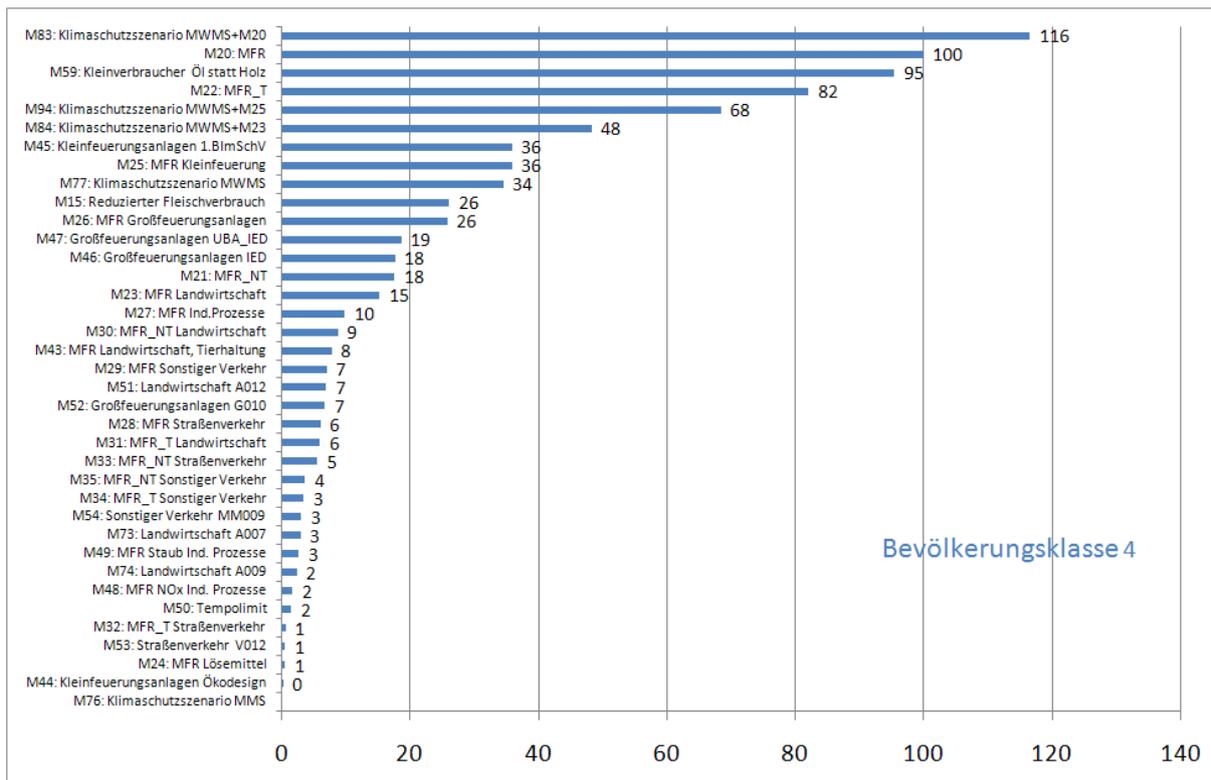


Abbildung 7-8 Maximale berechnete absolute Änderung der PM2.5-Jahresmittelwerte in µg/m³ (oben) und maximale relative Änderung in % (unten) in Deutschland bezogen auf die Referenz 2020.



Bevölkerungsklasse 1



Bevölkerungsklasse 4

Abbildung 7-9 Bevölkerungsgewichtete relative PM2.5-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 (=100%) berechnet wird.

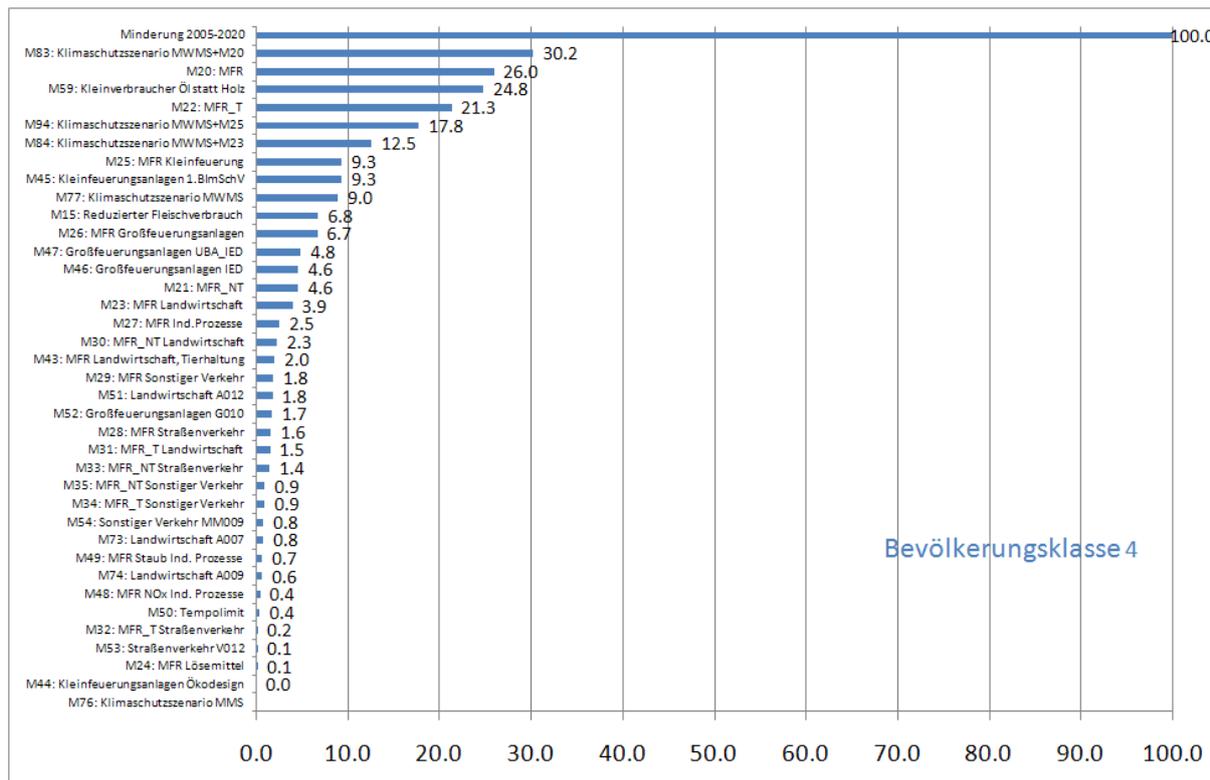
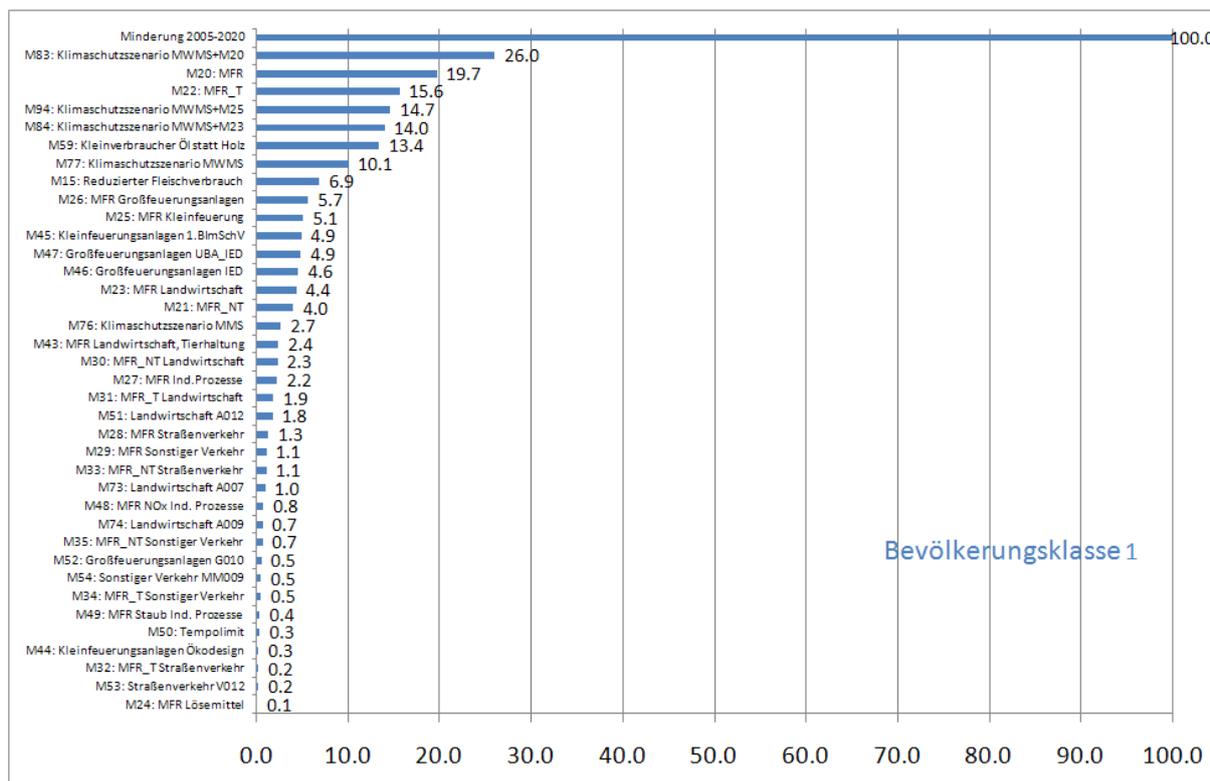


Abbildung 7-10 Bevölkerungsgewichtete relative PM2.5-Minderungspotenziale für die Bevölkerungsklassen 1 und 4. Die Potenziale geben für jede Maßnahme das Potenzial in % der Minderung an, die für die Referenz 2020 (PM2.5-Minderung von 2005 bis 2020=100%) berechnet wird.

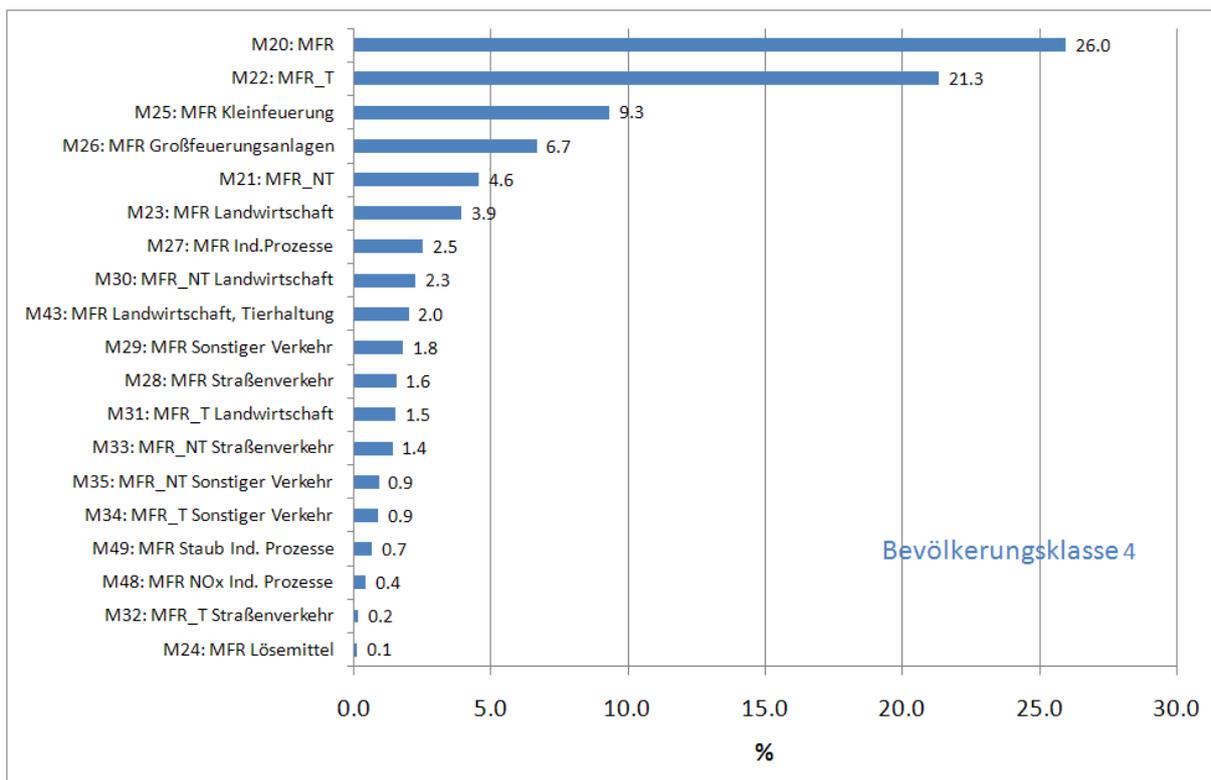
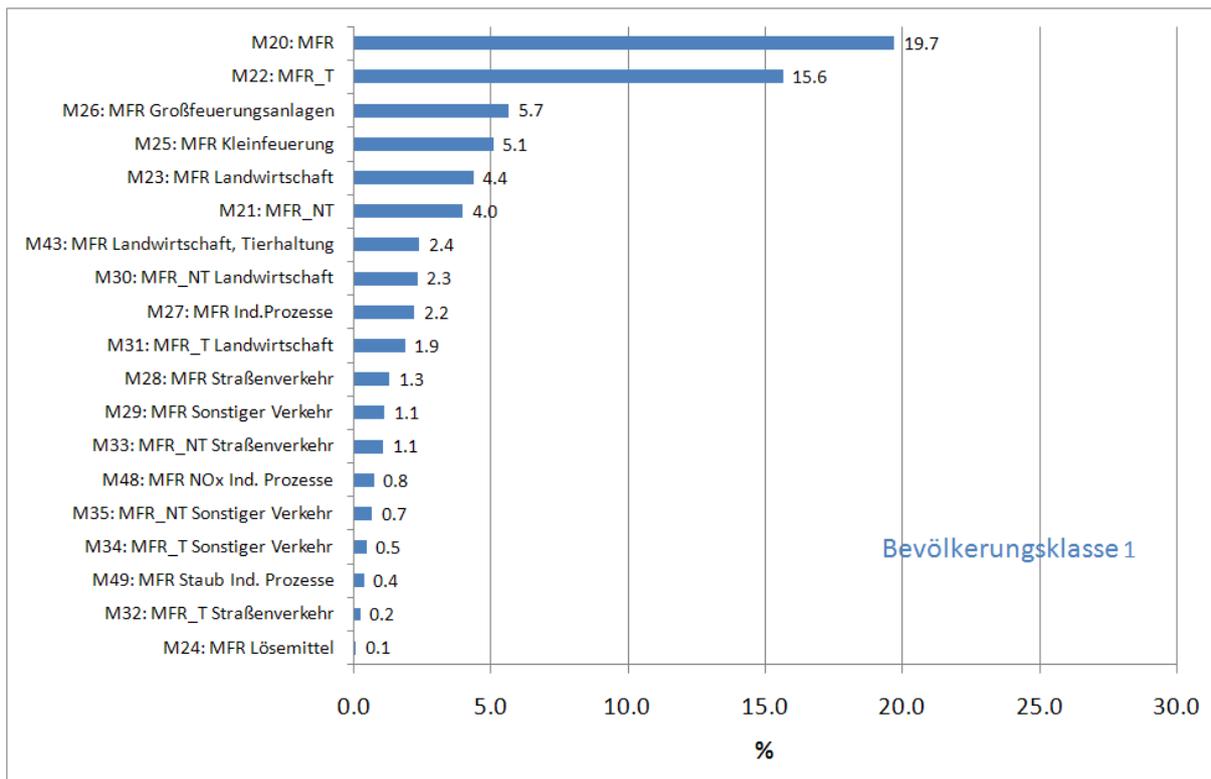


Abbildung 7-11 Bevölkerungsgewichtete relative PM2.5-Minderungspotenziale aller MFR-Szenarien für die Bevölkerungsklassen 1 und 4. Die Potenziale geben für jede Maßnahme das Potenzial in % der Minderung an, die für die Referenz 2020 (PM2.5-Minderung von 2005 bis 2020) berechnet wird.

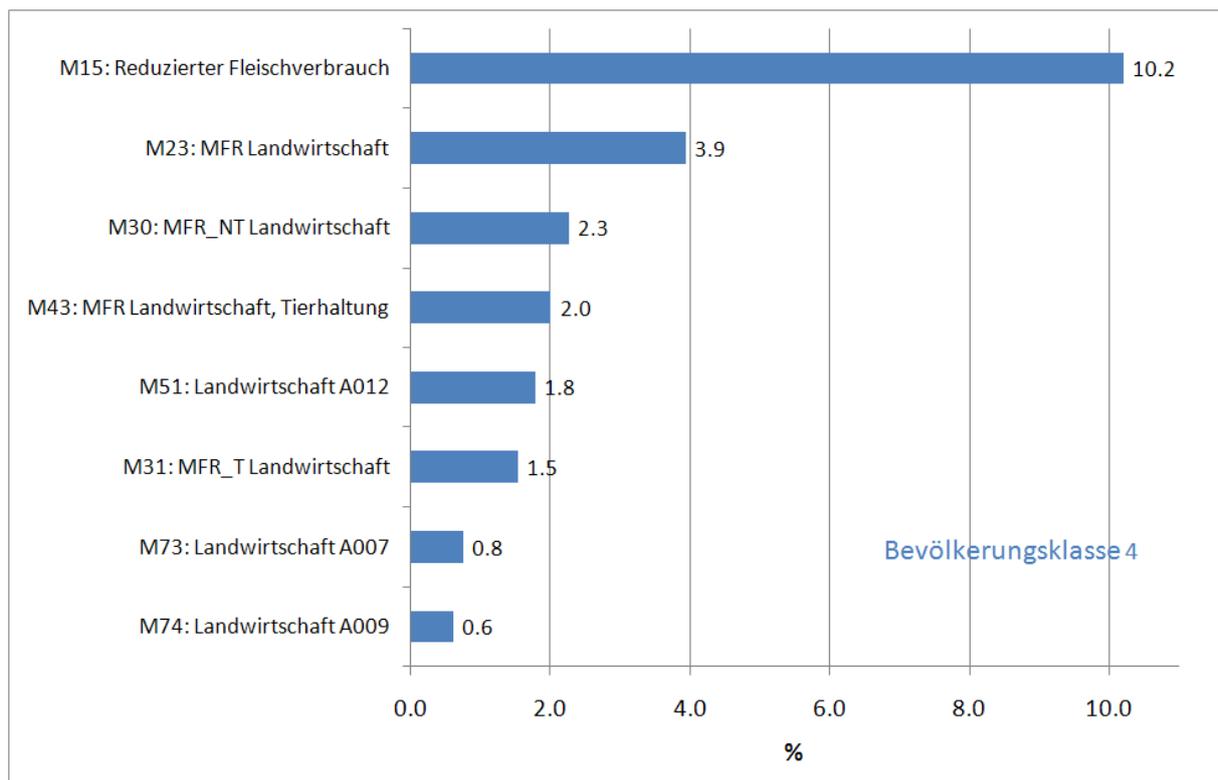
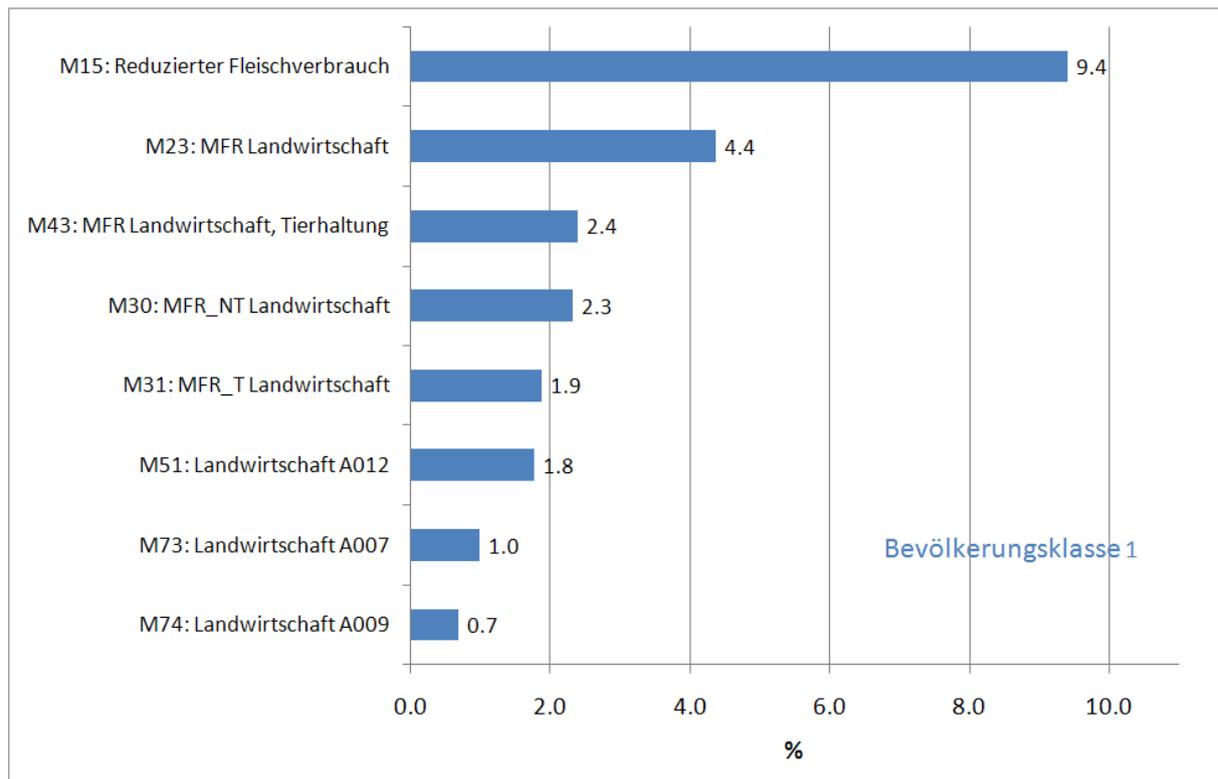


Abbildung 7-12 Bevölkerungsgewichtete relative PM2.5-Minderungspotenziale aller Szenarien der Verursachergruppe Landwirtschaft für die Bevölkerungsklassen 1 und 4. Die Potenziale geben für jede Maßnahme das Potenzial in % der Minderung an, die für die Referenz 2020 (PM2.5-Minderung von 2005 bis 2020) berechnet wird.

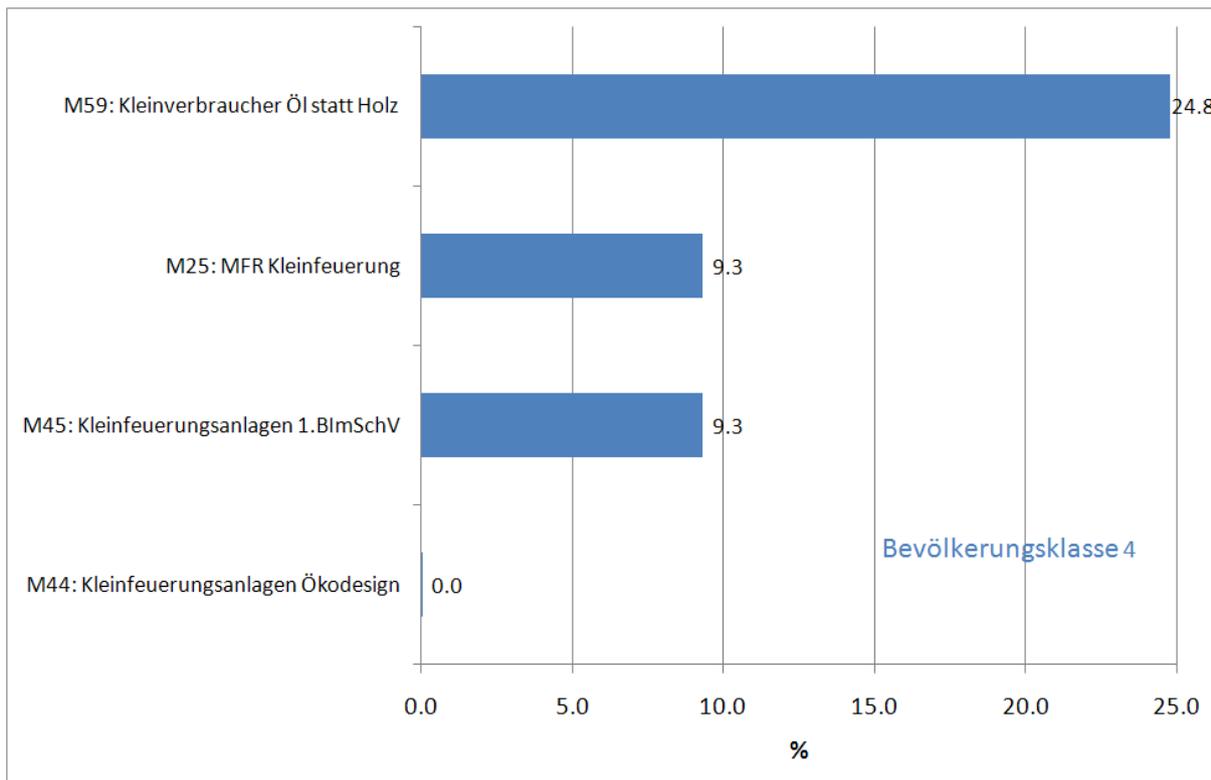
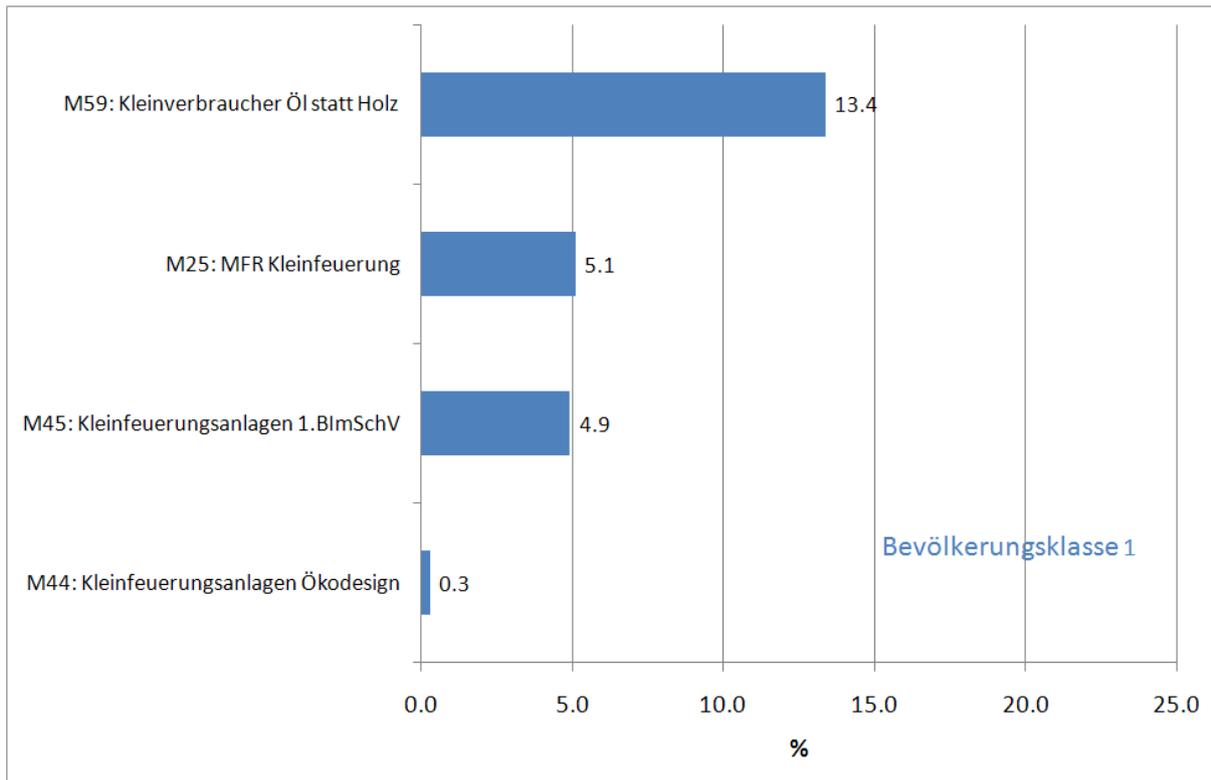


Abbildung 7-13 Bevölkerungsgewichtete relative PM2.5-Minderungspotenziale aller Szenarien der Verursachergruppe Kleinverbraucher für die Bevölkerungsklassen 1 und 4. Die Potenziale geben für jede Maßnahme das Potenzial in % der Minderung an, die für die Referenz 2020 (PM2.5-Minderung von 2005 bis 2020) berechnet wird.

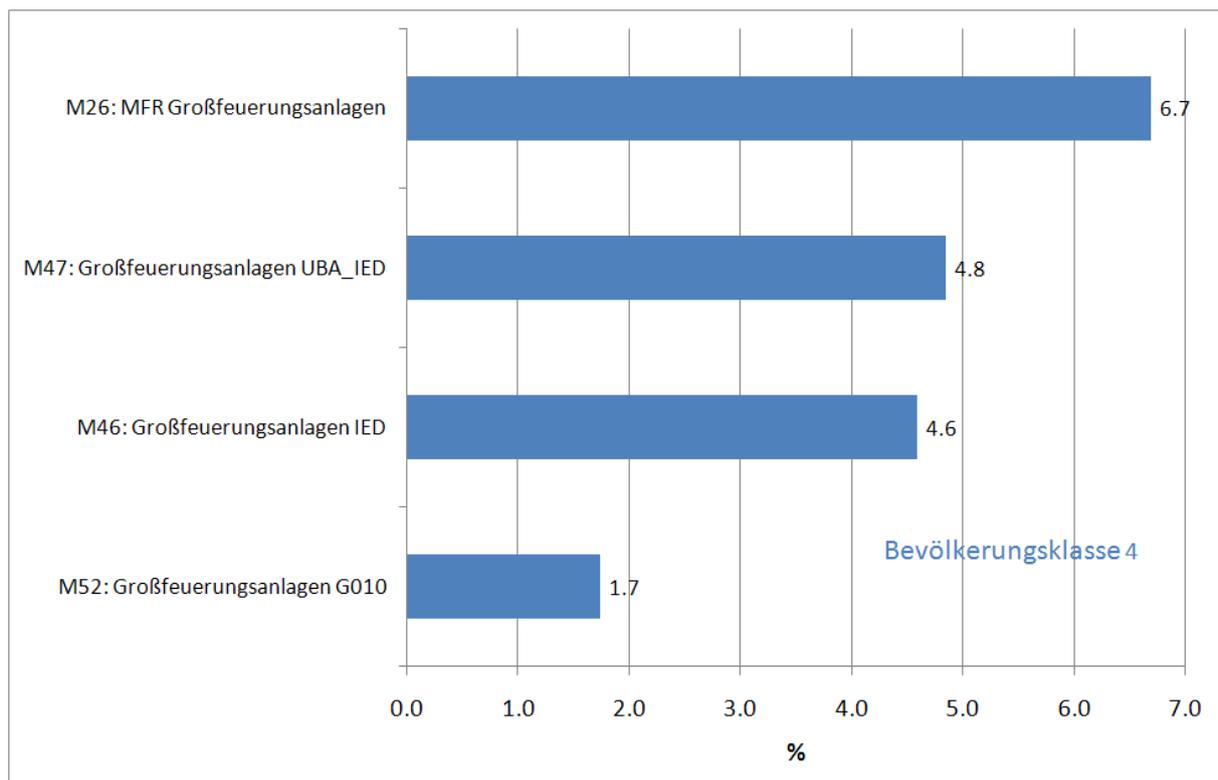
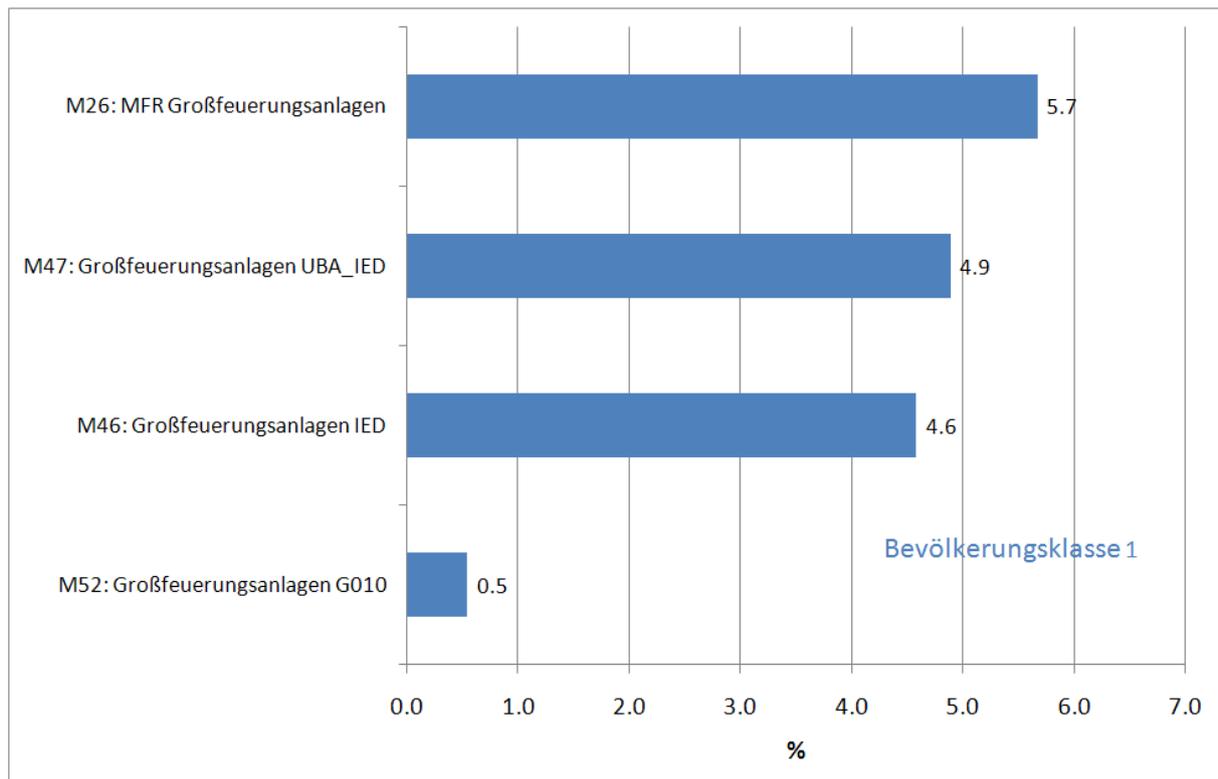


Abbildung 7-14 Bevölkerungsgewichtete relative PM2.5-Minderungspotenziale aller Szenarien der Verursachergruppe Großfeuerungsanlagen für die Bevölkerungsklassen 1 und 4. Die Potenziale geben für jede Maßnahme das Potenzial in % der Minderung an, die für die Referenz 2020 (PM2.5-Minderung von 2005 bis 2020) berechnet wird.

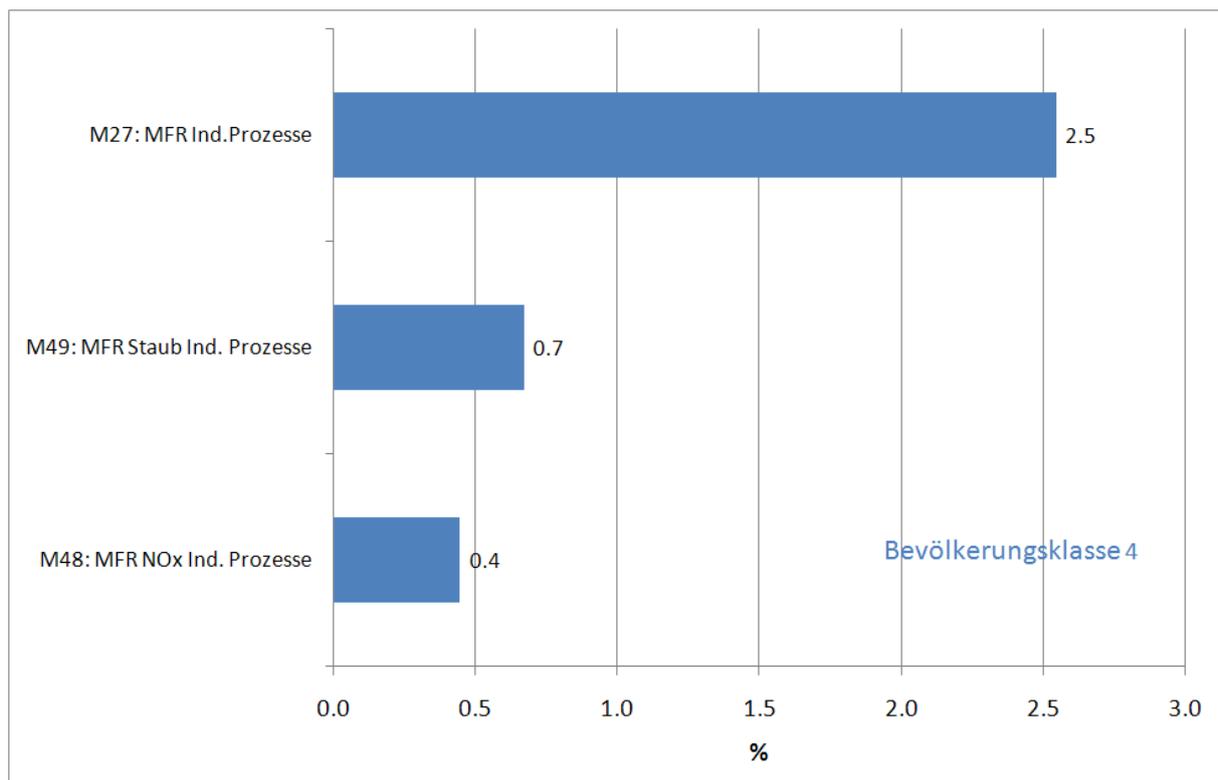
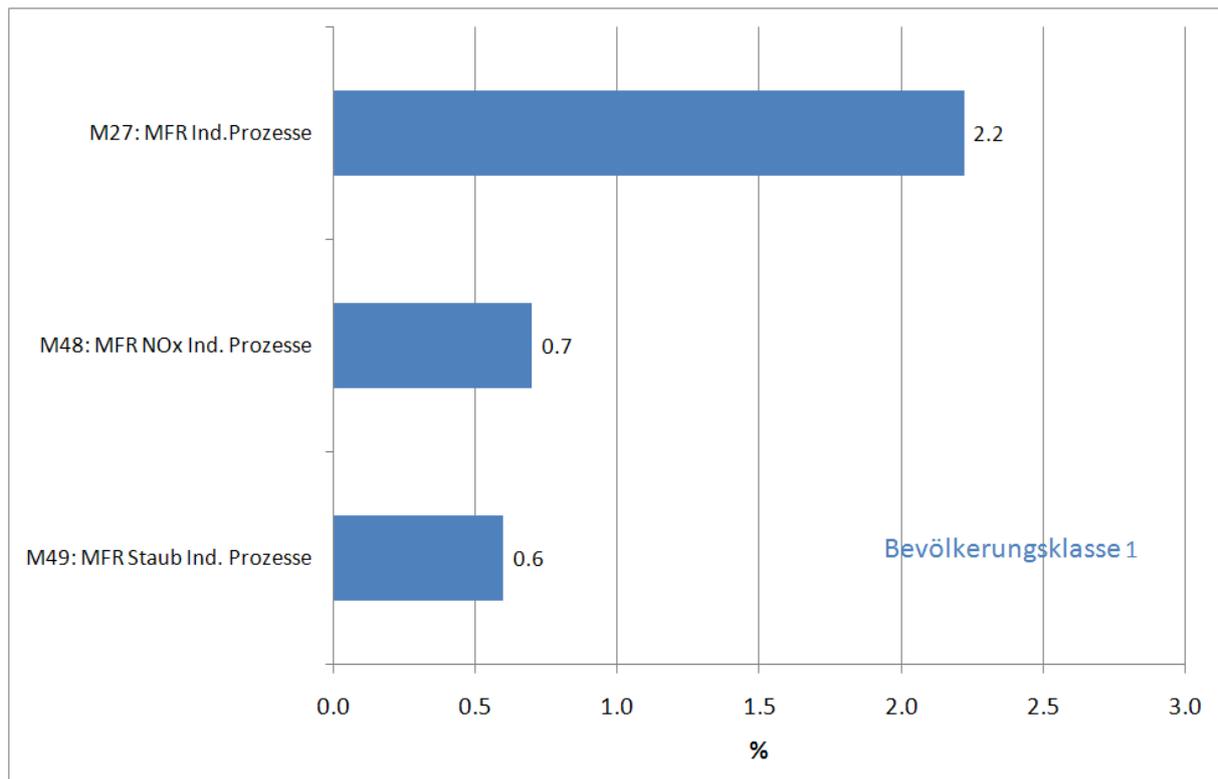


Abbildung 7-15 Bevölkerungsgewichtete relative PM_{2.5}-Minderungspotenziale aller Szenarien der Verursachergruppe Industrielle Prozesse für die Bevölkerungsklassen 1 und 4. Die Potenziale geben für jede Maßnahme das Potenzial in % der Minderung an, die für die Referenz 2020 (PM_{2.5}-Minderung von 2005 bis 2020) berechnet wird.

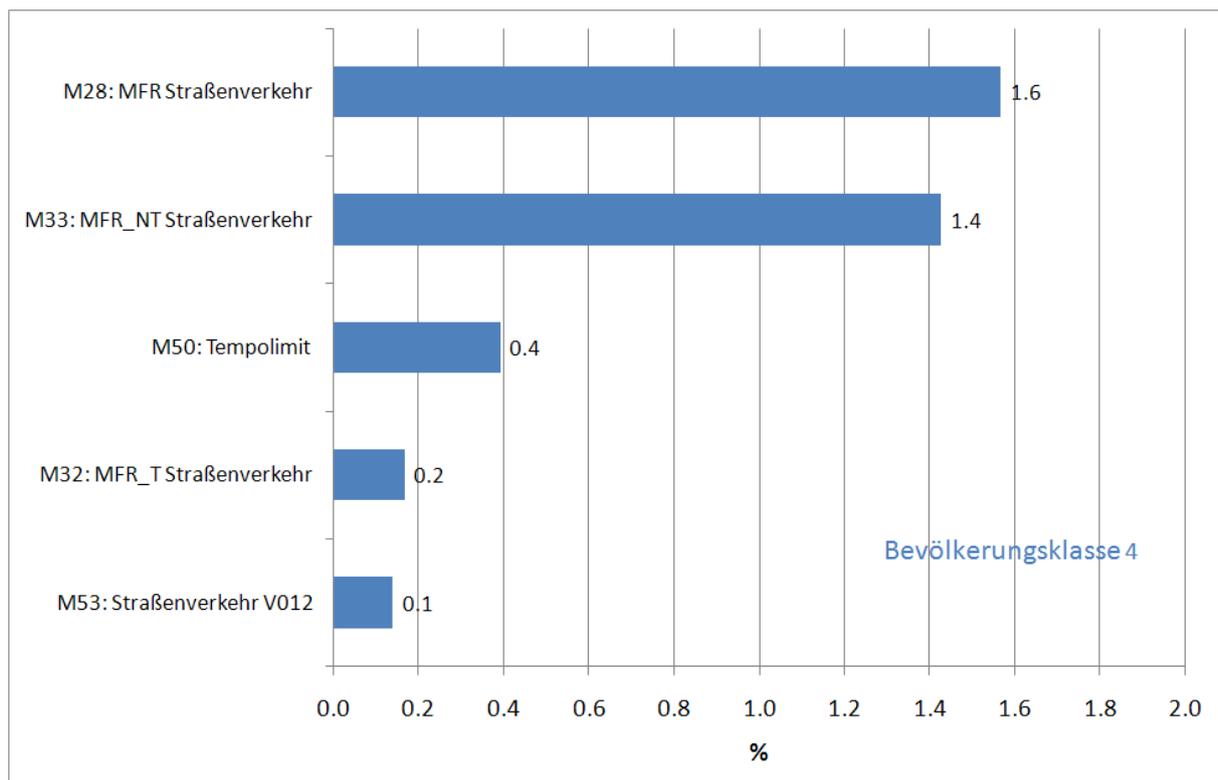
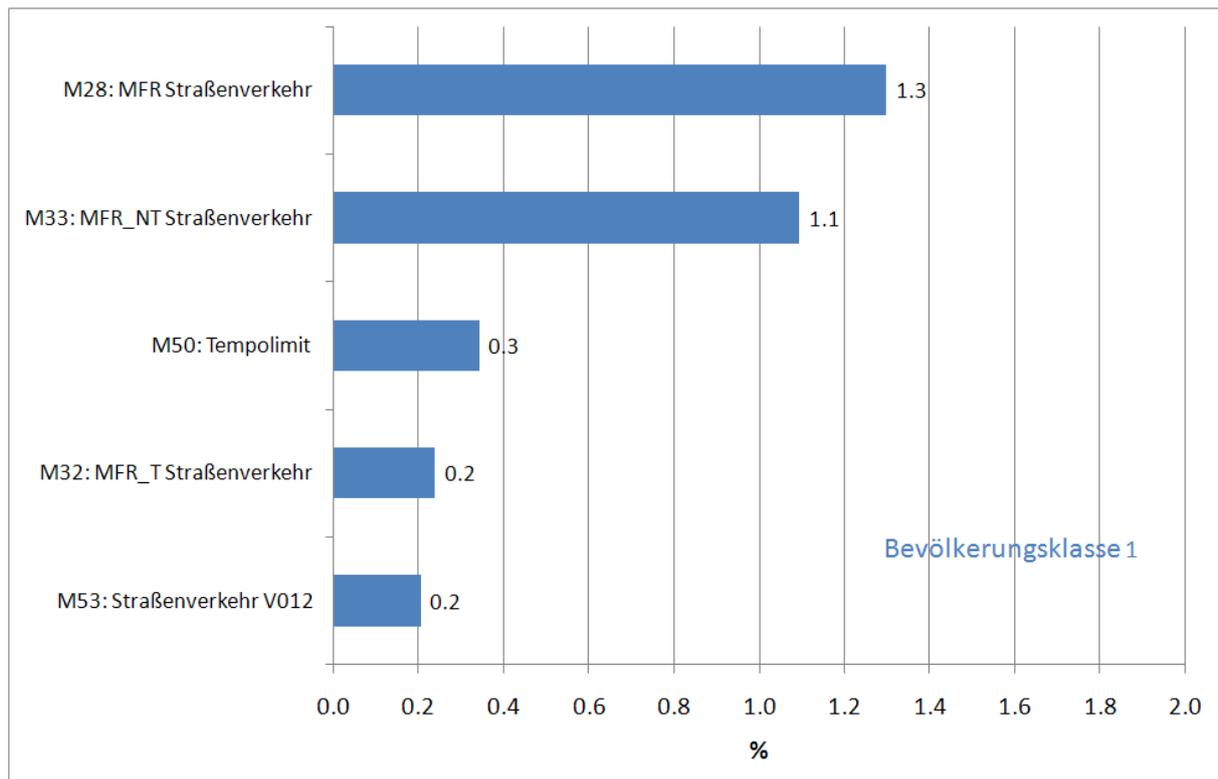


Abbildung 7-16 Bevölkerungsgewichtete relative PM2.5-Minderungspotenziale aller Szenarien der Verursachergruppe Straßenverkehr für die Bevölkerungsklassen 1 und 4. Die Potenziale geben für jede Maßnahme das Potenzial in % der Minderung an, die für die Referenz 2020 (PM2.5-Minderung von 2005 bis 2020) berechnet wird.

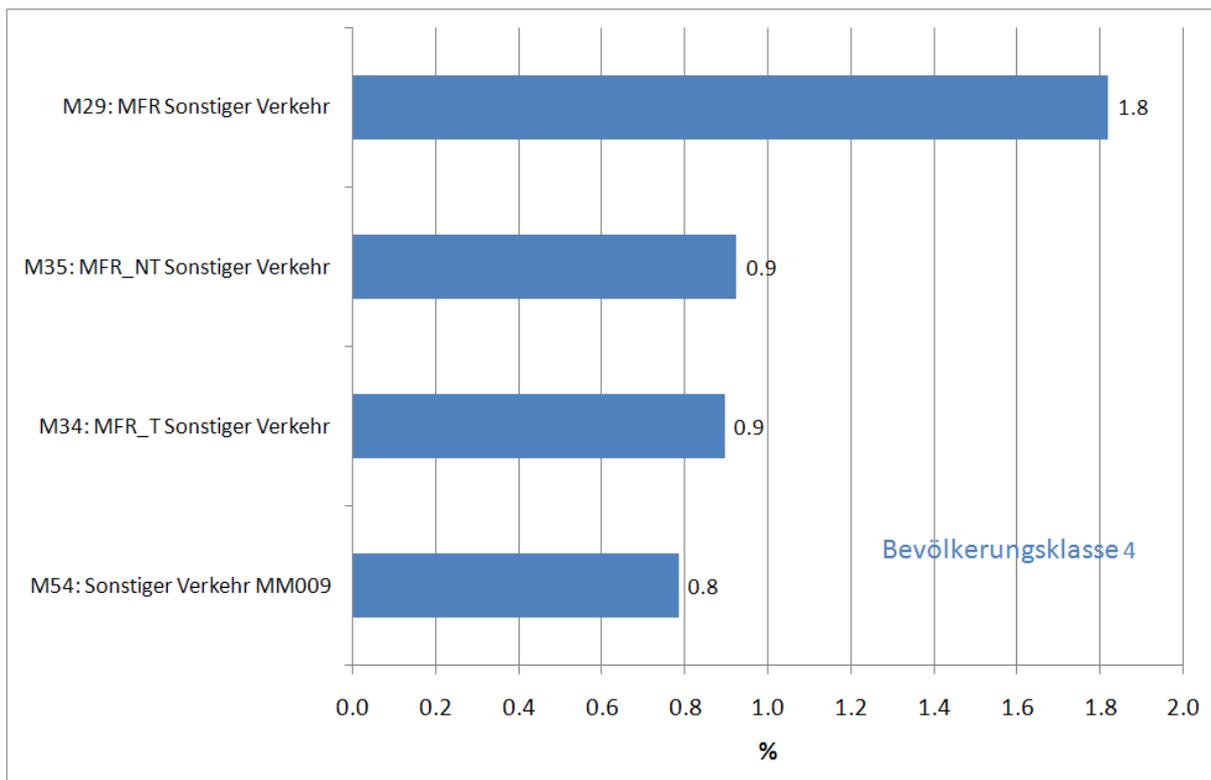
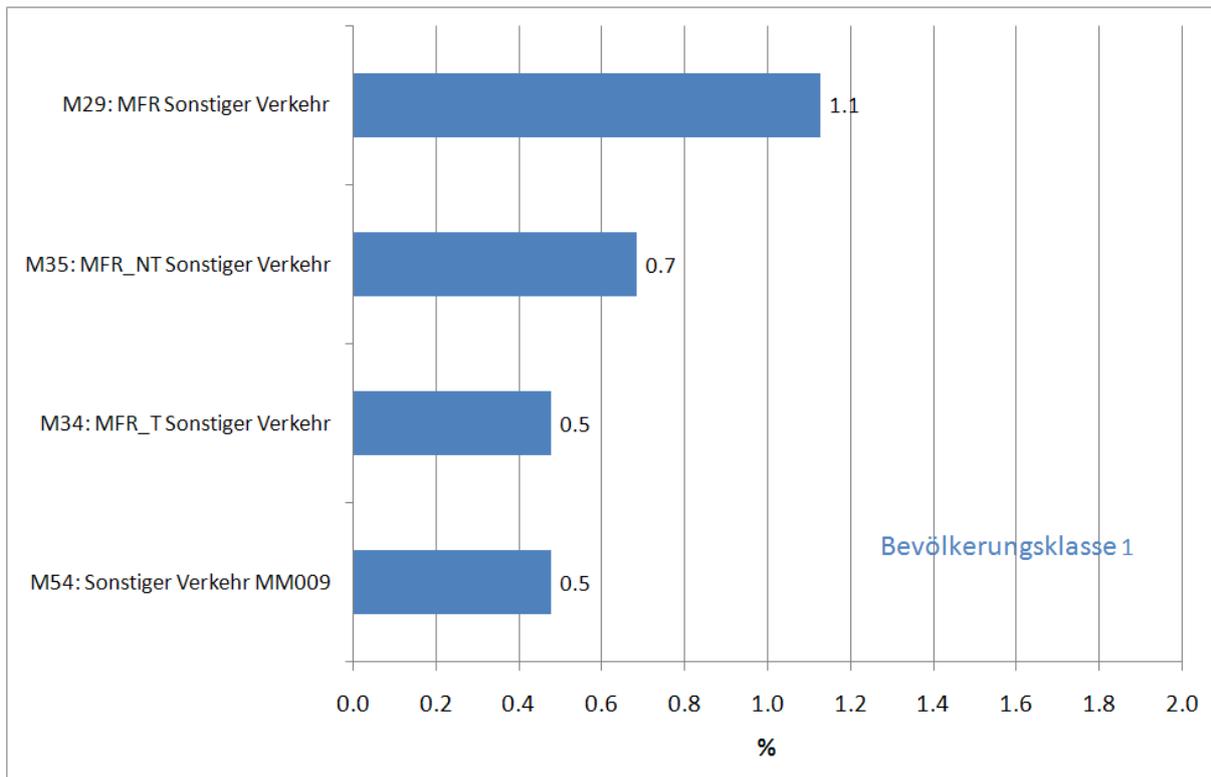


Abbildung 7-17 Bevölkerungsgewichtete relative PM2.5-Minderungspotenziale aller Szenarien der Verursachergruppe Sonstiger Verkehr für die Bevölkerungsklassen 1 und 4. Die Potenziale geben für jede Maßnahme das Potenzial in % der Minderung an, die für die Referenz 2020 (PM2.5-Minderung von 2005 bis 2020) berechnet wird.

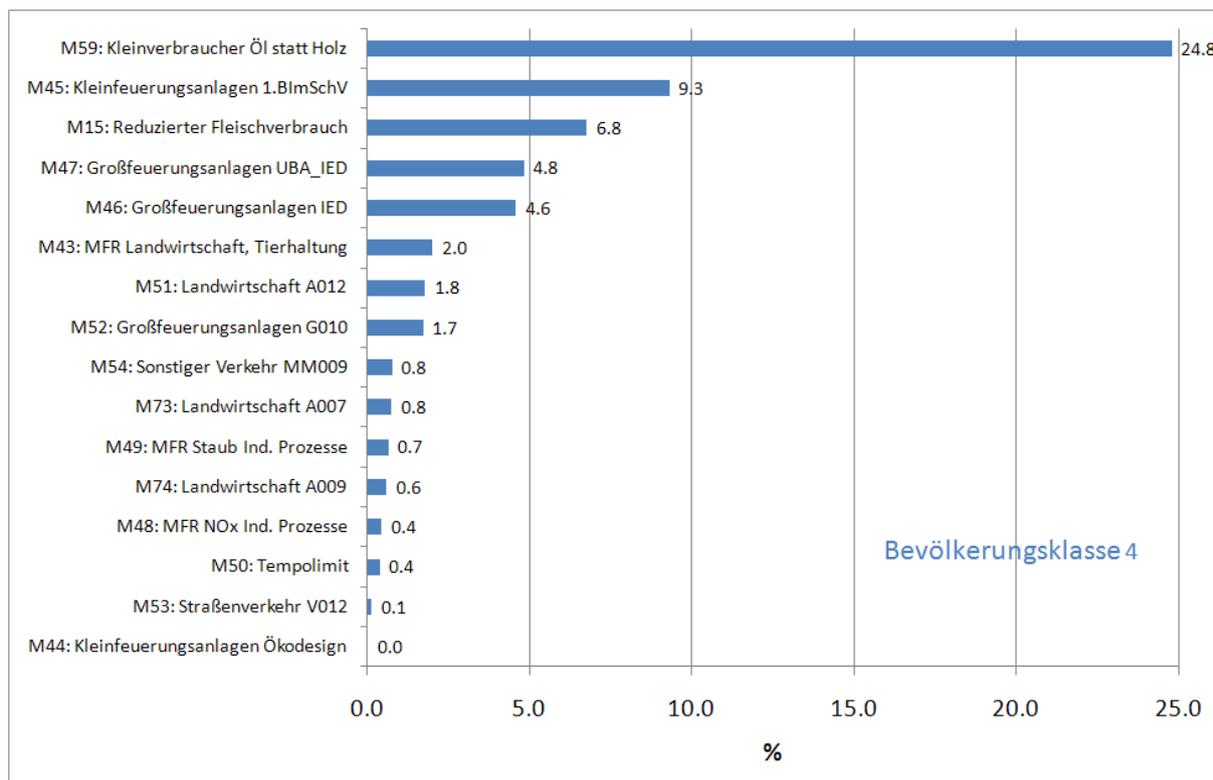
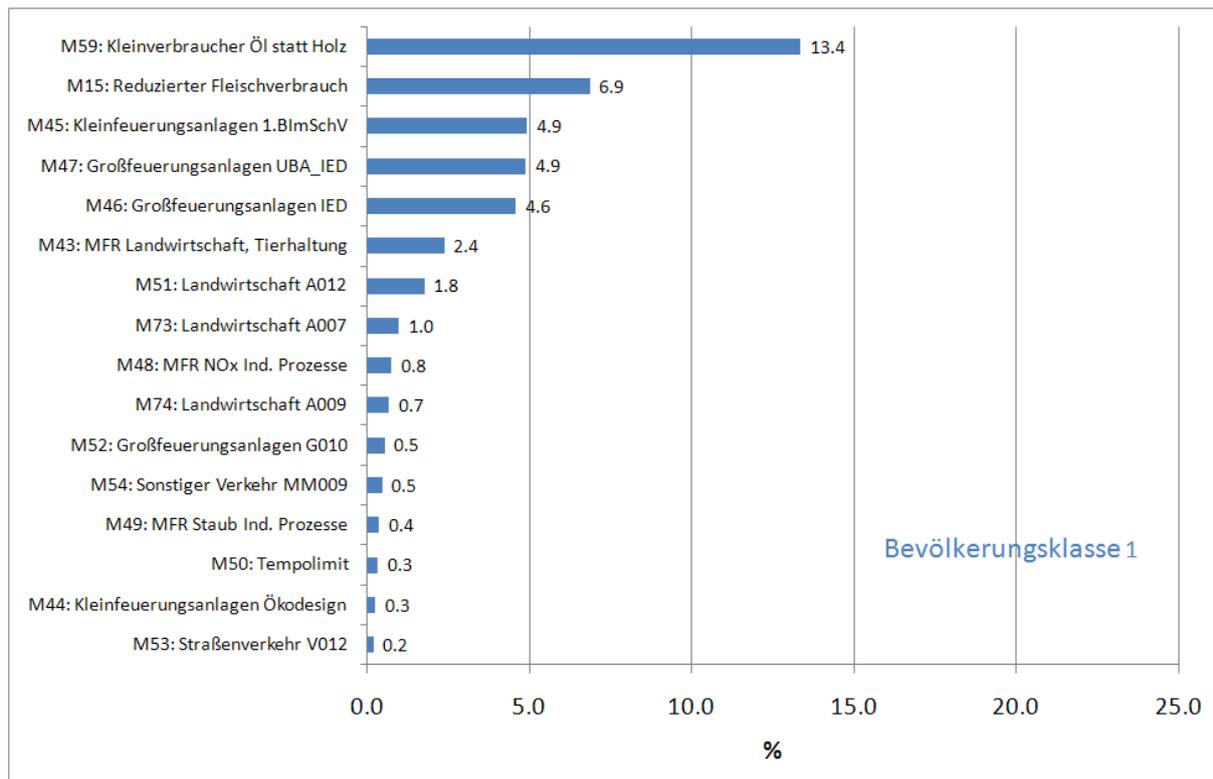


Abbildung 7-18 Bevölkerungsgewichtete relative PM2.5-Minderungspotenziale aller Einzelszenarien, d.h. der Szenarien, die nicht zu der alle Einzelmaßnahmen zusammenfassenden MFR-Gruppe gehören für die Bevölkerungsklassen 1 und 4. Die Potenziale geben für jede Maßnahme das Potenzial in % der Minderung an, die für die Referenz 2020 (PM2.5-Minderung von 2005 bis 2020) berechnet wird.

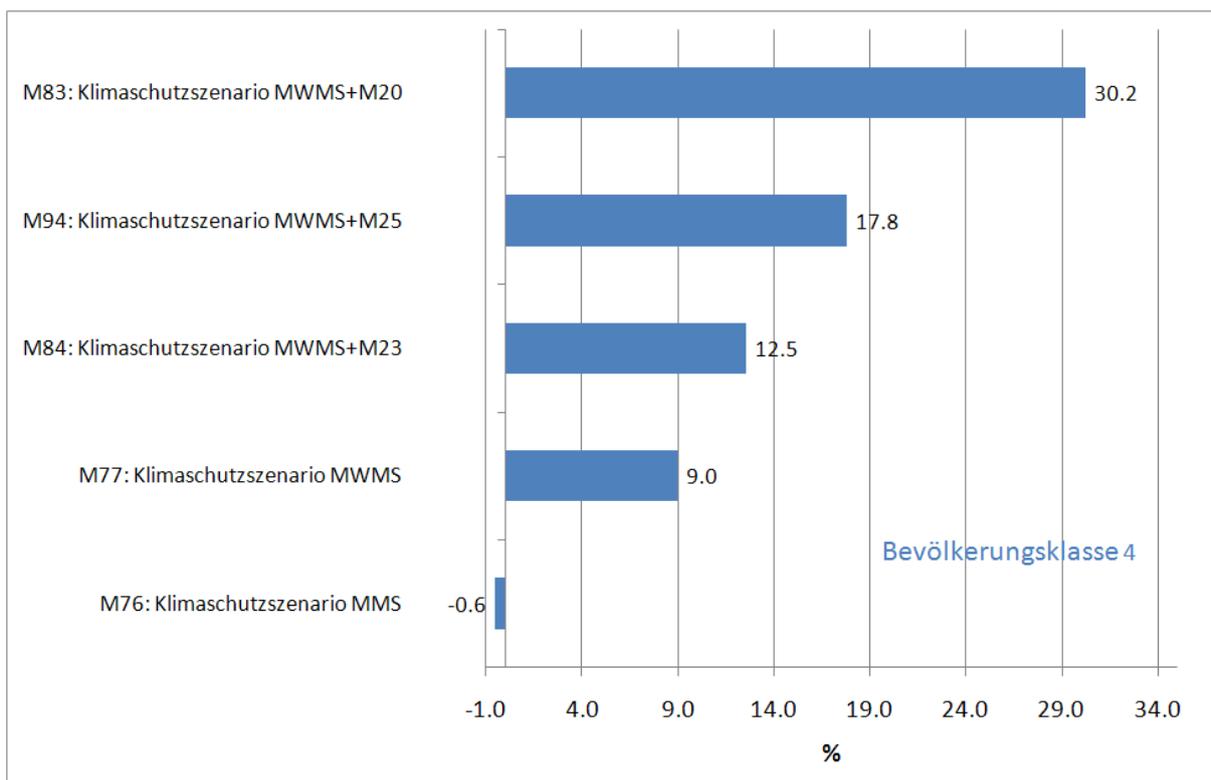
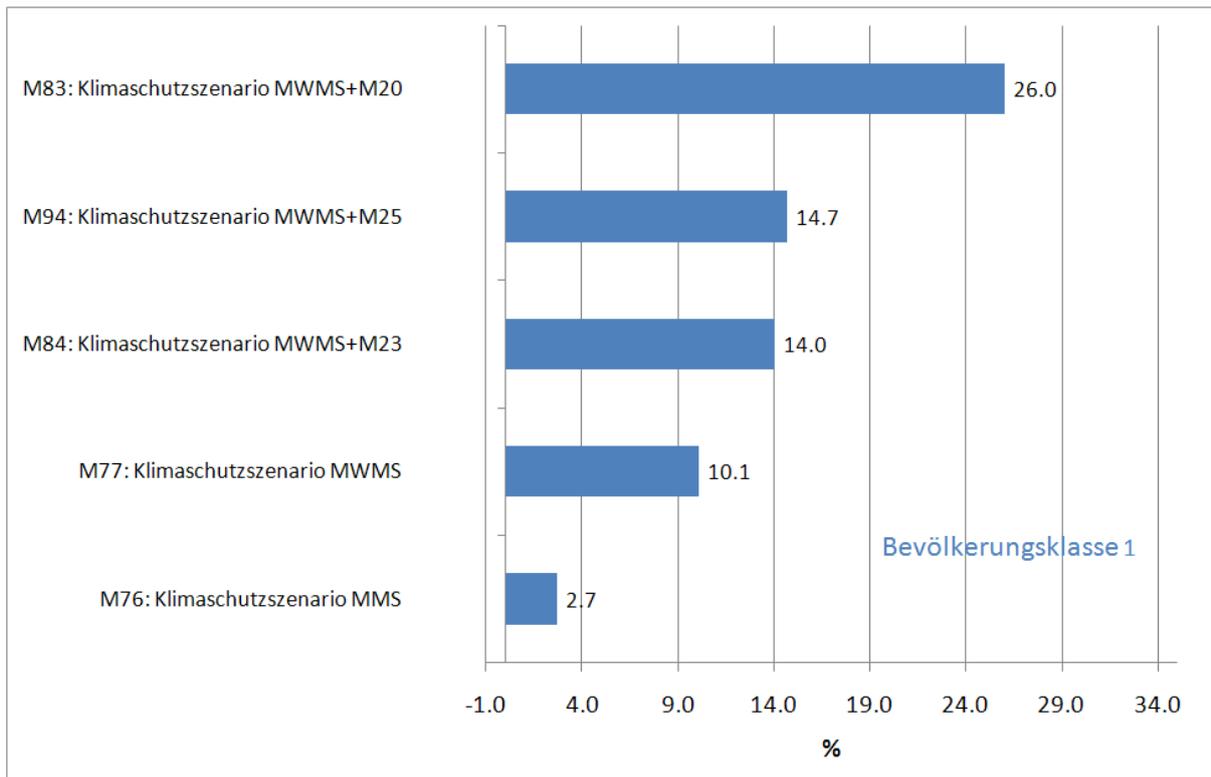


Abbildung 7-19 Bevölkerungsgewichtete relative PM2.5-Minderungspotenziale der Klimaschutzszenarien für die Bevölkerungsklassen 1 und 4. Die Potenziale sind in % der Minderung angegeben, die für die Referenz 2020 (PM2.5-Minderung von 2005 bis 2020=100%) berechnet wird.

8 Zusammenfassung

Dieser Bericht dokumentiert die Auswirkungen zusätzlicher emissionsmindernder Maßnahmen auf die PM10 und PM2.5-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 $7 \text{ km} \times 8 \text{ km}$. Das meteorologische Referenzjahr ist 2005.

Die Auswertung der Maßnahmenberechnungen erfolgte auf der Basis der RCG-Ergebnisse für die Jahresmittelwerte der Stoffe PM10 und PM2.5. 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:

- MFR, gesamt, nicht-technisch, technisch: M20, M21, M22
- MFR, pro Verursacherguppe: M22 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
- Kleinf Feuerungsanlagen, Ökodesign: M44
- Kleinf Feuerungsanlagen, 1. BImSchV: M45
- Großfeuerungsanlagen, IED-Richtlinie: M46
- Großfeuerungsanlagen, IED-Richtlinie, UBA-Entwurf: M47
- MFR, Industrie, NOx: 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

Die Gruppe der MFR-Szenarien („Maximal feasible reduction“) gibt für jede Verursacherguppe die nach dem gegenwärtigen technischen und politischen Stand maximal mögliche

Emissionsreduktion an. Das MFR-Szenario M20 beschreibt die maximal mögliche Reduktion in der Summe über alle Verursachergruppen. Darüber hinaus wurden folgende hypothetische Szenarien mit einbezogen:

- Kleinf Feuerungsanlagen: Ersatz von Holzfeuerungen durch Ölfeuerungen: M59
- Landwirtschaft: Reduzierter Fleischverbrauch

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 M23 (MFR-Landwirtschaft): M84
- Klimaschutzszenario 2020 MWMS+ Maßnahmenpaket M25 (MFR-Kleinf Feuerungen): 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 BVK4), 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 PM10- und PM2.5-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.

Im Vorlauf zu den eigentlichen Maßnahmenberechnungen wurde zuerst für jede Verursachergruppe das maximal mögliche PM10-Minderungspotenzial für Deutschland berechnet, das nach Umsetzung des CLE-Szenarios 2020 (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 PM10-Minderungspotenzial liegt im Mittel bei circa $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für die ländlichen Regionen und circa $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für die Ballungsräume. Die verbleibende PM10-Immission in der Größenordnung von 6 bis $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ setzt sich dann zusammen aus den Beitrag des Ferntransports über die Grenzen von Deutschland und dem Beitrag der natürlichen Quellen in Deutschland. Der Beitrag der verursacherspezifischen Emissionen zu diesem maximalen PM10-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 den sekundären Aerosolen oder NO_2 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 Gesamt-minderungspotenzial auch nur als Nähe-

zung betrachtet werden. Dies gilt insbesondere für die stark von den sekundären Aerosolen bestimmten Beiträge in ländlichen Regionen.

Es ergibt sich die Rangfolge für die bevölkerungsgewichteten Beiträge:

Für ländliche Regionen (Bevölkerungsklasse 1):

1. Landwirtschaft (47% des maximal möglichen Minderungspotenzials)
2. Straßenverkehr (18% des maximal möglichen Minderungspotenzials)
3. Kleinf Feuerungsanlagen (12% des maximal möglichen Minderungspotenzials)
4. Energietransformation (12% des maximal möglichen Minderungspotenzials)
5. Industrielle Prozesse (11% des maximal möglichen Minderungspotenzials)
6. Sonstiger Verkehr (5% des maximal möglichen Minderungspotenzials)
7. Industrielle Verbrennung (5% des maximal möglichen Minderungspotenzials)
8. Lösemittelverbrauch (2% des maximal möglichen Minderungspotenzials)
9. Extraktion und Verteilung von Brennstoffen (2% des maximal möglichen Minderungspotenzials)

Für Ballungsgebiete (Bevölkerungsklasse 4) :

1. Straßenverkehr (26% des maximal möglichen Minderungspotenzials)
2. Landwirtschaft (20% des maximal möglichen Minderungspotenzials)
3. Industrielle Prozesse (19% des maximal möglichen Minderungspotenzials)
4. Kleinf Feuerungsanlagen (13% des maximal möglichen Minderungspotenzials)
5. Energietransformation (8% des maximal möglichen Minderungspotenzials)
6. Lösemittelverbrauch (6% des maximal möglichen Minderungspotenzials)
7. Industrielle Verbrennung (4% des maximal möglichen Minderungspotenzials)
8. Extraktion und Verteilung von Brennstoffen (4% des maximal möglichen Minderungspotenzials)
9. Sonstiger Verkehr (3% des maximal möglichen Minderungspotenzials)

In den ländlichen Regionen stellt die Landwirtschaft nahezu die Hälfte des gesamtmöglichen Potenzials. Es folgt der Straßenverkehr mit einem Potenzial, das weniger als die Hälfte des Potenzials der Landwirtschaft beträgt. Auf den nächsten Plätzen liegen eng zusammen die Kleinverbraucher, die Energieerzeugung und die industriellen Prozessemissionen. In den Ballungsräumen ergibt sich eine deutlich andere Rangfolge. An erster Stelle liegt der Straßenverkehr, der etwas mehr als ein Viertel des gesamtmöglichen Potenzials stellt. Es sei angemerkt, dass dies im Wesentlichen auf die hohen nicht-auspuffgebundenen PM10-Emissionen des Verkehrs zurückzuführen ist. Die Auspuffemissionen selbst stellen im Jahre 2020 nur noch ein sehr geringes PM10-Minderungspotenzial. An zweiter und dritter Stelle der Rangfolge in Ballungsgebieten liegen mit einem Beitrag von circa einem Fünftel des gesamtmöglichen Potenzials die Landwirtschaft und die industriellen Prozessemissionen.

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 PM10- und PM2.5-Minderungspotenziale zusätzlich zu den durch die Referenzen 2010, 2015 und 2020 ausgehend vom Immissionszustand 2005 erreichbaren Immissionsminderungen dargestellt. Im deutschlandweiten Mittel sinken die PM10-Jahresmittelwerte danach durch die bis 2010 umgesetzten Maßnahmen um circa $2.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, durch die bis 2015 umgesetzten Maßnahmen um $2.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und durch die bis 2020 umgesetzten Maßnahmen um $3.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Für die ländlichen Gebiete (Bevölkerungsklasse 1, BVK1) berechnet sich für den Zeitraum 2005 bis 2020 eine mittlere Minderung von $3.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$, für die Ballungsräume (BVK4) von $3.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Für die PM2.5-Jahresmittelwerte liegen die erreichbaren Minderungen darunter. In Ballungsgebieten kann die bis 2020 erreichbare Minderung der PM10-Jahresmittelwerte mit der Umsetzung der MFR-Maßnahmen noch um $1.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, in ländlichen Gebieten um $0.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und im deutschlandweiten Mittel um $0.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ erhöht 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 PM10-Jahresmittelwerte in Ballungsräumen um circa 28%, in ländlichen Regionen um circa 22%. Den größeren Anteil an dieser zusätzlichen Minderung haben die technischen Maßnahmen des MFR-Szenarios. Dasselbe gilt für das zusätzliche PM2.5-Minderungspotenzial.

Neben den verursachergruppenübergreifenden MFR-Szenarien wurden auch die MFR-Szenarien pro Verursachergruppe auf ihre Wirksamkeit zur weiteren Senkung der PM10- und PM2.5-Immissionen untersucht. Bezogen auf die mit dem MFR-Szenario erreichbaren zusätzlichen Minderungspotenziale ergibt sich für PM10 folgende Rangfolge der Wirksamkeit:

Für ländliche Regionen (Bevölkerungsklasse 1):

1. M23, MFR-Landwirtschaft (26% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)
2. M26, MFR-Großfeuerungsanlagen (26% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)
3. M25, MFR-Kleinfeuerungsanlagen (24% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)
4. M27, MFR-Industrielle Prozesse (11% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)
5. M28, MFR-Straßenverkehr (9% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)
6. M29, MFR-Sonstiger Verkehr (5% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)
7. M24, MFR-Lösemittel (<1% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)

Für Ballungsgebiete (Bevölkerungsklasse 4) :

1. M25, MFR Kleinfeuerungsanlagen (33% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)
2. M26, MFR-Großfeuerungsanlagen (23% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)
3. M23, MFR-Landwirtschaft (16% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)
4. M27, MFR-Industrielle Prozesse (11% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)
5. M28, MFR-Straßenverkehr (11% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)
6. M29, MFR-Sonstiger Verkehr (6% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)
7. M24, MFR-Lösemittel (1% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)

Aus der Gruppe der verursacherspezifischen MFR-Szenarien haben die Landwirtschaft in den ländlichen Gebieten und die Kleinfeuerungsanlagen in den Ballungsräumen das höchste zusätzliche PM10-Minderungspotenzial. Bei den PM2.5-Potenzialen für den ländlichen Raum ist die Bedeutung der Landwirtschaft mit 22% des MFR-Potenzials geringer als bei den

PM10-Potenzialen und steht nur auf dem dritten Platz der Rangliste. Höhere PM2.5-Minderungspotenziale werden für die Großfeuerungsanlagen (29%) und die Kleinf Feuerungsanlagen (26%) berechnet. Für die Ballungsräume ergibt sich für PM2.5 und PM10 nahezu dieselbe Rangfolge. Lediglich der Straßenverkehr und der Sonstige Verkehr tauschen die Plätze.

Die wirksamste Einzelmaßnahme zur Senkung der PM10- und PM2.5-Konzentrationen aus dem Bereich Landwirtschaft ist das Szenario M43 „MFR-Tierhaltung“, das in Ballungsgebieten über 50%, in ländlichen Regionen weit über 60% des PM10-Minderungspotenzials des MFR-Szenarios Landwirtschaft (M23) stellt. Maßnahmenpaket M43 ist eine Mischung von technischen und nicht-technischen Maßnahmen und für sich genommen wirksamer als das Bündel der technischen (M31), bzw. nicht-technischen Maßnahmen (M30) in der Landwirtschaft. Die Einzelmaßnahme A007 (M73, „Einsatz von Abluftreinigungen im der Schweinehaltung“) stellt im ländlichen Raum nahezu das ganze Minderungspotenzial des Bündels der technischen Maßnahmen. In den Ballungsgebieten macht sich diese Maßnahme dagegen weniger in einer PM10-Minderung bemerkbar. Am wenigsten Wirkung zeigt die Maßnahme A009 (M74, „Tierhaltung, Veränderung der Ausbringtechnik und Verringerung der Zeit bis zur Einarbeitung“).

Bei den Kleinf Feuerungsanlagen stellt die Maßnahme M45 (Novellierung der 1. BImSchV) nahezu das gesamte PM10-Minderungspotenzial des MFR-Szenarios Kleinf Feuerungen (M25). Der Beitrag der Maßnahme M44 („Ökodesign“) zur Senkung der PM10-Belastung ist dagegen geringfügig.

Das durch die Novellierung der IED-Richtlinie erreichbare Minderungspotenzial bei den Großfeuerungsanlagen beträgt im ländlichen Raum zwischen 80% bis 85%, in den Ballungsräumen zwischen 65% und 70% des Potenzials des MFR-Szenarios Großfeuerungsanlagen (M26) mit den höheren Anteilen für die UBA-Version M47. Die Absenkung des Staubemissionsgrenzwerts für kohlegefeuerte Anlagen (Maßnahmenpaket M52, Einzelmaßnahme G010) hat deutlich geringere Auswirkungen (circa 10% des MFR-Potenzials M26 in ländlichen Regionen, 25% in Ballungsgebieten).

Von den beiden Einzelmaßnahmen M48 und M49 bei der Verursachergruppe „Industrielle Prozesse“ ist die direkte Minderung der PM10-Emissionen (M49) in Ballungsräumen die deutlich wirksamere Maßnahme zur Senkung der PM10-Belastung, die knapp 50% des Gesamtpotenzials des MFR-Szenarios M27 stellt (M48 circa 12%). In den ländlichen Gebieten ist das Minderungspotential von M48 und M49 ähnlich hoch. Jede der beiden Maßnahmen trägt mit circa 25% zum MFR-Potenzial bei.

Der überwiegende Anteil des MFR-Potenzials des Straßenverkehrs wird von den nicht-technischen Maßnahmen gestellt. Ein umfassendes Tempolimit (Maßnahmenpaket M50) bewirkt eine stärkere Reduzierung der PM10-Belastung als das Bündel der weiteren technischen Maßnahmen (Maßnahmenpaket MFR-T, M32). Insgesamt sind die Auswirkungen aber gering. Auch die Nachrüstung von schweren Nutzfahrzeugen mit SCR (Maßnahme M53) hat nur geringe positive Auswirkungen auf die PM10-Belastung, da diese Maßnahme ausschließlich die NO_x-Emissionen mindert.

In der Verursachergruppe „Sonstiger Verkehr“ stellen die technischen und nicht-technischen Maßnahmen ungefähr je die Hälfte des gesamten MFR-Potenzials. Die Einzelmaßnahme MM009 (Kosteninternalisierung im Flugverkehr) trägt circa 90% zum Potenzial der nicht-technischen Maßnahmen bei.

Im Vergleich der Einzelmaßnahmen ergibt sich für die sechs wirksamsten Maßnahmenpakete die Rangfolge:

Für ländliche Regionen (Bevölkerungsklasse 1):

1. M45: Kleinf Feuerungsanlagen, Novellierung der 1. BImSchV, (23% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)
2. M47: Großfeuerungsanlagen, Novellierung der IED-Richtlinie, UBA-Entwurf, (22% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)
3. M46: Großfeuerungsanlagen, Novellierung der IED-Richtlinie, (20% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)
4. M43: Landwirtschaft, MFR-Tierhaltung, (17% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)
5. M73: Landwirtschaft, Maßnahme A007, „Einsatz von Abluftreinigungen im der Schweinehaltung“ (10% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)
6. M51: Landwirtschaft, Maßnahme A012, „Kombination von Dünger nach Empfehlung und verringerter Einsatz von Harnstoff-Dünger“, (9% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)

Für Ballungsgebiete (Bevölkerungsklasse 4) :

1. M45: Kleinf Feuerungsanlagen, Novellierung der 1. BImSchV, (33% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)
2. M47: Großfeuerungsanlagen, Novellierung der IED-Richtlinie, UBA-Entwurf, (16% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)
3. M46: Großfeuerungsanlagen, Novellierung der IED-Richtlinie, (15% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)
4. M43: Landwirtschaft, MFR-Tierhaltung, (9% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)
5. M52: Großfeuerungsanlagen, Absenkung des Staubemissionsgrenzwertes, (6% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)
6. M51: Landwirtschaft, Maßnahme A012, „Kombination von Dünger nach Empfehlung und verringerter Einsatz von Harnstoff-Dünger“, (6% des Potenzials des MFR-Szenarios M20)

Die Reihenfolge der vier wirksamsten Maßnahmen ist identisch für die ländlichen Regionen und die Ballungsgebiete. Die Novellierung der 1. BImSchV für die Kleinf Feuerungsanlagen ist damit für alle Regionen Deutschlands die wirksamste Maßnahme zur weiteren Senkung der PM10- und auch der PM2.5-Belastungen. An zweiter Stelle folgt die Novellierung der IED-Richtlinie, an dritter Stelle die Maßnahmen zur Reduzierung der Emissionen aus der Tierhaltung. Die weiterführenden Maßnahmen aus dem Verkehrssektor spielen nur eine untergeordnete Rolle. Insgesamt stellen die Emissionen des Straßenverkehrs in den Ballungsräumen aber das höchste Minderungspotenzial. In den ländlichen Regionen und im Deutschlandmittel hat die Verursachergruppe Landwirtschaft das größte Minderungspotenzial. Diese theoretischen Potenziale werden durch die gegenwärtig technisch und nicht-technisch möglichen Maßnahmen aber nur zum Teil ausgeschöpft.

Die durch die beiden hypothetischen Szenarien erreichbare Minderung der PM10-Konzentrationen ist deutlich höher als diejenige der wirksamsten Einzelmaßnahme. Insbesondere die Ersetzung der Holzfeuerungen durch Ölfeuerungen (Szenario M59) hat ein sehr hohes PM10-Minderungspotenzial, das in ländlichen Regionen bei 63%, in Ballungsgebieten bei 87% des Potenzials des umfassenden MFR-Maßnahmenbündels M20 liegt und knapp 3 mal so hoch ist

wie das Potenzial der Maßnahme M45 (Novellierung der 1. BImSchV). Auch das hypothetische Szenario „Reduzierter Fleischverbrauch“ (Szenario M15) trägt deutlich zur Senkung der PM10-Konzentrationen bei. Das PM10-Minderungspotenzial dieses Szenario beträgt in ländlichen Regionen 42%, in Ballungsräumen 36% des Potenzials des MFR-Szenarios M20 und ist damit in ländlichen Regionen circa doppelt so hoch wie das Potenzial der Maßnahme M45. In Ballungsräumen sind die Potenziale der Maßnahmenpakete M15 und M45 vergleichbar. Das PM2.5-Minderungspotenzial des hypothetischen Szenarios M59 ist noch höher als das PM10-Minderungspotenzial: In ländlichen Regionen beträgt es 65%, in Ballungsräumen sogar 95% des Potenzials des MFR-Szenarios M20. Das PM2.5-Minderungspotenzial des Szenarios „Reduzierter Fleischverbrauch“ ist dagegen geringer als das entsprechende PM10-Minderungspotenzial.

Die auf Basis des Klimaschutzszenarios MMS für 2020 berechneten PM10-Konzentrationen liegen in ländlichen Regionen etwas niedriger, in den Ballungsgebieten etwas höher als diejenigen der Referenz 2020. Das Klimaschutzszenario MWMS hat dagegen in ländlichen Regionen eine circa 14% höhere Minderungskapazität, in Ballungsräumen eine circa 19% höhere Minderungskapazität als die Referenz 2020, d.h. für das verstärkte Klimaschutzszenario MWMS werden für 2020 niedrigere PM10-Jahresmittelwerte berechnet als für die Referenz 2020. Die Ausgangssituation für weiterführende Maßnahmen zur Senkung der PM10-Belastung wäre also auf Basis des MWMS-Klimaschutzszenarios deutlich günstiger als auf Basis der CLE-Referenz 2020. Mit dem MFR-Szenario aufsetzend auf das Klimaschutzszenario MWMS kann die durch die Referenz 2020 erreichbare PM10-Minderung in ländlichen Gebieten noch um knapp 32%, in Ballungsräumen noch um über 40% erhöht werden. Im Vergleich dazu werden mit dem MFR-Szenario basierend auf der Referenz 2020 in ländlichen Gebieten nur eine weitere PM10-Minderung von circa 22%, in Ballungsräumen von 28% erreicht. Bei PM2.5 betragen die noch erreichbaren PM2.5-Minderungen in ländlichen Gebieten 20% für MFR, Referenz 2020, und 26% für MFR, Klimaschutz. In den Ballungsräumen sind es 26% für MFR, Referenz 2020, und 30% für MFR, Klimaschutz, alles bezogen auf die mit den gegenwärtig schon eingeleiteten Maßnahmen von 2005 bis 2020 (Referenz 2020) erreichbare Minderung.

Die Abbildung 8-2 zeigt die von 2005 bis 2020 erreichbaren PM10-Minderungen für die beiden Referenzen (Referenz 2020 und Klimaschutzszenario MWMS) und zusätzlich für das MFR-Szenario und die beiden wirksamsten verursacherspezifischen MFR-Szenarien, MFR-Landwirtschaft (am wirksamsten in den ländlichen Regionen) und MFR-Kleinfeuerungsanlagen (am wirksamsten in Ballungsräumen). Für die Referenz 2020 werden mittlere Abnahmen der PM10-Jahresmittelwerte von $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ländliche Regionen) bis $3.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ballungsräume) berechnet. Auf Basis des Klimaszenarios MWMS ergeben sich Abnahmen von 3.4 bis $4.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Mit dem zusätzlichen MFR-Szenario kann man von 2005 bis 2020 mittlere Abnahmen der PM10-Jahresmittelwerte zwischen 3.6 und $4.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Referenz 2020) bzw. zwischen 3.9 und $5.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Klimaszenario MWMS) erzielen. Die Abbildung 8-3 zeigt für die MFR-Szenarien noch einmal die Abnahmen der PM10-Jahresmittelwerte ausgehend von den Immissionen der Referenz 2020. Mit dem MFR-Klimaszenario MWMS erzielt man danach in Ballungsräumen eine weitere Abnahme der PM10-Immissionen von $1.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Für das auf der Referenz 2020 basierende MFR-Szenario wird nur noch eine Abnahme von $1.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet.

Zusammenfassend ergeben die Berechnungen:

- Das Klimaschutzszenario MWMS hat in ländlichen Regionen eine circa 14% höhere PM10-Minderungskapazität, in Ballungsräumen eine circa 19% höhere Minderungs-

kapazität als die Emissionsreferenz 2020, die auf den bereits heute eingeleiteten Maßnahmen beruht.

- Bei den MFR-Szenarien ist das MFR-Szenario „Kleinf Feuerungsanlagen“ in den Ballungsräumen, das MFR-Szenario „Landwirtschaft“ in den ländlichen Regionen die wirksamste Maßnahme zur weiteren Senkung der PM10-Immissionen.
- Bei den Einzelmaßnahmen stellt die Novellierung der 1. BImSchV (Kleinf Feuerungsanlagen) das höchste Potenzial zur weiteren Senkung der PM10-Immissionen sowohl in ländlichen Regionen als auch in den Ballungsräumen.

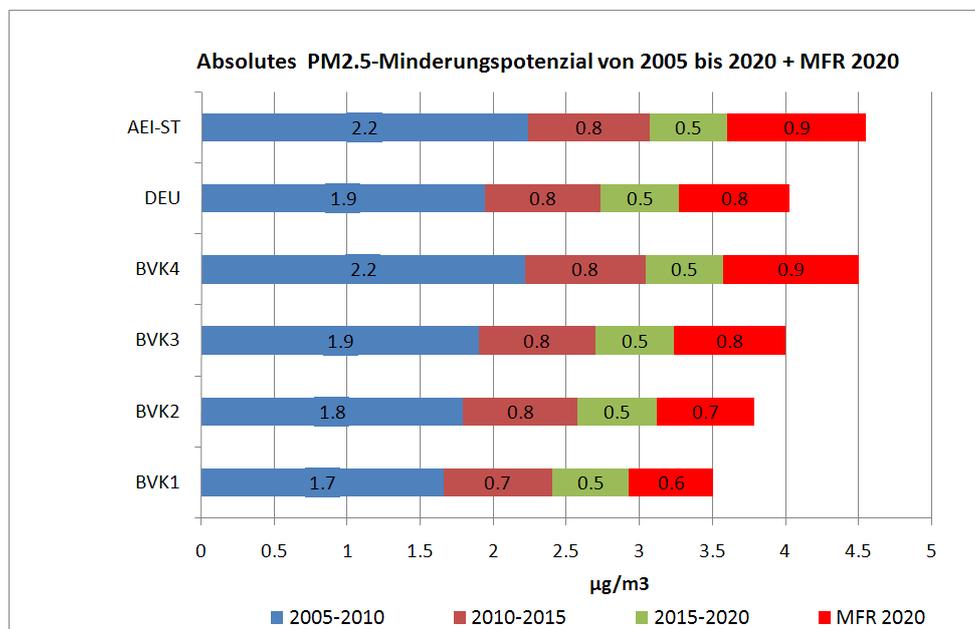
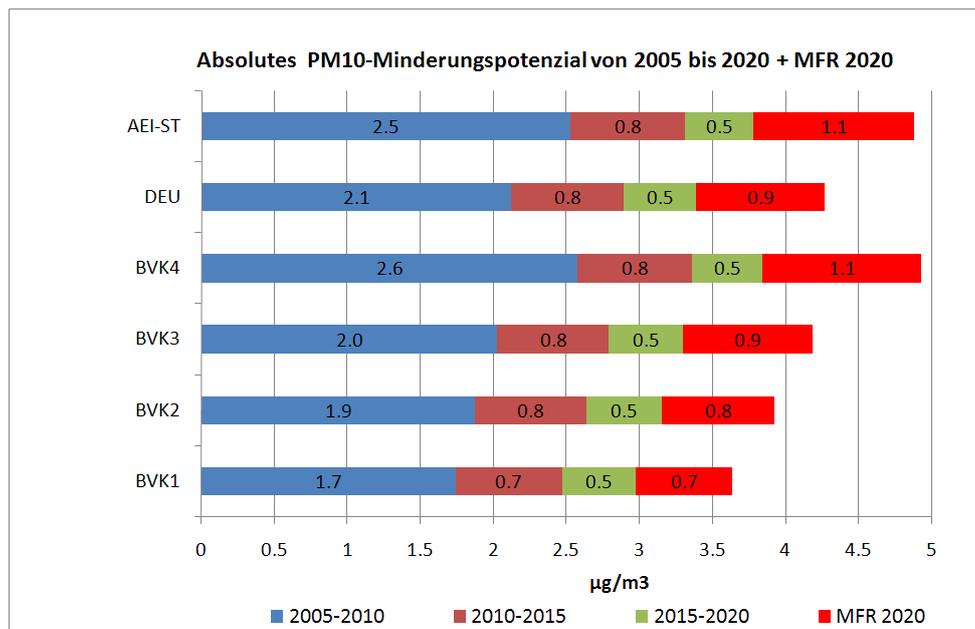


Abbildung 8-1 Absolute PM10- und PM2.5-Immissionsminderungen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, die aufgrund der Emissionsentwicklung 2005 bis 2010, 2010 bis 2015, 2015 bis 2020 (Referenzszenarien) und durch die zusätzlichen Maßnahmen des MFR-Szenarios M20 erreicht werden können. Mittlere bevölkerungsgewichtete Abnahmen der Jahresmittelwerte für die 6 Bewertungsklassen. Weitere Erläuterungen im Text.

PM10-Potenzial	BVK1	BVK4
	Ländlicher Hintergrund	Städtischer Hintergrund
Minderung 2005 bis 2020	100%	100%
MFR-NT	5%	7%
MFR-T	17%	22%
MFR	22%	28%

PM2.5-Potenzial	BVK1	BVK4
	Ländlicher Hintergrund	Städtischer Hintergrund
Minderung 2005 bis bis 2020	100%	100%
MFR-NT	4%	5%
MFR-T	16%	21%
MFR	20%	26%

Tabelle 8-1 PM10- und PM2.5-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 mit den bereits eingeleiteten Maßnahmen erreichbaren Minderungen ausgedrückt.

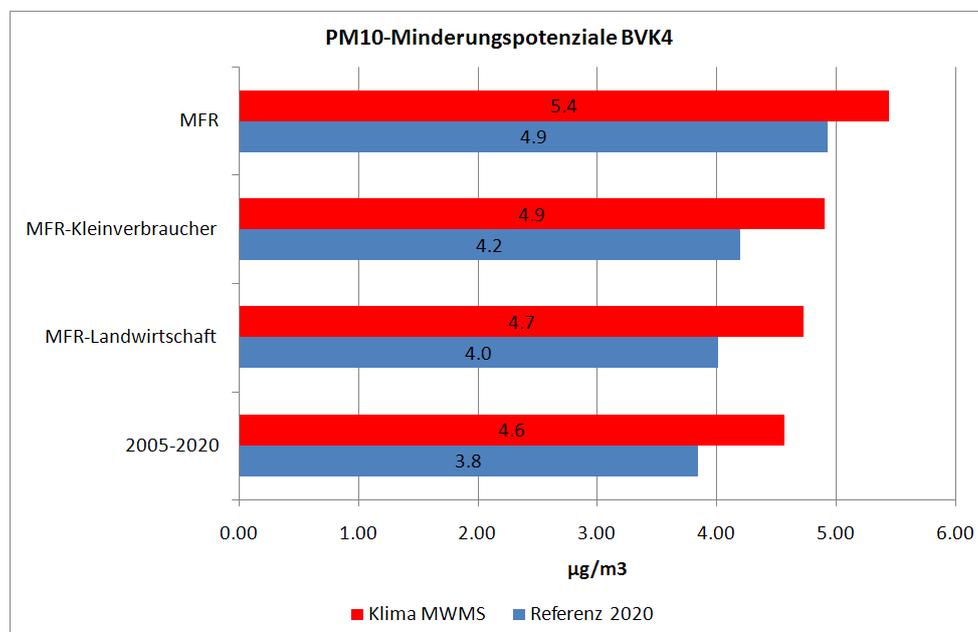
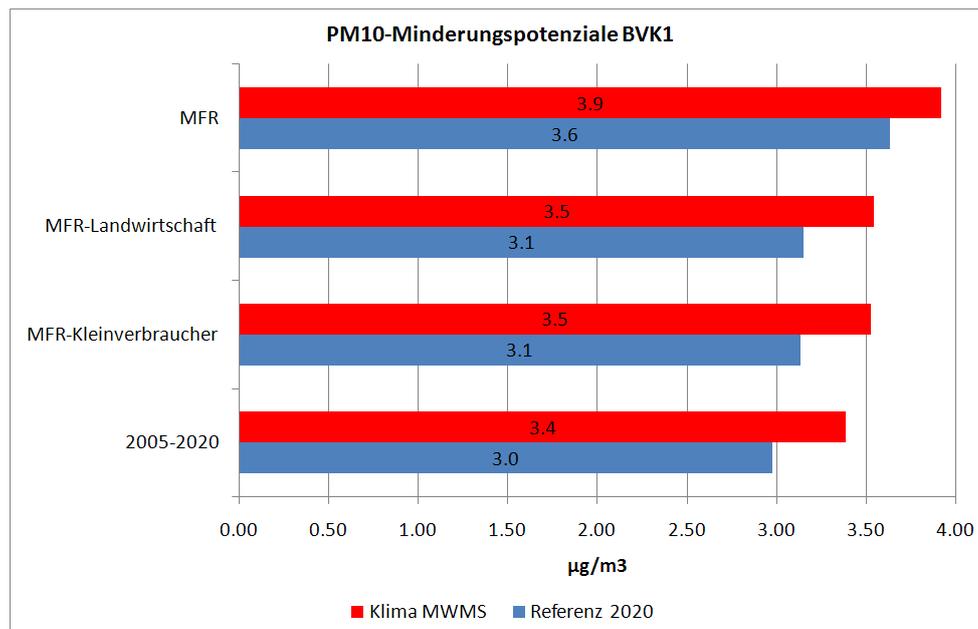


Abbildung 8-2 Absolute Minderungen der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, die aufgrund der Emissionsentwicklung 2005 bis 2020 (Referenz 2020 und Klimaschutzszenario MWMS) und durch die zusätzlichen Maßnahmen des MFR-Szenarios (M20 und M83), des MFR-Szenarios Landwirtschaft (M23 und M84) und des MFR-Szenarios Kleinf Feuerungsanlagen (M25 und M94) erreicht werden können. Mittlere bevölkerungsgewichtete Abnahmen der Jahresmittelwerte für die 6 Bewertungsklassen. Ländliche Regionen (BVK1) und Ballungsräume (BVK4).

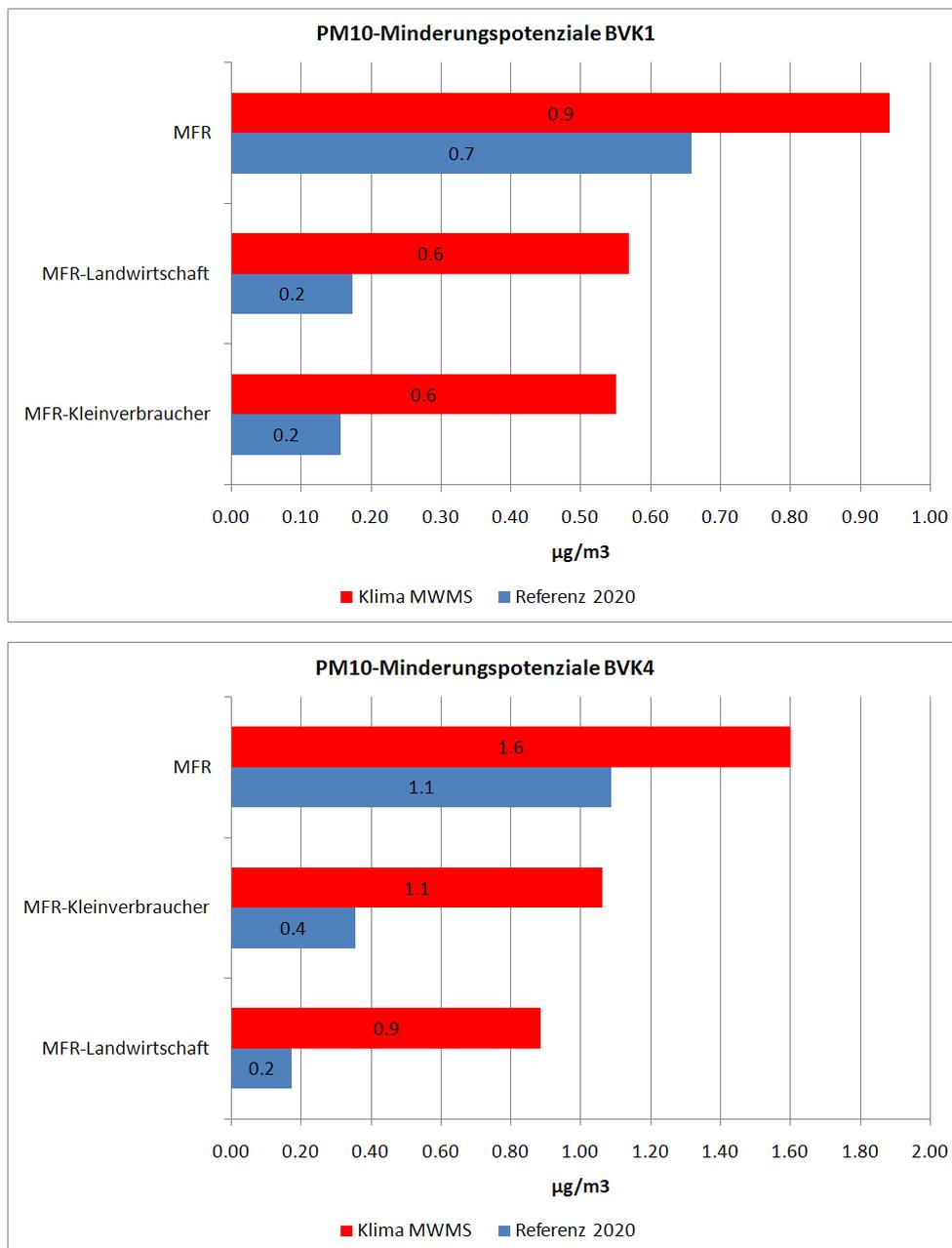


Abbildung 8-3 Absolute Minderungen der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, die ausgehend von den Konzentrationen der Referenz 2020 durch die zusätzlichen Maßnahmen des MFR-Szenarios (M20 und M83), des MFR-Szenarios Landwirtschaft (M23 und M84) und des MFR-Szenarios Kleinfeuerungsanlagen (M25 und M94) erreicht werden können. Mittlere bevölkerungsgewichtete Abnahmen der Jahresmittelwerte für die 6 Bewertungsklassen. Ländliche Regionen (BVK1) und Ballungsräume (BVK4).

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.

Kerschbaumer, A. (2010a). Abhängigkeit der RCG-Simulationen von unterschiedlichen meteorologischen Treibern. Forschungs-Teilbericht an das Umweltbundesamt, im Rahmen des PAREST-Vorhabens: FKZ 206 43 200/01 „Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung“, Institut für Meteorologie der Freien Universität Berlin.

Kerschbaumer, A. (2010b). Meteorologie – Vergleich zum besseren Verständnis der unterschiedlichen Schadstoffkonzentrationssimulationen mit verschiedenen Chemie-Transport-Modellen. Forschungs-Teilbericht an das Umweltbundesamt, im Rahmen des PAREST-Vorhabens: FKZ 206 43 200/01 „Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung“, Institut für Meteorologie der Freien Universität Berlin.

Kugler, U., Jörß, W., Theloke, J. (2010). Verkehrsemissionsmodellierung für PAREST – Modellvergleich und alternative Szenarien, Juni 2010. 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: NO₂- und O₃-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 2010. 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.

Stern, R. (2010e). Analyse der Unsicherheiten/Bandbreiten in der im PAREST-Projekt verwendeten Kausalkette Emission-Transmission-Immission. 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., Uzbasic, U. Dämmgen, P. Bultjes, 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., Uzbasic, 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.....	7
Tabelle 3-2 Änderung der Emissionen der Referenz 2020 bezogen auf die Referenz 2005, Deutschland	8
Tabelle 3-3 Einzelmaßnahmen im Maßnahmenpaket M20 MFR , Nicht-technische Maßnahmen.....	11
Tabelle 3-4 Einzelmaßnahmen im Maßnahmenpaket M20 MFR , technische Maßnahmen, Teil 1	12
Tabelle 3-5 Einzelmaßnahmen im Maßnahmenpaket M20 MFR , technische Maßnahmen, Teil 2	13
Tabelle 3-6 Einzelmaßnahmen im Maßnahmenpaket M20 MFR , technische Maßnahmen, Teil 3	14
Tabelle 3-7 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M20, MFR technische und nicht-technische Maßnahmen, bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland	15
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.	15
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.	16
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.....	16
Tabelle 3-11 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M24, MFR-Lösemittel, bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Einzelmaßnahmen siehe Tabelle 3-4.	17
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.	17
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.	18
Tabelle 3-14 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M27 MFR-Produktionsprozesse bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Einzelmaßnahmen P002 bis P011, siehe Tabelle 3-6.....	18
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.	19
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.	19
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.....	20
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.	20
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.	21
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.	21
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.	22

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.....	22
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.	23
Tabelle 3-24 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M44 Kleinfeuerungsanlagen, Ökodesign bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Einzelmaßnahme K005, siehe Tabelle 3-5.....	23
Tabelle 3-25 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M45 Kleinfeuerungsanlagen, 1. BlmschV, bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Einzelmaßnahme K003, siehe Tabelle 3-5.....	24
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.	24
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.	25
Tabelle 3-28 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M48 Industrie-NOx bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland, Einzelmaßnahmen P002 bis P005, siehe Tabelle 3-6.	25
Tabelle 3-29 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M49 Industrie-Feinstaub bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland, Einzelmaßnahmen P008 bis P010, siehe Tabelle 3-6.....	26
Tabelle 3-30 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M50 Tempolimit bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland, Einzelmaßnahmen V003, V004, V007, siehe Tabelle 3-3.	26
Tabelle 3-31 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M51 Landwirtschaft bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland, Einzelmaßnahme A012, siehe Tabelle 3-3.....	27
Tabelle 3-32 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M52 Großfeuerungsanlagen bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Einzelmaßnahme G010, siehe Tabelle 3-5.....	27
Tabelle 3-33 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M53 Verkehr bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Einzelmaßnahme V012, siehe Tabelle 3-4.	28
Tabelle 3-34 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M54 Sonstiger Verkehr bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Einzelmaßnahme M009, siehe Tabelle 3-3.	28
Tabelle 3-35 Änderung (%) der Emissionen des Szenarios M59 Kleinfeuerungsanlagen bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Ersatz von Holzfeuerungen durch Ölfeuerungen.	29
Tabelle 3-36 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M73 Landwirtschaft bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Einzelmaßnahme A007, siehe Tabelle 3-4.....	29
Tabelle 3-37 Änderung (%) der Emissionen Maßnahmenpaket M74 Landwirtschaft bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland. Einzelmaßnahme A009, siehe Tabelle 3-4.	30
Tabelle 3-38 Änderung (%) der Emissionen Hypothetisches Szenario M15 Landwirtschaft: „Reduzierter Fleischverbrauch“ bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland.	30
Tabelle 3-39 Änderung (%) der Emissionen für M76 Klimaschutzszenario MMS bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland.....	31
Tabelle 3-40 Änderung (%) der Emissionen für M77 Klimaschutzszenario MWMS bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland.....	31
Tabelle 3-41 Änderung (%) der Emissionen für M83 Klimaschutzszenario MWMS+MFR bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland.	32
Tabelle 3-42 Änderung (%) der Emissionen für M84 Klimaschutzszenario MWMS+MFR-Landwirtschaft bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland.	32
Tabelle 3-43 Änderung (%) der Emissionen für M94 Klimaschutzszenario MWMS+MFR-Kleinfeuerungsanlagen bezogen auf die Referenz 2020, Deutschland.	33
Tabelle 4-1 Absolute und relative Änderungsbereiche (Minderungen) der Konzentrationen in Deutschland: Referenz 2020 - Referenz 2005.....	34
Tabelle 5-1 Erreichbare Emissionsminderungen in % bezüglich der Emissionsreferenz 2020 für das Abschalten einzelner Verursacherguppen (-100% aller Emissionen einer Verursacherguppe). Die rot markierten Einträge kennzeichnen für jeden Schadstoff das jeweils höchste theoretisch mögliche (Nullemission) Emissionsminderungspotenzial. Die Summe der Einzelminderungen ergibt -100%.	40
Tabelle 5-2 Mittlere (Mean) und maximale (Max) Beiträge ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) der deutschen Emissionen, gesamt und für die Verursacherguppen, zu den PM10-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 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 Verursacherguppen treten in unterschiedlichen Gitterzellen auf.....	44

Tabelle 5-3 Minimale (Min), mittlere (Mean) und maximale (Max) Anteile (%) der Emissionen der einzelnen Verursachergruppen an dem PM10-Gesamtbeitrag aller deutschen Emissionen zu den PM10-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 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.	44
Tabelle 5-4 Bevölkerungsgewichtete PM10-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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	59
Tabelle 5-5 Bandbreiten der absoluten und relativen Minderungspotenziale der PM10-Jahresmittelwerte in Deutschland, bezogen auf die Referenz 2020, die die bis 2020 mit den bereits eingeleiteten Maßnahmen erreichbare Minderung beschreibt, und bezogen auf das maximal mögliche Minderungspotenzial (-100% aller deutschen Emissionen der Referenz 2020): Maßnahmenpakete M20, M21, M22. Ergebnisse gerundet auf 0.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ oder 0.1 %.	62
Tabelle 5-6 Bandbreiten der absoluten und relativen Minderungspotenziale der PM10-Jahresmittelwerte in Deutschland, bezogen auf die Referenz 2020: Maßnahmenpakete M23 bis M29.	69
Tabelle 5-7 Bandbreiten der absoluten und relativen Minderungspotenziale der PM10-Jahresmittelwerte in Deutschland, bezogen auf die Referenz 2020: Maßnahmenpakete Landwirtschaft, M30, M31, M43, M51 und hypothetisches Szenario M15.	76
Tabelle 5-8 Bandbreiten der absoluten und relativen Minderungspotenziale der PM10-Jahresmittelwerte in Deutschland, bezogen auf die Referenz 2020: Maßnahmenpakete Verkehr, M32, M33, M50, M53.	83
Tabelle 5-9 Bandbreiten der absoluten und relativen Minderungspotenziale der PM10-Jahresmittelwerte in Deutschland, bezogen auf die Referenz 2020: Maßnahmenpakete Sonstiger Verkehr, M34, M35, M54.	86
Tabelle 5-10 Bandbreiten der absoluten und relativen Minderungspotenziale der PM10-Jahresmittelwerte in Deutschland, bezogen auf die Referenz 2020: Maßnahmenpakete Kleinfeuerungsanlagen, M44, M45, M59.	90
Tabelle 5-11 Bandbreiten der absoluten und relativen Minderungspotenziale der PM10-Jahresmittelwerte in Deutschland, bezogen auf die Referenz 2020: Maßnahmenpakete Großfeuerungsanlagen, M46, M47, M52.	93
Tabelle 5-12 Bandbreiten der absoluten und relativen Minderungspotenziale der PM10-Jahresmittelwerte in Deutschland, bezogen auf die Referenz 2020: Maßnahmenpakete Industrie, M48, M49.	97
Tabelle 5-13 Bandbreiten der absoluten und relativen Minderungspotenziale der PM10-Jahresmittelwerte in Deutschland, bezogen auf die Referenz 2020: Maßnahmenpakete Klimaschutzszenarien, M76, M77, M83, M84, M94. Negative Angaben bedeuten Abnahmen, positive Angaben Zunahmen der Konzentration bezogen auf die Referenz 2020.	101
Tabelle 6-1 Bevölkerungsgewichtete PM10-Minderungspotenziale für 6 Bewertungsklassen. Die Potenziale geben für jede Maßnahme/Szenario die berechnete Änderung der PM10-Jahresmittelwerte bezüglich der Referenz 2020 an. Negative Angaben bedeuten Zunahmen der PM10-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.	114
Tabelle 7-1 Bevölkerungsgewichtete PM2.5-Minderungspotenziale für 6 Bewertungsklassen. Die Potenziale geben für jede Maßnahme/Szenario die berechnete Änderung der PM2.5-Jahresmittelwerte bezüglich der Referenz 2020 an. Negative Angaben bedeuten Zunahmen der PM2.5-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.	134
Tabelle 8-1 PM10- und PM2.5-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 mit den bereits eingeleiteten Maßnahmen erreichbaren Minderungen ausgedrückt. ...	157

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° Länge, circa 8 km x 7 km.	6
Abbildung 4-1 PM10-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 PM10-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 PM10-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 PM2.5-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 PM2.5-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 PM2.5-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.	38
Abbildung 5-1 PM10-Jahresmittelwerte 2020 in µg/m ³ in Deutschland (2020) ohne die deutschen Emissionen.	41
Abbildung 5-2 Relativer Beitrag (%) der deutschen Emissionen zu den PM10-Jahresmittelwerten der Referenz 2020. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich des Beitrags (MIN und MAX) sowie den mittleren Beitrag (MEAN) über Deutschland an.	41
Abbildung 5-3 Beitrag der deutschen Emissionen in µg/m ³ zu den PM10-Jahresmittelwerten der Referenz 2020.	42
Abbildung 5-4 Beitrag (µg/m ³) der Verursachergruppe „Energy transformation“ (SNAP 1) zu den PM10-Jahresmitteln der Referenz 2020 (siehe Abbildung 4-1).	45
Abbildung 5-5 Anteil (%) der Verursachergruppe „Energy transformation“ (SNAP 1) am PM10-Immissionsbeitrag der deutschen Emissionen zur Referenz 2020 (siehe Abbildung 5-3).	45
Abbildung 5-6 Beitrag (µg/m ³) der Verursachergruppe „Small combustion sources“ (SNAP 2) zu den PM10-Jahresmitteln der Referenz 2020 (siehe Abbildung 4-1).	46
Abbildung 5-7 Anteil (%) der Verursachergruppe „Small combustion sources“ (SNAP 2) am PM10-Immissionsbeitrag der deutschen Emissionen zur Referenz 2020 (siehe Abbildung 5-3).	46
Abbildung 5-8 Beitrag (µg/m ³) der Verursachergruppe „Industrial combustion“ (SNAP 3) zu den PM10-Jahresmitteln der Referenz 2020 (siehe Abbildung 4-1).	47
Abbildung 5-9 Anteil (%) der Verursachergruppe „Industrial combustion“ (SNAP 3) am PM10-Immissionsbeitrag der deutschen Emissionen zur Referenz 2020 (siehe Abbildung 5-3).	47
Abbildung 5-10 Beitrag (µg/m ³) der Verursachergruppe „Industrial process emissions“ (SNAP 4) zu den PM10-Jahresmitteln der Referenz 2020 (siehe Abbildung 4-1).	48
Abbildung 5-11 Anteil (%) der Verursachergruppe „Industrial process emissions“ (SNAP 4) am PM10-Immissionsbeitrag der deutschen Emissionen zur Referenz 2020 (siehe Abbildung 5-3).	48
Abbildung 5-12 Beitrag (µg/m ³) der Verursachergruppe „Extractions of fossil fuels“ (SNAP 5) zu den PM10-Jahresmitteln der Referenz 2020 (siehe Abbildung 4-1).	49
Abbildung 5-13 Anteil (%) der Verursachergruppe „Extractions of fossil fuels“ (SNAP 5) am PM10-Immissionsbeitrag der deutschen Emissionen zur Referenz 2020 (siehe Abbildung 5-3).	49
Abbildung 5-14 Beitrag (µg/m ³) der Verursachergruppe „Solvent and product use“ (SNAP 6) zu den PM10-Jahresmitteln der Referenz 2020 (siehe Abbildung 4-1).	50
Abbildung 5-15 Anteil (%) der Verursachergruppe „Solvent and product use“ (SNAP 6) am PM10-Immissionsbeitrag der deutschen Emissionen zur Referenz 2020 (siehe Abbildung 5-3).	50
Abbildung 5-16 Beitrag (µg/m ³) der Verursachergruppe „Road transport exhaust“ (SNAP 7-1 und 7-2) zu den PM10-Jahresmitteln der Referenz 2020 (siehe Abbildung 4-1).	51
Abbildung 5-17 Anteil (%) der Verursachergruppe „Road transport exhaust“ (SNAP 7-1 und 7-2) am PM10-Immissionsbeitrag der deutschen Emissionen zur Referenz 2020 (siehe Abbildung 5-3).	51
Abbildung 5-18 Beitrag (µg/m ³) der Verursachergruppe „Road transport brake and tyre wear“ (SNAP 7-4) zu den PM10-Jahresmitteln der Referenz 2020 (siehe Abbildung 4-1).	52

Abbildung 5-19 Anteil (%) der Verursachergruppe „Road transport brake and tyre wear“ (SNAP 7-4) am PM10-Immissionsbeitrag der deutschen Emissionen zur Referenz 2020 (siehe Abbildung 5-3).	52
Abbildung 5-20 Beitrag ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) der Verursachergruppe „Road transport resuspension“ (SNAP 7-6) zu den PM10-Jahresmitteln der Referenz 2020 (siehe Abbildung 4-1).	53
Abbildung 5-21 Anteil (%) der Verursachergruppe „Road transport transport resuspension“ (SNAP 7-6) am PM10-Immissionsbeitrag der deutschen Emissionen zur Referenz 2020 (siehe Abbildung 5-3).	53
Abbildung 5-22 Beitrag ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) der Verursachergruppe „Road transport total“ (SNAP 7) zu den PM10-Jahresmitteln der Referenz 2020 (siehe Abbildung 4-1).	54
Abbildung 5-23 Anteil (%) der Verursachergruppe „Road transport total“ (SNAP 7) am PM10-Immissionsbeitrag der deutschen Emissionen zur Referenz 2020 (siehe Abbildung 5-3).	54
Abbildung 5-24 Beitrag ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) der Verursachergruppe „Non road transport“ (SNAP 8) zu den PM10-Jahresmitteln der Referenz 2020 (siehe Abbildung 4-1).	55
Abbildung 5-25 Anteil (%) der Verursachergruppe „Non road transport“ (SNAP 8) am PM10-Immissionsbeitrag der deutschen Emissionen zur Referenz 2020 (siehe Abbildung 5-3).	55
Abbildung 5-26 Beitrag ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) der Verursachergruppe „Agriculture“ (SNAP 10) zu den PM10-Jahresmitteln der Referenz 2020 (siehe Abbildung 4-1).	56
Abbildung 5-27 Anteil (%) der Verursachergruppe „Agriculture“ (SNAP 10) am PM10-Immissionsbeitrag der deutschen Emissionen zur Referenz 2020 (siehe Abbildung 5-3).	56
Abbildung 5-28 Bevölkerungsgewichtete PM10-Konzentrationen der Referenz 2020 für die 4 Bevölkerungsklassen, das Deutschlandmittel und das Mittel an den AEI-Stationen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	57
Abbildung 5-29 Bevölkerungsgewichtete PM10-Konzentrationen der Referenz 2020 für die 4 Bevölkerungsklassen, das Deutschlandmittel und das Mittel an den AEI-Stationen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Roter Anteil: Maximal erreichbares Minderungspotenzial durch eine 100%ige Reduktion aller deutschen anthropogenen Emissionen. Blauer Anteil: Mittlere PM10-Konzentration ohne die deutschen anthropogenen Emissionen (= Summe der Beiträge des Ferntransports aus dem Ausland und der natürlichen Quellen in Deutschland)	58
Abbildung 5-30 Maximal mögliches PM10-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 $5.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	60
Abbildung 5-31 Maximal mögliches PM10-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 $11.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$	60
Abbildung 5-32 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 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.	63
Abbildung 5-33 Relative Änderung der PM10-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.	63
Abbildung 5-34 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 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.	64
Abbildung 5-35 Relative Änderung der PM10-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.	64
Abbildung 5-36 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 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.	65
Abbildung 5-37 Relative Änderung der PM10-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.	65
Abbildung 5-38 Zusätzlich erreichbare Minderung der PM10-Jahresmittelwerte für das MFR-Szenario M20 in % bezogen auf die Minderung, die durch die Maßnahmen bis 2020 erreicht werden (Referenz 2005-Referenz 2020). MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.	66

Abbildung 5-39 Ausschöpfung in % des maximal möglichen Minderungspotenzials (-100% aller deutschen Emissionen) durch das MFR-Szenario M20. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.....	66
Abbildung 5-40 Zusätzlich erreichbare Minderung der PM10-Jahresmittelwerte für das MFR-Szenario nicht-technische Maßnahmen M21 in % bezogen auf die Minderung, die durch die Maßnahmen bis 2020 erreicht werden (Referenz 2005-Referenz 2020). MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.....	67
Abbildung 5-41 Ausschöpfung in % des maximal möglichen Minderungspotenzials (-100% aller deutschen Emissionen) durch das MFR-Szenario nicht-technische Maßnahmen, M21. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an....	67
Abbildung 5-42 Zusätzlich erreichbare Minderung der PM10-Jahresmittelwerte für das MFR-Szenario technische Maßnahmen M22 in % bezogen auf die Minderung, die durch die Maßnahmen bis 2020 erreicht werden (Referenz 2005-Referenz 2020). MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.....	68
Abbildung 5-43 Ausschöpfung in % des maximal möglichen Minderungspotenzial (-100% aller deutschen Emissionen) durch das MFR-Szenario technische Maßnahmen, M22. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an....	68
Abbildung 5-44 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M23 (MFR-Landwirtschaft, SNAP 10). Die Änderung wird berechnet als: M23-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 5-45 Relative Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M23 (MFR-Landwirtschaft, SNAP 10). Die Änderung wird berechnet als: M23-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 5-46 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 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.....	71
Abbildung 5-47 Relative Änderung der PM10-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.....	71
Abbildung 5-48 Absolute Änderung der PM10-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.....	72
Abbildung 5-49 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.....	72
Abbildung 5-50 Absolute Änderung der PM10-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.....	73
Abbildung 5-51 Relative Änderung der PM10-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.....	73
Abbildung 5-52 Absolute Änderung der PM10-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.....	74
Abbildung 5-53 Relative Änderung der PM10-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.....	74
Abbildung 5-54 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 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.....	75

Abbildung 5-55 Relative Änderung der PM10-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.....	75
Abbildung 5-56 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M30 (MFR-Landwirtschaft, nicht-technische Maßnahmen, SNAP 10). Die Änderung wird berechnet als: M30-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.....	77
Abbildung 5-57 Relative Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M30 (MFR-Landwirtschaft, nicht-technische Maßnahmen, SNAP 10). Die Änderung wird berechnet als: M30-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....	77
Abbildung 5-58 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M31 (MFR-Landwirtschaft, technische Maßnahmen, SNAP 10). Die Änderung wird berechnet als: M31-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 5-59 Relative Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M31 (MFR-Landwirtschaft, technische Maßnahmen, SNAP 10). Die Änderung wird berechnet als: M31-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 5-60 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M43 (MFR-Landwirtschaft, Tierhaltung, SNAP 10). Die Änderung wird berechnet als: M43-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 5-61 Relative Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M43 (MFR-Landwirtschaft, Tierhaltung, SNAP 10). Die Änderung wird berechnet als: M43-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 5-62 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M51 (Landwirtschaft, Maßnahme A012, SNAP 10). Die Änderung wird berechnet als: M51-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 5-63 Relative Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M51 (Landwirtschaft, Maßnahme A012, SNAP 10). Die Änderung wird berechnet als: M51-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.....	80
Abbildung 5-64 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M73 (Landwirtschaft, Maßnahme A007, SNAP 10). Die Änderung wird berechnet als: M73-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.....	81
Abbildung 5-65 Relative Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M73 (Landwirtschaft, Maßnahme A007, SNAP 10). Die Änderung wird berechnet als: M73-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.....	81
Abbildung 5-66 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bezogen auf die Referenz 2020 für das hypothetische Szenario „Reduzierter Fleischverbrauch“, (Landwirtschaft, M15). Die Änderung wird berechnet als: M15-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 5-67 Relative Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für das hypothetische Szenario „Reduzierter Fleischverbrauch“, (Landwirtschaft, M15). Die Änderung wird berechnet als: M15-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.....	82
Abbildung 5-68 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 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.....	84

Abbildung 5-69 Relative Änderung der PM10-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.....	84
Abbildung 5-70 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 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.....	85
Abbildung 5-71 Relative Änderung der PM10-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.....	85
Abbildung 5-72 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 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.....	87
Abbildung 5-73 Relative Änderung der PM10-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....	87
Abbildung 5-74 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 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.....	88
Abbildung 5-75 Relative Änderung der PM10-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....	88
Abbildung 5-76 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 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.....	89
Abbildung 5-77 Relative Änderung der PM10-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.....	89
Abbildung 5-78 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 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.....	91
Abbildung 5-79 Relative Änderung der PM10-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.....	91
Abbildung 5-80 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 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.....	92
Abbildung 5-81 Relative Änderung der PM10-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....	92
Abbildung 5-82 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 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.....	94

Abbildung 5-83 Relative Änderung der PM10-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.....	94
Abbildung 5-84 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 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.....	95
Abbildung 5-85 Relative Änderung der PM10-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....	95
Abbildung 5-86 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M52 (Großfeuerungsanlagen, Maßnahme G010, SNAP 1, 3). Die Änderung wird berechnet als: M52-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.....	96
Abbildung 5-87 Relative Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M52 (Großfeuerungsanlagen, Maßnahme G010, SNAP 1, 3). Die Änderung wird berechnet als: M52-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.....	96
Abbildung 5-88 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 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.....	98
Abbildung 5-89 Relative Änderung der PM10-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.....	98
Abbildung 5-90 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M49 (MFR-Industrie-Feinstaub, SNAP 4). Die Änderung wird berechnet als: M49-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.....	99
Abbildung 5-91 Relative Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M49 (MFR-Industrie-Feinstaub, SNAP 4). Die Änderung wird berechnet als: M49-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.....	99
Abbildung 5-92 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 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.....	102
Abbildung 5-93 Relative Änderung der PM10-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.....	102
Abbildung 5-94 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 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.....	103
Abbildung 5-95 Relative Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M77 (Klimaschutzszenario MWMS). 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.....	103
Abbildung 5-96 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 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.....	104
Abbildung 5-97 Relative Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in % 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 Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.....	104
Abbildung 5-98 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M84 (Klimaschutzszenario MWMS+MFR-Landwirtschaft). Die Änderung wird berechnet als: M84-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.....	105
Abbildung 5-99 Relative Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in % bezogen auf die Referenz 2020 für Maßnahmenpaket M84 (Klimaschutzszenario MWMS+MFR-Landwirtschaft). Die Änderung wird berechnet als: M84-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.....	105
Abbildung 5-100 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 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.....	106
Abbildung 5-101 Relative Änderung der PM10-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..	106
Abbildung 5-102 Absolute Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bezogen auf das Klimaschutzszenario MWMS (M77) für Maßnahmenpaket M83 (Klimaschutzszenario MWMS+MFR). Die Änderung wird berechnet als: M83-M77. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Konzentrationsbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.....	107
Abbildung 5-103 Relative Änderung der PM10-Jahresmittelwerte in % bezogen auf Klimaschutzszenario MWMS (M77) für Maßnahmenpaket M83 (Klimaschutzszenario MWMS+MFR). Die Änderung wird berechnet als: M83-M77. Negative Zahlen sind Abnahmen. MIN, MEAN und MAX geben den Prozentbereich (MIN und MAX) der Änderung sowie die mittlere Änderung (MEAN) über Deutschland an.....	107
Abbildung 6-1 Bevölkerungsgewichtete PM10-Minderungspotenziale für die Bevölkerungsklassen 1 und 4. Die Potenziale geben für jede Maßnahme die berechnete absolute Änderung (Abnahmen sind positiv) der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bezogen auf die Referenz 2020 an.....	115
Abbildung 6-2 Maximale berechnete absolute Änderung (Abnahmen sind positiv) der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (oben) und maximale relative Änderung in % (unten) in Deutschland bezogen auf die Referenz 2020.	116
Abbildung 6-3 Bevölkerungsgewichtete relative PM10-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 (=100%) berechnet wird.....	117
Abbildung 6-4 Bevölkerungsgewichtete relative PM10-Minderungspotenziale 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.....	118
Abbildung 6-5 Bevölkerungsgewichtete relative PM10-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 (PM10-Minderung von 2005 bis 2020=100%) berechnet wird.....	119
Abbildung 6-6 Bevölkerungsgewichtete relative PM10-Minderungspotenziale aller Szenarien der Verursachergruppe Landwirtschaft 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.....	120
Abbildung 6-7 Bevölkerungsgewichtete relative PM10-Minderungspotenziale aller Szenarien der Verursachergruppe Kleinverbraucher 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.....	121
Abbildung 6-8 Bevölkerungsgewichtete relative PM10-Minderungspotenziale aller Szenarien der Verursachergruppe Großfeuerungsanlagen 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.....	122
Abbildung 6-9 Bevölkerungsgewichtete relative PM10-Minderungspotenziale aller Szenarien der Verursachergruppe Industrielle Prozesse 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.....	123

Abbildung 6-10 Bevölkerungsgewichtete relative PM10-Minderungspotenziale aller Szenarien der Verursachergruppe Straßenverkehr 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.	124
Abbildung 6-11 Bevölkerungsgewichtete relative PM10-Minderungspotenziale aller Szenarien der Verursachergruppe Sonstiger Verkehr 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.	125
Abbildung 6-12 Bevölkerungsgewichtete relative PM10-Minderungspotenziale aller Einzelszenarien, d.h. der Szenarien, die nicht zu der alle Einzelmaßnahmen zusammenfassenden MFR-Gruppe gehören 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.	126
Abbildung 6-13 Bevölkerungsgewichtete relative PM10-Minderungspotenziale der Klimaschutzszenarien für die Bevölkerungsklassen 1 und 4. Die Potenziale sind in % der Minderung angegeben, die für die Referenz 2020 (PM10-Minderung von 2005 bis 2020=100%) berechnet wird.	128
Abbildung 7-1 Absolute Änderung der PM2.5-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 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.	130
Abbildung 7-2 Relative Änderung der PM2.5-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.	130
Abbildung 7-3 Absolute Änderung der PM2.5-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 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.	131
Abbildung 7-4 Relative Änderung der PM2.5-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.	131
Abbildung 7-5 Absolute Änderung der PM2.5-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 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.	132
Abbildung 7-6 Relative Änderung der PM2.5-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.	132
Abbildung 7-7 Bevölkerungsgewichtete PM2.5-Minderungspotenziale für die Bevölkerungsklassen 1 und 4. Die Potenziale geben für jede Maßnahme die berechnete absolute Änderung (Abnahmen sind positiv) der PM2.5-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bezogen auf die Referenz 2020 an.	135
Abbildung 7-8 Maximale berechnete absolute Änderung der PM2.5-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (oben) und maximale relative Änderung in % (unten) in Deutschland bezogen auf die Referenz 2020.	136
Abbildung 7-9 Bevölkerungsgewichtete relative PM2.5-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 (=100%) berechnet wird.	137
Abbildung 7-10 Bevölkerungsgewichtete relative PM2.5-Minderungspotenziale für die Bevölkerungsklassen 1 und 4. Die Potenziale geben für jede Maßnahme das Potenzial in % der Minderung an, die für die Referenz 2020 (PM2.5-Minderung von 2005 bis 2020=100%) berechnet wird.	138
Abbildung 7-11 Bevölkerungsgewichtete relative PM2.5-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 (PM2.5-Minderung von 2005 bis 2020) berechnet wird.	139
Abbildung 7-12 Bevölkerungsgewichtete relative PM2.5-Minderungspotenziale aller Szenarien der Verursachergruppe Landwirtschaft für die Bevölkerungsklassen 1 und 4. Die Potenziale geben für jede Maßnahme das Potenzial in % der Minderung an, die für die Referenz 2020 (PM2.5-Minderung von 2005 bis 2020) berechnet wird.	140
Abbildung 7-13 Bevölkerungsgewichtete relative PM2.5-Minderungspotenziale aller Szenarien der Verursachergruppe Kleinverbraucher für die Bevölkerungsklassen 1 und 4. Die Potenziale geben für jede Maßnahme das Potenzial in % der Minderung an, die für die Referenz 2020 (PM2.5-Minderung von 2005 bis 2020) berechnet wird.	141

Abbildung 7-14 Bevölkerungsgewichtete relative PM2.5-Minderungspotenziale aller Szenarien der Verursachergruppe Großfeuerungsanlagen für die Bevölkerungsklassen 1 und 4. Die Potenziale geben für jede Maßnahme das Potenzial in % der Minderung an, die für die Referenz 2020 (PM2.5-Minderung von 2005 bis 2020) berechnet wird.	142
Abbildung 7-15 Bevölkerungsgewichtete relative PM2.5-Minderungspotenziale aller Szenarien der Verursachergruppe Industrielle Prozesse für die Bevölkerungsklassen 1 und 4. Die Potenziale geben für jede Maßnahme das Potenzial in % der Minderung an, die für die Referenz 2020 (PM2.5-Minderung von 2005 bis 2020) berechnet wird.	143
Abbildung 7-16 Bevölkerungsgewichtete relative PM2.5-Minderungspotenziale aller Szenarien der Verursachergruppe Straßenverkehr für die Bevölkerungsklassen 1 und 4. Die Potenziale geben für jede Maßnahme das Potenzial in % der Minderung an, die für die Referenz 2020 (PM2.5-Minderung von 2005 bis 2020) berechnet wird.	144
Abbildung 7-17 Bevölkerungsgewichtete relative PM2.5-Minderungspotenziale aller Szenarien der Verursachergruppe Sonstiger Verkehr für die Bevölkerungsklassen 1 und 4. Die Potenziale geben für jede Maßnahme das Potenzial in % der Minderung an, die für die Referenz 2020 (PM2.5-Minderung von 2005 bis 2020) berechnet wird.	145
Abbildung 7-18 Bevölkerungsgewichtete relative PM2.5-Minderungspotenziale aller Einzelszenarien, d.h. der Szenarien, die nicht zu der alle Einzelmaßnahmen zusammenfassenden MFR-Gruppe gehören für die Bevölkerungsklassen 1 und 4. Die Potenziale geben für jede Maßnahme das Potenzial in % der Minderung an, die für die Referenz 2020 (PM2.5-Minderung von 2005 bis 2020) berechnet wird.	146
Abbildung 7-19 Bevölkerungsgewichtete relative PM2.5-Minderungspotenziale der Klimaschutzszenarien für die Bevölkerungsklassen 1 und 4. Die Potenziale sind in % der Minderung angegeben, die für die Referenz 2020 (PM2.5-Minderung von 2005 bis 2020=100%) berechnet wird.....	147
Abbildung 8-1 Absolute PM10- und PM2.5-Immissionsminderungen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 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.	156
Abbildung 8-2 Absolute Minderungen der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, die aufgrund der Emissionsentwicklung 2005 bis 2020 (Referenz 2020 und Klimaschutzszenario MWMS) und durch die zusätzlichen Maßnahmen des MFR-Szenarios (M20 und M83), des MFR-Szenarios Landwirtschaft (M23 und M84) und des MFR-Szenarios Kleinf Feuerungsanlagen (M25 und M94) erreicht werden können. Mittlere bevölkerungsgewichtete Abnahmen der Jahresmittelwerte für die 6 Bewertungsklassen. Ländliche Regionen (BVK1) und Ballungsräume (BVK4).	158
Abbildung 8-3 Absolute Minderungen der PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, die ausgehend von den Konzentrationen der Referenz 2020 durch die zusätzlichen Maßnahmen des MFR-Szenarios (M20 und M83), des MFR-Szenarios Landwirtschaft (M23 und M84) und des MFR-Szenarios Kleinf Feuerungsanlagen (M25 und M94) erreicht werden können. Mittlere bevölkerungsgewichtete Abnahmen der Jahresmittelwerte für die 6 Bewertungsklassen. Ländliche Regionen (BVK1) und Ballungsräume (BVK4).....	159

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.