

Arbeitspaket 2

des UFOPLAN-Vorhabens
„Strategien zur Verminderung der
Feinstaubbelastung“

PAREST

„Immissionsseitige Bewertung von
Emissionsminderungspotenzialen“
- Ausbreitungsrechnung -

Rainer Stern

Freie Universität Berlin, Institut für Meteorologie

rstern@zedat.fu-berlin.de

TEIL 2:

PM10 und NO₂-Minderungspotenziale von Maßnahmenpaketen

Auswirkungen auf Grenzwertüberschreitungen

➤ **Zusätzliche Maßnahmen zur CLE-Referenz 2020**

- 30 Maßnahmenbündel
- 75 Einzelmaßnahmen

➤ **Alternative Referenzszenarien**

- Klimaschutzszenario MMS und darauf aufbauende Weitere Maßnahmen (MWMS)
- Alternative Verkehrsemissionen (TREMOVE)

➤ **Hypothetische Szenarien**

- Reduzierter Fleischverbrauch
- Ersatz von Holzfeuerungen durch Ölfeuerungen

- **Ausgangsemissionen: CLE-Emissionsreferenz 2020**
- **Meteorologisches Referenzjahr: 2005**
- **Modell: RCG-TRAMPER**

- **Startszenario: MFR-Szenario** („Maximum Feasible Reduction“), das alle technischen und nicht-technischen Einzelmaßnahmen umfassende Maßnahmenbündel

- **Bewertung aller anderen Szenarien erfolgt bevölkerungsgewichtet für 6 Klassen relativ zu dem Minderungspotenzial des MFR-Szenarios**

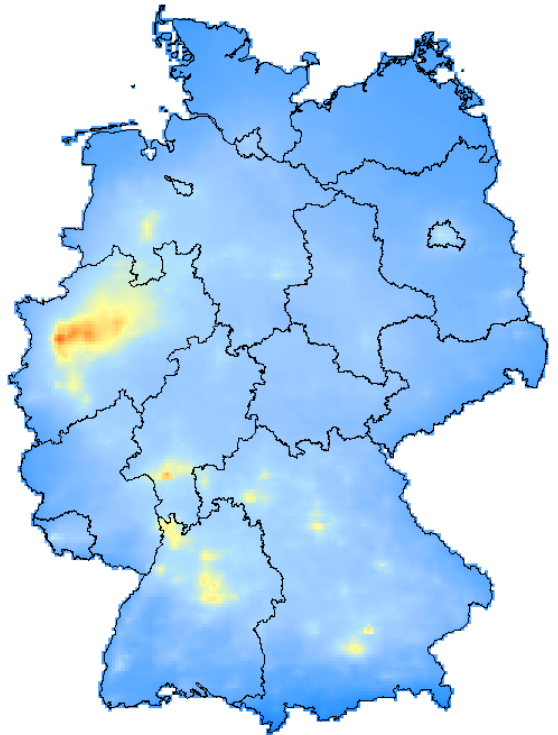
MFR-Szenario M20: Emissionsminderung in % bezogen auf die Referenz 2020

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

PM10 und PM2.5

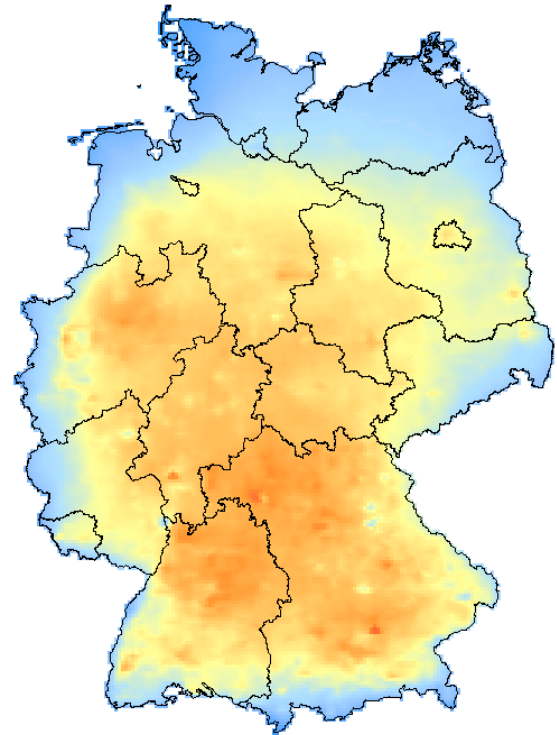
Absolute und relative Abnahmen der PM10-Jahresmittelwerte bezogen auf die Referenz 2020

$1.00 * \langle PM10_RS_M20_DF20_RT_F:JMWW \rangle - 1.00 * \langle PM10_RS_200_DF20_RT_F:JMWW \rangle$ [$\mu g/m^3$]



Potenzial: 0-2 $\mu g/m^3$

RelDiff% ($((1.00 * PM10_RS_M20_DF20_RT_F:JMWW) / (1.00 * PM10_RS_200_DF20_RT_F:JMWW)) - 1.00$) [%]

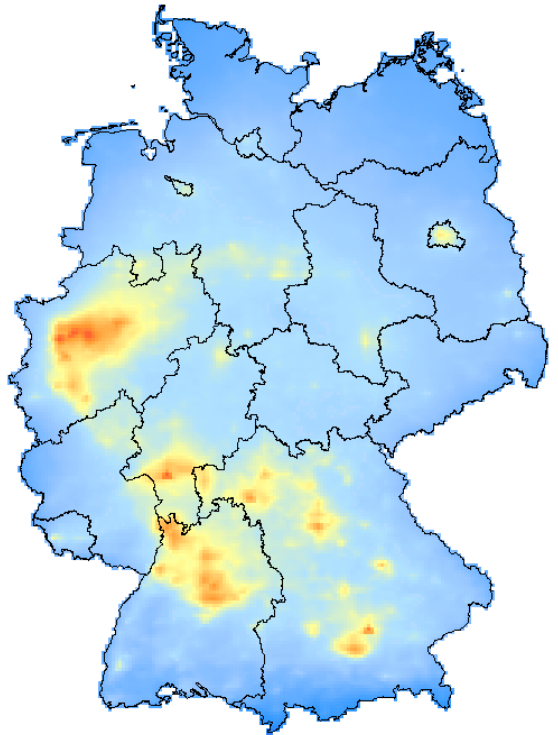


0-10%

MFR-Szenario M20:

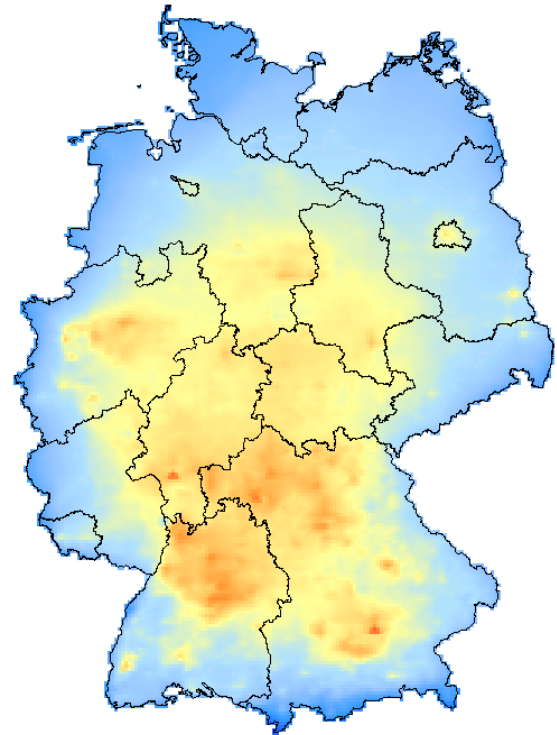
Absolute und relative Abnahmen der PM2.5-Jahresmittelwerte bezogen auf die Referenz 2020

1.00 * <PM2.5_RS_M20_DF20_RT_F:JMW> - 1.00 * <PM2.5_RS_200_DF20_RT_F:JMW> [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]



Potenzial: 0-1.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

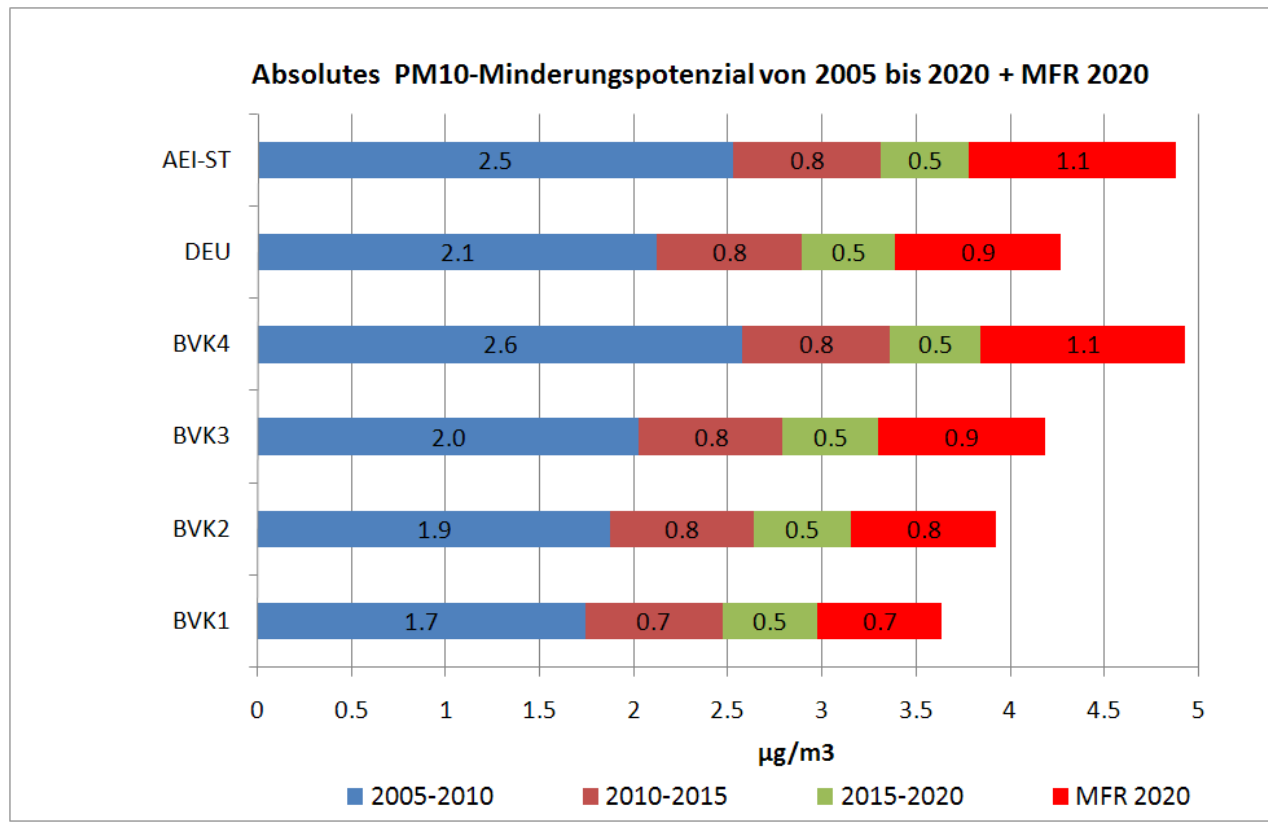
RelDiff% ((1.00 * PM2.5_RS_M20_DF20_RT_F:JMW), (1.00 * PM2.5_RS_200_DF20_RT_F:JMW)) [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]



0-12%

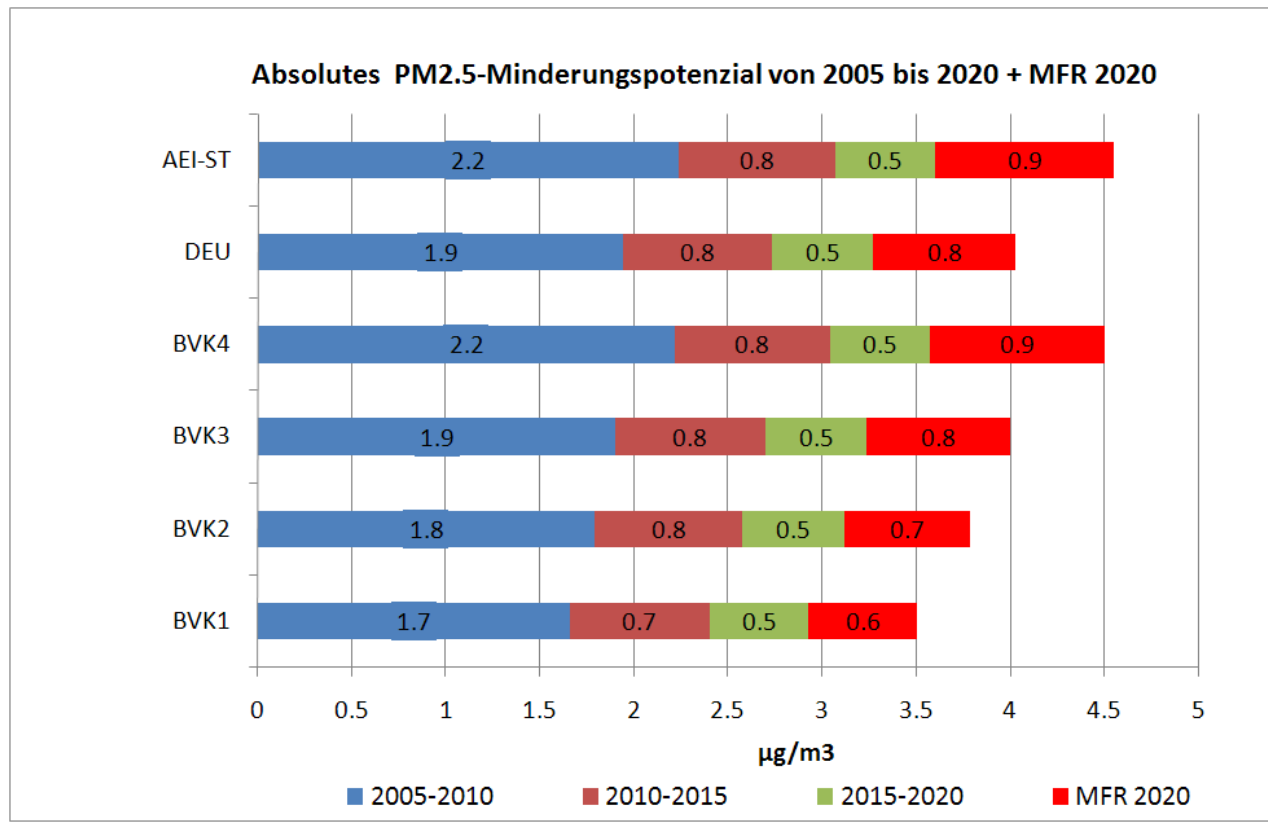
PM10-Potenziale

2005-2010 2010-2015 2015-2020 2020+MFR



PM2.5-Potenziale

2005-2010 2010-2015 2015-2020 2020+MFR



MFR PM10-Minderungspotenzial relativ zum Potenzial der Referenz 2020

Potenzial	Ländlicher Hintergrund	Städtischer Hintergrund
REFERENZ 2020	100%	100%
MFR-NT	5%	7%
MFR-T	17%	22%
MFR	22%	28%

Das MFR-Szenario erhöht das PM10-Minderungspotenzial der Referenz 2020 um 22% (Land) bis 28% (Stadt)

MFR PM10-Minderungspotenzial relativ zum Potenzial der maximal möglichen Emissionsminderung (-100%)

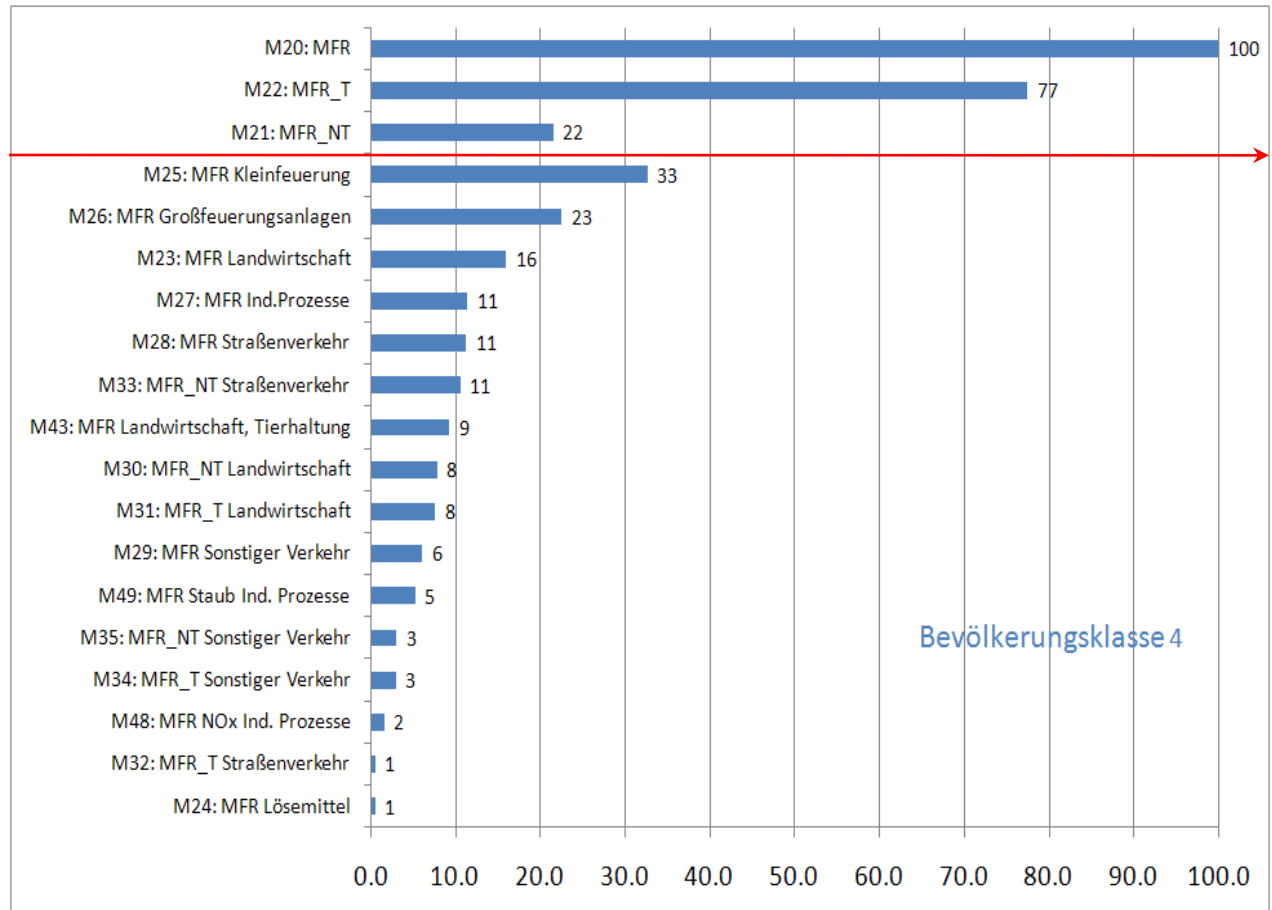
Potenzial	Ländlicher Hintergrund	Städtischer Hintergrund
Max Minderung	100%	100%
MFR-NT	3%	2%
MFR-T	9%	8%
MFR	12%	10%

Das MFR-Szenario schöpft das maximal mögliche PM10-Minderungspotenzial aus um 12% (Land), 10% (Stadt)

Anteile der MFR-Szenarien am PM10-Potenzial MFR gesamt

Rangfolge:
 Kleinf Feuerungen
 Großfeuerungen
 Landwirtschaft
 Ind. Prozesse
 Straßenverkehr

94% des
 MFR-Potenzials



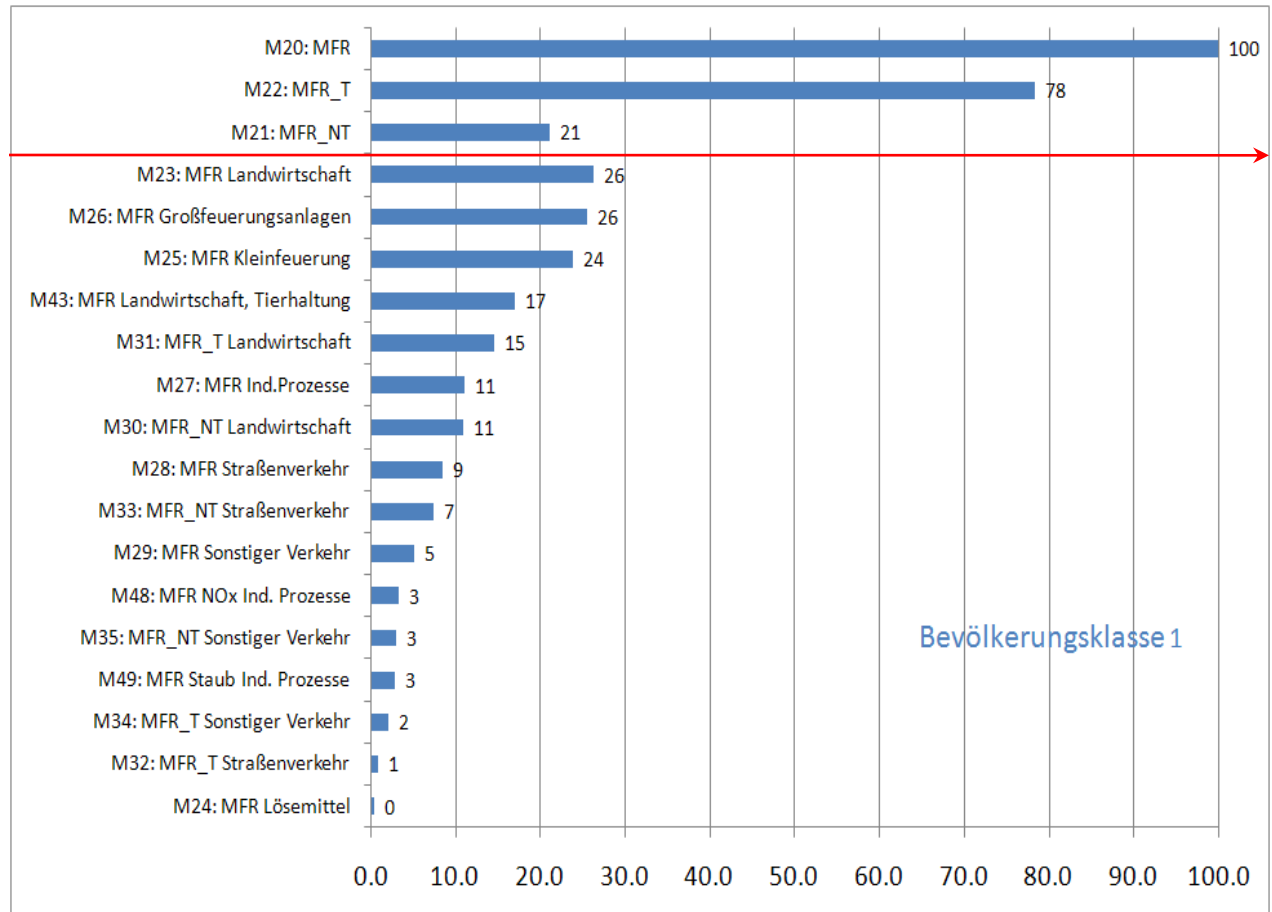
Bevölkerungsklasse 4

Ballungsräume

Anteile der MFR-Szenarien am PM10-Potenzial MFR gesamt

Rangfolge:
 Landwirtschaft
 Großfeuerungen
 Kleinfeuerungen
 Ind. Prozesse
 Straßenverkehr

96% des
 MFR-Potenzials



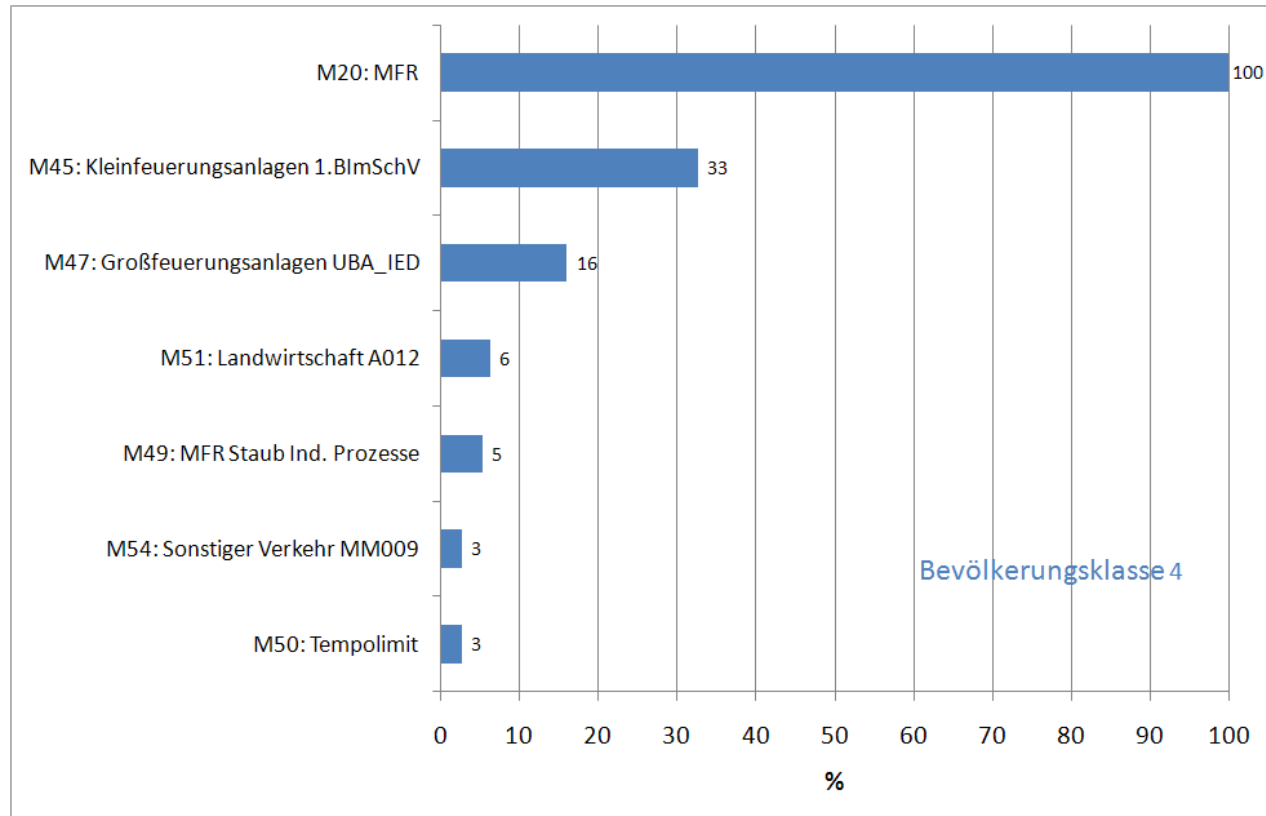
Bevölkerungsklasse 1

Ländliche Regionen

Anteile der pro VG wichtigsten Einzelmaßnahmen am PM10-Potenzial MFR gesamt

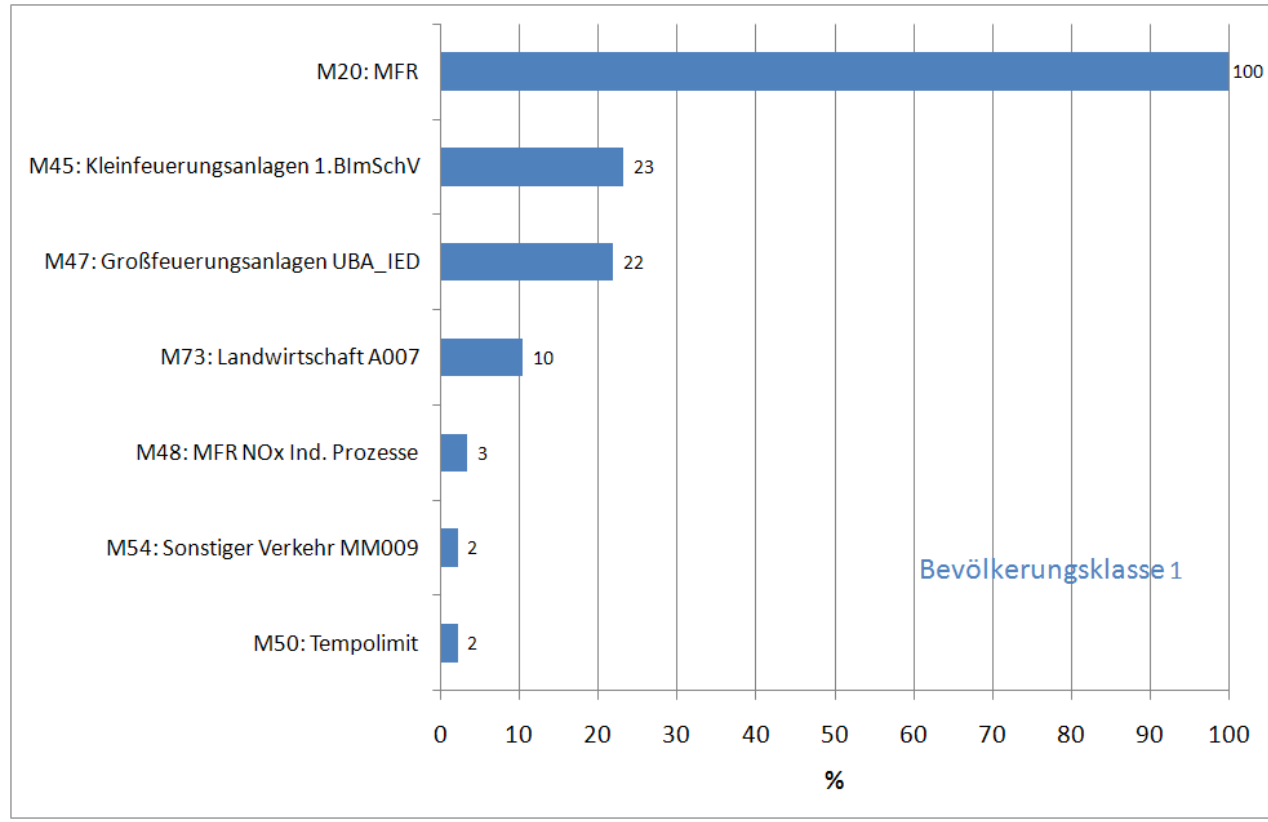
A012: Dünger nach Empfehlung, Verringerter Einsatz von Harnstoff-Dünger

MM009: Kerosinsteuer, Einbeziehung in den Emissionshandel



Diese Maßnahmen stellen circa 66% des MFR-Potenzials in Ballungsräumen

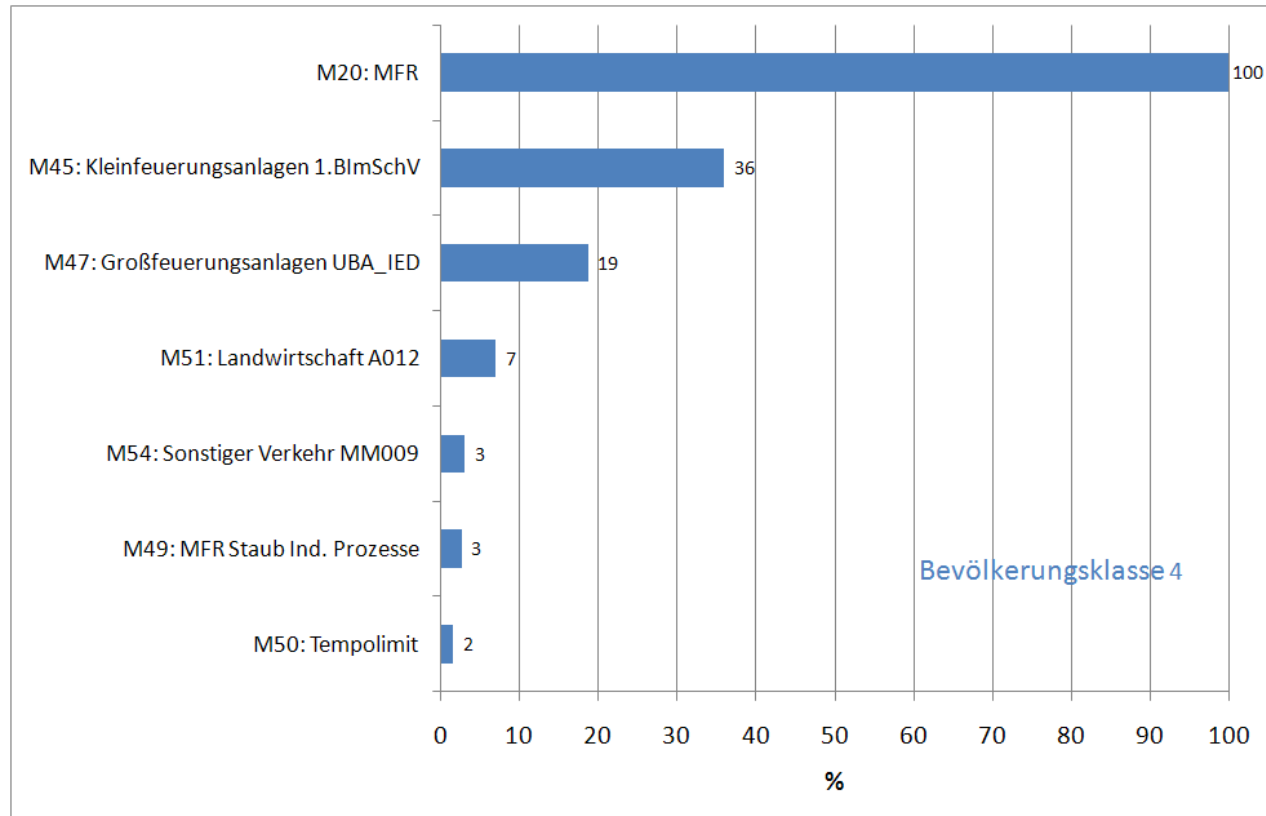
Anteile der pro VG wichtigsten Einzelmaßnahmen am PM10-Potenzial MFR gesamt



A007:
Abluftreinigungs-
anlagen in der
Schweinehaltung

Diese Maßnahmen stellen circa 62% des MFR-Potenzials in ländlichen Regionen

Anteile der pro VG wichtigsten Einzelmaßnahmen am PM2.5-Potenzial MFR gesamt



A012: Dünger nach Empfehlung, Verringerter Einsatz von Harnstoff-Dünger

MM009: Kerosinsteuer, Einbeziehung in den Emissionshandel

Bevölkerungsklasse 4

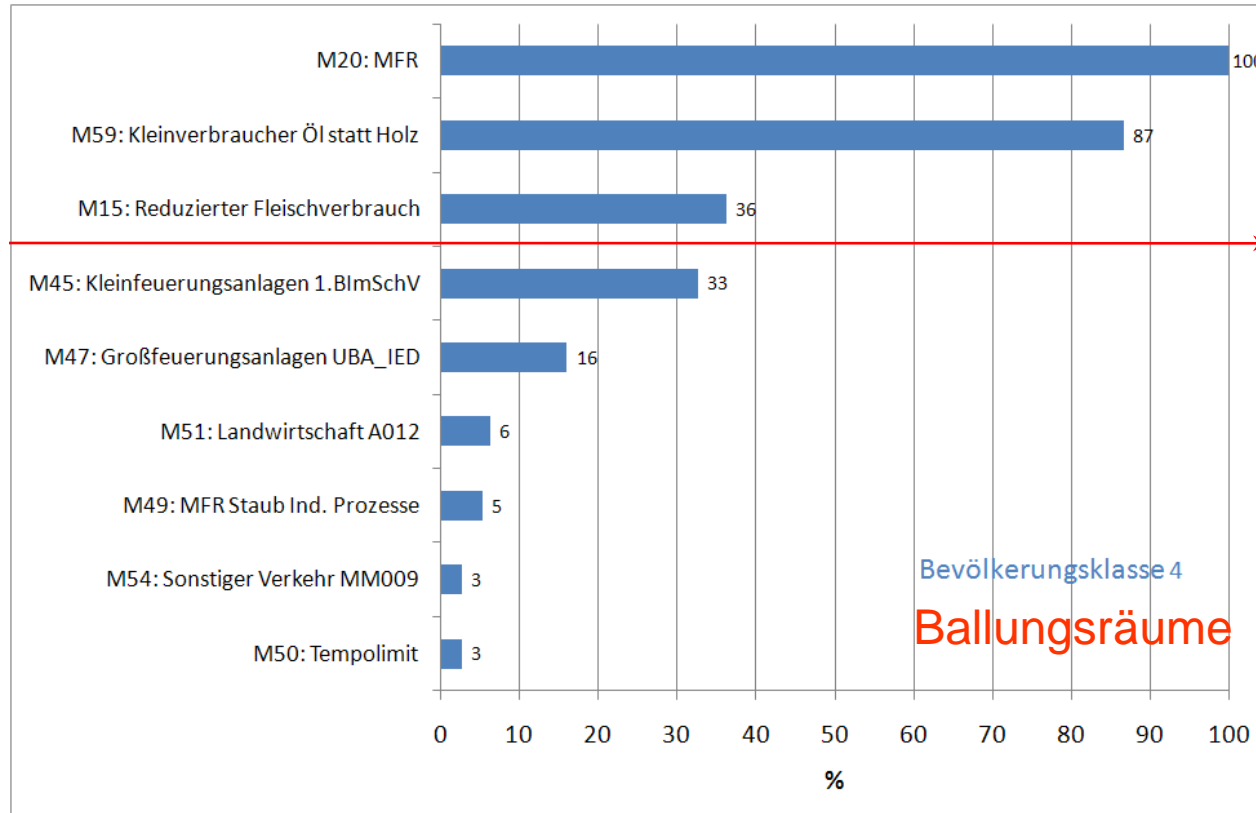
Diese Maßnahmen stellen circa 70% des MFR-Potenzials in Ballungsräumen

Kostenabschätzung PM10-Minderung (ausschließlich technische Kosten)

	Kosten	Minderung
M20: MFR	100%	100%
M45: Kleinfeuerungsanlagen 1.BImSchV	49%	30%
M47: Großfeuerungsanlagen UBA_IED	14%	18%
M51: Landwirtschaft A012	<1%	7%
M48: MFR Staub Ind. Prozesse	7%	5%
M54: Sonstiger Verkehr MM009	0%	3%
M50: Tempolimit	0%	3%
Summe	71%	66%

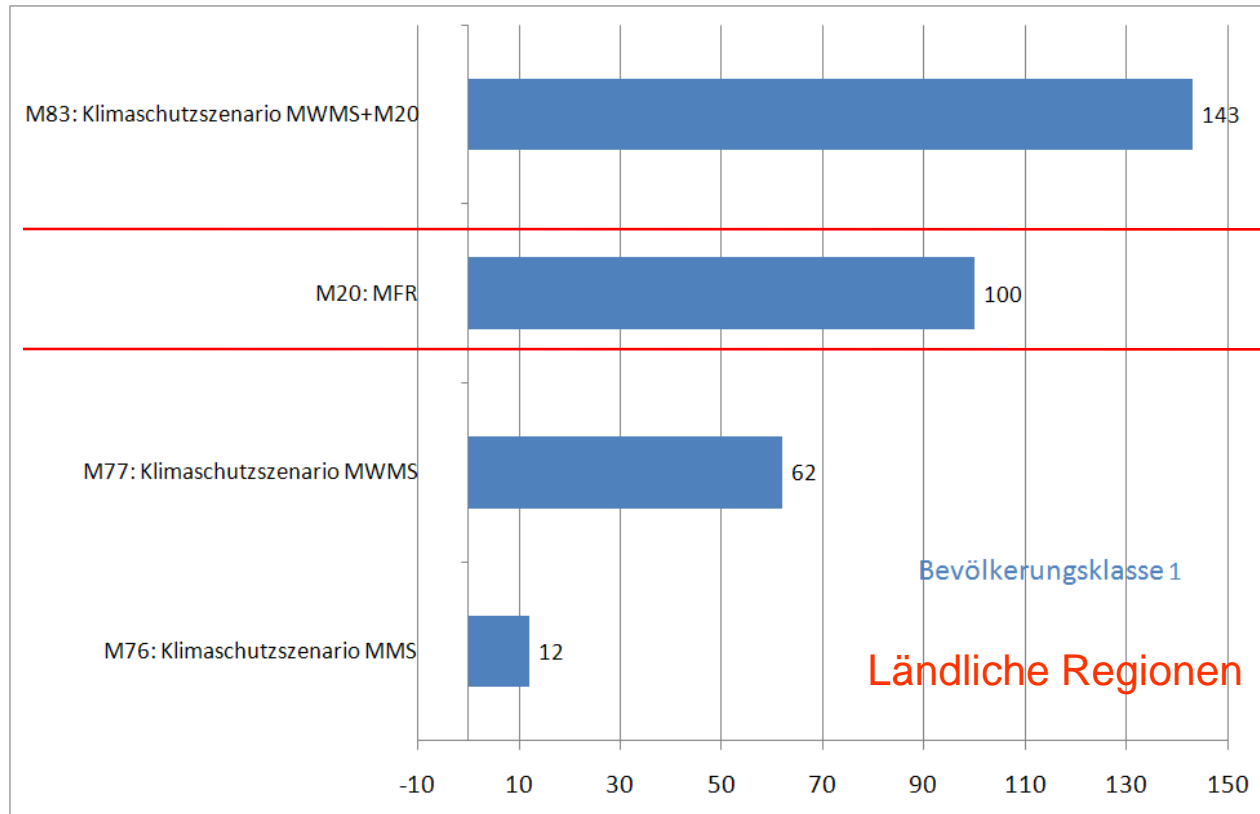
Deutschland:
MFR-Szenario M20 kostet circa 1.6 Milliarden Euro

PM10-Minderungspotenziale der hypothetischen Szenarien



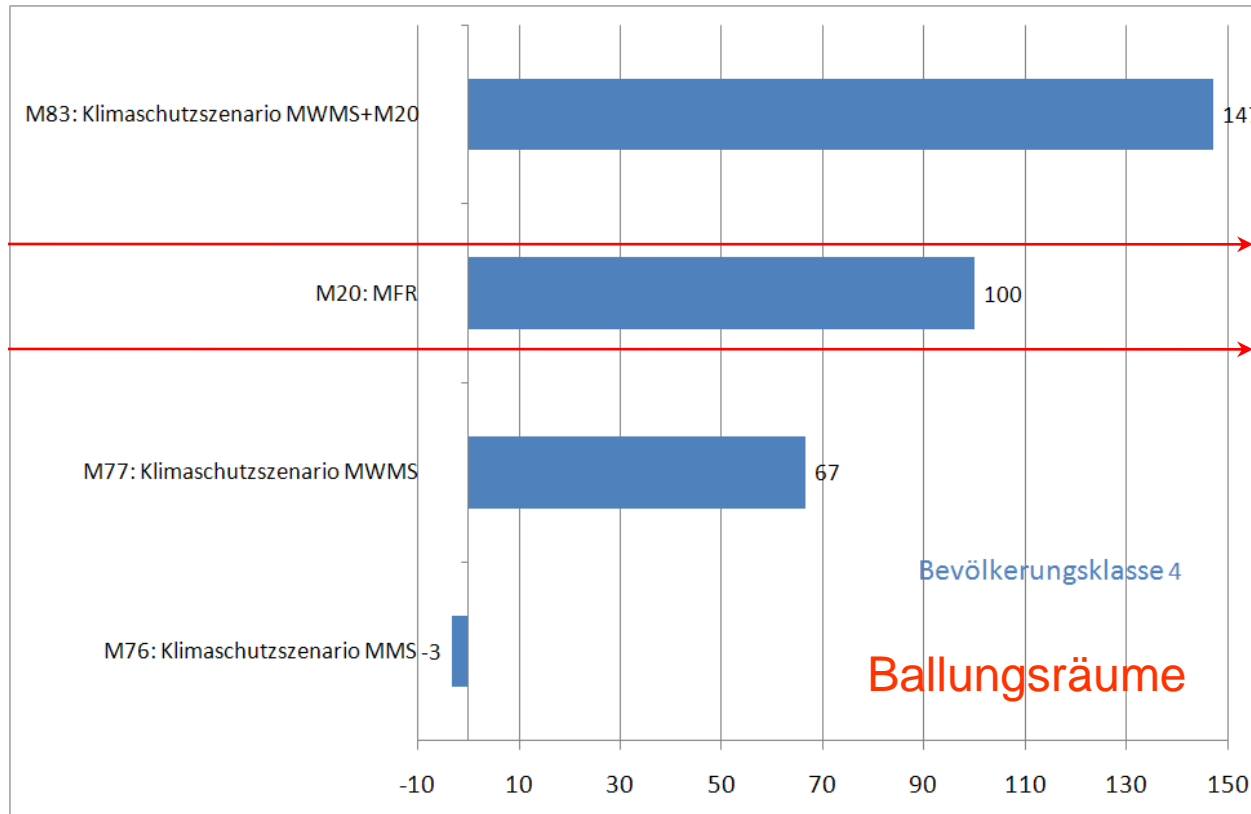
Ersatz der Holzfeuerungen durch Ölheizungen hat ein PM10-Minderungspotenzial von 87% des gesamten MFR-Szenarios

PM10-Minderungspotenzial der Klimaschutzszenarien relativ zum MFR-Szenario M20



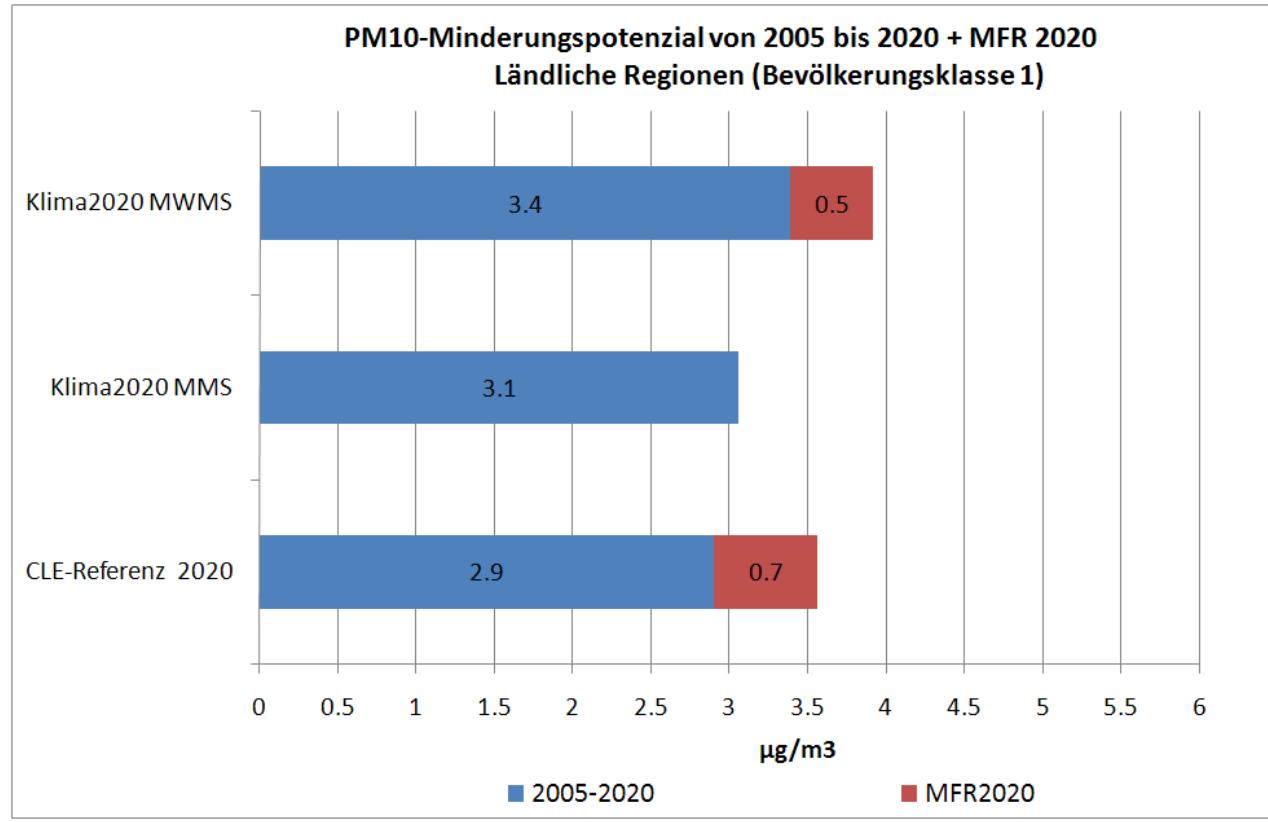
Das Klimaschutzszenario MWMS hat ein PM10-Minderungspotenzial
entsprechend
CLE 2020 + 62% MFR 2020

PM10-Minderungspotenzial der Klimaschutzszenarien relativ zum MFR-Szenario M20



Das Klimaschutzszenario MWMS hat ein PM10-Minderungspotenzial
entsprechend
CLE 2020 + 67% MFR 2020

Absolutes Minderungspotenzial Klimaschutzszenario MWMS+MFR

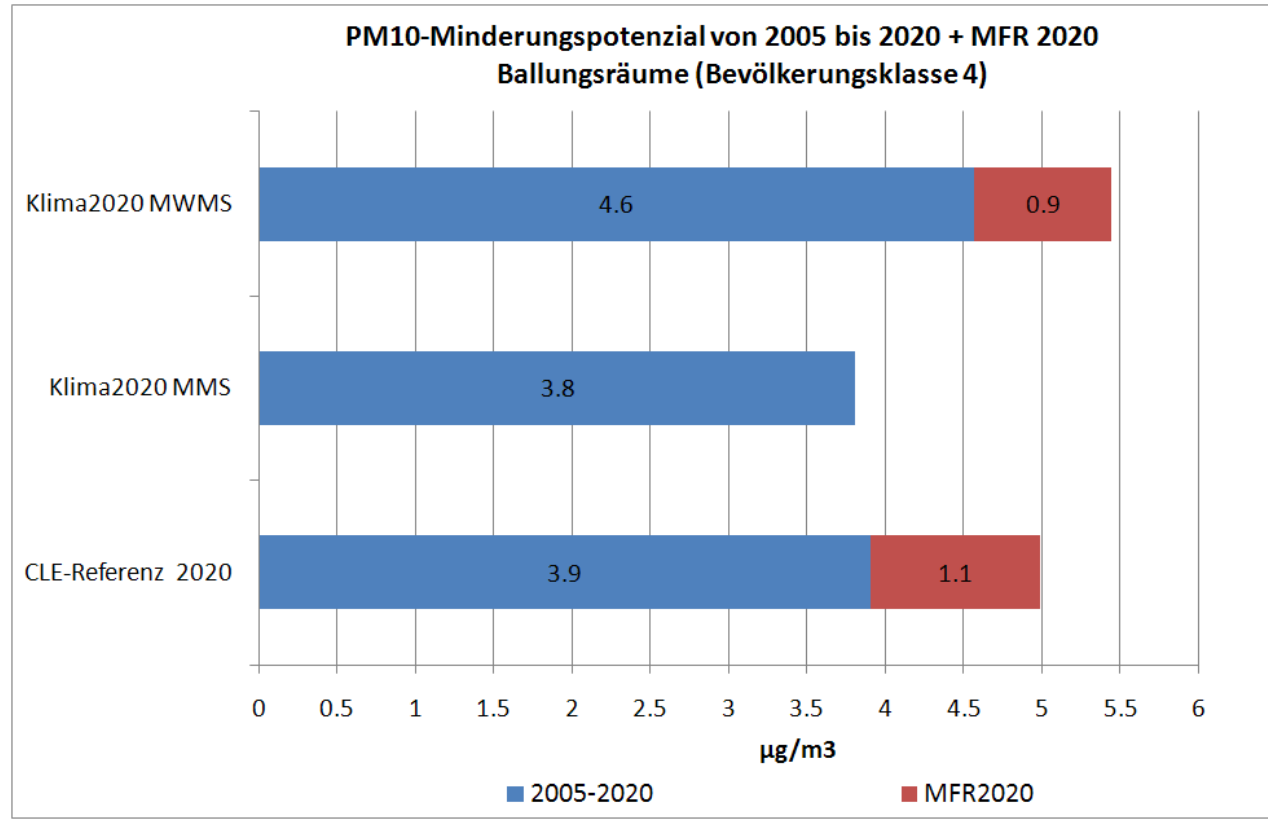


3.9 µg/m³

3.6 µg/m³

Ländliche Regionen

Absolutes Minderungspotenzial Klimaschutzszenario MWMS+MFR



5.5 µg/m³

5.0 µg/m³

Ballungsräume

MFR PM10-Minderungspotenzial relativ zum Potenzial der Referenz 2020

Potenzial	Ländlicher Hintergrund	Städtischer Hintergrund
<b style="color: red;">CLE-REFERENZ 2020	100%	100%
MFR	22%	28%
Klimaschutzszenario MWMS	14%	19%
Klimaschutzszenario MWMS+ MFR	32%	40%

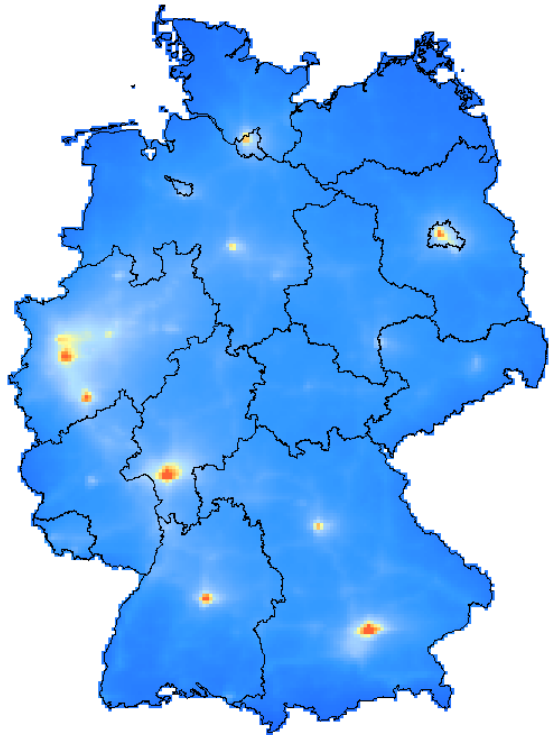
Das Klimaschutzszenario MWMS+MFR erhöht das PM10-Minderungspotenzial der Referenz 2020 um 32% (Land) bis 40% (Stadt)



NO₂

Absolute und relative Abnahmen der NO₂- Jahresmittelwerte bezogen auf die Referenz 2020

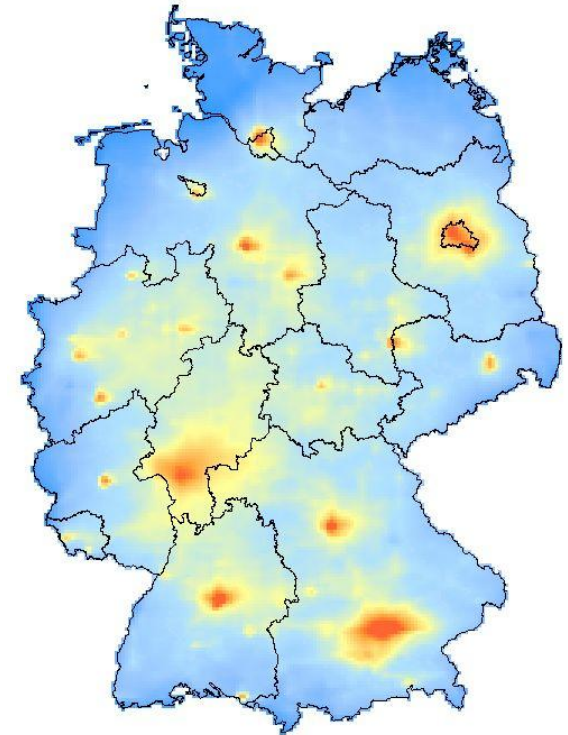
1.00 * <NO2_RS_M20_DF20_RT_F:JMW> - 1.00 * <NO2_RS_200_DF20_RT_F:JMW> [µg/m³]



[µg/m³]
 -5.00
 -4.00
 -3.00
 -2.00
 -1.00
 0.00
 MIN: -7.77
 MEAN: -0.75
 MAX: 0.00

Potenzial: 0-8 µg/m³

RelDiff% ((1.00 * NO2_RS_M20_DF20_RT_F:JMW), (1.00 * NO2_RS_200_DF20_RT_F:JMW)) [%]

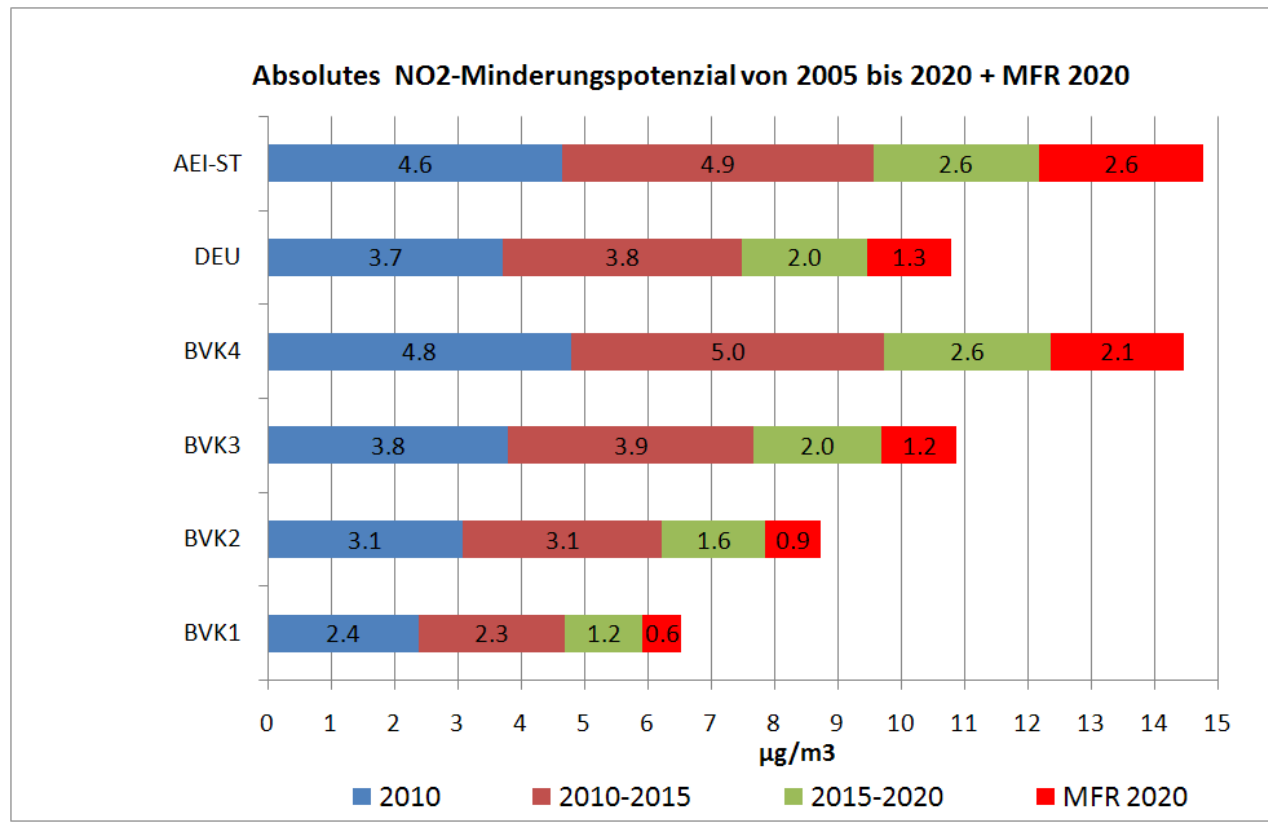


[%]
 -20.00
 -16.00
 -12.00
 -8.00
 -4.00
 0.00
 MIN: -23.98
 MEAN: -9.47
 MAX: 0.00

0-24%

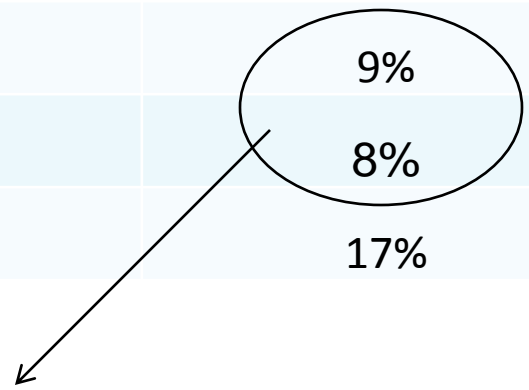
NO₂-Potenziale

2005-2010 2010-2015 2015-2020 2020+MFR



MFR NO₂-Minderungspotenzial relativ zum Potenzial der Referenz 2020

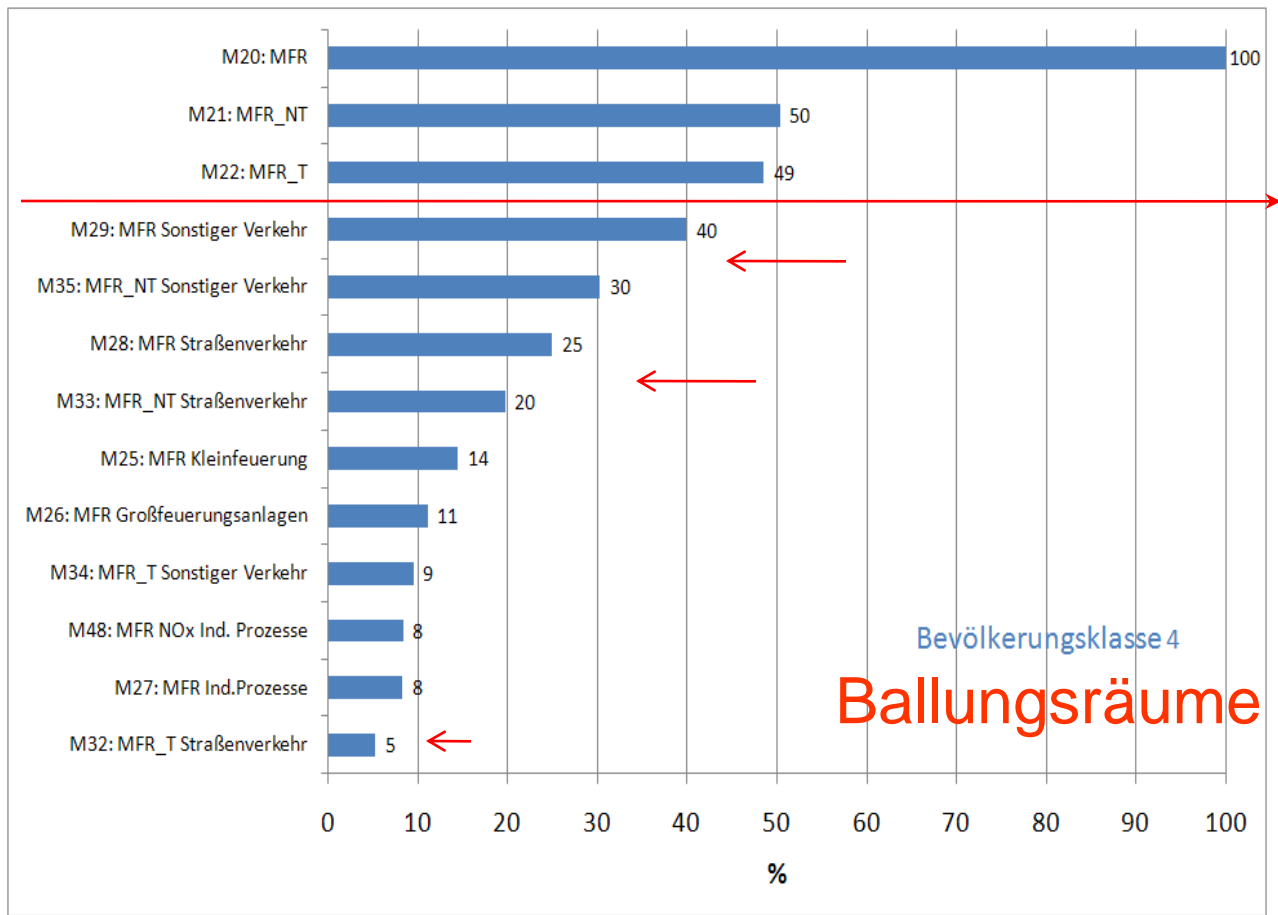
Potenzial	Ländlicher Hintergrund	Städtischer Hintergrund
REFERENZ 2020	100%	100%
MFR-NT	4%	9%
MFR-T	6%	8%
MFR	10%	17%



MFR-NT hat stärkere NO_x-Minderung bei Kfz als MFR-T !!

Das MFR-Szenario erhöht das NO₂-Minderungspotenzial der Referenz 2020 um 10% (Land) bis 17% (Stadt)

Anteile der MFR-Szenarien am NO₂-Potenzial MFR gesamt



Rangfolge:

- Sonst. Verkehr (NT)
- Straßenverkehr (NT)
- Kleinf Feuerungen
- Großfeuerungen

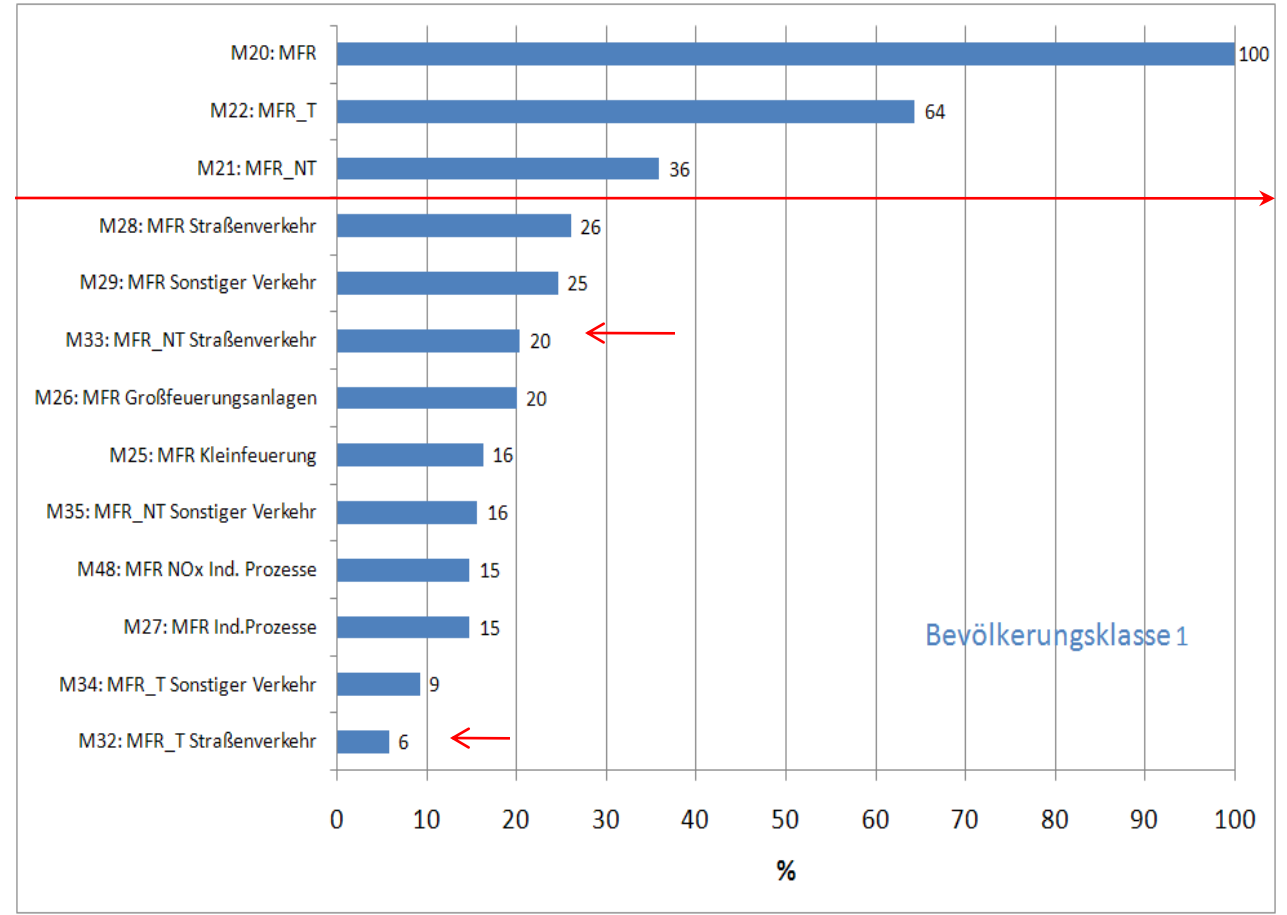
90% des MFR-Potenzials

Straßenverkehr: Weitere technische Maßnahmen spielen nur eine untergeordnete Rolle

Anteile der MFR-Szenarien am NO₂-Potenzial MFR gesamt

Rangfolge:
 Straßenverkehr
 Sonst. Verkehr
 Großfeuerungen
 Kleinfeuerungen

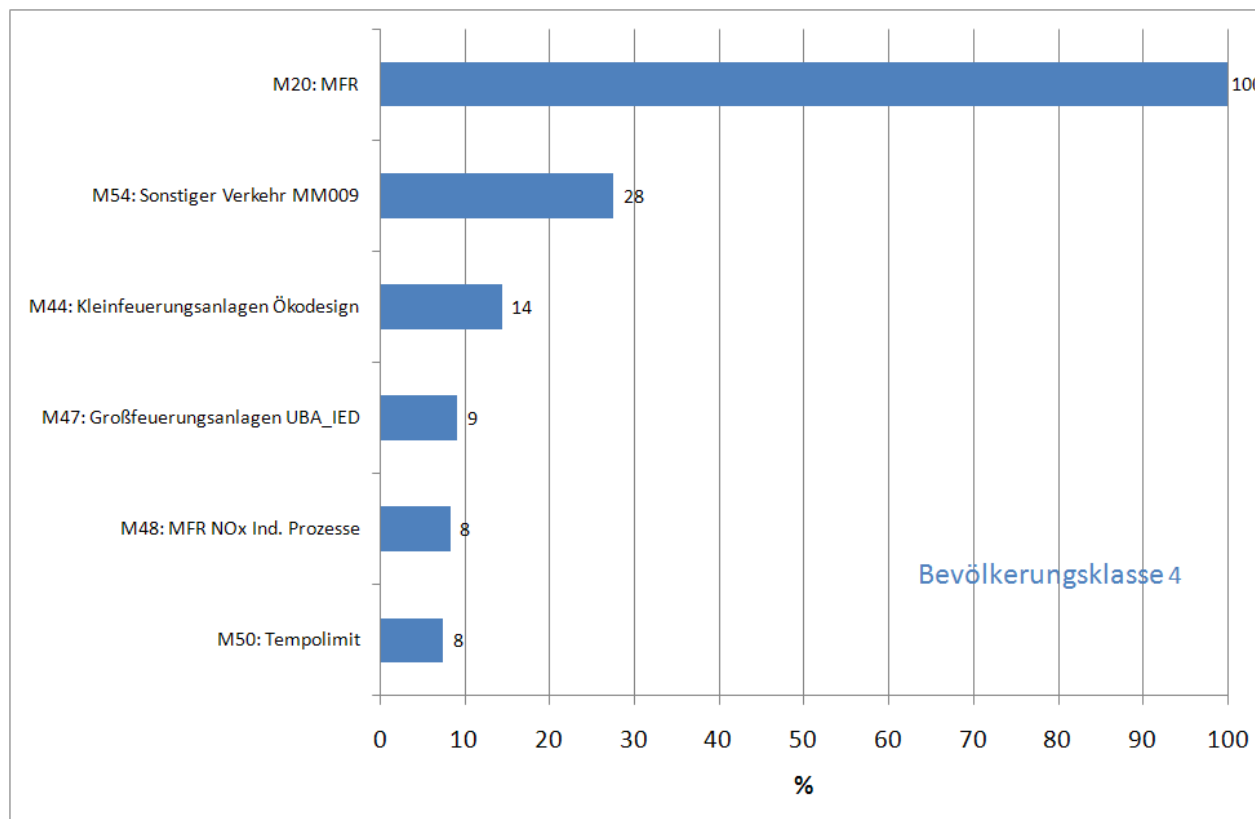
87% des
 MFR-Potenzials



Bevölkerungsklasse 1

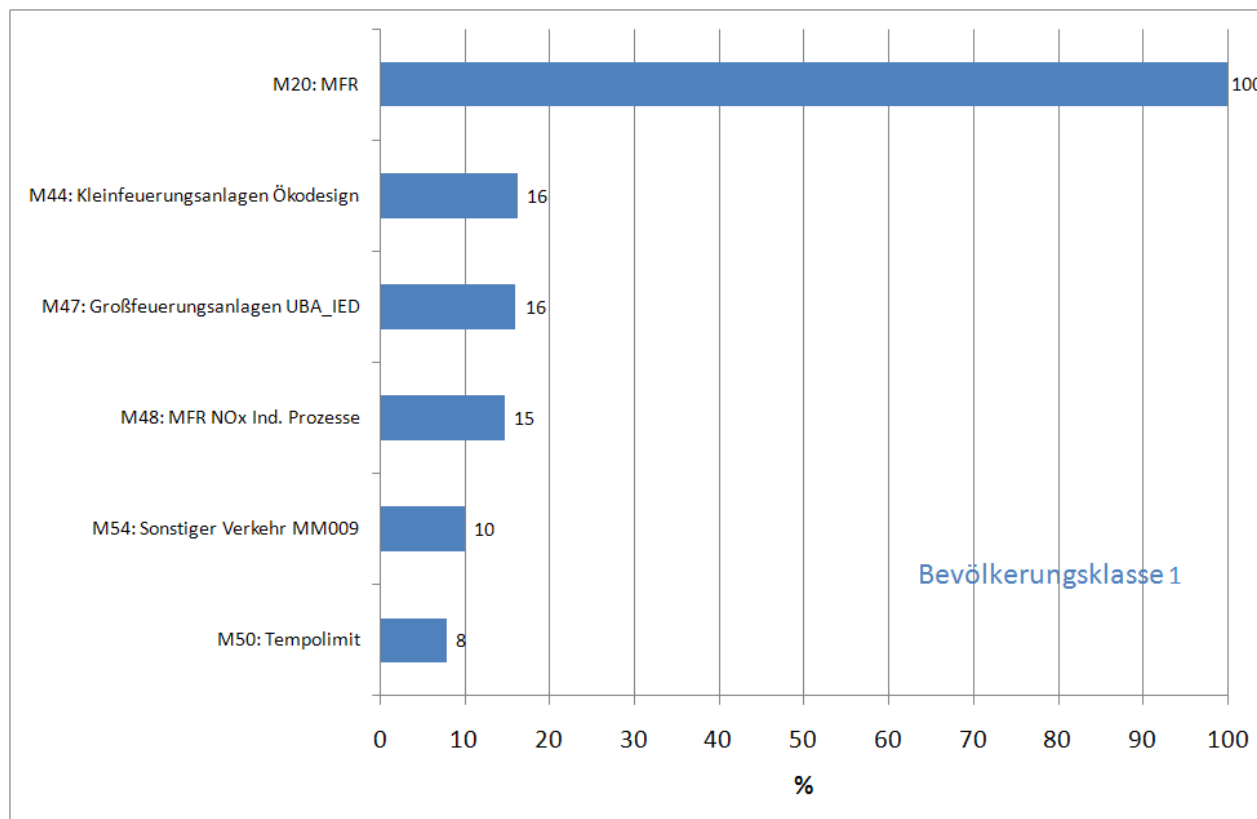
Ländliche Regionen

Anteile der pro VG wichtigsten Einzelmaßnahmen am NO₂-Potenzial MFR gesamt



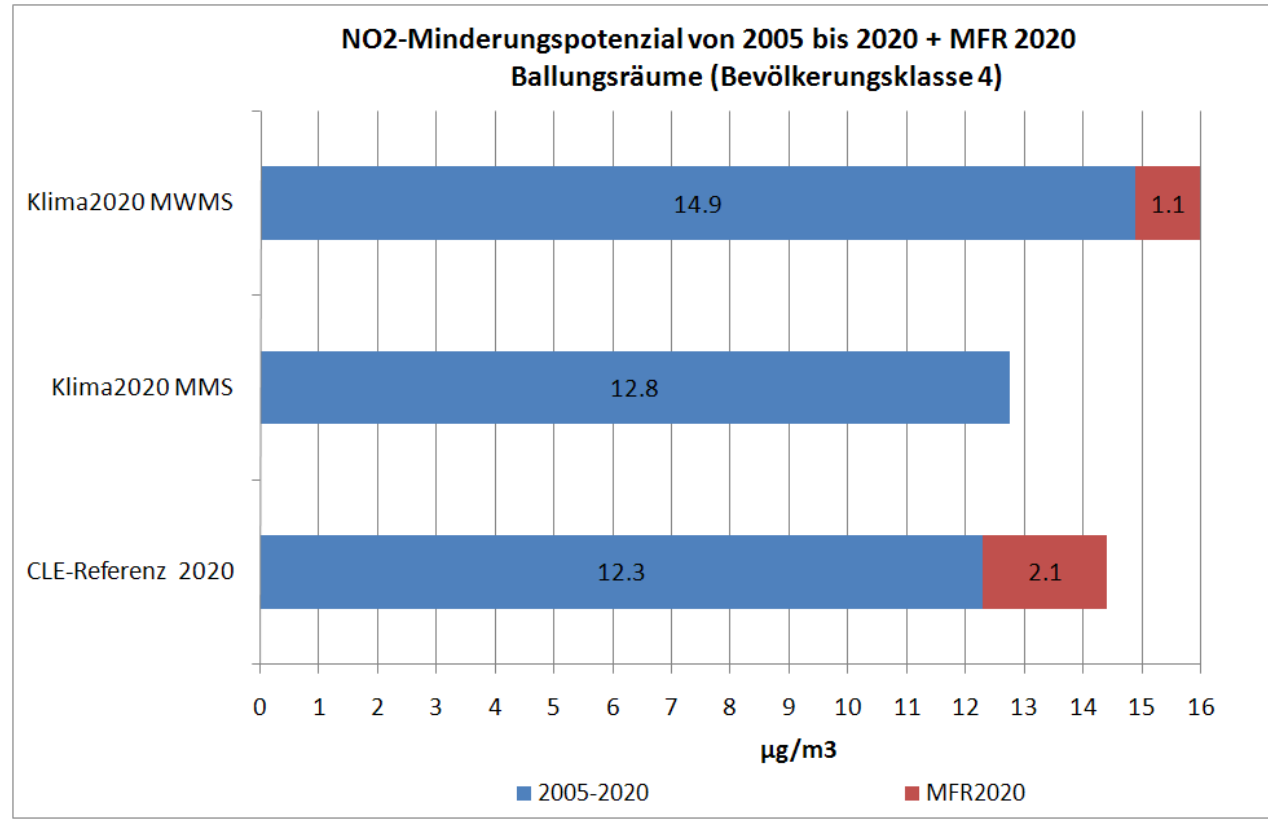
Diese Maßnahmen stellen circa 67% des MFR-Potenzials in Ballungsräumen

Anteile der pro VG wichtigsten Einzelmaßnahmen am NO₂-Potenzial MFR gesamt



Diese Maßnahmen stellen circa 65% des MFR-Potenzials in ländlichen Regionen

Absolutes NO₂-Minderungspotenzial Klimaschutzszenario MWMS+MFR



16.0 µg/m³

14.4 µg/m³

Ballungsräume

MFR NO₂-Minderungspotenzial relativ zum Potenzial der Referenz 2020

NO ₂ -Minderungspotenzial	Ländlicher Hintergrund	Städtischer Hintergrund
CLE-REFERENZ 2020	100%	100%
MFR	10%	17%
Klimaschutzszenario MWMS	13%	21%
Klimaschutzszenario MWMS+ MFR	20%	30%

Das Klimaschutzszenario MWMS+MFR erhöht das NO₂-Minderungspotenzial der Referenz 2020 um 20% (Land) bis 30% (Stadt)

Bandbreite der Verkehrsemissionen: TREMODO 4.17M vers. TREMOVE 2.7

- **PAREST-Standardverkehrsmodell: TREMOD 4.17**
modifiziert durch IER:
Emissions-Minderungen 2010-2020 durch Euro 5 & 6
(Pkw), EURO VI (Lkw) + Autobahnmaut: **TREMODO 4.17M**
- **TREMOVE 2.7:** Verkehrsmodell der Europäischen
Kommission

PM10

- Insgesamt geringe Unterschiede in den Immissionen
- Aber TREMOVE 2.7 liefert:**
- Höheren Anteil der Auspuffemissionen am Minderungspotenzial 2020
- Niedrigeren Anteil der Reifen/Bremsabriebemissionen am Minderungspotenzial 2020

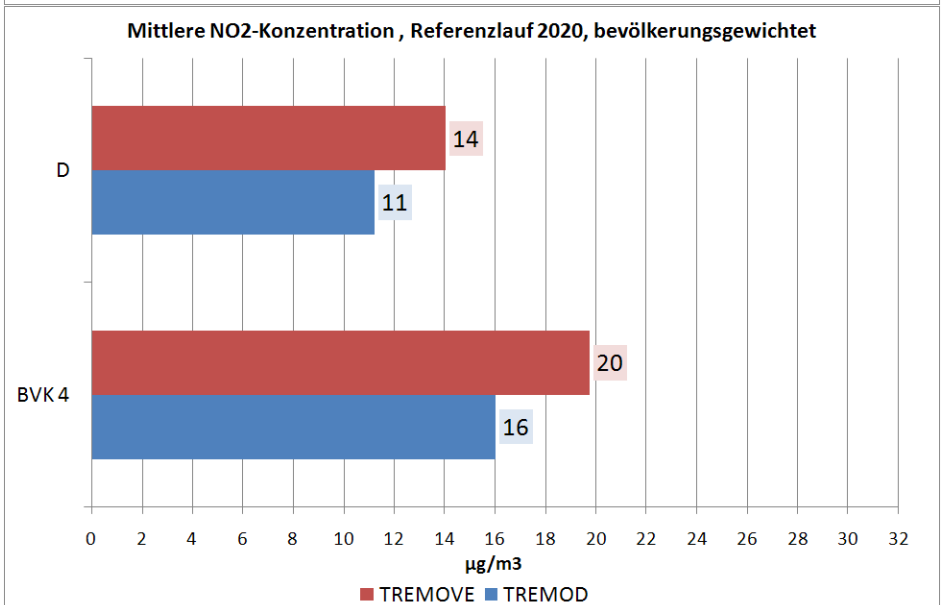
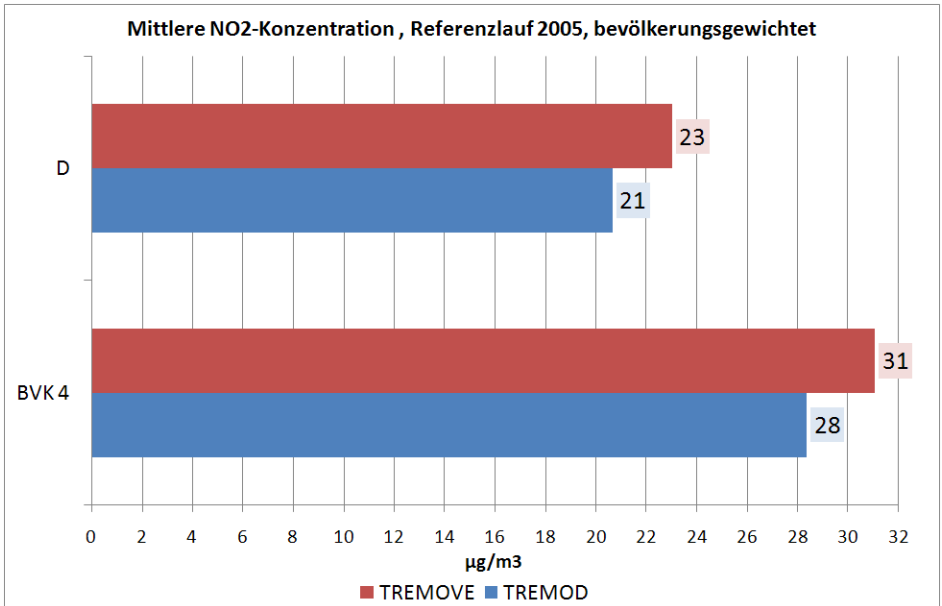
NO2

TREMOVE 2.7 liefert:

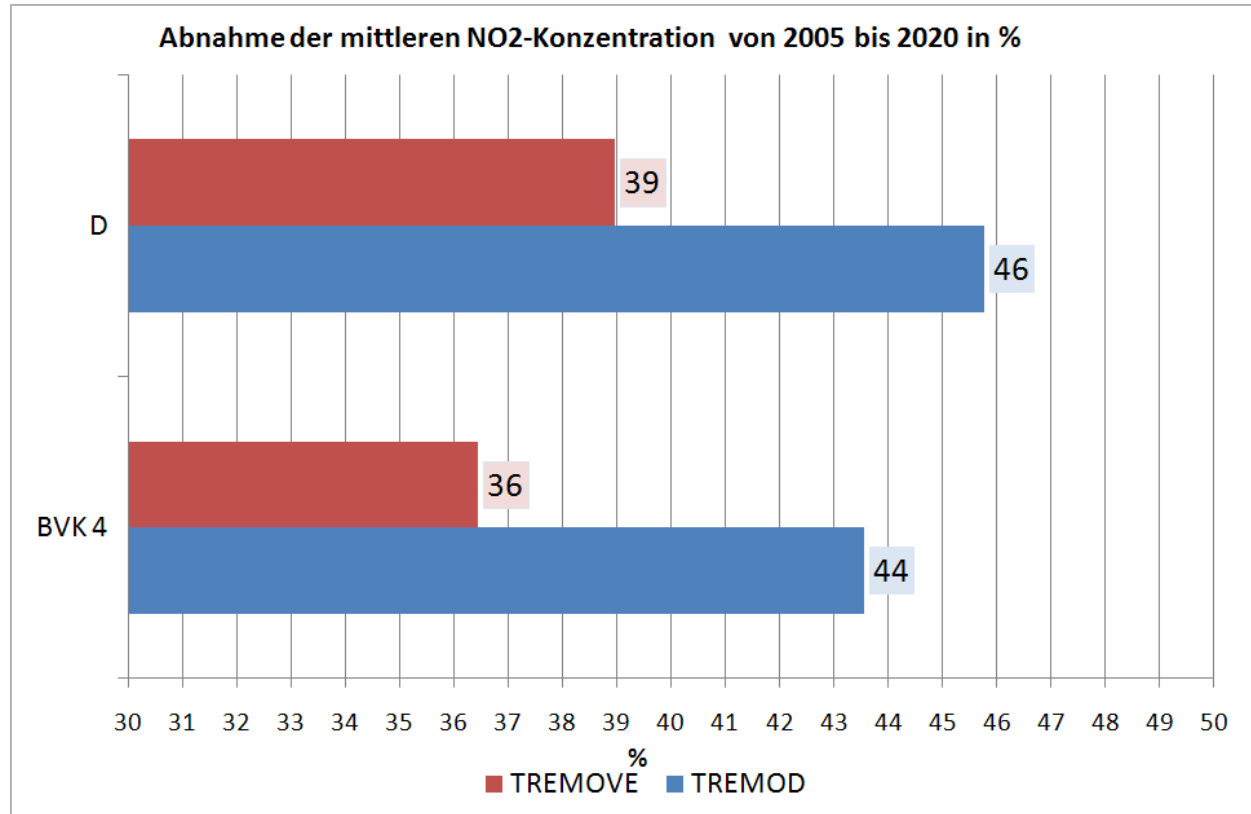
- Deutlich höhere NOx-Emissionen als TREMOD 4.17M
- Deutlich höheren Anteil des Straßenverkehrs am NO2-Minderungspotenzial 2020 als TREMOD 4.17M

Unterschiede NO₂-Jahresmittelwerte

TREMOVE 2.7 liefert deutlich höhere NO_x-Emissionen des Straßenverkehrs als TREMOD 4.17M sowohl für 2005 als auch für 2020



Mittlere NO₂-Konzentrationsabnahmen 2005 bis 2020



Die auf Basis von TREMOVE 2.7 prognostizierten Abnahmen der NO₂-Konzentrationen sind geringer als diejenigen auf Basis von TREMOD 4.17M

Anteil der Verkehrsemissionen am Beitrag der deutschen Emissionen zu den NO₂-Jahresmittelwerten der Referenz 2020

	Bevölkerungsklasse 1	Bevölkerungsklasse 4
TREMOD 4.17M	23%	27%
TREMOD 5.04	31%	35%
TREMOVE 2.7	41%	42%

Maßnahmen im Verkehrssektor hätten auf Basis von
TREMOVE 2.7 eine
deutlich höhere immissionsseitige Wirkung als auf Basis von
TREMODO 4.17M

Grenzwertdiskussion

**Was bedeuten die weiterführenden
Maßnahmen für die
Grenzwertdiskussion?**

PM10-Kurzfristgrenzwert

Meteorologische Referenz 2005

max. Anzahl von Überschreitungstagen: 80 -90

**Verletzungen des PM10-Kurzfristgrenzwertes in 2020
(mehr als 35 Überschreitungstage) an Stationen mit**

- **CLE 2020: mehr als circa 55 Ü-Tage in 2005**
- **CLE2020 + MFR: mehr als circa 65 Ü-Tage in 2005**
- **KLIMASCHUTZ MWMS: mehr als circa 70 Ü-Tage in 2005**
- **KLIMASCHUTZ MWMS + MFR: KEINE**

Meteorologische Referenz 2003
max. Anzahl von Überschreitungstagen: 120-130

**Verletzungen des PM10-Kurzfristgrenzwertes in 2020
(mehr als 35 Überschreitungstage) an Stationen mit**

- **CLE 2020: mehr als circa 65 Ü-Tage in 2005**
- **CLE2020 + MFR: mehr als circa 70 Ü-Tage in 2005**
- **KLIMASCHUTZ MWMS: mehr als circa 75 Ü-Tage in 2005**
- **KLIMASCHUTZ MWMS + MFR: mehr als circa 80 Ü-Tage in 2005**

In immissionsklimatologisch ungünstigen Jahren wird der PM10-Kurzfristgrenzwert auch nach 2020 selbst bei Verwirklichung der schärfsten Minderungsmaßnahmen nicht überall einzuhalten sein

Grenzwertverletzungen NO₂-Jahresmittelwert

2005: 68 Stationen mit Grenzwertverletzung	Grenzwertverletzung CLE-2015 Stationsanzahl	Grenzwertverletzung CLE-2020 Stationsanzahl
PAREST-TREMOD 4.17M	6	1
PAREST-TREMOVE 2.6	26	5
IFEU-TREMOD *)	30	17

Auf Basis von TREMOD 4.17M reicht CLE2020+MFR zur Einhaltung des NO₂-Grenzwerts

*)andere Annahmen der Hintergrundentwicklung, der Entwicklung der Verkehrsemissionen nach Dünnebeil u. Lambrecht, 2007

Zusammenfassung:

Verursachergruppenspezifisches MFR-Minderungspotenzial relativ zum Potenzial des umfassenden MFR-Szenarios

BALLUNGSRÄUME

PM10	PM25	NO2
Kleinfeuerungen 33%	Kleinfeuerungen 36%	Sonst. Verkehr 40%
Großfeuerungen 23%	Großfeuerungen 26%	Straßenverkehr 25% ^{*)}
Landwirtschaft 16%	Landwirtschaft 15%	Kleinfeuerungen 14%

LÄNDLICHE REGIONEN

PM10	PM25	NO2
Landwirtschaft 26%	Großfeuerungen 29%	Straßenverkehr 26%
Großfeuerungen 26%	Kleinfeuerungen 26%	Sonst. Verkehr 25%
Kleinfeuerungen 25%	Landwirtschaft 22%	Großfeuerungen 25%

^{*)} Auf Basis von TREMOD 2.7 würde der Straßenverkehr auch in Ballungsräumen den größten Beitrag zum MFR-Minderungspotenzial liefern

Zusammenfassung:

Wichtigste Einzelmaßnahmen (keine MFR-Maßnahmen) in Ballungsräumen

PM10/PM2.5	NO2
M45: Kleinf Feuerungen 1. BIMSchV-Novellierung	M54: Sonst. Verkehr MM009
M47: Großfeuerungen , UBA-IED-Novellierung	M44: Kleinf Feuerungen, Ökodesign
M51: Landwirtschaft A0012	M47: Großfeuerungen, UBA-IED-Novellierung M50: Tempolimit*)
M73: Landwirtschaft A007	M53: Straßenverkehr V0012*) (Nachrüsten von Nutzfahrzeugen mit SCR)

*) Auf Basis von TREMOD 2.7 würde der Straßenverkehr höhere Beiträge zum MFR-Minderungspotenzial liefern

**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit**