

TEXTE

48/2013

Beschreibung der Minderungsmaßnahmen im Projekt PAREST

Maßnahmenblätter

UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES
BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT,
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT

Forschungskennzahl 206 43 200/01
UBA-FB 001524/ANH,8

Beschreibung der Minderungsmaßnahmen im Projekt PAREST – Maßnahmenblätter

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

von

**Jochen Theloke
Ulrike Kugler
Tatjana Kampffmeyer
Melinda Uzbasich
Alexandra Kuhn**

Universität Stuttgart, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle
Energieanwendung (IER), Stuttgart

Ulrich Dämmgen

Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI), Braunschweig

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

UMWELTBUNDESAMT

Diese Publikation ist ausschließlich als Download unter
<http://www.uba.de/uba-info-medien/4523.html>
verfügbar.

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

ISSN 1862-4804

Durchführung der Studie:	Universität Stuttgart Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER) Heßbrühlstr. 49a 70565 Stuttgart
Abschlussdatum:	Juli 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

Inhaltsübersicht

1	EINLEITUNG	14
2	IDENTIFIZIERUNG UND CHARAKTERISIERUNG DER AUSGEWÄHLTEN MAßNAHMEN	15
2.1	Identifizierung der ausgewählten Maßnahmen	15
2.2	Charakterisierung der ausgewählten Maßnahmen	15
2.3	Methode zur Berechnung der Kosten der Maßnahmen	15
3	STATIONÄRE FEUERUNGSANLAGEN	17
3.1	Kleinfeuerungsanlagen	17
3.1.1	Verschärfung der Emissionsgrenzwerte für NO _x bei gasbefeuer- ten Kleinfeuerungsanlagen im Rahmen der geplanten Novellierung der 1. BImSchV ..	25
3.1.2	Verschärfung der Emissionsgrenzwerte für NO _x bei gasbefeuer- ten Kleinfeuerungsanlagen im Rahmen der geplanten Ökodesign-Richtlinie	27
3.1.3	Verschärfung der Emissionsgrenzwerte für Staub bei Kleinfeuerungsanlagen mit festen Brennstoffen im Rahmen der geplanten Novellierung der 1. BImSchV	29
3.1.4	Verschärfung der Emissionsgrenzwerte für NO _x bei ölbefeuer- ten Kleinfeuerungsanlagen im Rahmen der geplanten Novellierung der 1. BImSchV ..	32
3.1.5	Verschärfung der Emissionsgrenzwerte für NO _x bei ölbefeuer- ten Kleinfeuerungsanlagen im Rahmen der geplanten Ökodesign-Richtlinie	34
3.1.6	Zusammenfassung der Ergebnisse für Kleinfeuerungsanlagen	36
3.2	Großfeuerungsanlagen	37
3.2.1	Verschärfung des NO _x -Emissionsgrenzwertes für Großfeuerungsanlagen	45
	> 50 MW im Rahmen der Novellierung der 13. BImSchV	45
3.2.1.1	Verschärfung des NO _x -Emissionsgrenzwertes für	
	kohlegefeuerten Großfeuerungsanlagen >50 MW im Rahmen	
	der Novellierung der 13. BImSchV.....	46
3.2.1.2	Absenkung des NO _x -Grenzwertes für erdgasbefeuerte Gasturbinen	
	> 50 MW im Rahmen der Novellierung der 13. BImSchV.....	51
3.2.2	Verschärfung des NO _x -Emissionsgrenzwertes bei kohlegefeuerten Großfeuerungsanlagen 50-100 MW im Rahmen der geplanten IED-Richtlinie	52
3.2.3	Verschärfung des NO _x -Emissionsgrenzwertes bei kohlegefeuerten Großfeuerungsanlagen > 100 MW FWL im Rahmen der geplanten IED-Richtlinie	54
3.2.4	Vorschläge des UBA zur Verschärfung des NO _x -Emissionsgrenzwertes bei kohlegefeuerten Großfeuerungsanlagen 50-100 MW im Rahmen der geplanten Novellierung der IED-Richtlinie.	60
3.2.5	Vorschläge des UBA zur Verschärfung des NO _x -Emissionsgrenzwertes bei kohlegefeuerten Großfeuerungsanlagen > 100 MW im Rahmen der geplanten Novellierung der IED-Richtlinie.	62

3.2.6	Verschärfung des Staub-Emissionsgrenzwertes bei kohlegefeuerten Großfeuerungsanlagen 50-100 MW im Rahmen der geplanten Novellierung der IED-Richtlinie	67
3.2.7	Verschärfung des Staub-Emissionsgrenzwertes bei kohlegefeuerten Großfeuerungsanlagen > 100 MW im Rahmen der geplanten Novellierung der IED-Richtlinie	68
3.2.8	Vorschläge des UBA zur Verschärfung des Staub-Emissionsgrenzwertes bei kohlegefeuerten Großfeuerungsanlagen 50-100 MW im Rahmen der geplanten Novellierung der IED-Richtlinie	70
3.2.9	Vorschläge des UBA zur Verschärfung des Staub-Emissionsgrenzwertes bei kohlegefeuerten Großfeuerungsanlagen > 100 MW im Rahmen der geplanten Novellierung der IED-Richtlinie	71
3.2.10	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	72
3.2.11	Verschärfung des SO ₂ -Emissionsgrenzwertes bei kohlegefeuerten Großfeuerungsanlagen 50-100 MW im Rahmen der geplanten Novellierung der IED-Richtlinie	81
3.2.12	Verschärfung des SO ₂ -Emissionsgrenzwertes bei kohlegefeuerten Großfeuerungsanlagen > 100 MW im Rahmen der geplanten Novellierung der IED-Richtlinie	83
3.2.13	Vorschläge des UBA zur Verschärfung des SO ₂ -Emissionsgrenzwertes bei kohlegefeuerten Großfeuerungsanlagen 50-100 MW im Rahmen der geplanten Novellierung der IED-Richtlinie	89
3.2.14	Vorschläge des UBA zur Verschärfung des SO ₂ -Emissionsgrenzwertes bei kohlegefeuerten Großfeuerungsanlagen > 100 MW im Rahmen der geplanten Novellierung der IED-Richtlinie	91
3.2.15	Verschärfung des NO _x -Emissionsgrenzwertes für Erdgaskesself Feuerungen > 50 MW im Rahmen der geplanten Novellierung der IED-Richtlinie	96
3.2.16	Absenkung des NO _x -Emissionsgrenzwertes auf 20 mg/Nm ³ im Jahresmittel für Erdgaskesself Feuerungen > 50 MW	98
3.2.17	Verschärfung des NO _x -Emissionsgrenzwertes für erdgasgefeuerte Gasturbinen > 50 MW im Rahmen der geplanten Novellierung der IED-Richtlinie	100
3.2.18	Vorschläge des UBA zur Verschärfung des NO _x -Emissionsgrenzwertes für erdgasgefeuerte Gasturbinen > 50 MW im Rahmen der geplanten Novellierung der IED-Richtlinie	102
3.2.19	Verschärfung des SO ₂ -Emissionsgrenzwertes bei Ölkesself Feuerungen > 50 MW im Rahmen der geplanten Novellierung der IED-Richtlinie	104
3.2.20	Vorschläge des UBA zur Verschärfung des SO ₂ -Emissionsgrenzwertes bei Ölkesself Feuerungen > 50 MW im Rahmen der geplanten Novellierung der IED-Richtlinie	105

3.2.21 Zusammenfassung der Ergebnisse für Großfeuerungsanlagen	108
4 INDUSTRIE- UND PRODUKTIONSPROZESSE.....	110
4.1 Auswirkungen der Novellierung der 17. BImSchV auf die NO _x - Emissionen aus der Zementindustrie	114
4.1.1 Absenkung des NO _x -Emissionsgrenzwertes für Neuanlagen und wesentlich geänderte Anlagen zur Herstellung von Zement im Rahmen der novellierten 17. BImSchV	116
4.2 Absenkung des NO _x -Emissionsgrenzwertes auf < 200 mg/Nm ³ für alle Anlagen zur Herstellung von Zement.....	118
4.3 Absenkung des NO _x -Emissionswertes auf < 500 mg/Nm ³ für Anlagen zur Herstellung von Glas.....	120
4.4 Absenkung des NO _x -Emissionswertes auf < 100 mg/Nm ³ für Sinteranlagen	123
4.5 Absenkung des NO _x -Emissionswertes auf < 200 mg/Nm ³ für Anlagen zur Herstellung von Walzstahl.....	125
4.6 Absenkung des SO ₂ -Emissionswertes auf < 100 mg/Nm ³ für Sinteranlagen	127
4.7 Reduktion der SO ₂ -Emissionen bei der Schwefelsäureherstellung durch sekundäre Abgasreinigungseinrichtungen bei Doppelkontaktanlagen	129
4.8 Absenkung des Emissionsgrenzwertes für Staub auf 10 mg/Nm ³ für alle Anlagen zur Herstellung von Zement.....	131
4.9 Absenkung des Emissionsgrenzwertes für Staub auf < 10 mg/Nm ³ für alle Anlagen zur Herstellung von Glas.....	134
4.10 Absenkung des Emissionswertes für Staub auf < 10 mg/Nm ³ für Sinteranlagen	137
4.11 Absenkung des NH ₃ -Emissionsgrenzwertes auf < 45 mg/Nm ³ für alle Anlagen zur Herstellung von stickstoffhaltigen Düngemitteln	139
4.12 Zusammenfassung der Ergebnisse für Industrie- und Produktionsprozesse.....	140
5 LÖSEMITTELANWENDUNGEN	143
5.1 Reduktion der NMVOC-Emissionen aus Aerosolspray-Anwendungen.....	144
5.2 Reduktion der NMVOC-Emissionen im Bogenoffsetdruck.....	145
5.3 Reduktion der Emissionen aus Oberflächenreinigungsprozessen.....	146
5.4 Reduktion der NMVOC-Emissionen aus dem Maschinenbau	147
5.5 Reduktion der NMVOC-Emissionen im Schreinerhandwerk.....	148
5.6 Maßnahmen zur Reduktion der NMVOC-Emissionen im Siebdruck.....	149
5.7 Zusammenfassung der Ergebnisse für Lösemittelanwendungen	150
6 STRAßENVERKEHR.....	151
6.1 Grenzwert für Verdunstungsemissionen bei motorisierten Zweirädern	153
6.2 Förderung der Nachrüstung von Pkw mit Dieselpartikelfiltern	154
6.3 Tempolimit von 120 km/h auf Bundesautobahnen.....	155

6.4	Tempolimit von 80 km/h auf Bundesstraßen.....	156
6.5	Angleichung der Mineralölsteuer von Diesel an Ottokraftstoff	157
6.6	Gebietsbezogene Verkehrsverbote für bestimmte Fahrzeuggruppen (Umweltzonen)	159
6.7	Tempolimit innerorts	165
6.8	Verlagerung von Pkw-Fahrten innerorts aufs Fahrrad	166
6.9	Förderprogramm zum kraftstoffsparenden Fahren	168
6.10	Förderung der Nutzung von Leichtlaufölen	170
6.11	Förderung der Nutzung von Leichtlaufreifen.....	171
6.12	Nachrüstung von schweren Nutzfahrzeugen mit SCR.....	172
6.13	Zusammenfassung der Ergebnisse für den Straßenverkehr	174
7	MOBILE MASCHINEN	176
7.1	Fortschreibung der Grenzwerte für mobile Maschinen und Geräte (Dieselmotoren)..	177
7.2	Fortschreibung der Grenzwerte für mobile Maschinen und Geräte (Ottomotoren).....	178
7.3	Grenzwerte für Flüssiggasmotoren > 18kW in mobilen Maschinen.....	179
7.4	Grenzwert für Verdunstungsemissionen bei mobilen Maschinen	180
7.5	Nutzungsbeschränkungen für hoch emittierende Baumaschinen in innerstädtischen Gebieten	181
7.6	Weiterentwicklung der Grenzwerte für Diesellokomotiven.....	183
7.7	Differenzierung der Trassenpreise im Schienenverkehr	185
7.8	Weiterentwicklung der Grenzwerte in der Binnenschifffahrt	186
7.9	Kosteninternalisierung im Flugverkehr (Kerosinsteuer und Einbeziehung in den Emissionshandel).....	188
7.10	Emissionsabhängige Landeentgelte im Flugverkehr	190
7.11	Zusammenfassung der Ergebnisse für mobile Maschinen	191
8	LANDWIRTSCHAFT	193
8.1	Anpassung der Milcheiweiß-Gehalte an ein verändertes Verbraucherverhalten	193
8.2	Verkürzung der Mastdauer bei Mastbullen	194
8.3	Verkürzung der Mastdauer bei Mastschweinen	194
8.4	Verkürzung der Mastdauer bei Masthähnchen und -hühnchen	195
8.5	Verringerter Aufenthalt im Stall - Verlängerung des Weidegangs bei Milchkühen.....	195
8.6	Umstellung auf Festmistverfahren	196
8.7	Einsatz von Abluftreinigungsanlagen in der Schweinehaltung.....	197
8.8	Abdeckung der Wirtschaftsdünger-Lager.....	198
8.9	Veränderung der Ausbringtechnik und Verringerung der Zeit bis zur Einarbeitung....	199

8.10	Anpassung der Düngermengen an den Düngerbedarf	200
8.11	Verringerter Einsatz von Harnstoffdüngern.....	200
8.12	Maßnahme: Kombination von Düngung nach Empfehlung und verringertem Einsatz von Harnstoff-Düngern	201
8.13	Maßnahme: Einsatz von Leguminosen zur N-Versorgung der Pflanzenbestände	201
8.14	Zusammenfassung der Ergebnisse für den Sektor Landwirtschaft.....	202
9	ZUSAMMENFASSUNG.....	203
10	LITERATUR.....	216

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Angenommene Minderungsraten der Emissionsfaktoren gegenüber dem Basisjahr 2005 im modifizierten Referenzszenario „Referenzszenario+EF_IVD“	17
Tabelle 2 : Emissionsfaktoren, Aktivitätsdaten und Emissionen für PM10 aus Holzfeuerungsanlagen	18
Tabelle 3: Emissionsfaktoren, Aktivitätsdaten und Emissionen für PM2.5 aus Holzfeuerungsanlagen	19
Tabelle 4: Emissionsfaktoren, Aktivitätsdaten und Emissionen für NO _x -Emissionen aus Gas- und Ölfeuerungen	20
Tabelle 5: Emissionsfaktoren, Aktivitätsdaten, und Emissionen für PM10 aus Holzfeuerungsanlagen für das „Referenzszenario+EF_IVD“	21
Tabelle 6: Emissionsfaktoren, Aktivitätsdaten und Emissionen für PM2.5 aus Holzfeuerungsanlagen für das „Referenzszenario+EF_IVD“	22
Tabelle 7: Emissionsfaktoren, Aktivitätsdaten und Emissionen für NO _x -Emissionen aus Gas- und Ölfeuerungen für das „Referenzszenario+EF_IVD“	 23
Tabelle 8: Übersichtstabelle zur Wirksamkeit der betrachteten Maßnahmen für Kleinfeuerungsanlagen gegenüber beiden betrachteten Referenzszenarien (modelliert)	24
Tabelle 9: Emissionsfaktoren, Aktivitätsraten und Emissionen für gasbefeuerte Kleinfeuerungsanlagen der Maßnahme K 001	26
Tabelle 10: Emissionsfaktoren, Aktivitätsraten und Emissionen für gasbefeuerte Kleinfeuerungsanlagen infolge der Maßnahme K 002	28
Tabelle 11: Emissionsfaktoren, Aktivitätsraten und Emissionen für mit Festbrennstoffen befeuerte Kleinfeuerungsanlagen infolge der Maßnahme K 003	31
Tabelle 12: Emissionsfaktoren, Aktivitätsraten und Emissionen für ölbefeuerte Kleinfeuerungsanlagen infolge der Maßnahme K 004	33
Tabelle 13: Emissionsfaktoren, Aktivitätsraten und Emissionen für ölbefeuerte Kleinfeuerungsanlagen infolge der Maßnahme K 005	35
Tabelle 14: Abweichung zwischen modellierten und aktualisierten Minderungspotenzialen für den Sektor Kleinfeuerungsanlagen	36
Tabelle 15: Emissionsgrenzwerte für Neuanlagen (auf UBA- bzw. IED-Vorschlägen basierende Tagesmittelwerte und abgeschätzte Jahresmittelwerte)	38
Tabelle 16: Emissionsgrenzwerte für Altanlagen (auf UBA-Vorschläge/IED-Vorschlägen basierende Tagesmittelwerte und abgeschätzte Jahresmittelwerte)	39
Tabelle 17: Umrechnungsfaktoren für die Umrechnung der Emissionsmassenkonzentrationen von [mg/m ³] in Emissionsfaktoren in [kg/TJ].....	40
Tabelle 18: Emissionsfaktoren für kohlebefeuerte Großfeuerungsanlagen im Referenzszenario	40
Tabelle 19: Geminderte Emissionsfaktoren im Minderungsszenario infolge der Novellierung der IED-Richtlinie	41

Tabelle 20: Geminderte Emissionsfaktoren im Minderungsszenario infolge der UBA-Vorschläge	41
Tabelle 21 : Übersichtstabelle zur Wirksamkeit der betrachteten Maßnahmen (aktualisierte Minderungspotenziale, Stand April 2010) für Großfeuerungsanlagen für 2020	42
Tabelle 22 : Übersichtstabelle zur Wirksamkeit der betrachteten Maßnahmen (modellierte Maßnahmen) für Großfeuerungsanlagen für 2020	43
Tabelle 23 : Abweichung zwischen den modellierten und den aktualisierten Minderungspotenzialen.....	44
Tabelle 24: Aktivitätsraten, Emissionsfaktoren und Emissionen für die kohlebefeuerte Großfeuerungsanlagen infolge der Maßnahme G Ref_A	48
Tabelle 25: Aktivitätsraten, Emissionsfaktoren und Emissionen für die kohlebefeuerte Großfeuerungsanlagen infolge Novellierung der IED-Richtlinie (G 001-G 002)	56
Tabelle 26: Aktivitätsraten, Emissionsfaktoren und Emissionen für die kohlebefeuerte Großfeuerungsanlagen infolge der UBA-Vorschläge zur Novellierung der IED-Richtlinie (G 003-G 004).....	64
Tabelle 27: Aktivitätsraten, Emissionsfaktoren und Emissionen für PM10 für kohlebefeuerte Großfeuerungsanlagen infolge der Maßnahme G 009	73
Tabelle 28: Aktivitätsraten, Emissionsfaktoren und Emissionen für PM2.5 für kohlebefeuerte Großfeuerungsanlagen infolge der Maßnahme G 009	77
Tabelle 29: Aktivitätsraten, Emissionsfaktoren und Emissionen für die kohlebefeuerte Großfeuerungsanlagen infolge der Novellierung der IED-Richtlinie (Maßnahme G 010-G 011)	85
Tabelle 30: Aktivitätsraten, Emissionsfaktoren und Emissionen für die kohlebefeuerte Großfeuerungsanlagen infolge der UBA-Vorschläge zur Novellierung der IED-Richtlinie (Maßnahme G 012-G 013).....	92
Tabelle 31: Aktivitätsraten, Emissionsfaktoren und Emissionen für Erdgaskesselfeuerungen infolge der Maßnahme G 014	97
Tabelle 32: Aktivitätsraten, Emissionsfaktoren und Emissionen für Erdgaskesselfeuerungen infolge der Maßnahme G 015	99
Tabelle 33: Aktivitätsraten, Emissionsfaktoren und Emissionen für Erdgas-Gasturbinen infolge der Maßnahme G 016	101
Tabelle 34: Aktivitätsraten, Emissionsfaktoren und Emissionen für Erdgas-Gasturbinen infolge der Maßnahme G 017	103
Tabelle 35: Aktivitätsraten, Emissionsfaktoren und Emissionen für Ölkesselfeuerungen infolge der Maßnahme G 019	106
Tabelle 36: Übersichtstabelle zur Wirksamkeit der betrachteten Maßnahmen für den Sektor Großfeuerungsmaßnahmen (modellierte Maßnahmen)	108
Tabelle 37: Übersichtstabelle zur Wirksamkeit der betrachteten Maßnahmen für den Sektor Großfeuerungsmaßnahmen (aktualisierte Maßnahmen)	109
Tabelle 38: Ausgewählte Maßnahmen für den Sektor Industrie- und Produktionsprozesse.....	111
Tabelle 39: Den Maßnahmen aus Tabelle 38 zuzuordnende Minderungstechniken	111

Tabelle 40: Übersichtstabelle zur Wirksamkeit der betrachteten Maßnahmen für das Jahr 2015 (aktualisierte Minderungspotenziale, Stand April 2010)	...112
Tabelle 41: Übersichtstabelle zur Wirksamkeit der betrachteten Maßnahmen für das Jahr 2020 (aktualisierte Minderungspotenziale, Stand April 2010)	113
Tabelle 42: Grenzwerte für Stickstoffoxide und Anzahl der Zementklinkeröfen	114
Tabelle 43: Höchstzulässige Tagesmittelwerte für Anlagen zur Herstellung von Zement	115
Tabelle 44: Höchstzulässige Jahresmittelwerte für Anlagen zur Herstellung von Zement	115
Tabelle 45: Aktivitätsraten, Emissionsfaktoren und Emissionen für die Zementherstellung infolge der Novellierung der 17. BImSchV	117
Tabelle 46: Aktivitätsraten, Emissionsfaktoren und Emissionen für die Zementherstellung - Maßnahme P 001	119
Tabelle 47: Aktivitätsraten, Emissionsfaktoren und Emissionen für die Glasherstellung - Maßnahme P 002	122
Tabelle 48: Aktivitätsraten, Emissionsfaktoren und Emissionen für Sinterherstellung infolge der Maßnahme P 003	124
Tabelle 49: Aktivitätsraten, Emissionsfaktoren und Emissionen für die Walzstahlherstellung infolge der Maßnahme P 004	126
Tabelle 50: Aktivitätsraten, Emissionsfaktoren und Emissionen für die Sinterherstellung infolge der Maßnahme P 005	128
Tabelle 51: Aktivitätsraten, Emissionsfaktoren und Emissionen für die Schwefelsäureproduktion infolge der Maßnahme P 006	130
Tabelle 52: Aktivitätsraten, Emissionsfaktoren und Emissionen für die Zementherstellung infolge der Maßnahme P 007	133
Tabelle 53: Aktivitätsraten, Emissionsfaktoren und Emissionswerte für PM10 für die Glasherstellung infolge der Maßnahme P 008	135
Tabelle 54: Aktivitätsraten, Emissionsfaktoren und Emissionswerte für PM2.5 für die Glasherstellung infolge der Maßnahme P 008	136
Tabelle 55: Aktivitätsraten, Emissionsfaktoren und Emissionen für die Sinterherstellung infolge der Maßnahme P 009	138
Tabelle 56: Aktivitätsraten, Emissionsfaktoren und Emissionen für die Düngemittelproduktion infolge der Maßnahme P 010	139
Tabelle 57: Übersichtstabelle zur Wirksamkeit der betrachteten Maßnahmen für Industrie- und Produktionsprozesse (aktualisierte Maßnahmen)	..140
Tabelle 58: Übersichtstabelle zur Wirksamkeit der betrachteten Maßnahmen für Industrie- und Produktionsprozesse (modellierte Maßnahmen)	141
Tabelle 59: Abweichung zwischen den modellierten und den aktualisierten Minderungspotenzialen für den Sektor "Industrie- und Produktionsprozesse"	142
Tabelle 60: Maßnahmenliste der detaillierter untersuchten Maßnahmen für den Sektor Lösemittelanwendung	143
Tabelle 61: Übersichtstabelle zur Wirksamkeit der betrachteten Maßnahmen im Sektor Lösemittelanwendung	150

Tabelle 62: Referenzemissionen im PAREST-Projekt für den Sektor Straßenverkehr inkl. Euro 5, 6 für Pkw und Lnf, Euro VI für Snf ;Auswirkungen der Autobahnmaut	152
Tabelle 63: Minderungspotenziale für das Maximalszenario Umweltzone.....	160
Tabelle 64: Ergebnisse für das Maximalszenario - Umweltzone.....	161
Tabelle 65: Quantifizierte Minderungspotenziale für Maßnahmen im Straßenverkehr - NO _x , PM10 und PM2.5	174
Tabelle 66: Quantifizierte Minderungspotenziale für Maßnahmen im Straßenverkehr - NMVOC, NH ₃ und SO ₂	175
Tabelle 67: Minderungspotenziale für Maßnahmen-Sektor mobile Maschinen – NO _x , PM10 und PM2.5	191
Tabelle 68: Minderungspotenziale für Maßnahmen- Sektor mobile Maschinen – NMVOC, NH ₃ , SO ₂	192
Tabelle 69: Minderungspotenziale und Kosten der Einzelmaßnahmen für den Sektor Landwirtschaft (Die Potenziale sind zum Teil nicht addierbar)	202
Tabelle 70: Identifizierte und bewertete Einzelmaßnahmen für den Sektor Kleinf Feuerungsanlagen	203
Tabelle 71: Identifizierte und bewertete Einzelmaßnahmen für den Sektor Großfeuerungsanlagen.....	204
Tabelle 72: Identifizierte und bewertete Einzelmaßnahmen für den Sektor Industrie prozesse	205
Tabelle 73: Identifizierte und bewertete Einzelmaßnahmen für den Sektor Lösemittelanwendung.....	205
Tabelle 74: Identifizierte und bewertete Einzelmaßnahmen für den Sektor Straßenverkehr	206
Tabelle 75: Identifizierte und bewertete Einzelmaßnahmen für den Sektor Mobile Maschinen	206
Tabelle 76: Identifizierte und bewertete Einzelmaßnahmen für den Sektor Landwirtschaft.....	207
Tabelle 77: Minderungspotenziale und Kosten der Einzelmaßnahmen für den Sektor Kleinf Feuerungsanlagen (Die Potenziale sind zum Teil nicht addierbar)	208
Tabelle 78: Minderungspotenziale und Kosten der Einzelmaßnahmen für den Sektor Großfeuerungsanlagen (Die Potenziale sind zum Teil nicht addierbar)	209
Tabelle 79: Minderungspotenziale und Kosten der Einzelmaßnahmen für den Sektor Industrie prozesse	210
Tabelle 80: Minderungspotenziale und Kosten der Einzelmaßnahmen für den Sektor Lösemittelanwendung	211
Tabelle 81: Minderungspotenziale und Kosten der Einzelmaßnahmen für den Sektor Straßenverkehr	212
Tabelle 82: Minderungspotenziale und Kosten der Einzelmaßnahmen für den Sektor Mobile Maschinen	213
Tabelle 83: Minderungspotenziale und Kosten der Einzelmaßnahmen für den Sektor Landwirtschaft (Die Potenziale sind zum Teil nicht addierbar)	214
Tabelle 84: Maximal mögliche Emissionsminderung durch die in PAREST charakterisierten Maßnahmen, differenziert nach Sektoren und Schadstoffen	215

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Räumliche Ausdehnung der Umweltzone für Berlin.....	162
Abbildung 2: Räumliche Ausdehnung der Umweltzone für München	163
Abbildung 3: Räumliche Ausdehnung der Umweltzone für das Ruhrgebiet.....	163
Abbildung 4: Räumliche Ausdehnung der heutigen Umweltzonen für das Ruhrgebiet (Stand 2010)	164

1 Einleitung

Das UFOPLAN-Vorhaben PAREST (Partikel-Reduktions-Strategien) untersuchte immissionsseitige Auswirkungen von Maßnahmenbündeln zur Reduzierung von Konzentrationen primärer Feinstäube (PM₁₀, PM_{2.5}) und sekundärer Aerosole, die aus NH₃, SO₂, NO_x und NMVOC gebildet werden. Dabei war die wesentliche Zielsetzung, die Identifizierung kosteneffektiver Strategien zur Einhaltung der von der europäischen Luftqualitätsrichtlinie 2008/50/EC [EC, 2008] festgelegten Grenzwerte, die im Rahmen der 39. BImSchV [2010] national umgesetzt wurden. Die Maßnahmenbündel wurden aus Einzelmaßnahmen zusammengestellt, die in diesem Teilbericht in Maßnahmenblättern jeweils hinsichtlich ihrer Minderungspotenziale und –kosten, ihrer Implementierungshorizonte und ihrer Auswirkungen auf andere Umweltziele (z. B. Klimaschutzziele) charakterisiert werden. Es wurden für die Sektoren Landwirtschaft, stationäre Feuerungsanlagen, Industrie- und Produktionsprozesse, Lösemittelanwendung sowie mobile Quellen (on- und offroad) im Rahmen von PAREST Maßnahmenblätter entwickelt. Diese Maßnahmenblätter wurden für alle Sektoren in mehrfachen Konsultationen mit den jeweiligen UBA-Fachverantwortlichen abgestimmt. Zur Beschreibung der Maßnahmen wurde eine einheitliche Struktur der Maßnahmenblätter gewählt, d.h. in jedem Maßnahmenblatt sind folgende Maßnahmencharakteristika beschrieben:

- o Kurzbeschreibung der Maßnahme
- o Erreichbares Minderungspotenzial gegenüber dem Referenzszenario
- o Beschreibung des Ansatzes zur konkreten Implementierung der Maßnahme
- o Stand der Umsetzung, falls der Gesetzgeber schon Initiativen eingeleitet hat
- o Umsetzungshorizont, d.h. in welchem Zeitraum diese Maßnahme implementierbar ist
- o Kosten der Implementierung
- o Synergien und Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen, z. B. Klimaschutz

Der Bericht ist so strukturiert, dass in Kapitel 2 die Methoden zur Identifizierung und Caraktersierung der bewerteten Maßnahmen beschrieben werden. In den Kapiteln 3 bis 8 werden jeweils sektorweise die Maßnahmen auf Basis von Maßnahmenblättern beschrieben und zusätzlich die Grundlagen der Berechnung der Minderungspotenziale – soweit notwendig – detaillierter beschrieben. Abschließend erfolgt in Kapitel 9 eine Zusammenfassung dieses Berichtes.

2 Identifizierung und Charakterisierung der ausgewählten Maßnahmen

2.1 Identifizierung der ausgewählten Maßnahmen

Bei der Identifizierung der Maßnahmen wurde insbesondere auf [Theloke et al. 2007], [Schärer et al. 2008] und [Jörß et al. 2007] zurückgegriffen. Darüber hinaus wurden noch von den Fachabteilungen des Umweltbundesamtes vorgeschlagene Maßnahmen berücksichtigt. Das wesentliche Kriterium bei der Auswahl der Maßnahmen war insbesondere, dass ein über die bestehende Gesetzgebung hinaus gehendes Minderungspotenzial quantifiziert werden konnte. Hierbei ist zu beachten, dass der Gesetzgebungsstand vom 31.12.2007 berücksichtigt wurde.

2.2 Charakterisierung der ausgewählten Maßnahmen

Die ausgewählten Maßnahmen lassen sich in technische Maßnahmen und nicht-technische Maßnahmen einteilen. Insgesamt wurden 75 Maßnahmen identifiziert und in den folgenden Kapiteln beschrieben. Die Minderungspotenziale der Maßnahmen wurden jeweils für die Jahre 2015 und 2020 quantifiziert. Grundlage zur Quantifizierung der Minderungspotenziale war das in [Jörß et al., 2010] beschriebene PAREST-Referenzszenario. Die hauptsächliche Grundlage für [Jörß et al., 2010] war das Zentrale System Emissionen [ZSE], die Emissionsdatenbank des Umweltbundesamtes. Das ZSE enthält für alle bekannten anthropogenen Sektoren sektorspezifische Aktivitäten sowie schadstoff- und sektorspezifische Emissionsfaktoren in hoher Differenzierung. Um die maßnahmenspezifischen Minderungspotenziale hinreichend genau abzubilden wurden während der Projektlaufzeit detaillierte Informationen aus dem ZSE (Stand 08.06.2007) genutzt.

Im Laufe des Projektes wurden in den Sektoren Groß- und Kleinf Feuerungsanlagen noch zusätzliche Referenzszenarien berücksichtigt, sodass die Minderungspotenziale gegenüber diesen zusätzlichen Referenzen zusätzlich in den Maßnahmenblättern quantifiziert wurden.

- Im Sektor „Kleinf Feuerungsanlagen“ wurde mit auf Grundlage von [Struschka et al. 2007] aktualisierten Emissionsfaktoren und der Abschätzung zukünftiger technologischer Entwicklungen ein zusätzliches Referenzszenario definiert.
- Im Sektor „Großfeuerungsanlagen“ wurde eine zusätzliche Referenz definiert, die die Implementierung der novellierten 13. BImSchV [2009] berücksichtigt.
- Im Sektor Industrieprozesse wurde eine zusätzliche Referenz definiert, die die Implementierung der novellierten 17. BImSchV [2009] berücksichtigt.

Eine detaillierte Beschreibung der modifizierten Referenzszenarien ist in den jeweiligen Sektorkapiteln zu finden. Die maßnahmenspezifischen Minderungspotenziale sind jeweils im Verhältnis zur PAREST-Referenz [Jörß et al., 2010] und zu den sektorspezifisch modifizierten Referenzszenarien quantifiziert.

2.3 Methode zur Berechnung der Kosten der Maßnahmen

Um die Kosten der betrachteten Maßnahmen zu quantifizieren, wurde für die meisten Sektoren die im Folgenden erläuterte Annuitätenmethode angewendet. Diese Methode ermöglicht es, einen Kostenvergleich auf der Basis jährlicher Kosten durchzuführen. Dazu werden die Investitionskosten, die notwendig sind, um eine Minderungstechnologie zu erwerben, über die Lebensdauer mit einer

definierten Zinsrate (Diskontrate) abgeschrieben. Zusätzlich werden die jährlich für den Betrieb anfallenden Kosten (Energie-, Material-, Personalkosten, usw.) berücksichtigt. Der angewendete Algorithmus ist in Formel (1) dargestellt. In den einzelnen Maßnahmenblättern werden die verwendeten Variablen (Diskontrate, Investitionskosten und Betriebskosten) jeweils spezifisch angegeben.

$$A_t = C_o \left[\frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1} \right] + OC$$

Formel (1)

A_t = Annuitäten: Minderungskosten für Zeitraum t (üblicherweise ein Jahr)

C_o = Investitionskosten zum Zeitpunkt $t=0$

OC = laufende Kosten für Wartung und Betrieb

r = Diskontrate (Zinsrate) pro Zeitraum

n = Anzahl der Jahre, die die Maßnahme wirksam ist

In einigen Fällen, insbesondere in den Sektoren Lösemittelanwendung und Landwirtschaft, wurde die Methode nicht explizit angewendet, da die notwendigen Eingangsvariablen nicht verfügbar waren. Es wurde hier weitgehend auf sektorspezifische Angaben zurückgegriffen, die teilweise nicht auf der oben beschriebenen Annuitätenmethode basierten. Im Sektor Landwirtschaft wurden zum Teil Maßnahmenkosten mit Hilfe eines Vermeidungskostenansatzes quantifiziert. Dabei wurden die Auswirkungen der jeweils betrachteten Maßnahmen auf den Deckungsbeitrag, d.h. die Ertragssituation, aggregierter Betriebseinheiten berechnet. Das heißt, es wurden hier auch sektorspezifische Gegebenheiten hinsichtlich mehr oder weniger eingenommener Subventionen, zusätzliche oder verminderte Kosten für Arbeitskraft und Betriebsmittel sowie eine potenziell veränderte Nachfrage berücksichtigt.

Diese sektorabhängig teilweise unterschiedlichen methodischen Ansätze zur Quantifizierung der Maßnahmenkosten führen zu Inkonsistenzen beim Vergleich der Kosten. Im Rahmen von PAREST war es jedoch von besonderer Bedeutung, sektorübergreifende Maßnahmenbündel zu bewerten. Dazu war es wichtig, für alle ausgewählten Maßnahmen auch Kostenabschätzungen durchzuführen. Darüber hinaus sind alle Kostenabschätzungen in diesem Bericht – auch die für technische Maßnahmen, z.B. im industriellen Bereich – mit erheblichen (nicht quantifizierten) Unsicherheiten behaftet.

Es wird jedoch angenommen, dass die Größenordnung der abgeschätzten maßnahmenspezifischen Kosten jeweils stimmt, und daher ein sektorübergreifender Vergleich möglich ist.

3 Stationäre Feuerungsanlagen

3.1 Kleinf Feuerungsanlagen

Die Informationen zum Anlagenbestand und zur Anlagenstruktur der Feuerungsanlagen der 1. BImSchV wurden [Struschka et al. 2007] entnommen. Nach Absprache mit dem Umweltbundesamt wurde für den Subsektor Gas- und Ölfeuerungen beschlossen, einerseits die Minderungspotenziale durch die Umsetzung der Ökodesign-Richtlinie und andererseits die Minderungswirkung der Umsetzung der Novellierung der 1. BImSchV zu ermitteln. Für den Subsektor „Holzfeuerungen“ wurde nur die Novellierung der 1. BImSchV bewertet. Für mit Festbrennstoffen (Holz) befeuerte Feuerungen liegen noch keine endgültigen Grenzwertvorschläge zur Ökodesign-Richtlinie vor.

Im Laufe des Projektes wurden die Emissionsdaten, Aktivitätsraten und Emissionsfaktoren im Sektor Kleinf Feuerungsanlagen gegenüber [Jörß et al., 2010] geändert, da aktualisierte Emissionsfaktoren auf Grundlage von [Struschka et al. 2007] implementiert wurden. Daher wurde ein zusätzliches Referenzszenario **„Referenzszenario+EF_IVD“** entwickelt. Im ZSE¹ sind die neuen Emissionsfaktoren bis 2020 konstant fortgeschrieben.

Da in Zukunft von einer Verbesserung der Verbrennungstechnik auszugehen ist, wurden im Szenario **„Referenzszenario+EF_IVD“** entsprechend [Behnke, 2009] die Emissionsfaktoren bis 2010 gegenüber 2005 konstant gehalten. Bis 2015 wurde eine Abnahme der Emissionsfaktoren für Gas- und Ölfeuerungen von 10% gegenüber 2005 angenommen und bis 2020 eine Reduktion von etwa 12% gegenüber 2005. Die Emissionsfaktoren für Festbrennstoffe im **„Referenzszenario+EF_IVD“** wurden bis 2010 ebenfalls als konstant angenommen, bis 2015 um 7% und für das Jahr 2020 um 10% gegenüber 2005 reduziert. In Tabelle 1 sind die Annahmen zur Entwicklung der Emissionsfaktoren auf Grundlage von [Behnke, 2009] zusammengefasst.

Tabelle 1: Angenommene Minderungsraten der Emissionsfaktoren gegenüber dem Basisjahr 2005 im modifizierten Referenzszenario **„Referenzszenario+EF_IVD“** [Behnke, 2009]

Brennstoff	2005	2010	2015	2020
		Minderung der EF in %		
Erdgas	Bezugsjahr	0%	10%	12%
Heizöl	Bezugsjahr	0%	10%	12%
Festbrennstoffe	Bezugsjahr	0%	7%	10%

In Tabelle 2 sind die Referenzdaten für PM₁₀-Emissionen aus Holzfeuerungen, basierend auf [Jörß et al. 2008] und [UBA 2007] dargestellt. In Tabelle 3 sind die Referenzdaten für PM_{2.5}-Emissionen aus Holzfeuerungen, basierend auf [Jörß et al., 2010] aufgeführt und in Tabelle 4 die Referenzdaten für NO_x-Emissionen aus Öl- und Gasfeuerungen. Die auf Grundlage von [Behnke, 2009] modifizierten

¹ ZSE = Zentrales System Emissionen, Emissionsdatenbank des Umweltbundesamtes, aktuellere Version als in [Jörß et al., 2010] verwendet.

Referenzdaten für das Szenario „Referenzszenario+EF_IVD“ sind jeweils in Tabelle 5, Tabelle 6 und Tabelle 7 dargestellt.

Tabelle 2 : Emissionsfaktoren, Aktivitätsdaten und Emissionen für PM10 aus Holzfeuerungsanlagen ([Jörß et al., 2010])

Strukturelement	ZSE-Bezeichnung	Material	Wertetyp	Schadstoff	2010	2015	2020
Feuerungen in Haushalten	HAUS01	Brennholz, naturbelassen	EF [kg/TJ]	PM10	103,6	99,4	95,2
Feuerungen in Haushalten	HAUS01	Brennholz, naturbelassen	EF [kg/TJ]	PM10	103,6	99,4	95,2
Feuerungen in der Landwirtschaft	LAWI01	Brennholz, naturbelassen	EF [kg/TJ]	PM10	68,0	68,0	68,0
Übriger Kleinverbrauch	UEKV01	Holzabfälle (Resthölzer)	EF [kg/TJ]	PM10	68,0	68,0	68,0
Feuerungen in Haushalten	HAUS01	Brennholz, naturbelassen	AR [TJ]	PM10	156.966	156.966	156.966
Feuerungen in Haushalten	HAUS01	Brennholz, naturbelassen	AR [TJ]	PM10	75.699	107.436	139.174
Feuerungen in der Landwirtschaft	LAWI01	Brennholz, naturbelassen	AR [TJ]	PM10	9.102	9.102	9.102
übriger Kleinverbrauch	UEKV01	Holzabfälle (Resthölzer)	AR [TJ]	PM10	20.935	20.935	20.935
Feuerungen in Haushalten	HAUS01	Brennholz, naturbelassen	EM [t]	PM10	16.262	15.602	14.943
Feuerungen in Haushalten	HAUS01	Brennholz, naturbelassen	EM [t]	PM10	7.842	10.679	13.249
Feuerungen in der Landwirtschaft	LAWI01	Brennholz, naturbelassen	EM [t]	PM10	619	619	619
Übriger Kleinverbrauch	UEKV01	Holzabfälle (Resthölzer)	EM [t]	PM10	1.424	1.424	1.424

Tabelle 3: Emissionsfaktoren, Aktivitätsdaten und Emissionen für PM2.5 aus Holzfeuerungsanlagen ([Jörß et al., 2010])

Struktur- element	ZSE- Bezeichnung	Material	Wertetyp	Schadstoff	2010	2015	2020
Feuerungen in Haushalten	HAUS01	Brennholz, naturbelassen	EF [kg/TJ]	PM2.5	96,2	92,3	88,4
Feuerungen in Haushalten	HAUS01	Brennholz, naturbelassen	EF [kg/TJ]	PM2.5	96,2	92,3	88,4
Feuerungen in der Landwirtschaft	LAWI01	Brennholz, naturbelassen	EF [kg/TJ]	PM2.5	60,0	60,0	60,0
Übriger Kleinverbrauch	UEKV01	Holzabfälle (Resthölzer)	EF [kg/TJ]	PM2.5	60,0	60,0	60,0
Feuerungen in Haushalten	HAUS01	Brennholz, naturbelassen	AR [TJ]	PM2.5	156.966	156.966	156.966
Feuerungen in Haushalten	HAUS01	Brennholz, naturbelassen	AR [TJ]	PM2.5	75.699	107.436	139.174
Feuerungen in der Landwirtschaft	LAWI01	Brennholz, naturbelassen	AR [TJ]	PM2.5	9.102	9.102	9.102
Übriger Kleinverbrauch	UEKV01	Holzabfälle (Resthölzer)	AR [TJ]	PM2.5	20.935	20.935	20.935
Feuerungen in Haushalten	HAUS01	Brennholz, naturbelassen	EM [t]	PM2.5	15.100	14.488	13.876
Feuerungen in Haushalten	HAUS01	Brennholz, naturbelassen	EM [t]	PM2.5	7.282	9.916	12.303
Feuerungen in der Landwirtschaft	LAWI01	Brennholz, naturbelassen	EM [t]	PM2.5	546	546	546
Übriger Kleinverbrauch	UEKV01	Holzabfälle (Resthölzer)	EM [t]	PM2.5	1.256	1.256	1.256

Tabelle 4: Emissionsfaktoren, Aktivitätsdaten und Emissionen für NO_x-Emissionen aus Gas- und Ölf Feuerungen ([Jörß et al., 2010])

Strukturelement	ZSE-Bezeichnung	Material	Wertetyp	Schadstoff	2010	2015	2020
Feuerungen in Haushalten	HAUS01	Erdgas	EF [kg/TJ]	NO _x	28,5	25,8	23,2
Feuerungen in der Landwirtschaft	LAWI01	Erdgas	EF [kg/TJ]	NO _x	27,5	26,3	25,2
Militär	MILI01	Erdgas	EF [kg/TJ]	NO _x	22,6	21,7	20,7
Übriger Kleinverbrauch	UEKV01	Erdgas	EF [kg/TJ]	NO _x	27,5	26,3	25,2
Feuerungen in Haushalten	HAUS01	Heizöl, leicht	EF [kg/TJ]	NO _x	37,8	35,2	32,6
Feuerungen in der Landwirtschaft	LAWI01	Heizöl, leicht	EF [kg/TJ]	NO _x	43,0	41,8	40,6
Militär	MILI01	Heizöl, leicht	EF [kg/TJ]	NO _x	43,1	41,9	40,7
Übriger Kleinverbrauch	UEKV01	Heizöl, leicht	EF [kg/TJ]	NO _x	43,0	41,8	40,6
Feuerungen in Haushalten	HAUS01	Erdgas	AR [TJ]	NO _x	1.198.000	1.230.500	1.263.000
Feuerungen in der Landwirtschaft	LAWI01	Erdgas	AR [TJ]	NO _x	12.885	12.688	12.492
Militär	MILI01	Erdgas	AR [TJ]	NO _x	10.089	9.935	9.781
Übriger Kleinverbrauch	UEKV01	Erdgas	AR [TJ]	NO _x	413.779	407.459	401.138
Feuerungen in Haushalten	HAUS01	Heizöl, leicht	AR [TJ]	NO _x	820.925	782.929	744.932
Feuerungen in der Landwirtschaft	LAWI01	Heizöl, leicht	AR [TJ]	NO _x	19.273	18.661	18.049
Militär	MILI01	Heizöl, leicht	AR [TJ]	NO _x	336	326	315
Übriger Kleinverbrauch	UEKV01	Heizöl, leicht	AR [TJ]	NO _x	223.149	216.065	208.981
Feuerungen in Haushalten	HAUS01	Erdgas	EM [t]	NO _x	34.144	31.780	29.243
Feuerungen in der Landwirtschaft	LAWI01	Erdgas	EM [t]	NO _x	354	334	314
Militär	MILI01	Erdgas	EM [t]	NO _x	228	215	203
Übriger Kleinverbrauch	UEKV01	Erdgas	EM [t]	NO _x	11.365	10.723	10.092
Übriger Kleinverbrauch	UEKV01	Heizöl, leicht	EM [t]	NO _x	31.002	27.550	24.292
Feuerungen in der Landwirtschaft	LAWI01	Heizöl, leicht	EM [t]	NO _x	829	780	733
Militär	MILI01	Heizöl, leicht	EM [t]	NO _x	14	14	13
Übriger Kleinverbrauch	UEKV01	Heizöl, leicht	EM [t]	NO _x	9.594	9.030	8.484

Tabelle 5: Emissionsfaktoren, Aktivitätsdaten, und Emissionen für PM10 aus Holzfeuerungsanlagen für das „Referenzszenario+EF_IVD“ ([Behnke, 2009])

Strukturelement	ZSE-Bezeichnung	Material	Wertetyp	Schadstoff	2010	2015	2020
Feuerungen in Haushalten	HAUS01	Brennholz, naturbelassen	EF [kg/TJ]	PM10	95,1	94,6	92,0
Feuerungen in Haushalten	HAUS01	Brennholz, naturbelassen	EF [kg/TJ]	PM10	95,1	94,6	92,0
Feuerungen in der Landwirtschaft	LAWI01	Brennholz, naturbelassen	EF [kg/TJ]	PM10	75,9	75,1	74,3
Übriger Kleinverbrauch	UEKV01	Holzabfälle (Resthölzer)	EF [kg/TJ]	PM10	59,0	58,3	57,7
Feuerungen in Haushalten	HAUS01	Brennholz, naturbelassen	AR [TJ]	PM10	75.699	107.436	139.174
Feuerungen in Haushalten	HAUS01	Brennholz, naturbelassen	AR [TJ]	PM10	156.966	156.966	156.966
Feuerungen in der Landwirtschaft	LAWI01	Brennholz, naturbelassen	AR [TJ]	PM10	9.102	9.102	9.102
Übriger Kleinverbrauch	UEKV01	Holzabfälle (Resthölzer)	AR [TJ]	PM10	20.935	20.935	20.935
Feuerungen in Haushalten	HAUS01	Brennholz, naturbelassen	EM [t]	PM10	7.199	10.162	12.809
Feuerungen in Haushalten	HAUS01	Brennholz, naturbelassen	EM [t]	PM10	14.928	14.847	14.446
Feuerungen in der Landwirtschaft	LAWI01	Brennholz, naturbelassen	EM [t]	PM10	691	683	676
Übriger Kleinverbrauch	UEKV01	Holzabfälle (Resthölzer)	EM [t]	PM10	1.235	1.221	1.208

Tabelle 6: Emissionsfaktoren, Aktivitätsdaten und Emissionen für PM2.5 aus Holzfeuerungsanlagen für das „Referenzszenario+EF_IVD“ ([Behnke, 2009])

Strukturelement	ZSE-Bezeichnung	Material	Wertetyp	Schadstoff	2010	2015	2020
Feuerungen in Haushalten	HAUS01	Brennholz, naturbelassen	EF [kg/TJ]	PM2.5	88,3	87,8	85,5
Feuerungen in Haushalten	HAUS01	Brennholz, naturbelassen	EF [kg/TJ]	PM2.5	88,3	87,8	85,5
Feuerungen in der Landwirtschaft	LAWI01	Brennholz, naturbelassen	EF [kg/TJ]	PM2.5	67,0	66,2	65,5
Übriger Kleinverbrauch	UEKV01	Holzabfälle (Resthölzer)	EF [kg/TJ]	PM2.5	52,0	51,5	50,9
Feuerungen in Haushalten	HAUS01	Brennholz, naturbelassen	AR [TJ]	PM2.5	75.699	107.436	139.174
Feuerungen in Haushalten	HAUS01	Brennholz, naturbelassen	AR [TJ]	PM2.5	156.966	156.966	156.966
Feuerungen in der Landwirtschaft	LAWI01	Brennholz, naturbelassen	AR [TJ]	PM2.5	9.102	9.102	9.102
Übriger Kleinverbrauch	UEKV01	Holzabfälle (Resthölzer)	AR [TJ]	PM2.5	20.935	20.935	20.935
Feuerungen in Haushalten	HAUS01	Brennholz, naturbelassen	EM [t]	PM2.5	6.685	9.437	11.894
Feuerungen in Haushalten	HAUS01	Brennholz, naturbelassen	EM [t]	PM2.5	13.861	13.787	13.414
Feuerungen in der Landwirtschaft	LAWI01	Brennholz, naturbelassen	EM [t]	PM2.5	610	603	596
Übriger Kleinverbrauch	UEKV01	Holzabfälle (Resthölzer)	EM [t]	PM2.5	1.089	1.078	1.066

Tabelle 7: Emissionsfaktoren, Aktivitätsdaten und Emissionen für NO_x-Emissionen aus Gas-und Ölf Feuerungen für das „Referenzszenario+EF_IVD“ ([Behnke, 2009])

Strukturelement	ZSE-Bezeichnung	Material	Wertetyp	Schadstoff	2010	2015	2020
Feuerungen in Haushalten	HAUS01	Erdgas	EF [kg/TJ]	NO _x	22,1	19,9	19,4
Feuerungen in der Landwirtschaft	LAWI01	Erdgas	EF [kg/TJ]	NO _x	27,2	24,5	24,0
Militär	MILI01	Erdgas	EF [kg/TJ]	NO _x	25,5	22,9	22,4
Übriger Kleinverbrauch	UEKV01	Erdgas	EF [kg/TJ]	NO _x	27,2	24,5	24,0
Feuerungen in Haushalten	HAUS01	Heizöl, leicht	EF [kg/TJ]	NO _x	41,8	37,6	36,8
Feuerungen in der Landwirtschaft	LAWI01	Heizöl, leicht	EF [kg/TJ]	NO _x	43,6	39,3	38,4
Militär	MILI01	Heizöl, leicht	EF [kg/TJ]	NO _x	43,6	39,3	38,4
Übriger Kleinverbrauch	UEKV01	Heizöl, leicht	EF [kg/TJ]	NO _x	43,6	39,3	38,4
Feuerungen in Haushalten	HAUS01	Erdgas	AR [TJ]	NO _x	1.198.000	1.230.500	1.263.000
Feuerungen in der Landwirtschaft	LAWI01	Erdgas	AR [TJ]	NO _x	12.885	12.688	12.492
Militär	MILI01	Erdgas	AR [TJ]	NO _x	10.089	9.935	9.781
Übriger Kleinverbrauch	UEKV01	Erdgas	AR [TJ]	NO _x	413.779	407.459	401.138
Feuerungen in Haushalten	HAUS01	Heizöl, leicht	AR [TJ]	NO _x	820.925	782.929	744.932
Feuerungen in der Landwirtschaft	LAWI01	Heizöl, leicht	AR [TJ]	NO _x	19.273	18.661	18.049
Militär	MILI01	Heizöl, leicht	AR [TJ]	NO _x	336	326	315
Übriger Kleinverbrauch	UEKV01	Heizöl, leicht	AR [TJ]	NO _x	223.149	216.065	208.981
Feuerungen in Haushalten	HAUS01	Erdgas	EM [t]	NO _x	26.459	24.459	24.547
Feuerungen in der Landwirtschaft	LAWI01	Erdgas	EM [t]	NO _x	351	311	299
Militär	MILI01	Erdgas	EM [t]	NO _x	257	228	219
Übriger Kleinverbrauch	UEKV01	Erdgas	EM [t]	NO _x	11.266	9.985	9.612
Übriger Kleinverbrauch	UEKV01	Heizöl, leicht	EM [t]	NO _x	34.293	29.435	27.385
Feuerungen in der Landwirtschaft	LAWI01	Heizöl, leicht	EM [t]	NO _x	841	733	693
Militär	MILI01	Heizöl, leicht	EM [t]	NO _x	15	13	12
Übriger Kleinverbrauch	UEKV01	Heizöl, leicht	EM [t]	NO _x	9.739	8.487	8.026

In Tabelle 8 sind die gegenüber dem Referenzszenario auf Grundlage von [Jörß et al., 2010] und [UBA 2007] und dem „Referenzszenario+EF_IVD“ auf Grundlage von [Behnke, 2009]) quantifizierten Minderungspotenziale der für den Sektor „Kleinf Feuerungsanlagen“ untersuchten Maßnahmen zusammengefasst dargestellt.

Tabelle 8: Übersichtstabelle zur Wirksamkeit der betrachteten Maßnahmen für Kleinf Feuerungsanlagen gegenüber beiden betrachteten Referenzszenarien (modelliert)

ID	Subsektor	Maßnahme	Referenzszenario	NO _x			PM10			PM2.5		
				2010	2015	2020	2010	2015	2020	2010	2015	2020
				kt	kt	kt	kt	kt	kt	kt	kt	kt
K001	Gasfeuerungen	Novellierung 1.BImSchV	Referenzszenario	0	1,4	2,9	0			0		
K002	Gasfeuerungen	Ökodesign-Richtlinie		0	2,9	5,9	0			0		
K003	Holzfeuerungen (Alt-und Neuanlagenregelung)	Novellierung 1.BImSchV					0	1,8	9,9	0	1,6	9,2
K004	Ölfeuerungen	Novellierung 1.BImSchV		0	0,4	0,8	0			0		
K005	Ölfeuerungen	Ökodesign-Richtlinie		0	3,4	6,4	0			0		
K001	Gasfeuerungen	Novellierung 1.BImSchV	Referenzszenario+EF_IVD	0	1,3	2,7	0			0		
K002	Gasfeuerungen	Ökodesign-Richtlinie		0	2,7	5,3	0			0		
K003	Holzfeuerungen	Novellierung 1.BImSchV					0	1,6	9,1	0	1,5	8,4
K004	Ölfeuerungen	Novellierung 1.BImSchV			1,8	3,5	0			0		
K005	Ölfeuerungen	Ökodesign-Richtlinie		0	4,7	9,0	0			0		

3.1.1 Verschärfung der Emissionsgrenzwerte für NO_x bei gasbefeuelten Kleinf Feuerungsanlagen im Rahmen der geplanten Novellierung der 1. BImSchV

		K 001						
Kurzbeschreibung Die geplanten Anforderungen der 1. BImSchV für mit Erdgas befeuerte Neuanlagen gemäß vorliegendem Referentenentwurf vom August 2007 sehen folgende NO _x -Emissionsgrenzwerte für unterschiedliche Anlagenleistungsklassen vor [Entwurf 1. BImSchV, 2007]: <table border="0" style="margin-left: 40px;"> <tr> <td><120 kW:</td> <td>60 mg/kWh</td> </tr> <tr> <td>120-400kW:</td> <td>80 mg/kWh</td> </tr> <tr> <td>>400 kW:</td> <td>120 mg/kWh</td> </tr> </table>			<120 kW:	60 mg/kWh	120-400kW:	80 mg/kWh	>400 kW:	120 mg/kWh
<120 kW:	60 mg/kWh							
120-400kW:	80 mg/kWh							
>400 kW:	120 mg/kWh							
Minderungspotenzial Im Referenzszenario, basierend auf [Jörß et al., 2010], wird von Gasfeuerungen im Bereich Haushalte und Kleinverbraucher im Jahr 2015 etwa 43 kt NO _x und im Jahr 2020 etwa 39,8 kt NO _x emittiert. Eine Bestandsanalyse der Anlagen wird in [Struschka et al., 2007] beschrieben. Der mittlere NO _x -Emissionsfaktor für das Jahr 2015 liegt bei 25,1 kg/TJ und für das Jahr 2020 bei 23 kg/TJ [UBA, 2007]. Die 1. BImSchV erfasst den Großteil der Anlagen im Bereich Haushalte und Kleinverbraucher. Durch Low-NO _x Brenner könnten nach [BUWAL, 2000] spezifische Emissionen von bis zu 12 kg/TJ erreicht werden. Der überwiegende Teil der Gasfeuerungen (ca. 97 %) befindet sich im Leistungsbereich bis 120 kW. Eine Verschärfung des Emissionsgrenzwerts der 1. BImSchV von 80 auf 60 mg/kWh würde zu einer mittleren spezifischen Emission für Neuanlagen von 16 kg/TJ führen. Die Annahme der Einführung dieser Anforderung im Rahmen einer Novellierung der 1. BImSchV ab dem Jahr 2010 ergibt bei einer angenommenen jährlichen Austauschrate von 3 % ein Minderungspotenzial bis zum Jahr 2015 von etwa 1,4 kt NO _x , und bis zum Jahr 2020 von etwa 2,9 kt NO _x . Bezogen auf das „Referenzszenario+EF_IVD“ ergibt sich unter Berücksichtigung der in diesem Maßnahmenblatt beschriebenen Annahmen im Jahr 2015 ein Minderungspotenzial von 1,3 kt NO _x , und 2,7 kt NO _x im Jahr 2020.								
Ansatz Strengere NO _x -Anforderungen für alle in der 1. BImSchV geregelten Neuanlagen.								
Stand der Umsetzung Die Novelle wird voraussichtlich im März 2010 in Kraft treten. Es liegt ein Vorschlag der EU-Kommission vor, im Rahmen der Ökodesign-Richtlinie Grenzwerte für neue Warmwasserbereiter (Los 1) und Heizkessel (Los 2) einzuführen. Auf diesen Vorschlag wird im nächsten Maßnahmenblatt K002 näher eingegangen.								
Umsetzungshorizont Umsetzung möglich bis: 2010 ☐ 2015 ☒ 2020 ☒								
Kosten Die Anschaffungskosten für eine Neuanlage sind von Betrieb, Art und Beschaffenheit der Anlage abhängig. Die Investitionskosten für einen modernen Gas-Brennwertkessel mit 15 kW, der künftige Grenzwerte einhält, betragen ca. 3600 €. Jährlich fallen noch Betriebskosten für die Wartung und Reparatur in Höhe von ca. 150 € an. Für einen Gas-Heizkessel lassen sich Annuitätskosten in Höhe von ca. 400 € errechnen. Die oben genannten Kosten sind ohne Berücksichtigung der gesetzlichen Mehrwertsteuer angegeben. Bei einer angenommenen jährlichen Austauschrate der veralteten Anlagen von 3% werden bis zum Jahr 2020 über 4 Mio. Anlagen ausgetauscht. Die Annuitäten (A _i) der Maßnahme betragen 0,017 €/kWh pro Jahr bei angenommenen Investitionskosten (C ₀) von 0,011 €/Aktivität [DENA, 2008], laufenden Kosten (OC) von 0,007 €/kWh [DENA, 2008], einer Diskontrate von 3 % und einer Lebensdauer (n) der Maßnahme von 20 Jahren [DENA, 2008]. Daraus ergeben sich für 2015 Gesamtkosten von 380 Mio. € (0,017 €/kWh x 22*10 ⁹ kWh) und für 2020 Gesamtkosten von 475 Mio. € (0,017 €/kWh x 27,6*10 ⁹ kWh).								
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz)								

Tabelle 9 stellt die aus der Maßnahme K 001 resultierenden Emissionsfaktoren sowie die Emissionen und die Änderungen gegenüber [Jörß et al., 2010] dar.

Tabelle 9: Emissionsfaktoren, Aktivitätsraten und Emissionen für gasbefeuerte Kleinfeuerungsanlagen der Maßnahme K 001

Strukturelement	ZSE-Bezeichnung	Material	Wertetyp	Schadstoff	2010	2015	2020
Feuerungen in Haushalten	HAUS01	Erdgas	EF [kg/TJ]	NO _x	28,1	25,0	21,5
Feuerungen in der Landwirtschaft	LAWI01	Erdgas	EF [kg/TJ]	NO _x	27,0	25,5	23,5
Militär	MILI01	Erdgas	EF [kg/TJ]	NO _x	22,2	20,9	19,1
Übriger Kleinverbrauch	UEKV01	Erdgas	EF [kg/TJ]	NO _x	27,0	25,5	23,5
EF-Mittelwert (mit Aktivitätsrate gewichteter Emissionsfaktor)		Erdgas	EF [kg/TJ]		27,8	25,1	21,9
Feuerungen in Haushalten	HAUS01	Erdgas	AR [TJ]	NO _x	1.198.000	1.230.500	1.263.000
Feuerungen in der Landwirtschaft	LAWI01	Erdgas	AR [TJ]	NO _x	12.885	12.688	12.492
Militär	MILI01	Erdgas	AR [TJ]	NO _x	10.089	9.935	9.781
Übriger Kleinverbrauch	UEKV01	Erdgas	AR [TJ]	NO _x	413.779	407.459	401.138
Feuerungen in Haushalten	HAUS01	Erdgas	EM [t]	NO _x	33.634	30.733	27.092
Feuerungen in der Landwirtschaft	LAWI01	Erdgas	EM [t]	NO _x	349	323	293
Militär	MILI01	Erdgas	EM [t]	NO _x	224	207	187
Übriger Kleinverbrauch	UEKV01	Erdgas	EM [t]	NO _x	11.193	10.384	9.424
Änderung gegenüber dem Referenzszenario		Erdgas	EM [t]	NO _x	0	-1.406	-2.855

3.1.2 Verschärfung der Emissionsgrenzwerte für NO_x bei gasbefeuelten Kleinf Feuerungsanlagen im Rahmen der geplanten Ökodesign-Richtlinie

	K 002
Kurzbeschreibung Geplante Anforderungen der Ökodesign-Richtlinie für mit Erdgas befeuerte Warmwasserbereiter und Heizkessel und Kombiboiler [Ökodesign, 2008]: • Energieverbrauchskennzeichnung • Mindestanforderungen zur Energieeffizienz der Anlagen in zwei Stufen (Stufe 1 ab 2011; Stufe 2 ab 2013) • Anforderungen an NO_x-Emissionen für Neuanlagen ab 2013: 35 mg/kWh (20 ppm) für Anlagen bis 30 kW und ohne Einsatz erneuerbarer Energieträger; 40 mg/kWh (40 ppm) für Anlagen >30 kW mit einem Anteil an erneuerbaren Energieträgern von mindestens 30%. Minderungspotenzial Im Referenzszenario, basierend auf [Jörß et al., 2010], werden von Gasfeuerungen im Bereich Haushalte und Kleinverbraucher im Jahr 2015 etwa 43 kt NO_x und im Jahr 2020 etwa 39,8 kt NO_x emittiert. Eine Bestandsanalyse der Anlagen wurde von [Struschka et al., 2007] durchgeführt. Der mittlere NO_x-Emissionsfaktor für das Jahr 2015 liegt bei 25,2 kg/TJ und für das Jahr 2020 bei 23 kg/TJ [UBA, 2007]. Die Einführung neuer NO_x-Emissionsgrenzwerte von 35 mg/kWh im Rahmen der Ökodesign-Richtlinie würde zu einer mittleren spezifischen Emission für Neuanlagen von 10 kg/TJ führen. Die Annahme der Einführung dieser Anforderung ab dem Jahr 2013 liefert bei einer angenommenen jährlichen Austauschrate von 3 % eine Minderung von etwa 2,9 kt NO_x gegenüber dem Referenzszenario für 2015 und etwa 5,9 kt NO_x gegenüber dem Referenzszenario für 2020. Bezogen auf das „Referenzszenario+EF_IVD“ ergibt sich unter Berücksichtigung der in diesem Maßnahmenblatt beschriebenen Annahmen im Jahr 2015 ein Minderungspotenzial von 2,6 kt NO_x, und 5,3 kt im Jahr 2020.	
Ansatz Umsetzung der Verordnung auf Basis der Richtlinie 2005/32/EG	
Stand der Umsetzung Die Vorstudie ist bereits abgeschlossen. Mit dem Inkrafttreten der Durchführungsmaßnahme ist bis Ende 2009 zu rechnen.	
Umsetzungshorizont Umsetzung möglich bis: 2010 ☐ 2015 ☒ 2020 ☒	
Kosten Die Anschaffungskosten für eine Neuanlage sind von Betrieb, Art und Beschaffenheit der Anlage abhängig. Die Investitionskosten für einen modernen Gas-Brennwertkessel mit 15 kW, der künftige Grenzwerte einhält, betragen ca. 3600 €. Jährlich fallen noch Betriebskosten für die Wartung und Reparatur in Höhe von ca. 150 € an. Für einen Gas-Heizkessel lassen sich Annuitätskosten in Höhe von ca. 400 € errechnen. Die oben genannten Kosten sind ohne Berücksichtigung der gesetzlichen Mehrwertsteuer. Bei einer angenommenen jährlichen Austauschrate der veralteten Anlagen von 3% werden bis zum Jahr 2020 über 4 Mio. Anlagen ausgetauscht. Die Annuitäten (A_t) der Maßnahme betragen 0,017 €/kWh pro Jahr bei angenommenen Investitionskosten (C₀) von 0,011 €/kWh [DENA, 2008], laufenden Kosten (OC) von 0,009 €/kWh [DENA, 2008], einer Diskontrate von 3% und einer Lebensdauer (n) der Maßnahme von 20 Jahren [DENA, 2008]. Daraus ergeben sich für 2015 Gesamtkosten von 199 Mio. € (0,017 €/kWh x 11*10⁹ kWh) und für 2020 Gesamtkosten von 475 Mio. € (0,017x 27,6*10⁹ kWh).	
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz) Die Ökodesign-Richtlinie bewirkt eine Verminderung des Materialaufwandes und des Energieverbrauches. Somit werden die Einträge der Schadstoffe in die Umwelt insgesamt vermindert. Das Erreichen des Emissionsgrenzwertes von 20 ppm, setzt einen höheren Anteil an elektrischer Energie im Energiemix, beispielweise durch einen verstärkten Wärmepumpeneinsatz, voraus. Dies kann trotz anspruchsvoller Grenzwerte für Kleinf Feuerungsanlagen zu einem Anstieg der NO_x-Gesamtemissionen führen. [Ökodesign, 2007], [Kemna et al., 2007].	

Tabelle 10 stellt die aus der Maßnahme K 002 resultierenden Emissionsfaktoren sowie die Emissionen und die Änderungen gegenüber [Jörß et al., 2010] dar.

Tabelle 10: Emissionsfaktoren, Aktivitätsraten und Emissionen für gasbefeuerte Kleinfeuerungsanlagen infolge der Maßnahme K 002

Strukturelement	ZSE-Bezeichnung	Material	Wertetyp	Schadstoff	2010	2015	2020
Feuerungen in Haushalten	HAUS01	Erdgas	EF [kg/TJ]	NO _x	27,6	24,1	19,6
Feuerungen in der Landwirtschaft	LAWI01	Erdgas	EF [kg/TJ]	NO _x	26,6	24,6	21,8
Militär	MILI01	Erdgas	EF [kg/TJ]	NO _x	21,8	20,0	17,4
Übriger Kleinverbrauch	UEKV01	Erdgas	EF [kg/TJ]	NO _x	26,6	24,6	21,8
EF-Mittelwert (mit Aktivitätsrate gewichteter Emissionsfaktor)		Erdgas	EF[kg/TJ]		27,3	24,2	20,2
Feuerungen in Haushalten	HAUS01	Erdgas	AR [TJ]	NO _x	1.198.000	1.230.500	1.263.000
Feuerungen in der Landwirtschaft	LAWI01	Erdgas	AR [TJ]	NO _x	12.885	12.688	12.492
Militär	MILI01	Erdgas	AR [TJ]	NO _x	10.089	9.935	9.781
Übriger Kleinverbrauch	UEKV01	Erdgas	AR [TJ]	NO _x	413.779	407.459	401.138
Feuerungen in Haushalten	HAUS01	Erdgas	EM [t]	NO _x	33.093	29.621	24.809
Feuerungen in der Landwirtschaft	LAWI01	Erdgas	EM [t]	NO _x	343	313	272
Militär	MILI01	Erdgas	EM [t]	NO _x	220	199	170
Übriger Kleinverbrauch	UEKV01	Erdgas	EM [t]	NO _x	11.017	10.038	8.744
Änderung gegenüber der Referenzszenario		Erdgas	EM [t]	NO _x	0	-2.882	-5.856

3.1.3 Verschärfung der Emissionsgrenzwerte für Staub bei Kleinfeuerungsanlagen mit festen Brennstoffen im Rahmen der geplanten Novellierung der 1. BImSchV

	K 003
Kurzbeschreibung Eckpunkte der Novellierung der 1. BImSchV [Entwurf 1. BImSchV, 2007]: • Absenkung des Emissionsgrenzwertes für Staub; • Absenkung der Leistungsgrenze für die Emissionsanforderung von 15 kW auf 4 kW; • Einführung einer Typenprüfung für Einzelraumfeuerstätten; • Konkretisierung der Anforderungen an den Feuchtegehalt des Brennstoffes (Feuchtegehalt < 25%); • Überarbeitung der Regelung zu Pufferspeichern (Neudimensionierung bei Neuanlagen); • Beratung der Haushalte zur emissionsarmen Bedienung der Feuerung; Minderungspotenzial Im Referenzszenario, basierend auf [Jörß et al., 2010], wird von Holzfeuerungen im Jahr 2015 etwa 28 kt PM10 und im Jahr 2020 etwa 30 kt PM10 emittiert. Der mittlere PM10-Emissionsfaktor für das Jahr 2015 liegt bei 96 kg/TJ und für das Jahr 2020 bei 93 kg/TJ [UBA, 2007]. Bei der Abschätzung der Minderung der Staubemissionen aus Holzfeuerungen durch die Verschärfung der Grenzwerte im Rahmen der geplanten Novellierung der 1. BImSchV wurden folgende Annahmen getroffen: • Inkrafttreten der Verordnung im Jahre 2010 • Jährliche Austauschrate der veralteten Feuerungsanlagen durch Neuanlagen von ca. 3% [Drucksache 16/4638, 2007] Mit Inkrafttreten der neuen 1. BImSchV ergibt sich bis zum Jahr 2015 ein geringes Minderungspotenzial von ca. 1,8 kt für PM10 und 1,6 kt für PM2.5, da die verschärften Grenzwerte der Stufe 1 im Zeitraum von 2010 bis Ende 2014 zuerst nur für Neuanlagen gelten. Ab 2015 laufen die Übergangsregelungen für bestehende Anlagen ab, und somit müssen die neuen Grenzwerte sowohl von bestehenden (Stufe 1) als auch von neuen Anlagen (Stufe 2) eingehalten werden. Bis zum Jahr 2020 sind etwa 40% der bestehenden Anlagen von der neuen Verordnung betroffen ([Struschka et al. 2007], [Drucksache 16/4638, 2007]). Im Jahr 2020 wird ein Minderungspotenzial von ca. 9,9 kt PM10 und ca. 9,2 kt PM2.5 angenommen. Für PM10 wird hier ein geminderter Emissionsfaktor von 62 kg/TJ angenommen, für PM2.5 ein Emissionsfaktor von 58 kg/TJ.. Eine Minderung des Emissionsfaktors für Staub ist vor allem durch einen verstärkten Austausch veralteter Holzfeuerungsanlagen zu erwarten. Auch mit der Nachrüstung der Feuerungen mit Partikelabscheidern kann ein hohes Minderungspotenzial erzielt werden. Dabei ist die Optimierung der Verbrennungstechnik insbesondere bei alten handbeschickten Geräten zu berücksichtigen. Der Einbau von Elektrofiltern, z.B. der ZUMIK®ON-Elektrofilter der Firma Rüegg ermöglicht eine Staub-Reingaskonzentration für Pelletkessel von weniger als 10 mg/Nm³ und für Stückholzkessel von deutlich unter 30 mg/Nm³ [Holzenergie Emmental, 2007]. Aufgrund von Untersuchungen der Entstaubungstechnik kann eine relativ gute Abscheidung von groben Partikeln gewährleistet werden. Im Reingas werden aber immer noch hohe Feinstaubanteile gemessen [BWPLUS Kolloquium, 2009]. Bezogen auf das „Referenzszenario+EF_IVD“ ergibt sich im Jahr 2015 unter Berücksichtigung der neuen Grenzwertanforderungen der 1. BImSchV für Alt- und Neuanlagen ein Minderungspotenzial von 1,6 kt PM10 (1,5 kt PM2.5) und im Jahr 2020 eine Minderung von 9 kt PM10 (8,4 kt PM2.5). Wenn die Grenzwertanforderungen nur für Neuanlagen gelten, wird im Jahr 2015 in Bezug auf das „Referenzszenario+EF_IVD“ ein Minderungspotenzial von 1,4 kt PM10 (1,3 kt PM2.5) und im Jahr 2020 eine Minderung von 4,5 kt PM10 (4,2 kt PM2.5) angenommen.	
Ansatz siehe Eckpunkte der Novellierung der 1. BImSchV [Entwurf 1. BImSchV, 2007]	
Stand der Umsetzung Die Novelle wird voraussichtlich im Februar 2010 in Kraft treten. Für Kleinfeuerungsanlagen mit festen Brennstoffen wird zurzeit eine Durchführungsmaßnahme im Rahmen der Ökodesign-Richtlinie erarbeitet. Konkrete Grenzwertvorschläge liegen noch nicht vor.	

UmsetzungshorizontUmsetzung möglich bis: 2010 ☐ 2015 ☒ 2020 ☒**Kosten**

Die Anschaffungskosten für eine Neuanlage sind von Betrieb, Art und Beschaffenheit der Anlage abhängig. Die Investitionskosten für einen typischen Kaminofen, der künftige Grenzwerte einhält, betragen ca. 1200 €. Die Anschaffungskosten für einen typischen Heizkessel für ein Einfamilienhaus mit einem Wärmebedarf von 15.000 kWh betragen ca. 7500 €. Jährlich fallen noch Betriebskosten für die Wartung und Reparatur in Höhe von ca. 120 € an. Die oben genannten Kosten sind ohne Berücksichtigung der gesetzlichen Mehrwertsteuer und der BAFA-Förderung (BAFA = Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle) angegeben. Zwischen 2015 und 2020 werden ca. 4 Mio. der bestehenden Anlagen nachgerüstet bzw. ausgetauscht [Drucksache 16/4638, 2007].

Die Annuitäten (A_t) der Maßnahme betragen 0,025 €/kWh pro Jahr bei angenommenen Investitionskosten (C_0) von 0,014 €/kWh [PARADIGMA/ReSys, 2002], laufenden Kosten (OC) von 0,012 €/kWh [PARADIGMA/ReSys, 2002], einer Diskontrate von 3 % und einer Lebensdauer (n) der Maßnahme von 20 Jahren [PARADIGMA/ReSys, 2002]. Daraus ergeben sich für 2020 Gesamtkosten der Maßnahme von 579 Mio. € ($0,025 \text{ €/kWh} \times 22,4 \cdot 10^9 \text{ kWh}$).

Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz)

Die Klimaschutzmaßnahmen der Bundesregierung tragen zur Verbreitung von Holzfeuerungsanlagen bei. Ohne eine Flankierung durch Maßnahmen zum Immissionsschutz können sie zu Luftqualitätsproblemen führen. Zusätzlich werden auch andere Schadstoffe aus unvollständiger Verbrennung wie CO, PCDD/F und PAKs reduziert.

Tabelle 11 stellt die aus der Maßnahme K 003 resultierenden Emissionsfaktoren sowie die Emissionen und die Änderungen gegenüber [Jörß et al., 2010] dar.

Tabelle 11: Emissionsfaktoren, Aktivitätsraten und Emissionen für mit Festbrennstoffen befeuerte Kleinfeuerungsanlagen infolge der Maßnahme K 003

Strukturelement	ZSE-Bezeichnung	Material	Wertetyp	Schadstoff	2010	2015	2020
Feuerungen in Haushalten	HAUS01	Brennholz, naturbelassen	EF [kg/TJ]	PM10	103,6	92,8	63,5
Feuerungen in der Landwirtschaft	LAWI01	Brennholz, naturbelassen	EF [kg/TJ]	PM10	68	65,8	64,0
Übriger Kleinverbrauch	UEKV01	Holzabfälle (Resthölzer)	EF [kg/TJ]	PM10	68	67,8	44,3
EF-Mittelwert (mit Aktivitätsrate gewichteter Emissionsfaktor)		Holzabfälle (Resthölzer)	EF [kg/TJ]	PM10	99,5	90,2	62,3
Strukturelement	ZSE-Bezeichnung	Material	Wertetyp	Schadstoff	2010	2015	2020
Feuerungen in Haushalten	HAUS01	Brennholz, naturbelassen	EF [kg/TJ]	PM2.5	96,2	86,2	59,0
Feuerungen in der Landwirtschaft	LAWI01	Brennholz, naturbelassen	EF [kg/TJ]	PM2.5	60,0	58,9	56,5
Übriger Kleinverbrauch	UEKV01	Holzabfälle (Resthölzer)	EF [kg/TJ]	PM2.5	60,0	59,9	39,1
EF-Mittelwert (mit Aktivitätsrate gewichteter Emissionsfaktor)		Holzabfälle (Resthölzer)	EF [kg/TJ]	PM2.5	92,1	83,5	57,6
Feuerungen in Haushalten	HAUS01	Brennholz, naturbelassen	AR [TJ]	PM10/PM2.5	156.966	156.966	156.966
Feuerungen in Haushalten	HAUS01	Brennholz, naturbelassen	AR [TJ]	PM10/PM2.5	75.699	107.436	139.174
Feuerungen in der Landwirtschaft	LAWI01	Brennholz, naturbelassen	AR [TJ]	PM10/PM2.5	9.102	9.102	9.102
Übriger Kleinverbrauch	UEKV01	Holzabfälle (Resthölzer)	AR [TJ]	PM10/PM2.5	20.935	20.935	20.935
Feuerungen in Haushalten	HAUS01	Brennholz, naturbelassen	EM [t]	PM10	16.262	14.566	9.971
	HAUS01	Brennholz, naturbelassen	EM [t]	PM10	7.842	9.970	8.841
Feuerungen in der Landwirtschaft	LAWI01	Brennholz, naturbelassen	EM [t]	PM10	619	599	583
Übriger Kleinverbrauch	UEKV01	Holzabfälle (Resthölzer)	EM [t]	PM10	1.424	1.420	928
Änderung gegenüber dem Referenzszenario		Holzabfälle (Resthölzer)	EM [t]	PM10	0	-1.768	-9.913
EF-Mittelwert (mit Aktivitätsrate gewichteter Emissionsfaktor)		Holzabfälle (Resthölzer)	EM [t]	PM10	92,1	83,7	57,6
Feuerungen in Haushalten	HAUS01	Brennholz, naturbelassen	EM [t]	PM2.5	15.100	13.526	9.259
Feuerungen in Haushalten	HAUS01	Brennholz, naturbelassen	EM [t]	PM2.5	7.282	9.258	8.209
Feuerungen in der Landwirtschaft	LAWI01	Brennholz, naturbelassen	EM [t]	PM2.5	546	528	514
Übriger Kleinverbrauch	UEKV01	Holzabfälle (Resthölzer)	EM [t]	PM2.5	1.256	1.253	819
Änderung gegenüber dem Referenzszenario					0	-1.640	-9.180

3.1.4 Verschärfung der Emissionsgrenzwerte für NO_x bei ölbefeuerten Kleinf Feuerungsanlagen im Rahmen der geplanten Novellierung der 1. BImSchV

		K 004						
Kurzbeschreibung Die geplanten Anforderungen der 1. BImSchV für mit Öl befeuerte Neuanlagen gemäß vorliegendem Referentenentwurf vom August 2007 sehen folgende Emissionsgrenzwerte für unterschiedliche Anlagenleistungsklassen vor [Entwurf 1. BImSchV, 2007]: <table border="0" style="margin-left: 40px;"> <tr> <td><120 kW:</td> <td>110 mg/kWh</td> </tr> <tr> <td>120-400kW:</td> <td>120 mg/kWh</td> </tr> <tr> <td>>400 kW:</td> <td>185 mg/kWh</td> </tr> </table>			<120 kW:	110 mg/kWh	120-400kW:	120 mg/kWh	>400 kW:	185 mg/kWh
<120 kW:	110 mg/kWh							
120-400kW:	120 mg/kWh							
>400 kW:	185 mg/kWh							
Minderungspotenzial Im Referenzszenario, basierend auf [Jörß et al., 2010], werden von Ölfeuerungen im Bereich Haushalte und Kleinverbraucher im Jahr 2015 etwa 37,4 kt NO _x und im Jahr 2020 etwa 33,5 kt NO _x emittiert. Eine Bestandsanalyse der Anlagen wurde von [Struschka et al. 2007] durchgeführt. Der mittlere Emissionsfaktor für das Jahr 2015 liegt bei 36,4 kg/TJ und für das Jahr 2020 bei 34,2 kg/TJ [UBA, 2007]. Eine weitergehende Minderung ist durch die Absenkung der Emissionsanforderung der 1. BImSchV an Neuanlagen denkbar. Die 1. BImSchV erfasst den Großteil der Anlagen im Bereich Haushalte und Kleinverbraucher. Durch Low-NO _x -Brenner können nach [BUWAL, 2000] spezifische Emissionen von bis zu 27 kg/TJ erreicht werden. Der überwiegende Teil der Ölfeuerungen (ca. 92 %) befindet sich im Leistungsbereich bis 120 kW. Eine Verschärfung des Emissionsgrenzwerts der 1. BImSchV würde zu einer mittleren spezifischen Emission für Neuanlagen von 30 kg/TJ führen. Die Annahme der Einführung dieser Anforderung im Rahmen einer Novellierung der 1. BImSchV ab dem Jahr 2010 liefert bei einer angenommenen jährlichen Austauschrate von 3 % ein Minderungspotenzial bis zum Jahr 2015 von etwa 433 t NO _x und bis zum Jahr 2020 etwa 828 t. Bezogen auf das „Referenzszenario+EF_IVD“ ergibt sich unter Berücksichtigung der in diesem Maßnahmenblatt beschriebenen Annahmen im Jahr 2015 ein Minderungspotenzial von 1,8 kt NO _x und 3,5 kt NO _x im Jahr 2020. Die NO _x -Emissionen im „Referenzszenario+EF_IVD“ liegen deutlich höher als im Referenzszenario auf Grundlage von [Jörß et al., 2010].								
Ansatz Strengere NO _x -Anforderungen für alle in der 1. BImSchV [Entwurf 1. BImSchV, 2007] geregelten Neuanlagen								
Stand der Umsetzung Die Novelle wird voraussichtlich im Februar 2010 in Kraft treten. Es liegt ein Vorschlag der EU-Kommission vor, im Rahmen der Ökodesign-Richtlinie Grenzwerte für neue Warmwasserbereiter und Heizkessel einzuführen. Auf diesen Vorschlag wird im nächsten Maßnahmenblatt K005 näher eingegangen.								
Umsetzungshorizont Umsetzung möglich bis: 2010 ☐ 2015 ☒ 2020 ☒								
Kosten Die Anschaffungskosten für eine Neuanlage sind von Betrieb, Art und Beschaffenheit der Anlage abhängig. Die Investitionskosten für einen modernen Öl-Brennwertkessel mit 20 kW, der künftige Grenzwerte einhält, betragen ca. 5300 €. Jährlich fallen noch Betriebskosten für die Wartung und Reparatur in Höhe von ca. 150 € an. Für einen Öl-Brennwertkessel lassen sich Annuitätskosten in Höhe von ca. 504 € errechnen. Die oben genannten Kosten sind ohne Berücksichtigung der gesetzlichen Mehrwertsteuer angegeben. Bei einer angenommenen jährlichen Austauschrate der veralteten Anlagen von 3% werden bis zum Jahr 2020 über 1 Mio. Anlagen ausgetauscht. Die Annuitäten (A _t) der Maßnahme betragen 0,021 €/kWh pro Jahr bei angenommenen Investitionskosten (C ₀) von 0,015 €/kWh [DENA, 2008], laufenden Kosten (OC) von 0,006 €/Aktivität [DENA, 2008], einer Diskontrate von 3 % und einer Lebensdauer (n) der Maßnahme von 20 Jahren [DENA, 2008]. Daraus ergeben sich für 2015 Gesamtkosten von 233 Mio. € (0,021 €/kWh x 11*10 ⁹ kWh) und für 2020 Gesamtkosten von 292 Mio. € (0,021 € / kWh x 14*10 ⁹ kWh).								
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz)								

Tabelle 12 stellt die aus der Maßnahme K 004 resultierenden Emissionsfaktoren sowie die Emissionen und die Änderungen gegenüber [Jörß et al., 2010] dar.

Tabelle 12: Emissionsfaktoren, Aktivitätsraten und Emissionen für ölbefeuerte Kleinfeuerungsanlagen infolge der Maßnahme K 004

Strukturelement	ZSE-Bezeichnung	Material	Wertetyp	Schadstoff	2010	2015	2020
Feuerungen in Haushalten	HAUS01	Heizöl, leicht	EF [kg/TJ]	NO _x	37,6	34,8	31,8
Feuerungen in der Landwirtschaft	LAWI01	Heizöl, leicht	EF [kg/TJ]	NO _x	42,7	41,3	39,6
Militär	MILI01	Heizöl, leicht	EF [kg/TJ]	NO _x	42,8	41,4	39,7
Übriger Kleinverbrauch	UEKV01	Heizöl, leicht	EF [kg/TJ]	NO _x	42,7	41,3	39,6
EF-Mittelwert (mit Aktivitätsrate gewichteter Emissionsfaktor)		Heizöl, leicht	EF [kg/TJ]	NO _x	38,7	36,3	33,6
Feuerungen in Haushalten	HAUS01	Heizöl, leicht	AR [TJ]	NO _x	820.925	782.929	744.932
Feuerungen in der Landwirtschaft	LAWI01	Heizöl, leicht	AR [TJ]	NO _x	19.273	18.661	18.049
Militär	MILI01	Heizöl, leicht	AR [TJ]	NO _x	336	326	315
Übriger Kleinverbrauch	UEKV01	Heizöl, leicht	AR [TJ]	NO _x	223.149	216.065	208.981
Übriger Kleinverbrauch	UEKV01	Heizöl, leicht	EM [t]	NO _x	30.836	27.233	23.688
Feuerungen in der Landwirtschaft	LAWI01	Heizöl, leicht	EM [t]	NO _x	824	771	715
Militär	MILI01	Heizöl, leicht	EM [t]	NO _x	14,4	13,5	12,5
Übriger Kleinverbrauch	UEKV01	Heizöl, leicht	EM [t]	NO _x	9.539	8.923	8.278
Änderung gegenüber dem Referenzszenario		Heizöl, leicht	EM [t]	NO _x	0	-433	-828

3.1.5 Verschärfung der Emissionsgrenzwerte für NO_x bei ölbefeuerten Kleinf Feuerungsanlagen im Rahmen der geplanten Ökodesign-Richtlinie

		K 005
Kurzbeschreibung Geplante Anforderungen der Ökodesign-Richtlinie für mit Öl befeuerte Warmwasserbereiter, Heizkessel und Kombiboiler [Ökodesign, 2008]: • Energieverbrauchskennzeichnung • Mindestanforderungen zur Energieeffizienz der Anlagen in zwei Stufen (Stufe 1 ab 2011; Stufe 2 ab 2013) • Anforderungen an NO_x-Emissionen für Neuanlagen ab 2013: 70 mg/kWh (40 ppm) für Anlagen bis 30 kW und ohne Einsatz erneuerbarer Energieträger; 105 mg/kWh (60ppm) für Anlagen >30 kW mit einem Anteil an erneuerbaren Energieträgern von mindestens 30%.		
Minderungspotenzial Im Referenzszenario, basierend auf [Jörß et al., 2010], werden von Ölfeuerungen im Bereich Haushalte und Kleinverbraucher im Jahr 2015 etwa 37,4 kt NO _x und im Jahr 2020 etwa 33,5 kt NO _x emittiert. Eine Bestandsanalyse der Anlagen wurde von [Struschka et al. 2007] durchgeführt. Der mittlere Emissionsfaktor für das Jahr 2015 liegt bei 36,4 kg/TJ und für das Jahr 2020 bei 34,2 kg/TJ [UBA, 2007]. Die Einführung neuer NO _x -Emissionsgrenzwerte von 70 mg/kWh im Rahmen der Ökodesign-Richtlinie würde zu einem mittleren spezifischen Emissionsfaktor für Neuanlagen von 20 kg/TJ führen. Die Annahme der Einführung dieser Anforderung ab dem Jahr 2013 liefert bei einer angenommenen jährlichen Austauschrate von 3 % eine Minderung von etwa 3,4 kt NO _x gegenüber dem Referenzszenario 2015 und etwa 6,4 kt gegenüber dem Referenzszenario 2020. Die strengen Grenzwerte stellen Hersteller vor große Herausforderungen. Nur wenige Ölfeuerungsanlagentypen können zurzeit die neuen Grenzwerte einhalten. Bezogen auf das „Referenzszenario+EF_IVD“ ergibt sich unter Berücksichtigung der in diesem Maßnahmenblatt beschriebenen Annahmen im Jahr 2015 ein Minderungspotenzial von 4,7 kt NO _x und 9 kt NO _x im Jahr 2020. Die NO _x -Emissionen im „Referenzszenario+EF_IVD“ liegen deutlich höher als im Referenzszenario auf Grundlage von [Jörß et al., 2010].		
Ansatz Umsetzung der Verordnung auf Basis der Richtlinie 2005/32/EG		
Stand der Umsetzung Die Vorstudie ist bereits abgeschlossen. Mit dem Inkrafttreten der Durchführungsmaßnahme ist bis Ende 2009 zu rechnen.		
Umsetzungshorizont Umsetzung möglich bis: 2010 ☐ 2015 ☒ 2020 ☒		
Kosten Die Anschaffungskosten für eine Neuanlage sind von Betrieb, Art und Beschaffenheit der Anlage abhängig. Die Investitionskosten für einen modernen Öl-Brennwertkessel mit 20 kW, der künftige Grenzwerte einhält, betragen ca. 5.300 €. Jährlich fallen noch Betriebskosten für die Wartung und Reparatur in Höhe von ca. 150 € an. Für einen Öl-Brennwertkessel lassen sich Annuitätskosten in Höhe von ca. 504 € errechnen. Die oben genannten Kosten sind ohne Berücksichtigung der gesetzlichen Mehrwertsteuer angegeben. Bei einer angenommenen jährlichen Austauschrate der veralteten Anlagen von 3% werden bis zum Jahr 2020 über 1 Mio. Anlagen ausgetauscht. Die Annuitäten (A _t) der Maßnahme betragen 0,021 €/kWh pro Jahr bei angenommenen Investitionskosten (C ₀) von 0,015 €/kWh [DENA, 2008], laufenden Kosten (OC) von 0,006 €/Aktivität [DENA, 2008], einer Diskontrate von 3 % und einer Lebensdauer (n) der Maßnahme von 20 Jahren [DENA, 2008]. Daraus ergeben sich für 2015 Gesamtkosten von 117 Mio. € (0,021 €/kWh x 5,6*10 ⁹ kWh) und für 2020 Gesamtkosten von 292 Mio. € (0,021 €/kWh x 14*10 ⁹ kWh).		
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz)		

Tabelle 13 stellt die aus der Maßnahme K 005 resultierenden Emissionsfaktoren sowie die Emissionen und die Änderungen gegenüber [Jörß et al., 2010] dar.

Tabelle 13: Emissionsfaktoren, Aktivitätsraten und Emissionen für ölbefeuerte Kleanfeuerungsanlagen infolge der Maßnahme K 005

Strukturelement	ZSE-Bezeichnung	Material	Wertetyp	Schadstoff	2010	2015	2020
Feuerungen in Haushalten	HAUS01	Heizöl, leicht	EF [kg/TJ]	NO _x	36,1	31,9	26,0
Feuerungen in der Landwirtschaft	LAWI01	Heizöl, leicht	EF [kg/TJ]	NO _x	41,3	38,5	34,0
Militär	MILI01	Heizöl, leicht	EF [kg/TJ]	NO _x	41,4	38,6	34,1
Übriger Kleinverbrauch	UEKV01	Heizöl, leicht	EF [kg/TJ]	NO _x	41,3	38,5	34,0
EF-Mittelwert (mit Aktivitätsrate gewichteter Emissionsfaktor)		Heizöl, leicht	EF [kg/TJ]	NO _x	37,3	33,4	27,9
Feuerungen in Haushalten	HAUS01	Heizöl, leicht	AR [TJ]	NO _x	820.925	782.929	744.932
Feuerungen in der Landwirtschaft	LAWI01	Heizöl, leicht	AR [TJ]	NO _x	19.273	18.661	18.049
Militär	MILI01	Heizöl, leicht	AR [TJ]	NO _x	336	326	315
Übriger Kleinverbrauch	UEKV01	Heizöl, leicht	AR [TJ]	NO _x	223.149	216.065	208.981
Übriger Kleinverbrauch	UEKV01	Heizöl, leicht	EM [t]	NO _x	29.648	24.967	19.375
Feuerungen in der Landwirtschaft	LAWI01	Heizöl, leicht	EM [t]	NO _x	797	718	614
Militär	MILI01	Heizöl, leicht	EM [t]	NO _x	14	13	11
Übriger Kleinverbrauch	UEKV01	Heizöl, leicht	EM [t]	NO _x	9.226	8.317	7.105
Änderung gegenüber dem Referenzszenario		Heizöl, leicht	EM [t]	NO _x	0	-3.359	-6.417

3.1.6 Zusammenfassung der Ergebnisse für Kleinf Feuerungsanlagen

Die Ermittlung der Minderungspotenziale, die in diesem Kapitel quantifiziert wurden, basiert auf zwei unterschiedlichen Referenzszenarien ([Jörß et al., 2010] und PAREST-Referenz+EF_IVD). Für die Immissionsmodellierung wurden die Minderungen basierend auf dem Referenzszenario von [Jörß et al., 2010] eingesetzt. Die für die Modellierung angenommenen Minderungspotenziale sowie deren Abweichung zu den aktuellen Minderungspotenzialen sind in Tabelle 14 zusammengefasst. Die größten Abweichungen zwischen den modellierten und den aktualisierten Minderungspotenzialen ergeben sich durch unterschiedliche Emissionsfaktoren in den Referenzszenarien. Die Emissionsfaktoren für Gas- und Holzfeuerungen liegen im Referenzszenario „Referenzszenario+EF_IVD“ niedriger als im Referenzszenario basierend auf [Jörß et al., 2010]. Für Ölfeuerungen, vor allem für die ZSE-Strukturelemente „Feuerungen in Haushalten (HAUS 01)“ liegen die neuen Emissionsfaktoren höher als im Referenzszenario von [Jörß et al., 2010].

Tabelle 14: Abweichung zwischen modellierten und aktualisierten Minderungspotenzialen für den Sektor Kleinf Feuerungsanlagen

ID	Subsektor	Maßnahme	Schadstoff	Minderungspotenzial		
				Modelliert	Aktualisiert	Differenz
				[t]		
K001	Erdgasfeuerungen	Novellierung der 1. BImSchV	NO _x	2.855	2.656	-199
K002	Erdgasfeuerungen	Ökodesign-Richtlinie	NO _x	5.856	5.353	-503
K003	Holzfeuerungen	Novellierung der 1. BImSchV	PM10	9.913	9.066	-847
K003	Holzfeuerungen	Novellierung der 1. BImSchV	PM2.5	9.180	8.407	-773
K004	Ölfeuerungen	Novellierung der 1. BImSchV	NO _x	828	3.500	2.672
K005	Ölfeuerungen	Ökodesign-Richtlinie	NO _x	6.417	9.042	2.625

3.2 Großfeuerungsanlagen

Die IVU-Richtlinie (Richtlinie 2008/1/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 15. Januar 2008 über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung) wird gegenwärtig umfassend überarbeitet und dabei umbenannt in Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über Industrieemissionen (IED-Richtlinie). Im Rahmen dieser Überarbeitung hat die EU-Kommission u.a. neue Anforderungen zur Emissionsbegrenzung von Großfeuerungsanlagen (GFA) vorgeschlagen. Das Umweltbundesamt hat zu dem Richtlinienentwurf der EU eine Stellungnahme abgegeben und teilweise abweichende Emissionsgrenzwerte vorgeschlagen. Im Rahmen des PAREST-Projekts wurden für den Sektor Großfeuerungsanlagen die Auswirkungen beider Vorschläge zur Emissionsbegrenzung untersucht. Darüber hinaus wurden auch weitestgehende Maßnahmen untersucht.

Es wurden Minderungsmaßnahmen für folgende Subsektoren entwickelt:

- kohlebefeuerte Feuerungsanlagen > 50 MW FWL²,
- ölbefeuerte Feuerungsanlagen > 50 MW FWL,
- Erdgaskesselfeuerungen > 50 MW FWL und
- Erdgas-Gasturbinen > 50 MW FWL

Für Raffinerien gibt es eine Reihe von Emissionsminderungsmöglichkeiten. Allerdings wurden diese im Rahmen des Vorhabens nicht betrachtet.

Bei der Maßnahmenanalyse wurden die Anlagen in zwei Leistungsklassen eingeteilt:

- Anlagenklasse 50-100 MW FWL und
- Anlagenklasse größer 100 MW FWL

Die Emissionsgrenzwerte des IED-Richtlinienentwurfs [KOM 844, 2009] gelten ab dem 1.1.2016. Die neuen Grenzwertvorschläge des IED-Richtlinienentwurfs [KOM 844, 2009] und des UBA [UBA-GFA, 2010] sind als Tagesmittelwerte (TMW) für Alt- und Neuanlagen, differenziert nach den Anlagenklassen 50-100 MW FWL, 100-300 MW FWL, 300-500 MW FWL und größer 500 MW FWL angegeben. Da bei der Bewertung der Minderungsmaßnahmen im Folgenden nur zwei Anlagenklassen 50-100 MW FWL und größer 100 MW FWL unterschieden werden, wurden für diese zwei Anlagenklassen durch Zusammenfassung mehrerer Tagesmittelgrenzworschläge jeweils mittlere, nach Technologie- und Leistungsanteilen gewichtete Tagesmittelwerte abgeleitet.

Anlagen, die ab 2016 in Betrieb gehen oder genehmigt werden, sind im Sinne des IED-Richtlinienentwurfs als Neuanlagen zu bezeichnen. Als Altanlagen werden im Sinne des IED-Richtlinienentwurfs die Anlagen definiert, die bis 2016 in Betrieb gegangen sind oder genehmigt wurden.

Die neuen Emissionsgrenzwertvorschläge der EU-Kommission und des Umweltbundesamtes für geplante kohlebefeuerte Großfeuerungsanlagen (sogenannte „Neuanlagen“) sind in Tabelle 15 dargestellt. Für bestehende kohlebefeuerte Großfeuerungsanlagen (sogenannte „Altanlagen“) sind die neuen Emissionsgrenzwertvorschläge in Tabelle 16 zusammengefasst.

In der Spalte „TMW“ der Tabelle 15 und Tabelle 16 sind die durch Zusammenfassung mehrerer Grenzwertvorschläge und die durch Gewichtung nach Technologie und Anlagenleistungsanteilen

² FWL: Feuerungswärmeleistung

abgeleiteten Tagesmittelwerte für kohlebefeuerte Großfeuerungsanlagen dargestellt. In der Spalte „JMW“ sind die abgeschätzten Jahresmittelwerte aus den höchstzulässigen Tagesmittelwerten dargestellt.

Die Jahresmittelwerte für Neuanlagen für NO_x und SO₂ wurden mit einem Umrechnungsfaktor von 0,9 berechnet. Für Staub wurde ein Faktor von 0,5 eingesetzt. Diese Faktoren wurden den Forschungsnehmern als Schätzung durch die Experten des Umweltbundesamtes mitgeteilt [UBA-GFA, 2010].

Tabelle 15: Emissionsgrenzwerte für Neuanlagen (auf UBA- bzw. IED-Vorschlägen basierende Tagesmittelwerte und abgeschätzte Jahresmittelwerte)

TMW... Tagesmittelwert		Neuanlagen				Neuanlagen			
JMW... Jahresmittelwert		Steinkohle				Braunkohle			
	Schadstoff	aus IED- Vorschlag abgeleitete Grenzwerte		aus UBA- Vorschlag abgeleitete Grenzwerte		aus IED- Vorschlag abgeleitete Grenzwerte		aus UBA- Vorschlag abgeleitete Grenzwerte	
Anlagenart		TMW	JMW	TMW	JMW	TMW	JMW	TMW	JMW
		mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³
Kohle 50-100 MW FWL	NO _x	300	270	300	270	300	270	300	270
Kohle >100 MW FWL	NO _x	154	138,6	50	45	200	180	50	45
Kohle 50-100 MW FWL	SO ₂	400	320	250	225	400	320	250	225
Kohle >100 MW FWL	SO ₂	154	138,6	100	90	200	180	100	90
Kohle 50-100 MW FWL	Staub	20	10	20	10	20	10	20	10
Kohle >100 MW FWL	Staub	10,8	4,8	10	5	10,3	3,9	10	5

Zur Übertragung der Massenkonzentrationen von höchstzulässigen Tagesmittelwerten in Jahresmittelwerte für bestehende Anlagen wurden schadstoffspezifisch die Verhältnisse Tagesmittelwerte/Jahresmittelwert aus den Betriebswerten einiger Kraftwerke ausgewertet [E-ON, 2007], [Emissionsdaten 2007]. Auf dieser Grundlage wurde für NO_x für kohlebefeuerte Großfeuerungsanlagen ein Faktor von 0,9 angenommen und für steinkohlebefeuerte Großfeuerungsanlagen > 100 MW FWL ein Faktor von 0,8. Für SO₂ wurde für Anlagen > 100 MW FWL ein Umrechnungsfaktor von 0,7, für Anlagen <100 MW FWL ein Faktor von 0,8 angenommen und für Staub ein Umrechnungsfaktor von 0,5 abgeleitet.

Für erdgasbetriebene Gasturbinen und für ölbefeuerte Großfeuerungsanlagen wurde für NO_x und SO₂ zur Abschätzung der Emissionskonzentrationen im Jahresmittel ein Umrechnungsfaktor von 0,9 angenommen [UBA-GFA, 2010].

Tabelle 16: Emissionsgrenzwerte für Altanlagen (auf UBA-Vorschläge/IED-Vorschlägen basierende Tagesmittelwerte und abgeschätzte Jahresmittelwerte).

TMW...Tagesmittelwert		Altanlagen				Altanlagen			
JMW... Jahresmittelwert		Steinkohle				Braunkohle			
		aus IED-Vorschlag abgeleitete Grenzwerte		aus UBA-Vorschlag abgeleitete Grenzwerte		aus IED-Vorschlag abgeleitete Grenzwerte		aus UBA-Vorschlag abgeleitete Grenzwerte	
Anlagenart	Schadstoff	TMW	JMW	TMW	JMW	TMW	JMW	TMW	JMW
		mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³
Kohle 50-100 MW FWL	NO _x	300	270	300	270	300	280	300	280
Kohle >100 MW FWL	NO _x	200	161	200	161	200	182	200	182
Kohle 50-100 MW FWL	SO ₂	400	320	570	456	400	320	570	456
Kohle >100 MW FWL	SO ₂	204	143	200	140	202	141	200	140
Kohle 50-100 MW FWL	Staub	30	15	20	10	30	15	20	10
Kohle >100 MW FWL	Staub	20,4	10	20	10	20,2	10	20	10

Die im PAREST-Referenzszenario hinterlegten Emissionsdaten basierend auf [Jörß et al., 2010] beziehen sich auf den Gesamtanlagenbestand, es wird also nicht nach Anlagenklassen unterschieden. Aus diesem Grund wurde basierend auf [Jörß et al., 2010] ein „modifiziertes PAREST-Referenzszenario“ entwickelt, in dem sowohl die Aktivitätsdaten (Brennstoffeinsätze) als auch die Emissionsfaktoren den Großfeuerungsanlagenklassen kleiner und größer 100 MW FWL zugeordnet wurden. Die Aufsplittung der Aktivitäten für bestehende Feuerungsanlagen erfolgte anhand der Auswertung der Angaben in der IER/UBA-Kraftwerksdatenbank [IER, 2008] zur installierten Leistung der betrachteten Leistungsklassen. Die Aktivitäten der neuen Großfeuerungsanlagen wurden der Liste der geplanten Großfeuerungsanlagen des BDEW³ entnommen [BDEW, 2008]. Zur Aufsplittung der Emissionsfaktoren wurden die zurzeit geltenden Grenzwerte (Emissionsmassenkonzentrationen als Tagesmittelwerte) der 13. BImSchV (vom 20. Juli 2004) [13. BImSchV, 2004] in Abhängigkeit von der Anlagenleistung und vom Zeitpunkt der Inbetriebnahme in Emissionsfaktoren umgerechnet. Die Umrechnung der Massenkonzentrationen [mg/m³] in Emissionsfaktoren [kg/TJ] erfolgte über Umrechnungsfaktoren, die aus den brennstoffspezifischen Emissionsdaten von [Rentz et al. 2002] abgeleitet wurden. Für Gasturbinen wurden die Umrechnungsfaktoren aus [Jörß, et al. 2007] herangezogen. Die verwendeten Umrechnungsfaktoren sind in der Tabelle 17 dargestellt.

³ Bundesverband der Elektrizitäts- und Wasserwirtschaft

Tabelle 17: Umrechnungsfaktoren für die Umrechnung der Emissionsmassenkonzentrationen von [mg/m³] in Emissionsfaktoren in [kg/TJ]

Brennstoff	Anlagentyp	SO ₂	NO ₂	Staub	Bezugssauerstoffgehalt	Quelle
Steinkohle	Kesselfeuerungsanlage	2,72	2,72	2,76	6%	[Rentz et al., 2002]
Braunkohle	Kesselfeuerungsanlage	2,43	2,46	2,45	6%	[Rentz et al., 2002]
Heizöl EL	Kesselfeuerungsanlage	3,39	3,39	3,36	3%	[Rentz et al., 2002]
Heizöl S	Kesselfeuerungsanlage	3,49	3,49	3,54	3%	[Rentz et al., 2002]
Erdgas	Kesselfeuerungsanlage	4,00	3,57	3,75	3%	[Rentz et al., 2002]
Heizöl EL	Gasturbinen	1,18	1,18	1,18	15%	[Jörß, et al., 2007]
Erdgas	Gasturbinen	1,15	1,15	1,15	15%	[Jörß, et al., 2007]

Die so ermittelten Emissionsfaktoren (Ausgangsemissionsfaktoren, ungemindert) sind in Tabelle 18 dargestellt, differenziert nach den Anlagenklassen 50-100 MW FWL und >100 MW FWL sowie nach Anlagenalter (Neuanlagen/Altanlagen). Für gasbetriebene Feuerungsanlagen erfolgte keine Aufsplittung der Emissionsdaten, da die neuen Grenzwertanforderungen im IED/UBA-Vorschlag für alle Anlagenklassen > 50 MW FWL gleich sind.

Tabelle 18: Emissionsfaktoren für kohlebefeuerte Großfeuerungsanlagen im Referenzszenario ([Jörß et al., 2010], modifiziert)

Anlagenart	Schadstoff	Neuanlagen		Altanlagen	
		Steinkohle	Braunkohle	Steinkohle	Braunkohle
		kg/TJ	kg/TJ	kg/TJ	kg/TJ
Kohle 50-100 MW FWL	NO _x	88	106	132	191
Kohle >100 MW FWL	NO _x	44	53	64	76
Kohle 50-100 MW FWL	SO ₂	141	157	227	220
Kohle >100 MW FWL	SO ₂	55,2	61,7	68,6	66,5
Kohle 50-100 MW FWL	PM10	3,2	3,7	3,2	3,7
Kohle 50-100 MW FWL	PM2.5	2,9	3,3	2,9	3,3
Kohle >100 MW FWL	PM10	2,9	2,8	2,9	2,8
Kohle >100 MW FWL	PM2.5	2,6	2,5	2,6	2,5

Die nach Anlagenklasse und eingesetztem Brennstoff differenzierten Emissionsfaktoren der Minderungs-szenarien für Kohlekraftwerke sind in Tabelle 19 und in Tabelle 20 angegeben. Den Emissionsfaktoren liegen die neuen Grenzwertvorschläge der EU Kommission und des Umweltbundesamtes zugrunde (vgl. Spalten „JMW“, Tabelle 15 und Tabelle 16). Die Umrechnung von abgeschätzten Jahresemissionskonzentrationen auf Emissionsfaktoren erfolgte mit den Faktoren aus Tabelle 17.

Tabelle 19: Geminderte Emissionsfaktoren im Minderungsszenario infolge der Novellierung der IED-Richtlinie

Anlagenart	Schadstoff	Neuanlagen		Altanlagen	
		Steinkohle	Braunkohle	Steinkohle	Braunkohle
		kg/TJ	kg/TJ	kg/TJ	kg/TJ
Kohle 50-100 MW FWL	NO _x	99,3	109,8	99,3	114,6
Kohle >100 MW FWL	NO _x	51,0	73,0	59,0	74,0
Kohle 50-100 MW FWL	SO ₂	131,7	117,6	103	115
Kohle >100 MW FWL	SO ₂	50,9	56,1	52,5	58,1
Kohle 50-100 MW FWL	PM10	3,2	3,7	5,5	4,9
Kohle 50-100 MW FWL	PM2.5	2,9	3,3	4,9	4,3
Kohle >100 MW FWL	PM10	1,5	1,4	3,0	2,8
Kohle >100 MW FWL	PM2.5	1,4	1,3	2,6	2,5

Tabelle 20: Geminderte Emissionsfaktoren im Minderungsszenario infolge der UBA-Vorschläge

Anlagenart	Schadstoff	Neuanlagen		Altanlagen	
		Steinkohle	Braunkohle	Steinkohle	Braunkohle
		kg/TJ	kg/TJ	kg/TJ	kg/TJ
Kohle 50-100 MW FWL	NO _x	99,3	109,8	99,3	114
Kohle >100 MW FWL	NO _x	16,5	18,3	59,0	74,0
Kohle 50-100 MW FWL	SO ₂	83,5	93,5	169,1	189,3
Kohle >100 MW FWL	SO ₂	33,1	37	51,5	57,6
Kohle 50-100 MW FWL	PM10	3,7	3,7	3,7	3,7
Kohle 50-100 MW FWL	PM2.5	3,3	3,3	3,3	3,3
Kohle >100 MW FWL	PM10	1,4	1,4	2,9	2,8
Kohle >100 MW FWL	PM2.5	1,2	1,3	2,6	2,5

In Tabelle 21 sind die Ergebnisse der Maßnahmenanalyse für den Sektor Großfeuerungsanlagen zusammengefasst. Die für die Ermittlung der Minderungspotenziale verwendeten Emissionsdaten, die in diesem Kapitel aufgeführt sind, beruhen auf dem letzten Stand des Wissens. Für die Immissionsmodellierung wurden allerdings hiervon abweichende Minderungspotenziale eingesetzt. Die in die Modellierung eingeflossenen Minderungspotenziale sind in Tabelle 22 und in Tabelle 23 zusammengefasst. Die größten Abweichungen zwischen den modellierten und den in diesem Kapitel dargestellten Minderungspotenzialen ergeben sich durch unterschiedliche Ansatzpunkte bei der Abschätzung der Jahresmittelwerte aus den höchstzulässigen Tagesmittelwerten. Bisher wurden für NO_x und SO₂ zu niedrige Umrechnungsfaktoren verwendet. Nach Absprachen mit dem Umweltbundesamt wurden diese im April 2010 korrigiert. Die Abweichungen der Minderungspotenziale sind in Tabelle 23 zusammengefasst.

Tabelle 21 : Übersichtstabelle zur Wirksamkeit der betrachteten Maßnahmen (aktualisierte Minderungspotenziale, Stand April 2010) für Großfeuerungsanlagen für 2020⁴

ID	Subsektor	Maßnahme	Schadstoff	Aktivitätsrate	Referenzszenario		Minderungsszenario		Minderungspotenzial
					Emissionsfaktor	Emissionen	Emissionsfaktor	Emissionen	
				TJ	kg/TJ	kt	kg/TJ	kt	kt
G REF_A	Kohle >50 MW FWL	Novellierung 13.BImSchV	NO _x	3,14*10 ⁶	45,0	220,0	37,0	217,6	2,4
G REF_B	Gasturbinen_ Erdgas > 50 MW FWL		NO _x	3201	64,2	0,2	43,5	0,14	0,07
G001	Kohle 50-100 MW FWL	IED	NO _x	7.930,0	147,0	1,2	103,1	818,8	0,35
G002	Kohle >100 MW FWL	IED	NO _x	3,11*10 ⁶	69,8	218,7	66,5	208,1	11,1
G003	Kohle 50-100 MW FWL	UBA	NO _x	7.930,0	147,0	1,2	103,1	818,8	0,35
G004	Kohle >100 MW FWL	UBA	NO _x	3,11*10 ⁶	69,8	218,7	66,1	206,9	12,3
G006	Kohle >100 MW FWL	IED	PM10	3,14*10 ⁶	3,20	9,90	3,1	9,85	0,047
			PM2.5	3,14*10 ⁶	2,78	8,74	2,77	8,69	0,042
G008	Kohle >100 MW FWL	UBA	PM10	3,14*10 ⁶	3,20	9,90	3,1	9,86	0,051
			PM2.5	3,14*10 ⁶	2,78	8,74	2,77	8,69	0,046
G009	Kohle >50 MW FWL	Absenkung auf 10 mg/m ³ für alle Anlagen	PM10	3,14*10 ⁶	3,20	9,90	2	6,00	3,5
			PM2.5	3,14*10 ⁶	2,78	8,74	2	5,25	3,1
G010	Kohle 50-100 MW FWL	IED	SO ₂	7.930	225,40	1,80	121,2	0,96	0,83
G011	Kohle >100 MW FWL	IED	SO ₂	3,11*10 ⁶	67,0	211,0	55,2	172,7	38,3
G012	Kohle 50-100 MW FWL	UBA	SO ₂	7.930	225,40	1,80	174,2	1,4	0,4
G013	Kohle >100 MW FWL	UBA	SO ₂	3,11*10 ⁶	67,0	211,0	54,3	169,8	41,2
G014	Ergaskessel >50 MW FWL	IED	NO _x	239.065	35,7	8,5	25,2	6,0	2,5
G015	Ergaskessel >50 MW FWL	Absenkung auf 20 mg/m ³	NO _x	239.065	35,7	8,5	5,6	1,3	7,2
G016	Gasturbinen_ Erdgas > 50 MW FWL	IED	NO _x	355.510	62,6	22,3	39,1	13,9	8,3
G017	Gasturbinen_ Erdgas > 50 MW FWL	UBA	NO _x	355.510	62,6	22,3	15,7	5,6	16,7
G019	Ölkessel >50MW	UBA	SO ₂	22.802	110,40	2,50	51,40	1,20	1,35

⁴ Es sind in Tabelle 19 nur Maßnahmen aufgeführt für die Minderungspotenziale quantifiziert werden konnten

Tabelle 22 : Übersichtstabelle zur Wirksamkeit der betrachteten Maßnahmen (**modellierte Maßnahmen**) für Großfeuerungsanlagen für 2020⁵

ID	Subsektor	Maßnahme	Schadstoff	Aktivitätsrate	Referenzszenario		Minderungsszenario		Minderungs- potenzial
					Emissionsfaktor	Emissionen	Emissionsfaktor	Emissionen	
				TJ	kg/TJ	kt	kg/TJ	kt	kt
G REF_A	Kohle >50 MW FWL	Novellierung 13. BImSchV	NO _x	3,14*10 ⁶	45,0	220,0	37,0	217,6	2,4
G REF_B	Gasturbinen_ Erdgas > 50 MW FWL		NO _x	3201	64,2	0,2	43,5	0,14	0,07
G001	Kohle 50-100 MW FWL	IED	NO _x	7.930,0	147,0	1,2	88,3	700,0	0,5
G002	Kohle >100 MW FWL	IED	NO _x	3,11*10 ⁶	69,8	218,7	66,3	207,5	11,2
G003	Kohle 50-100 MW FWL	UBA	NO _x	7.930,0	147,0	1,2	88,3	700,0	0,5
G004	Kohle >100 MW FWL	UBA	NO _x	3,11*10 ⁶	69,8	218,7	66,1	206,7	12,0
G006	Kohle >100 MW FWL	IED	PM10	3,14*10 ⁶	3,20	9,90	3,1	9,85	0,047
			PM2.5	3,14*10 ⁶	2,78	8,74	2,77	8,69	0,042
G008	Kohle >100 MW FWL	UBA	PM10	3,14*10 ⁶	3,20	9,90	3,1	9,86	0,051
			PM2.5	3,14*10 ⁶	2,78	8,74	2,77	8,69	0,046
G009	Kohle >50 MW FWL	Absenkung auf 10 mg/m ³ für alle Anlagen	PM10	3,14*10 ⁶	3,20	9,90	2	6,00	3,5
			PM2.5	3,14*10 ⁶	2,78	8,74	2	5,25	3,1
G010	Kohle 50-100 MW FWL	IED	SO ₂	7.930	225,40	1,80	78,80	0,60	1,16
G011	Kohle >100 MW FWL	IED	SO ₂	3,11*10 ⁶	66,80	209,10	40,10	125,60	83,8
G012	Kohle 50-100 MW FWL	UBA	SO ₂	7.930	225,40	1,80	113,30	0,90	0,89
G013	Kohle >100 MW FWL	UBA	SO ₂	3,11*10 ⁶	66,80	209,10	39,60	123,90	85,8
G014	Ergaskessel >50 MW FWL	IED	NO _x	239.065	35,7	8,5	22,5	5,3	3,2
G015	Ergaskessel >50 MW FWL	Absenkung auf 20 mg/m ³	NO _x	239.065	35,7	8,5	5,6	1,3	7,2
G016	Gasturbinen_Er dgas > 50 MW FWL	IED	NO _x	355.510	62,6	22,3	34,8	12,4	9,9
G017	Gasturbinen_Er dgas > 50 MW FWL	UBA	NO _x	355.510	62,6	22,3	13,9	4,9	17,3
G019	Ölkessel >50MW	UBA	SO ₂	22.802	110,40	2,50	51,40	1,20	1,35

⁵ Es sind in Tabelle 22 nur Maßnahmen aufgeführt für die Minderungspotenziale quantifiziert werden konnten

Tabelle 23 : Abweichung zwischen den modellierten und den aktualisierten Minderungspotenzialen⁶

ID	Subsektor	Maßnahme	Schadstoff	Minderungspotenzial		
				Modelliert	Aktualisierte Berechnungen	Differenz
				kt	kt	kt
G REF_A	Kohle >50 MW FWL	Novellierung 13. BImSchV	NO _x	2,4	2,4	0,0
GREF_B	Gasturbinen_ Erdgas > 50 MW FWL		NO _x	0,07	0,07	0,0
G001	Kohle 50-100 MW FWL	IED	NO _x	0,5	0,4	-0,1
G002	Kohle >100 MW FWL	IED	NO _x	11,2	11,1	-0,1
G003	Kohle 50-100 MW FWL	UBA	NO _x	0,5	0,4	-0,1
G004	Kohle >100 MW FWL	UBA	NO _x	12,0	12,3	0,3
G006	Kohle >100 MW FWL	IED	PM10	0,047	0,047	0,0
			PM2.5	0,042	0,042	0,0
G008	Kohle >100 MW FWL	UBA	PM10	0,051	0,051	0,0
			PM2.5	0,046	0,046	0,0
G009	Kohle >50 MW FWL	Absenkung auf 10 mg/m ³ für alle Anlagen	PM10	3,5	3,5	0,0
			PM2.5	3,1	3,1	0,0
G010	Kohle 50-100 MW FWL	IED	SO ₂	1,2	0,8	-0,4
G011	Kohle >100 MW FWL	IED	SO ₂	83,8	38,3	-45,5
G012	Kohle 50-100 MW FWL	UBA	SO ₂	0,9	0,4	-0,5
G013	Kohle >100 MW FWL	UBA	SO ₂	85,8	41,2	-44,6
G014	Ergaskessel >50 MW FWL	IED	NO _x	3,2	2,5	-0,7
G015	Ergaskessel >50 MW FWL	Absenkung auf 20 mg/m ³	NO _x	7,2	7,2	0,0
G016	Gasturbinen_ Erdgas > 50 MW FWL	IED	NO _x	9,9	8,3	-1,6
G017	Gasturbinen_ Erdgas > 50 MW FWL	UBA	NO _x	17,3	16,7	-0,6
G019	Ölkessel>50MW	UBA	SO ₂	1,4	1,4	0,0

⁶ Es sind in Tabelle 23 nur Maßnahmen aufgeführt, für die Minderungspotenziale quantifiziert werden konnten

3.2.1 Verschärfung des NO_x-Emissionsgrenzwertes für Großfeuerungsanlagen > 50 MW im Rahmen der Novellierung der 13. BImSchV

Seit Januar 2009 gelten für Großfeuerungsanlagen, die ab 2013 in Betrieb gehen oder wesentlich geändert werden, die neuen NO_x-Grenzwerte infolge der Neufassung der 13. BImSchV [13. BImSchV, 2009]. In den Maßnahmenblättern „G REF_A“ und „G REF_B“ sind die neuen Anforderungen der novellierten 13. BImSchV zusammengefasst und die infolge der Umsetzung der Novellierung der 13. BImSchV zu erwartende NO_x-Emissionsminderung dargestellt.

Im PAREST-Referenzszenario ([Jörß et al., 2010], modifiziert) wurden alle bis zum 31.12.2007 beschlossenen umweltpolitischen Maßnahmen berücksichtigt. Dieses Referenzszenario beinhaltet die Grenzwertanforderungen der 13. BImSchV vom 20. Juli 2004. Aus diesem Grund wurde das zusätzliche Szenario „PAREST-Referenzszenario+Implementierung der 13. BImSchV“ entwickelt, in dem die neuen Anforderungen der novellierten 13. BImSchV vom 27.01.2009 bereits implementiert sind. Die gegenüber dem Szenario: „PAREST-Referenzszenario+Implementierung der 13. BImSchV“ quantifizierten NO_x-Minderungspotenziale sind in den Maßnahmenblättern G002 und G004 zusätzlich angegeben.

3.2.1.1 Verschärfung des NO_x-Emissionsgrenzwertes für kohlegefeuerten Großfeuerungsanlagen > 50 MW im Rahmen der Novellierung der 13. BImSchV

	G REF_A
Kurzbeschreibung Für kohlegefeuerten Großfeuerungsanlagen > 50 MW FWL (ohne Abfallmitverbrennung) wurden im Rahmen der Novellierung der 13. BImSchV vom 27.01.2009 neue NO_x-Grenzwerte festgelegt. Für Anlagen der Größenklasse 50-100 MW FWL sind im Jahresmittel neue NO_x-Grenzwerte von 250 mg/Nm³ einzuhalten.⁷ Für Feuerungsanlagen ab einer Feuerungswärmeleistung (FWL) von mehr als 100 MW gilt ein Jahresmittelwert von 100 mg/Nm³. Von der Novellierung sind alle Anlagen betroffen, die ab dem 01. Januar 2013 in Betrieb gehen oder wesentlich geändert werden. Von den Anforderungen ausgenommen sind Anlagen, für die bis zum 31. Dezember 2010 ein vollständiger Genehmigungsantrag gestellt oder mit deren Errichtung vor dem 31. Dezember 2011 begonnen wurde und die ihren Betrieb vor dem 31. Dezember 2013 aufgenommen haben [13. BImSchV, 2009]. Minderungspotenzial Die Auswertung der aktuellen Liste der geplanten Kohlekraftwerke ergab, dass im Zeitraum von 2013 bis 2015 sieben Steinkohle- und ein Braunkohlekraftwerk in Betrieb genommen werden [BDEW, 2008]. In diesem Zeitraum werden insgesamt 5420 MW el (brutto) installiert. Von 2015 bis 2020 wird nur ein Steinkohlekraftwerk mit 800 MW el in Betrieb gehen. Ab 2013 sind nach dem jetzigen Kenntnisstand keine neuen Kohlenkraftwerke der Leistungsklasse 50-100 MW FWL geplant. Deshalb betreffen die neuen Grenzwerte nur Anlagen ab einer Feuerungswärmeleistung von mehr als 100 MW. Im PAREST-Referenzszenario werden von kohlebefeueren Großfeuerungsanlagen > 50 MW im Jahr 2015 etwa 206 kt NO_x und im Jahr 2020 220 kt NO_x emittiert. Für Neuanlagen ab einer FWL von mehr als 100 MW beim Einsatz von Steinkohle liegt der NO_x-Emissionsfaktor bezüglich der Einhaltung der alten Grenzwerte der 13. BImSchV (vom 20 Juli 2004) bei 44,1 kg/TJ. Für braunkohlebefeuerte Neuanlagen >100 MW FWL liegt der mittlere NO_x-Emissionsfaktor bei 52,8 kg/TJ. Durch eine Verschärfung der NO_x-Grenzwertanforderungen ab 2013 im Rahmen der Novellierung der 13. BImSchV ergibt sich im Jahr 2015 ein Minderungspotenzial von 2,2 kt NO_x bezogen auf das Referenzszenario 2015. Für 2020 ist eine NO_x-Minderung von 2,4 kt zu erwarten. Der geminderte Emissionsfaktor für steinkohlebefeuerte GFA > 100 MW FWL liegt bei 36,8 kg/TJ. Für braunkohlebefeuerte GFA > 100 MW FWL ergibt sich ein geminderter Emissionsfaktor von 40,7 kg/TJ. Für Neuanlagen wurde beispielhaft ein Minderungspotenzial berechnet. Pro mit Steinkohle befeuerter Neuanlage mit einer Leistung von 800 MWel (entspricht ca. 2000 MW FWL) ergibt sich unter Berücksichtigung der neuen Grenzwerte ein Minderungspotenzial von ca. 434 t NO_x/a. Bei der Berechnung der Emissionen aus Neuanlagen beim Einsatz von Steinkohle wurde ein elektrischer Wirkungsgrad von 47 % angenommen. Für zukünftige Braunkohlekraftwerke wurde ein Wirkungsgrad von 43 % angenommen.	
Ansatz Implementierung der neuen Anforderungen an NO_x-Emissionsfrachten der 13. BImSchV	
Stand der Umsetzung Die neue 13. BImSchV wurde von der Bundesregierung im Januar 2009 verabschiedet.	
Umsetzungshorizont Umsetzung möglich bis: 2010 ☐ 2015 ☒ 2020 ☒	
Kosten Die neuen Grenzwertanforderungen der 13. BImSchV für neue Feuerungsanlagen ab einer Feuerungswärmeleistung (FWL) von mehr als 100 MW können durch Einsatz der SCR-Technik eingehalten werden. Eine Auswertung der aktuellen Liste der geplanten Kohlekraftwerke hat ergeben, dass im Zeitraum von 2013 bis 2015 sieben Steinkohle- und ein Braunkohlekraftwerk in Betrieb genommen werden [BDEW, 2008]. In	

⁷ Nm³ = Normkubikmeter

diesem Zeitraum werden insgesamt 5.420 MW el (brutto) installiert. Von 2015 bis 2020 wird nur ein Steinkohlekraftwerk mit 800 MW el in Betrieb gehen. Mit den unten aufgeführten Investitions- und Betriebskosten lassen sich Annuitätskosten für ein Kohlekraftwerk mit einer installierten Leistung von 350 MW el in Höhe von ca. 1,3 Mio. € errechnen. Die Investitions- und Betriebskosten beziehen sich auf das Abgasvolumen von 400.000 m³/h.

Die Annuitäten (A_t) der Maßnahme (Einsatz von SCR-Technik) betragen 0,38 €/MWh pro Jahr bei angenommenen Investitionskosten (C_0) von 0,2 €/MWh [BREF-GFA, 2006], laufenden Kosten (OC) von 0,18 €/MWh [BREF-GFA, 2006], einer Diskontrate von 3% und einer Lebensdauer (n) der Maßnahme von 15 Jahren [BREF-GFA, 2006]. Daraus ergeben sich für 2015 Gesamtkosten von 28,4 Mio. € ($0,37\text{€/kWh} \times 76 \cdot 10^6 \text{ MWh}$) und für 2020 Gesamtkosten von 17,2 Mio. € ($0,18 \text{ €/MWh} \times 76 \cdot 10^6 \text{ MWh} + 0,38 \text{ €/MWh} \times 9,9 \cdot 10^6 \text{ MWh}$).

Die Gesamtkosten der Maßnahme für das Jahr 2020 setzen sich aus den Betriebskosten der zwischen 2013 und 2015 in Betrieb genommenen Kraftwerke und aus Annuitäten eines Steinkohlekraftwerkes (800 MW el, Inbetriebnahme 2018) zusammen.

Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz)

Die Anwendung von Entstickungsverfahren kann zu erhöhten Ammoniakemissionen führen.

Tabelle 24 stellt die aus der Maßnahme G REF_A resultierenden Emissionsfaktoren, Aktivitäten und Emissionen dar sowie die Änderungen gegenüber dem Referenzszenario für die spezifischen Strukturelemente.

Tabelle 24: Aktivitätsraten, Emissionsfaktoren und Emissionen für die kohlebefeuerte Großfeuerungsanlagen infolge der Maßnahme G Ref_A

Strukturelement	ZSE-Bezeichnung	Material	Wertetyp		2010	2015	2020
öffentliche Kraftwerke_Stromerzeugung	OEKW13	Braunkohlenbriketts	AR [TJ]		540	559	577
öffentliche Kraftwerke_Stromerzeugung	OEKW13	Staub-/Trockenkohle	AR [TJ]		8.327	8.612	8.896
öffentliche Kraftwerke_Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Helmstedt	AR [TJ]		22.520	23.290	24.060
öffentliche Kraftwerke_Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Rheinland	AR [TJ]		734.431	759.539	784.648
öffentliche Kraftwerke_Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Lausitz	AR [TJ]		435.785	450.684	465.583
öffentliche Kraftwerke_Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Mitteldeutschland	AR [TJ]		171.808	177.682	183.556
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_Stromerzeugung	UIKW13	Rohbraunkohle	AR [TJ]		12.778	13.215	13.652
Zechen- und Grubenkraftwerke_Stromerzeugung	GRKW13	Rohbraunkohle Rheinland	AR [TJ]		14.343	14.834	15.324
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_Stromerzeugung	UIKW13	Staub-/Trockenkohle	AR [TJ]		581	600	620
öffentliche Kraftwerke_Wärmeerzeugung	HEKW13	Braunkohlenkoks	AR [TJ]		4.603	4.444	3.699
öffentliche Kraftwerke_Wärmeerzeugung	HEKW13	Braunkohlenbriketts	AR [TJ]		467	451	375
öffentliche Kraftwerke_Wärmeerzeugung	HEBKW13	Rohbraunkohle Rheinland	AR [TJ]		1.842	1.778	1.480
öffentliche Kraftwerke_Wärmeerzeugung	HEBKW13	Rohbraunkohle Lausitz	AR [TJ]		13036,00	12.586	10.477
öffentliche Kraftwerke_Wärmeerzeugung	HEBKW13	Rohbraunkohle Mitteldeutschland	AR [TJ]		16.581	16.010	13.327
Zechen- und Grubenkraftwerke_Wärmeerzeugung	UEGK13	Rohbraunkohle Rheinland	AR [TJ]		4.079	3.542	3.113
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_Wärmeerzeugung	INKW13	Rohbraunkohle	AR [TJ]		2.598	2.583	2.567
öffentliche Kraftwerke_Stromerzeugung	OEKW13	Braunkohlenbriketts	EF [kg/TJ]	NO _x	74,5	74,2	74,3
öffentliche Kraftwerke_Stromerzeugung	OEKW13	Staub-/Trockenkohle	EF [kg/TJ]	NO _x	77,8	77,5	77,5
öffentliche Kraftwerke_Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Helmstedt	EF [kg/TJ]	NO _x	51,0	50,8	50,8
öffentliche Kraftwerke_Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Rheinland	EF [kg/TJ]	NO _x	72,0	71,7	71,7
öffentliche Kraftwerke_Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Lausitz	EF [kg/TJ]	NO _x	81,7	81,4	81,4
öffentliche Kraftwerke_Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Mitteldeutschland	EF [kg/TJ]	NO _x	81,7	81,4	81,4
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_Stromerzeugung	UIKW13	Rohbraunkohle	EF [kg/TJ]	NO _x	80,3	80,0	80,0
Zechen- und Grubenkraftwerke_Stromerzeugung	GRKW13	Rohbraunkohle Rheinland	EF [kg/TJ]	NO _x	124,0	123,6	123,6

Strukturelement	ZSE-Bezeichnung	Material	Wertetyp		2010	2015	2020
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_Stromerzeugung	UIKW13	Staub-/Trockenkohle	EF [kg/TJ]	NO _x	97,2	96,9	96,9
öffentliche Kraftwerke_Wärmeerzeugung	HEKW13	Braunkohlenkoks	EF [kg/TJ]	NO _x	74,5	74,2	74,3
öffentliche Kraftwerke_Wärmeerzeugung	HEKW13	Braunkohlenbriketts	EF [kg/TJ]	NO _x	74,5	74,2	74,3
öffentliche Kraftwerke_Wärmeerzeugung	HEBKW13	Rohbraunkohle Rheinland	EF [kg/TJ]	NO _x	72,0	71,7	71,7
öffentliche Kraftwerke_Wärmeerzeugung	HEBKW13	Rohbraunkohle Lausitz	EF [kg/TJ]	NO _x	81,7	81,4	81,4
öffentliche Kraftwerke_Wärmeerzeugung	HEBKW13	Rohbraunkohle Mitteldeutschland	EF [kg/TJ]	NO _x	81,7	81,4	81,4
Zechen- und Grubenkraftwerke_Wärmeerzeugung	UEGK13	Rohbraunkohle Rheinland	EF [kg/TJ]	NO _x	124,0	123,6	123,6
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_Wärmeerzeugung	INKW13	Rohbraunkohle	EF [kg/TJ]	NO _x	80,3	80,0	80,0
EF-Mittelwert (mit Aktivitätsrate gewichtet)		Braunkohle	EF [kg/TJ]	NO _x	76,7	76,4	76,4
öffentliche Kraftwerke_Stromerzeugung	OEKW13	Braunkohlenbriketts	EM [t]	NO _x	40,2	41,5	42,8
öffentliche Kraftwerke_Stromerzeugung	OEKW13	Staub-/Trockenkohle	EM [t]	NO _x	647,8	667,7	689,8
öffentliche Kraftwerke_Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Helmstedt	EM [t]	NO _x	1148,5	1183,7	1223,0
öffentliche Kraftwerke_Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Rheinland	EM [t]	NO _x	52849,7	54469,4	56275,2
öffentliche Kraftwerke_Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Lausitz	EM [t]	NO _x	35603,6	36694,9	37911,5
öffentliche Kraftwerke_Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Mitteldeutschland	EM [t]	NO _x	14036,7	14466,9	14946,6
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_Stromerzeugung	UIKW13	Rohbraunkohle	EM [t]	NO _x	1026,1	1057,5	1092,6
Zechen- und Grubenkraftwerke_Stromerzeugung	GRKW13	Rohbraunkohle Rheinland	EM [t]	NO _x	1778,5	1833,1	1893,8
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_Stromerzeugung	UIKW13	Staub-/Trockenkohle	EM [t]	NO _x	56,5	58,1	60,1
öffentliche Kraftwerke_Wärmeerzeugung	HEKW13	Braunkohlenkoks	EM [t]	NO _x	342,9	329,9	274,7
öffentliche Kraftwerke_Wärmeerzeugung	HEKW13	Braunkohlenbriketts	EM [t]	NO _x	34,8	33,5	27,8
öffentliche Kraftwerke_Wärmeerzeugung	HEBKW13	Rohbraunkohle Rheinland	EM [t]	NO _x	132,6	127,5	106,1
öffentliche Kraftwerke_Wärmeerzeugung	HEBKW13	Rohbraunkohle Lausitz	EM [t]	NO _x	1065,0	1024,8	853,1
öffentliche Kraftwerke_Wärmeerzeugung	HEBKW13	Rohbraunkohle Mitteldeutschland	EM [t]	NO _x	1354,7	1303,5	1085,2
Zechen- und Grubenkraftwerke_Wärmeerzeugung	UEGK13	Rohbraunkohle Rheinland	EM [t]	NO _x	505,8	437,7	384,7
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_Wärmeerzeugung	INKW13	Rohbraunkohle	EM [t]	NO _x	208,6	206,7	205,4
Änderung gegenüber dem Referenzszenario					0,0	-391,0	-391,0
öffentliche Kraftwerke_Stromerzeugung	OEKW13	Steinkohle	AR [TJ]		1068585	1228963	1389341
Zechen- und Grubenkraftwerke_Stromerzeugung	STKBKW13	Steinkohle	AR [TJ]		107652	123809	139966
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_Stromerzeugung	UIKW13	Steinkohle	AR [TJ]		6541	7523	8505
öffentliche Kraftwerke_Wärmeerzeugung	HEKW13	Steinkohle	AR [TJ]		76624	68293	58509

Strukturelement	ZSE- Bezeichnung	Material	Wertetyp		2010	2015	2020
Fernheizwerke_ Wärmeerzeugung	FEHW13	Steinkohle	AR [TJ]		810	722	618
Zechen- und Gruben- kraftwerke Wärmeerzeugung	UESTKB13	Steinkohle	AR [TJ]		200	200	100
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus Wärmeerzeugung	INKW13	Steinkohle	AR [TJ]		7027	7546	8066
öffentliche Kraftwerke Stromerzeugung	OEKW13	Steinkohle	EF [kg/TJ]	NO _x	63,7	62,5	62,4
Zechen- und Grubenkraftwerke Stromerzeu- gung	STKBKW13	Steinkohle	EF [kg/TJ]	NO _x	62,3	61,1	61,1
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus Stromerzeugung	UIKW13	Steinkohle	EF [kg/TJ]	NO _x	82,0	80,4	80,4
öffentliche Kraftwerke Wärmeerzeugung	HEKW13	Steinkohle	EF [kg/TJ]	NO _x	63,7	62,5	62,4
Fernheizwerke Wärmeerzeu- gung	FEHW13	Steinkohle	EF [kg/TJ]	NO _x	119,5	117,2	117,1
Zechen- und Grubenkraftwerke Wärmeerze- ugung	UESTKB13	Steinkohle	EF [kg/TJ]	NO _x	62,3	61,1	61,1
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus Wärmeerzeugung	INKW13	Steinkohle	EF [kg/TJ]	NO _x	82,0	80,4	80,4
EF-Mittelwert (mit Aktivitätsrate gewichtet)		Steinkohle	EF [kg/TJ]	NO _x	63,8	62,6	62,5
öffentliche Kraftwerke Stromerzeugung	OEKW13	Steinkohle	EM [t]	NO _x	68068,9	76771,8	86743,1
Zechen- und Grubenkraftwerke Stromerzeu- gung	STKBKW13	Steinkohle	EM [t]	NO _x	6706,7	7564,2	8546,7
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus Stromerzeugung	UIKW13	Steinkohle	EM [t]	NO _x	536,4	605,0	683,6
öffentliche Kraftwerke Wärmeerzeugung	HEKW13	Steinkohle	EM [t]	NO _x	4880,9	4266,2	3653,0
Fernheizwerke Wärmeerzeu- gung	FEHW13	Steinkohle	EM [t]	NO _x	96,8	84,6	72,4
Zechen- und Grubenkraftwerke Wärmeerze- ugung	UESTKB13	Steinkohle	EM [t]	NO _x	12,5	12,2	6,1
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus Wärmeerzeugung	INKW13	Steinkohle	EM [t]	NO _x	576,2	606,8	648,3
Änderung gegenüber dem Referenzszenario		Steinkohle	EM [t]	NO _x	0	-1.772	-2.033

3.2.1.2 Absenkung des NO_x -Grenzwertes für erdgasbefeuerte Gasturbinen > 50 MW im Rahmen der Novellierung der 13. BImSchV (vom 27.01.2009)

		G REF_B
Kurzbeschreibung Im Rahmen der Novellierung der 13. BImSchV (vom 27.01.2009) wurden die NO_x-Grenzwerte für erdgasbefeuerte Gasturbinen im Jahresmittel verschärft. Der neue Jahresmittelwert von 50 mg/Nm^3 gilt für: • Anlagen mit Kraft-Wärme-Kopplung (KWK-Anlagen) mit einem Wirkungsgrad > 75 %, • Anlagen im Kombibetrieb mit einem Wirkungsgrad > 55 % • Anlagen zum Antrieb von Arbeitsmaschinen Für sonstige Gasturbinen gilt im Jahresmittel ein NO_x-Grenzwert von 35 mg/Nm^3. Von der Novellierung sind alle Anlagen betroffen, die ab dem 01. Januar 2013 in Betrieb gehen oder wesentlich geändert werden. Von den Anforderungen ausgenommen sind Anlagen, für die bis zum 31. Dezember 2010 ein vollständiger Genehmigungsantrag gestellt oder mit deren Errichtung vor dem 31. Dezember 2011 begonnen wurde und die ihren Betrieb vor dem 31. Dezember 2013 aufgenommen haben [13.BImSchV, 2009].		
Minderungspotenzial In Jörß et al. [2010] werden von erdgasbefeuerten Gasturbinen > 50 MW im Jahr 2020 etwa 22,3 kt NO_x emittiert. Der mittlere Emissionsfaktor liegt bei $62,6 \text{ kg/TJ}$ [Jörß et al., 2010]. Nach dem aktuellen Stand der geplanten Gasturbinen [BDEW, 2008] wird im Jahr 2016 nur eine GuD-Anlage mit 150 MW el. in Betrieb gehen. Die Anzahl der für den Zeitraum 2013-2020 geplanten Gasturbinen kann noch nicht genau abgeschätzt werden. Deshalb wurde das Minderungspotenzial beispielhaft pro Neuanlage berechnet. Bei der Einführung des NO_x-Jahresmittelwertes von 50 mg/Nm^3 ergibt sich pro neuer GuD-Anlage mit 150 MWel (entspricht ca. 350 MW FWL) und mit einem angenommenen Wirkungsgrad von 58% ein Minderungspotenzial von etwa 66,5 t/a gegenüber dem Referenzszenario. Der geminderte Emissionsfaktor liegt bei ca. 44 kg/TJ.		
Ansatz Siehe Maßnahmenbeschreibung		
Stand der Umsetzung Die neue 13. BImSchV wurde von der Bundesregierung im Januar 2009 verabschiedet.		
Umsetzungshorizont Umsetzung möglich bis: 2010 ☐ 2015 ☐ 2020 ☒		
Kosten Die verschärften Emissionsgrenzwerte der 13. BImSchV können durch Einsatz von SCR-Technik eingehalten werden. Für eine Gasturbine mit 150 MW FWL ergeben sich folgende Kosten: Die Annuitäten (A_t) der Maßnahme (Einsatz von SCR-Technik) betragen 1,45 €/MWh bei angenommenen Investitionskosten (C_0) von 0,33 €/MWh [Theloke et al., 2007], laufenden Kosten (OC) von 1,12 €/MWh [Theloke et al., 2007], einer Diskontrate von 3% und einer Lebensdauer (n) der Maßnahme von 15 Jahren [Theloke et al., 2007]. Daraus ergeben sich für 2020 Gesamtkosten von 1,5 Mio. € ($1,45 \text{ €/MWh} \times 1,1 \cdot 10^6 \text{ MWh}$).		
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz)		

3.2.2 Verschärfung des NO_x-Emissionsgrenzwertes bei kohlegefeuerten Großfeuerungsanlagen 50-100 MW im Rahmen der geplanten IED-Richtlinie

	G 001
Kurzbeschreibung Die Europäische Kommission hat am 26.05.2009 einen Vorschlag zur Novellierung der IED-Richtlinie vorgelegt [KOM 844, 2009]. Die neuen Grenzwerte für Feuerungsanlagen sind als Tagesmittelwerte festgelegt und sollen ab 01.01.2016 gelten. In der novellierten IED-Richtlinie werden folgende NO_x-Grenzwerte für neue Großfeuerungsanlagen (GFA) ohne Abfallmitverbrennung festgelegt, die ab 2016 in Betrieb gehen oder genehmigt werden, sogenannte Neuanlagen: • für Neuanlagen 50-100 MW 300 mg/Nm³; für Braunkohlenstaubfeuerungen 400 mg/Nm³ und für Anlagen mit Torfeinsatz 250 mg/Nm³. Für Anlagen, die bis 2016 in Betrieb gehen oder genehmigt werden, sogenannte Altanlagen, gelten folgende NO_x-Grenzwerte: • für Altanlagen 50-100 MW 300 mg/Nm³; für Braunkohlenstaubfeuerungen und für Anlagen mit Genehmigung vor dem 27.11.2002 mit max. 1500 Betriebsstunden/a im gleitenden 5-Jahres-Durchschnitt gilt ein Grenzwert von 450 mg/Nm³. Eine Recherche zu den in Deutschland installierten Feuerungstechniken hat ergeben, dass in der Anlagenklasse 50-100 MW keine Braunkohlenstaubfeuerungen und keine Anlagen mit weniger als 1500 Betriebsstunden/a vorhanden sind. In Deutschland werden auch keine Torfkraftwerke betrieben. Deshalb wird für Alt- und Neuanlagen ein NO_x-Grenzwert von 300 mg/Nm³ angenommen. Minderungspotenzial Bei der Ermittlung der Minderungspotenziale wurden zunächst die neuen Grenzwerte (Tagesmittelwerte) in Jahresmittelwerte umgerechnet. Die abgeleiteten Umrechnungsfaktoren variieren je nach Brennstoff, Schadstoff und Anlagenalter (vgl. Tabelle 15-16). Zur Übertragung der Massenkonzentrationen von höchstzulässigen Tagesmittelwerten in die Jahresmittelwerte für bestehende Anlagen wurden je nach Schadstoff die Verhältnisse Tagesmittelwerte/Jahresmittelwert aus den Betriebswerten einiger Kraftwerke herangezogen [E-ON 2007, Emissionsdaten, 2007]. Für NO_x wurde für bestehende kohlebefeuerte Großfeuerungsanlagen < 100 MW FWL der Faktor von 0,9 angenommen. Für Neuanlagen < 100 MW FWL wurde ebenfalls der Umrechnungsfaktor von 0,9 eingesetzt (Expertenschätzung des Umweltbundesamtes, [UBA-GFA, 2010]). Somit werden durchschnittliche NO_x-Jahresmittelwerte für Steinkohlekraftwerks-Neubauten von 270 mg/Nm³ und für neue Braunkohlekraftwerke von 270 mg/Nm³ angenommen. Bei kohlegefeuerten Altanlagen liegen die mittlere Jahresmittelwerte ebenfalls bei 270 mg/Nm³. In einem weiteren Schritt wurden die abgeschätzten Jahresmittelwerte mittels entsprechender Umrechnungsfaktoren aus [Rentz et al., 2002] in brennstoff-spezifische Emissionsfaktoren [kg/TJ] umgerechnet. Der aktuellen Liste der geplanten Kraftwerksneubauten [BDEW, 2008] kann entnommen werden, dass ab 2016 keine Kohlekraftwerke bis 100 MW FWL in Betrieb genommen oder genehmigt werden. Bis 2020 kann somit eine Emissionsminderung nur bei Altanlagen der Anlagenklasse 50-100 MW FWL erwarten werden. Anhand der Auswertung der IER/UBA-Kraftwerks-datenbank [IER, 2008] konnte für die Anlagen der Größenklasse 50-100 MW eine Aktivitätsrate von ca. 8000 TJ abgeschätzt werden. Diese Aktivitätsrate beträgt weniger als 1% der Gesamtaktivitätsrate aller Kohle-feuerungen > 50 MW. Im Referenzszenario werden von kohlebefeuernden Großfeuerungsanlagen > 50 MW im Jahr 2020 etwa 220 kt NO_x emittiert, 1,2 kt aus Anlagen der Größenklasse 50-100 MW FWL und 218,7 kt aus der Größenklasse > 100 MW. Im Referenzszenario liegt der NO_x-Emissionsfaktor für steinkohlegefeuerte Neuanlagen bei 88 kg/TJ, für Altanlagen bei 132 kg/TJ. Für braunkohlebefeuerte GFA der Leistungsstufe 50-100 MW liegt der NO_x-Emissionsfaktor für Neuanlagen bei 106 kg/TJ, für Altanlagen bei 191 kg/TJ. Bei der Einführung der neuen Grenzwerte der IED-Richtlinie kann ein NO_x-Minderungspotenzial von ca. 196,5 t bei Steinkohlefeuerungen und von ca. 152,3 t bei Braunkohlefeuerungen erreicht werden. Insgesamt ergibt sich im Jahr 2020 für alle bestehenden Kohlefeuerungen bis 100 MW FWL eine Minderung von 348,8 t NO_x gegenüber dem modifizierten PAREST-Referenzszenario 2020, dies entspricht einer Minderung der NO_x-Emissionen aus den Anlagen im Leistungsbereich 50-100 MW FWL von ca. 30 %. Bezogen auf das PAREST-Referenzszenario (Gesamtemissionen aus allen Kohlefeuerungen > 50 MW FWL) entspricht dies einer Minderung von ca. 0,2 %. Im Minderungsszenario 2020 liegt der neue Emissionsfaktor für bestehende Steinkohlefeuerungen bei ca. 99,3 kg/TJ, für bestehende Braunkohlefeuerungen bei 114,6 kg/TJ. Die neuen NO_x-Grenzwerte können mittels Optimierung der NO_x-Primärmaßnahmen eingehalten werden.	

Ansatz
Implementierung der IED
Stand der Umsetzung
Die IED befindet sich im Europäischen Gesetzgebungsprozess.
Umsetzungshorizont
Umsetzung möglich bis: 2010 ☐ 2015 ☐ 2020 ☒
Kosten
Die neuen Grenzwertanforderungen der IED-Richtlinie können durch Einsatz der SNCR-Technik eingehalten werden. Mit den unten aufgeführten Investitions- und Betriebskosten lassen sich Annuitätskosten für ein Kohlekraftwerk mit einer installierten Leistung von 45 MWel in Höhe von ca. 65.000 € errechnen. Die Investitions- und Betriebskosten beziehen sich auf das Abgasvolumen von 60.000 m³/h. Die Annuitäten (A_t) der Maßnahme (Einsatz von SNCR-Technologie) betragen 0,14 €/MWh bei angenommenen Investitionskosten (C_0) von 0,12 €/MWh [Reis, 2005], laufenden Kosten (OC) von 0,02 €/MWh [Reis, 2005], einer Diskontrate von 3% und einer Lebensdauer (n) der Maßnahme von 15 Jahren [BREF-GFA, 2006]. Daraus ergeben sich für 2020 Gesamtkosten von 267.886 € ($A_t \times \text{Aktivität (2020)}$), (0,14 €/MWh $\times 2,2 \times 10^6$ MWh).
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz)
Optimierte Feuerungsanlagen erreichen zumeist einen höheren Gesamtwirkungsgrad und tragen so zur Ressourcenschonung und zum Klimaschutz bei.

3.2.3 Verschärfung des NO_x-Emissionsgrenzwertes bei kohlegefeuerten Großfeuerungsanlagen > 100 MW FWL im Rahmen der geplanten IED-Richtlinie

	G 002
Kurzbeschreibung Die Europäische Kommission hat am 26.05.2009 einen Vorschlag zur Novellierung der IED-Richtlinie vorgelegt [KOM 844, 2009]. Die neuen Grenzwerte für Feuerungsanlagen sind als Tagesmittelwerte festgelegt und sollen ab dem 01.01.2016 gelten. In der novellierten IED-Richtlinie werden folgende NO_x-Grenzwerte für neue Großfeuerungsanlagen (GFA) ohne Abfallmitverbrennung festgelegt, die ab 2016 in Betrieb gehen oder genehmigt werden, sogenannte Neuanlagen: • für Neuanlagen 100-300 MW : 200 mg/Nm³ • für Neuanlagen ab 300 MW: 150; 200 mg/Nm³ für Braunkohlenstaubfeuerungen Für Anlagen, die bis 2016 in Betrieb gehen oder genehmigt werden, sogenannte Altanlagen, gelten folgende NO_x-Grenzwerte: • für Altanlagen 100-300 MW: 200 mg/Nm³; mit Torfeinsatz 250 mg/Nm³; für Anlagen mit Genehmigung vor dem 27.11.2002, mit max. 1500 Betriebsstunden/a im gleitenden 5-Jahres-Durchschnitt gilt ein Grenzwert von 450 mg/Nm³ • für Altanlagen ab 300 MW: 200 mg/Nm³; für Anlagen mit Genehmigung vor dem 27.11.2002 mit max. 1500 Betriebsstunden/a im gleitenden 5-Jahres-Durchschnitt gilt ein Grenzwert von 450 mg/Nm³. Für Anlagen > 500 MW, die vor dem 1.7.1987 genehmigt wurden und mit max. 1500 h/a Betriebsstunden im gleitenden 5-Jahres-Durchschnitt gilt als Ausnahmewert ein Grenzwert von 450 mg/Nm³. Eine Recherche zu den in Deutschland installierten Feuerungstechniken hat ergeben, dass in der Anlagenklasse > 100 MW keine Anlagen mit weniger als 1500 h/a betrieben werden. In Deutschland sind keine Torfkraftwerke vorhanden. Deshalb wurde für Altanlagen ein mittlerer NO_x-Grenzwert von 200 mg/Nm³ angenommen. Da in den meisten Kraftwerken > 100 MW Staubfeuerungen eingesetzt werden, wurde für neue Braunkohlekraftwerke ein mittlerer NO_x-Grenzwert von 200 mg/Nm³ angenommen. Für neue Steinkohlekraftwerke > 100 MW wurde ein mittlerer NO_x-Grenzwert von 154 mg/Nm³ angenommen. Dieser Grenzwert wurde durch Zusammenfassung mehrerer IED-Grenzwertvorschlagswerte der einzelnen Anlagenklassen und durch nach Technologie- und Anlagenleistungsanteilen vorgenommener Gewichtung ermittelt. Minderungspotenzial Bei der Ermittlung der Minderungspotenziale wurden zunächst die neuen Grenzwerte (Tagesmittelwerte) in Jahresmittelwerte umgerechnet. Die abgeleiteten Umrechnungsfaktoren variieren je nach Brennstoff, Schadstoff und Anlagenalter (vgl. Tabelle 15-16). Zur Übertragung der Massenkonzentrationen von höchstzulässigen Tagesmittelwerte in die Jahresmittelwerte für bestehende Anlagen wurden je nach Schadstoff die Verhältnisse: Tagesmittelwerte/Jahresmittelwert aus den Betriebswerten einiger Kraftwerke herangezogen [E-ON 2007, Emissionsdaten 2007]. Für NO_x wurde für bestehende kohlebefeuereten Großfeuerungsanlagen > 100MW FWL der Faktor von 0,8 angenommen. Für Neuanlagen > 100MW FWL wurde der Umrechnungsfaktor von 0,9 eingesetzt (Expertenschätzung des Umweltbundesamtes, [UBA-GFA, 2010]). Somit wurden für steinkohlegefeuerte Neuanlagen durchschnittliche NO_x-Jahresmittelwerte von 139 mg/Nm³ und für Braunkohlen-Neubaukraftwerke Jahresmittelwerte von 180 mg/Nm³ eingesetzt. Für steinkohlegefeuerten Altanlagen wurden die durchschnittlichen NO_x-Jahresmittelwerte von 161 mg/Nm³; für bestehende Braunkohlenkraftwerke die Jahresmittelwerte von 182 mg/Nm³ abgeschätzt. In einem weiteren Schritt wurden die abgeschätzten Jahresmittelwerte mittels entsprechender Umrechnungsfaktoren aus [Rentz et al., 2002] in brennstoffspezifische Emissionsfaktoren [kg/TJ] umgerechnet. Der aktuellen Liste der geplanten Kraftwerksneubauten [BDEW, 2008] kann entnommen werden, dass ab 2016 nur ein Steinkohlekraftwerk mit 800 MW el. (brutto) in Betrieb genommen wird. Anhand der Auswertung der IER/UBA-Kraftwerksdatenbank [IER, 2008] konnte für die Anlagen der Größenklasse > 100 MW eine Aktivitätsrate von über 3 Mio. TJ abgeschätzt werden. Diese Aktivitätsrate beträgt ca. 99% der Gesamtaktivitätsrate aller Kohlefeuerungen > 50MW. Im Referenzszenario werden von kohlebefeuereten Großfeuerungsanlagen > 50 MW im Jahr 2020 etwa 220 kt NO_x emittiert. Im Referenzszenario, in dem der Gesamtanlagenbestand in Leitungsklassen (50-100 MW	

FWL, > 100 MW FWL) differenziert wird, wurden für kohlegefeuerte Großfeuerungsanlagen der Größenklasse 50-100 MW FWL im Jahr 2020 etwa 1,2 kt NO_x-Emissionen berechnet. Für die Größenklasse > 100 MW werden 218,7 kt berechnet. Im Referenzszenario liegt der NO_x-Emissionsfaktor für steinkohlegefeuerten Neuanlagen im Jahr 2020 bei 44 kg/TJ, für Altanlagen bei 64 kg/TJ. Für braunkohlegefeuerten GFA der Leistungsklasse > 100 MW liegt der NO_x-Emissionsfaktor für Neuanlagen bei 53 kg/TJ, für Altanlagen bei 76 kg/TJ.

Bei Einführung der in der novellierten IED-Richtlinie neu festgelegten NO_x-Emissionsgrenzwerte kann bei Steinkohlefeuerungen im Jahr 2020 ein Minderungspotenzial von ca. 7,7 kt NO_x erreicht werden. Bei Braunkohlekraftwerken > 100 MW unter Berücksichtigung der neuen NO_x-Grenzwerte der IED-Richtlinie, ist eine Minderung von ca. 3,4 kt NO_x zu erwarten. Insgesamt ergibt sich im Jahr 2020 für alle Kohlefeuerungen > 100 MW FWL eine Minderung von ca. 11,1 kt NO_x gegenüber dem Referenzszenario 2020.

Im Minderungsszenario 2020 liegt der neue Emissionsfaktor für bestehende Steinkohlefeuerungen bei ca. 59 kg/TJ, für bestehende Braunkohlefeuerungen bei 74 kg/TJ. Im Minderungsszenario 2020 ergibt sich für ab 2016 in Betrieb genommene Steinkohlefeuerungen ein mittlerer Emissionsfaktor von ca. 34 kg/TJ, für neue Braunkohlefeuerungen von ca. 53 kg/TJ. Somit ergibt sich für braunkohlegefeuerten Neuanlagen keine NO_x-Minderung.

Im Vergleich zum Szenario: „PAREST-Referenzszenario + Implementierung der 13.BImSchV“ und unter Berücksichtigung der neuen Grenzwerte der IED-Richtlinie ergibt sich ein Minderungspotenzial von ca. 5 kt NO_x. Infolge der Novellierung der 13. BImSchV ergibt sich für Steinkohle ein geminderter NO_x-Emissionsfaktor von 34 kg/TJ, für Braunkohle liegt der neue Emissionsfaktor bei ca. 53 kg/TJ. Die Einhaltung der neuen Grenzwerte für Neuanlagen erfordert den Einsatz von Sekundärmaßnahmen.

Ansatz

Implementierung der IED

Stand der Umsetzung

Die IED befindet sich im Europäischen Gesetzgebungsprozess.

Umsetzungshorizont

Umsetzung möglich bis: 2010 ☐ 2015 ☐ 2020 ☒

Kosten

Die neuen Grenzwertanforderungen der IED-Richtlinie können durch Einsatz der SCR-Technik eingehalten werden. Mit den unten aufgeführten Investitions- und Betriebskosten lassen sich Annuitätskosten für ein Kohlekraftwerk mit einer installierten Leistung von 350 MWel in Höhe von ca. 1,3 Mio. € errechnen. Die Investitions- und Betriebskosten beziehen sich auf das Abgasvolumen von 400.000 m³/h. Der Anteil der Großfeuerungsanlagen mit der eingesetzten SCR-Technik an der installierten Kapazität in Deutschland beträgt ca. 85% [DFIU, 2002]. Die Annuitäten (A_i) der Maßnahme (SCR-Einsatz) betragen 0,37 €/MWh bei angenommenen Investitionskosten (C₀) von 0,20 €/MWh [BREF-GFA, 2006], laufenden Kosten (OC) von 0,17 €/MWh [BREF-GFA, 2006], einer Diskontrate von 3% und einer Lebensdauer (n) der Maßnahme von 15 Jahren [BREF-GFA, 2006]. Daraus ergeben sich für 2020 Gesamtkosten von 49,4 Mio. € (0,37 €/MWh x 132*10⁶ MWh). Die ermittelten Gesamtkosten beziehen sich auf die Anlagen ohne SCR-Technik.

Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz)

Einsatz der NO_x- Sekundärmaßnahmen kann zur Erhöhung der Ammoniakemissionen führen.

Tabelle 25 stellt die aus den Maßnahmen G 001 bzw. G 002 resultierenden Aktivitäten, Emissionsfaktoren und Emissionen dar sowie die Änderungen gegenüber dem Referenzszenario für die spezifischen Strukturelemente.

Tabelle 25: Aktivitätsraten, Emissionsfaktoren und Emissionen für die kohlebefeuerte Großfeuerungsanlagen infolge der Novellierung der IED-Richtlinie (G 001-G 002)

Strukturelement	ZSE-Bezeichn.	Material	Wertetyp		2010	2015	2020
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEKW13	Braunkohlenbriketts	AR [TJ]		540	559	577
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEKW13	Staub-/Trockenkohle	AR [TJ]		8.327	8.612	8.896
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Helmstedt	AR [TJ]		22.520	23.290	24.060
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Rheinland	AR [TJ]		734.431	759.539	784.648
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Lausitz	AR [TJ]		435.785	450.684	465.583
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Mitteldeutschl.	AR [TJ]		171.808	177.682	183.556
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_ Stromerzeugung	UIKW13	Rohbraunkohle	AR [TJ]		12.778	13.215	13.652
Zechen- und Grubenkraftwerke_ Stromerzeugung	GRKW13	Rohbraunkohle Rheinl.	AR [TJ]		14.343	14.834	15.324
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_ Stromerzeugung	UIKW13	Staub-/Trockenkohle	AR [TJ]		581	600	620
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEKW13	Braunkohlenkoks	AR [TJ]		4.603	4.444	3.699
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEKW13	Braunkohlenbriketts	AR [TJ]		467	451	375
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEBKW13	Rohbraunkohle Rheinland	AR [TJ]		1.842	1.778	1.480
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEBKW13	Rohbraunkohle Lausitz	AR [TJ]		13036	12.586	10.477
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEBKW13	Rohbraunkohle Mitteldeutschl and	AR [TJ]		16.581	16.010	13.327
Zechen- und Grubenkraftwerke_ Wärmeerzeugung	UEGK13	Rohbraunkohle Rheinl.	AR [TJ]		4.079	3.542	3.113
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_ Wärmeerzeugung	INKW13	Rohbraunkohle	AR [TJ]		2.598	2.583	2.567
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEKW13	Braunkohlenbriketts	EF [kg/TJ]	NO _x	74,5	74,5	72,2
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEKW13	Staub-/Trockenkohle	EF [kg/TJ]	NO _x	77,8	77,8	75,4
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Helmstedt	EF [kg/TJ]	NO _x	51	51	49,5
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Rheinl.	EF [kg/TJ]	NO _x	71,96	71,96	69,8
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Lausitz	EF [kg/TJ]	NO _x	81,7	81,7	79,2
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Mitteldeutschl.	EF [kg/TJ]	NO _x	81,7	81,7	79,2

Strukturelement	ZSE- Bezeichn.	Material	Werte- typ		2010	2015	2020
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_ Stromerzeugung	UIKW13	Rohbraunkohle	EF [kg/TJ]	NO _x	80,3	80,3	77,9
Zechen- und Grubenkraftwerke_ Stromerzeugung	GRKW13	Rohbraunkohle Rheinl.	EF [kg/TJ]	NO _x	124	124	120,2
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_ Stromerzeugung	UIKW13	Staub-/Trockenkohle	EF [kg/TJ]	NO _x	97,2	97,2	94,3
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEKW13	Braunkohlenkoks	EF [kg/TJ]	NO _x	74,5	74,5	72,2
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEKW13	Braunkohlenbriketts	EF [kg/TJ]	NO _x	74,5	74,5	72,2
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEBKW13	Rohbraunkohle Rheinl.	EF [kg/TJ]	NO _x	71,96	71,96	69,8
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEBKW13	Rohbraunkohle Lausitz	EF [kg/TJ]	NO _x	81,7	81,7	79,2
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEBKW13	Rohbraunkohle Mitteldeutschl.	EF [kg/TJ]	NO _x	81,7	81,7	79,2
Zechen- und Grubenkraftwerke_ Wärmeerzeugung	UEGK13	Rohbraunkohle Rheinl.	EF [kg/TJ]	NO _x	124	124	120,2
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_ Wärmeerzeugung	INKW13	Rohbraunkohle	EF [kg/TJ]	NO _x	80,3	80,3	77,9
EF-Mittelwert (mit Aktivitätsrate gewichteter Emissionsfaktor)		Braunkohle	EF [kg/TJ]	NO _x	76,7	76,7	74,4
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEKW13	Braunkohlenbriketts	EM [t]	NO _x	40	42	42
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEKW13	Staub-/Trockenkohle	EM [t]	NO _x	648	670	671
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Helmstedt	EM [t]	NO _x	1.149	1.188	1.190
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Rheinl.	EM [t]	NO _x	52.850	54.656	54.751
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Lausitz	EM [t]	NO _x	35.604	36.821	36.884
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Mitteldeutschland	EM [t]	NO _x	14.037	14.517	14.542
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_ Stromerzeugung	UIKW13	Rohbraunkohle	EM [t]	NO _x	1.026	1.061	1.063
Zechen- und Grubenkraftwerke_ Stromerzeugung	GRKW13	Rohbraunkohle Rheinl.	EM [t]	NO _x	1.779	1.839	1.843
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrg. Bergb. Stromerz..	UIKW13	Staub-/Trockenkohle	EM [t]	NO _x	56	58	58
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEKW13	Braunkohlenkoks	EM [t]	NO _x	343	331	267
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEKW13	Braunkohlenbriketts	EM [t]	NO _x	35	34	27
öffentliche Kraftwerke	HEBKW13	Rohbraun-	EM [t]	NO _x	133	128	103

Strukturelement	ZSE- Bezeichn.	Material	Werte- typ		2010	2015	2020
Wärmeerzeugung		kohle Rheinl.					
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEBKW13	Rohbraun- kohle Lausitz	EM [t]	NO _x	1.065	1.028	830
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEBKW13	Rohbraun- kohle Mittel- deutschland	EM [t]	NO _x	1.355	1.308	1.056
Zechen- und Gruben- kraftwerke_ Wärmeerzeugung	UEGK13	Rohbraun- kohle Rheinland	EM [t]	NO _x	506	439	374
Kraftwerke des verarbei- tenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_ Wärmeerzeugung	INKW13	Rohbraunkohl e	EM [t]	NO _x	209	207	200
Änderung gegenüber dem Referenzszenario			EM [t]	NO _x	0	0	-3.563
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEKW13	Steinkohle	AR [TJ]		1.068.585	1.228.963	1.389.341
Zechen- und Gruben- kraftwerke_ Strom- erzeugung	STKBKW 13	Steinkohle	AR [TJ]		107.652	123.809	139.966
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_ Stromerzeugung	UIKW13	Steinkohle	AR [TJ]		6.541	7.523	8.505
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEKW13	Steinkohle	AR [TJ]		76.624	68.293	58.509
Fernheizwerke_ Wärmeerzeugung	FEHW13	Steinkohle	AR [TJ]		810	722	618
Zechen- und Grubenkraftwerke_ Wärmeerzeugung	UESTKB 13	Steinkohle	AR [TJ]		200	200	100
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_ Wärmeerzeugung	INKW13	Steinkohle	AR [TJ]		7.027	7.546	8.066
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEKW13	Steinkohle	EF [kg/TJ]	NO _x	63,7	63,7	58,7
Zechen- und Grubenkraftwerke_ Stromerzeugung	STKBKW 13	Steinkohle	EF [kg/TJ]	NO _x	62,3	62,3	57,4
Kraftwerke des verarbei- tenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_ Stromerzeugung	UIKW13	Steinkohle	EF [kg/TJ]	NO _x	82	82	75,5
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEKW13	Steinkohle	EF [kg/TJ]	NO _x	63,7	63,7	58,7
Fernheizwerke_ Wärmeerzeugung	FEHW13	Steinkohle	EF [kg/TJ]	NO _x	119,5	119,5	110,1
Zechen- und Gruben- kraftwerke_Wärmeerz.	UESTKB 13	Steinkohle	EF [kg/TJ]	NO _x	62,3	62,3	57,4
Kraftwerke des verarbei- tenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_ Wärmeerzeugung	INKW13	Steinkohle	EF [kg/TJ]	NO _x	82,0	82,0	75,5
EF-Mittelwert (mit Aktivitätsrate gewichteter Emissionsfaktor)			EF [kg/TJ]	NO _x	63,8	63,8	58,8
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEKW13	Steinkohle	EM [t]	NO _x	68.069	78.285	81.683
Zechen- und Gruben- kraftwerke	STKBKW 13	Steinkohle	EM [t]	NO _x	6.707	7.713	8.048

Strukturelement	ZSE- Bezeichn.	Material	Werte- typ		2010	2015	2020
Stromerzeugung							
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus Stromerzeugung	UIKW13	Steinkohle	EM [t]	NO _x	536	617	644
öffentliche Kraftwerke Wärmeerzeugung	HEKW13	Steinkohle	EM [t]	NO _x	4.881	4.350	3.440
Fernheizwerke Wärmeerzeugung	FEHW13	Steinkohle	EM [t]	NO _x	97	86	68
Zechen- und Gruben- kraftwerke _ Wärmeerzeugung	UESTKB 13	Steinkohle	EM [t]	NO _x	12	12	6
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus Wärmeerzeugung	INKW13	Steinkohle	EM [t]	NO _x	576	619	610
Änderung gegenüber dem Referenzszenario			EM [t]	NO _x	0	0	-7.887

3.2.4 Vorschläge des UBA zur Verschärfung des NO_x-Emissionsgrenzwertes bei kohlegefeuerten Großfeuerungsanlagen 50-100 MW im Rahmen der geplanten Novellierung der IED-Richtlinie.

	G 003
Kurzbeschreibung Das Umweltbundesamt hat zu den in der novellierten IED-Richtlinie festgelegten NO_x-Grenzwerten zum Teil andere Grenzwertvorschläge gemacht [UBA-Vorschlag, 2009]. Für neue Großfeuerungsanlagen (GFA) ohne Abfallmitverbrennung, die ab 2016 in Betrieb gehen oder genehmigt werden, sogenannte Neuanlagen, hat UBA folgende Emissionsgrenzwerte vorgeschlagen: - für Neuanlagen 50-100 MW: 300mg/Nm³; für Braunkohlenstaubfeuerungen 200 mg/Nm³ Für Anlagen, die bis 2016 in Betrieb gehen oder genehmigt werden, sogenannte Altanlagen, wurden folgende NO_x-Grenzwerte vorgeschlagen: - für Altanlagen 50-100 MW: 300 mg/Nm³ Die neuen NO_x-Grenzwerte gelten sowohl für Alt- als auch für Neuanlagen ab dem 01.01.2016. Eine Recherche zu den in Deutschland installierten Feuerungstechniken hat ergeben, dass in der Anlagenklasse 50-100 MW keine Braunkohlenstaubfeuerungen vorhanden sind. Deshalb wird für Alt- und Neuanlagen ein NO_x-Grenzwert von 300 mg/Nm³ angenommen. Minderungspotenzial Bei der Ermittlung der Minderungspotenziale wurden zunächst die neuen Grenzwerte (Tagesmittelwerte) in Jahresmittelwerte umgerechnet. Die abgeleiteten Umrechnungsfaktoren variieren je nach Brennstoff, Schadstoff und Anlagenalter (vgl. Tabelle 15 und Tabelle 16). Zur Übertragung der Massenkonzentrationen von höchstzulässigen Tagesmittelwerten in Jahresmittelwerte für bestehende Anlagen wurden je nach Schadstoff die Verhältnisse: Tagesmittelwerte/Jahresmittelwert aus den Betriebswerten einiger Kraftwerke herangezogen [E-ON 2007, Emissionsdaten 2007]. Für NO_x wurde für bestehende kohlebefeuereten Großfeuerungsanlagen < 100 MW FWL der Faktor von 0,9 angenommen. Für Neuanlagen < 100 MW FWL wurde ebenfalls der Umrechnungsfaktor von 0,9 eingesetzt (Expertenschätzung des Umweltbundesamtes, [UBA-GFA, 2010]). Somit wurden für steinkohlegefeuerten Neuanlagen durchschnittliche NO_x-Jahresmittelwerte von 270 mg/Nm³ und für Braunkohlen-Neubaukraftwerke Jahresmittelwerte von 270 mg/Nm³ eingesetzt. Für steinkohlegefeuerten Altanlagen wurden durchschnittliche NO_x-Jahresmittelwerte von 270 mg/Nm³; für bestehende Braunkohlenkraftwerke die Jahresmittelwerte von 280 mg/Nm³ abgeschätzt. In einem weiteren Schritt wurden die abgeschätzten Jahresmittelwerte mittels entsprechender Umrechnungsfaktoren aus [Rentz et al. 2002] in brennstoffspezifische Emissionsfaktoren [kg/TJ] umgerechnet. Der aktuellen Liste der geplanten Kraftwerksneubauten [BDEW, 2008] kann entnommen werden, dass ab 2016 keine Kohlekraftwerke bis 100 MW FWL in Betrieb genommen oder genehmigt werden. Bis 2020 kann somit eine Emissionsminderung nur bei Altanlagen der Anlagenklasse 50-100 MW FWL erwarten werden. Anhand der Auswertung der IER/UBA-Kraftwerksdatenbank [IER, 2008] konnte für die Anlagen der Größenklasse 50-100 MW eine Aktivitätsrate von ca. 8000 TJ abgeschätzt werden. Diese Aktivitätsrate beträgt weniger als 1% der Gesamtaktivitätsrate aller Kohlefeuerungen > 50MW. Im Referenzszenario werden von kohlebefeuereten Großfeuerungsanlagen > 50 MW im Jahr 2020 etwa 220 kt NO_x emittiert. Im Referenzszenario, in dem der Gesamtanlagenbestand in Leistungsklassen (50-100 MW FWL, > 100 MW FWL) differenziert wird, wurden für kohlegefeuerte Großfeuerungsanlagen der Größenklasse 50-100 MW FWL im Jahr 2020 etwa 1,2 kt NO_x-Emissionen berechnet. Für die Größenklasse > 100 MW werden 218,7 kt berechnet. Im Referenzszenario liegt der NO_x-Emissionsfaktor für steinkohlegefeuerten Neuanlagen bei 88 kg/TJ, für Altanlagen bei 132 kg/TJ. Für braunkohlebefeuerte GFA der Leistungsklasse 50-100 MW liegt der NO_x-Emissionsfaktor für Neuanlagen bei 106 kg/TJ, für Altanlagen bei 191 kg/TJ. Bei der Einführung der vom UBA vorgeschlagenen neuen Grenzwerte kann ein NO_x-Minderungspotenzial von ca. 196 t bei Steinkohlefeuerungen und von ca. 152 t bei Braunkohlefeuerungen erreicht werden. Insgesamt ergibt sich im Jahr 2020 für alle bestehenden Kohlefeuerungen bis 100 MW FWL eine Minderung von 349 t NO_x gegenüber dem modifizierten PAREST-Referenzszenario 2020, dies entspricht 30 % der Emissionen aus den Anlagen im Leistungsbereich 50-100 MW FWL. Im Minderungsszenario 2020 liegt der neue Emissionsfaktor für bestehende Steinkohlefeuerungen bei ca. 99	

kg/TJ, für bestehende Braunkohlefeuerungen bei 114 kg/TJ. Die neuen NO _x -Grenzwerte können mittels Optimierung der NO _x -Primärmaßnahmen eingehalten werden.
Ansatz Implementierung der IED
Stand der Umsetzung Die IED befindet sich im Europäischen Gesetzgebungsprozess.
Umsetzungshorizont Umsetzung möglich bis: 2010 ☐ 2015 ☐ 2020 ☒
Kosten Die neuen Grenzwertvorschläge des Umweltbundesamtes können durch Einsatz der SNCR-Technik eingehalten werden. Mit den unten aufgeführten Investitions- und Betriebskosten lassen sich die Annuitätskosten für ein Kohlekraftwerk mit einer installierten Leistung von 45 MWel in Höhe von ca. 65.000€ errechnen. Die Investitions- und Betriebskosten beziehen sich auf das Abgasvolumen von 60.000 m³/h. Die Annuitäten (A _t) der Maßnahme (Einsatz von SNCR-Technologie) betragen 0,14 €/MWh bei angenommenen Investitionskosten (C ₀) von 0,12 €/MWh [Reis, 2005], laufenden Kosten (OC) von 0,02 €/MWh [Reis, 2005], einer Diskontrate von 3% und einer Lebensdauer (n) der Maßnahme von 15 Jahren [BREF-GFA, 2006]. Daraus ergeben sich für 2020 Gesamtkosten von 267.886 € (0,14 €/MWh x 2*10 ⁶ MWh).
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz)

3.2.5 Vorschläge des UBA zur Verschärfung des NO_x-Emissionsgrenzwertes bei kohlegefeuerten Großfeuerungsanlagen > 100 MW im Rahmen der geplanten Novellierung der IED-Richtlinie.

	G 004
Kurzbeschreibung Das Umweltbundesamt hat zu den in der novellierten IED-Richtlinie festgelegten NO_x-Grenzwerten zum Teil andere Grenzwertvorschläge gemacht [UBA- Vorschlag, 2009]. Für neue Großfeuerungsanlagen (GFA) ohne Abfallmitverbrennung, die ab 2016 in Betrieb gehen oder genehmigt werden, sogenannte Neuanlagen, hat UBA folgende Emissionsgrenzwerte vorgeschlagen: • für Neuanlagen > 100 MW : 50 mg/Nm³ Für Anlagen, die bis 2016 in Betrieb gehen oder genehmigt werden, sogenannte Altanlagen, wurden folgende NO_x-Grenzwerte vorgeschlagen: • für Altanlagen > 100 MW : 200 mg/Nm³ Die neuen NO_x-Grenzwerte gelten sowohl für Alt- als auch für Neuanlagen ab dem 01.01.2016. Minderungspotenzial Bei der Ermittlung der Minderungspotenziale wurden zunächst die neuen Grenzwerte (Tagesmittelwerte) in Jahresmittelwerte umgerechnet. Die abgeleiteten Umrechnungsfaktoren variieren je nach Brennstoff, Schadstoff und Anlagenalter (vgl. Tabelle 15-16). Zur Übertragung der Massenkonzentrationen von höchstzulässigen Tagesmittelwerte in die Jahresmittelwerte für bestehende Anlagen wurden je nach Schadstoff die Verhältnisse: Tagesmittelwerte/Jahresmittelwert aus den Betriebswerten einiger Kraftwerke herangezogen [E-ON 2007, Emissionsdaten 2007]. Für NO_x wurde für bestehende kohlebefeuereten Großfeuerungsanlagen > 100 MW FWL der Faktor von 0,8 angenommen. Für Neuanlagen > 100 MW FWL wurde der Umrechnungsfaktor von 0,9 eingesetzt (Expertenschätzung des Umweltbundesamtes, [UBA-GFA, 2010]). Somit wurden für steinkohlegefeuerten Neuanlagen durchschnittliche NO_x-Jahresmittelwerte von 45 mg/Nm³ und für Braunkohlen-Neubaukraftwerke Jahresmittelwerte von 45 mg/Nm³ eingesetzt. Für steinkohlegefeuerten Altanlagen wurden durchschnittliche NO_x-Jahresmittelwerte von 161 mg/Nm³; für bestehende Braunkohlenkraftwerke Jahresmittelwerte von 182 mg/Nm³ abgeschätzt. In einem weiteren Schritt wurden die abgeschätzten Jahresmittelwerte mittels entsprechender Umrechnungsfaktoren aus [Rentz et al., 2002] in brennstoffspezifische Emissionsfaktoren [kg/TJ] umgerechnet. Der aktuellen Liste der geplanten Kraftwerksneubauten [BDEW, 2008] kann entnommen werden, dass ab 2016 nur ein Steinkohlekraftwerk mit 800 MW el. (brutto) in Betrieb genommen wird. Anhand der Auswertung der IER/UBA-Kraftwerksdatenbank [IER, 2008] konnte für die Anlagen der Größenklasse > 100 MW eine Aktivitätsrate von über 3 Mio. TJ abgeschätzt werden. Diese Aktivitätsrate beträgt ca. 99% der Gesamtaktivitätsrate aller Kohlefeuerungen > 50 MW. Im Referenzszenario, in dem der Gesamtanlagenbestand in Leitungsklassen (50-100 MW FWL, >100 MW FWL) differenziert wird, wurden für kohlegefeuerte Großfeuerungsanlagen der Größenklasse 50-100 MW FWL im Jahr 2020 etwa 1,2 kt NO_x-Emissionen berechnet. Für die Größenklasse > 100 MW werden 218,7 kt berechnet. Im Referenzszenario liegt der NO_x-Emissionsfaktor für steinkohlegefeuerte Neuanlagen bei 44 kg/TJ, für Altanlagen bei 64 kg/TJ. Für braunkohlebefeuerte GFA der Leistungsklasse > 100 MW liegt der NO_x-Emissionsfaktor für Neuanlagen bei 53 kg/TJ, für Altanlagen bei 76 kg/TJ. Bei Einführung der vom UBA vorgeschlagenen neuen Grenzwerte kann ein NO_x-Minderungspotenzial von ca. 8,9 kt bei Steinkohlefeuerungen erreicht werden. Bei Braunkohlekraftwerken > 100 MW unter Berücksichtigung der vom UBA vorgeschlagenen NO_x-Grenzwerte ist eine Minderung in Höhe von 3,4 kt NO_x zu erwarten. Insgesamt ergibt sich im Jahr 2020 für alle Kohlefeuerungen > 100 MW FWL eine Minderung von ca. 12,3 kt NO_x gegenüber dem Referenzszenario 2020. Im Minderungsszenario 2020 liegt der neue Emissionsfaktor für bestehende Steinkohlefeuerungen bei ca. 59 kg/TJ, für bestehende Braunkohlefeuerungen bei 74 kg/TJ. Im Minderungsszenario 2020 ergibt sich für ab 2016 in Betrieb genommene Steinkohlefeuerung ein mittlerer Emissionsfaktor von ca. 16,5 kg/TJ, für neue Braunkohlefeuerungen ca. 18,3 kg/TJ. Die Einhaltung der vom UBA vorgeschlagenen NO_x-Grenzwerte für Neuanlagen erfordert den Einsatz von SCR-Technologie. Im Vergleich zum Szenario „PAREST-Referenzszenario+Implementierung der 13.BImSchV“ und unter Berücksichtigung der neuen UBA-Vorschläge ergibt sich ein Minderungspotenzial von 5,8 kt NO_x. Infolge der Novellierung der 13. BImSchV ergibt sich im Referenzszenario für Steinkohle ein geminderter NO_x-Emissionsfaktor von 59,4 kg/TJ, für Braunkohle liegt der neue Emissionsfaktor bei ca. 70 kg/TJ.	

Ansatz siehe Maßnahmenbeschreibung
Stand der Umsetzung Die IED befindet sich im Europäischen Gesetzgebungsprozess.
Umsetzungshorizont Umsetzung möglich bis: 2010 ☐ 2015 ☐ 2020 ☒
Kosten Die neuen Grenzwertvorschläge des Umweltbundesamtes für Großfeuerungsanlagen > 100 MW FWL können durch den Einsatz der SCR-Technik eingehalten werden. Mit den unten aufgeführten Investitions- und Betriebskosten lassen sich Annuitätskosten für ein Kohlekraftwerk mit einer installierten Leistung von 350 MWel in Höhe von ca. 1,3 Mio. € errechnen. Die Investitions- und Betriebskosten beziehen sich auf das Abgasvolumen von 400.000 m³/h. Der Anteil der Großfeuerungsanlagen mit der eingesetzten SCR-Technik an der installierten Kapazität in Deutschland beträgt ca. 85% [DFIU, 2002]. Die Annuitäten (A_t) der Maßnahme (Einsatz von SCR-Technologie) betragen 0,37 €/MWh bei angenommenen Investitionskosten (C_0) von 0,20 €/MWh [BREF-GFA, 2006], laufenden Kosten (OC) von 0,17 €/MWh [BREF-GFA, 2006], einer Diskontrate von 3% und einer Lebensdauer (n) der Maßnahme von 15 Jahren [BREF-GFA, 2006]. Daraus ergeben sich für 2020 Gesamtkosten von 49,4 Mio. € ($0,37 \text{ €/MWh} \times 132 \cdot 10^6 \text{ MWh}$). Die ermittelten Gesamtkosten beziehen sich auf die Anlagen ohne SCR-Technik.
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz) Der Einsatz der SCR-Technologie verursacht höhere Ammoniakemissionen durch NH_3-Schlupf (i.d.R. < 5 ppm (<4mg/Nm³; bezogen auf 6% O_2)). Bei einem nachgeschalteten Waschverfahren zur Entschwefelung vermindert sich der Ammoniakschlupf auf unter 1 mg/Nm³. Die Installation einer SCR in „high dust“-Stellung (vor Partikelfilter und Entschwefelung) führt auch zur Minderung der Quecksilberemissionen aufgrund der Oxidation des elementaren Quecksilbers, deren Produkte nachfolgend mit abgeschieden werden können. Der zusätzliche Betrieb einer SCR führt zu einem signifikant höherem Eigenenergieverbrauch (UBA-Schätzung: high-dust: 0,5%, tail gas: 2% aufgrund erforderlicher Abgaserhitzung). Dies führt somit auch zu höheren spezifischen CO_2-Emissionen [Theloke et al., 2007].

Tabelle 26 stellt die aus den Maßnahmen G 003 bzw. G 004 resultierenden Aktivitäten, Emissionsfaktoren und Emissionen dar sowie die Änderungen gegenüber dem Referenzszenario für die spezifischen Strukturelemente.

Tabelle 26: Aktivitätsraten, Emissionsfaktoren und Emissionen für die kohlebefeuerte Großfeuerungsanlagen infolge der UBA-Vorschläge zur Novellierung der IED-Richtlinie (G 003-G 004)

Strukturelement	ZSE-Bezeichn.	Material	Wertetyp	Schadstoff	2010	2015	2020
öffentliche Kraftwerke_Stromerzeugung	OEKW13	Braunkohlenbriketts	AR [TJ]		540	559	577
öffentliche Kraftwerke_Stromerzeugung	OEKW13	Staub-/Trockenkohle	AR [TJ]		8.327	8.612	8.896
öffentliche Kraftwerke_Stromerzeugung	OEBKW 13	Rohbraunkohle Helmstedt	AR [TJ]		22.520	23.290	24.060
öffentliche Kraftwerke_Stromerzeugung	OEBKW 13	Rohbraunkohle Rheinland	AR [TJ]		734.431	759.539	784.648
öffentliche Kraftwerke_Stromerzeugung	OEBKW 13	Rohbraunkohle Lausitz	AR [TJ]		435.785	450.684	465.583
öffentliche Kraftwerke_Stromerzeugung	OEBKW 13	Rohbraunkohle Mitteldeutschland	AR [TJ]		171.808	177.682	183.556
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_Stromerzeugung	UIKW13	Rohbraunkohle	AR [TJ]		12.778	13.215	13.652
Zechen- und Grubenkraftwerke_Stromerzeugung	GRKW13	Rohbraunkohle Rheinland	AR [TJ]		14.343	14.834	15.324
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_Stromerzeugung	UIKW13	Staub-/Trockenkohle	AR [TJ]		581	600	620
öffentliche Kraftwerke_Wärmeerzeugung	HEKW13	Braunkohlenkoks	AR [TJ]		4.603	4.444	3.699
öffentliche Kraftwerke_Wärmeerzeugung	HEKW13	Braunkohlenbriketts	AR [TJ]		467	451	375
öffentliche Kraftwerke_Wärmeerzeugung	HEBKW 13	Rohbraunkohle Rheinland	AR [TJ]		1.842	1.778	1.480
öffentliche Kraftwerke_Wärmeerzeugung	HEBKW 13	Rohbraunkohle Lausitz	AR [TJ]		13036	12.586	10.477
öffentliche Kraftwerke_Wärmeerzeugung	HEBKW 13	Rohbraunkohle Mitteldeutschland	AR [TJ]		16.581	16.010	13.327
Zechen- und Grubenkraftwerke_Wärmeerzeugung	UEGK13	Rohbraunkohle Rheinland	AR [TJ]		4.079	3.542	3.113
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_Wärmeerzeugung	INKW13	Rohbraunkohle	AR [TJ]		2.598	2.583	2.567
öffentliche Kraftwerke_Stromerzeugung	OEKW13	Braunkohlenbriketts	EF [kg/TJ]	NO _x	74,5	74,5	72,2
öffentliche Kraftwerke_Stromerzeugung	OEKW13	Staub-/Trockenkohle	EF [kg/TJ]	NO _x	77,8	77,8	75,4
öffentliche Kraftwerke_Stromerzeugung	OEBKW 13	Rohbraunkohle Helmstedt	EF [kg/TJ]	NO _x	51	51	49,5
öffentliche Kraftwerke_Stromerzeugung	OEBKW 13	Rohbraunkohle Rheinland	EF [kg/TJ]	NO _x	71,96	71,96	69,8
öffentliche Kraftwerke_Stromerzeugung	OEBKW 13	Rohbraunkohle Lausitz	EF [kg/TJ]	NO _x	81,7	81,7	79,2
öffentliche Kraftwerke_Stromerzeugung	OEBKW 13	Rohbraunkohle Mitteldeutsch-	EF [kg/TJ]	NO _x	81,7	81,7	79,2

Strukturelement	ZSE-Bezeichn.	Material	Wertetyp	Schadstoff	2010	2015	2020
		land					
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_Stromerzeugung	UIKW13	Rohbraunkohle	EF [kg/TJ]	NO _x	80,3	80,3	77,9
Zechen- und Grubenkraftwerke_Stromerzeugung	GRKW13	Rohbraunkohle Rheinland	EF [kg/TJ]	NO _x	124	124	120,2
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_Stromerzeugung	UIKW13	Staub-/Trockenkohle	EF [kg/TJ]	NO _x	97,2	97,2	94,3
öffentliche Kraftwerke_Wärmeerzeugung	HEKW13	Braunkohlenkoks	EF [kg/TJ]	NO _x	74,5	74,5	72,2
öffentliche Kraftwerke_Wärmeerzeugung	HEKW13	Braunkohlenbriketts	EF [kg/TJ]	NO _x	74,5	74,5	72,2
öffentliche Kraftwerke_Wärmeerzeugung	HEBKW 13	Rohbraunkohle Rheinland	EF [kg/TJ]	NO _x	71,96	71,96	69,8
öffentliche Kraftwerke_Wärmeerzeugung	HEBKW 13	Rohbraunkohle Lausitz	EF [kg/TJ]	NO _x	81,7	81,7	79,2
öffentliche Kraftwerke_Wärmeerzeugung	HEBKW 13	Rohbraunkohle Mitteldeutschland	EF [kg/TJ]	NO _x	81,7	81,7	79,2
Zechen- und Grubenkraftwerke_Wärmeerzeugung	UEGK13	Rohbraunkohle Rheinland	EF [kg/TJ]	NO _x	124	124	120,2
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_Wärmeerzeugung	INKW13	Rohbraunkohle	EF [kg/TJ]	NO _x	80,3	80,3	77,9
EF-Mittelwert (mit Aktivitätsrate gewichteter Emissionsfaktor)			EF [kg/TJ]	NO _x	76,7	76,7	74,4
öffentliche Kraftwerke_Stromerzeugung	OEKW13	Braunkohlenbriketts	EM [t]	NO _x	40	42	42
öffentliche Kraftwerke_Stromerzeugung	OEKW13	Staub-/Trockenkohle	EM [t]	NO _x	648	670	671
öffentliche Kraftwerke_Stromerzeugung	OEBKW 13	Rohbraunkohle Helmstedt	EM [t]	NO _x	1.149	1.188	1.190
öffentliche Kraftwerke_Stromerzeugung	OEBKW 13	Rohbraunkohle Rheinland	EM [t]	NO _x	52.850	54.656	54.751
öffentliche Kraftwerke_Stromerzeugung	OEBKW 13	Rohbraunkohle Lausitz	EM [t]	NO _x	35.604	36.821	36.884
öffentliche Kraftwerke_Stromerzeugung	OEBKW 13	Rohbraunkohle Mitteldeutschland	EM [t]	NO _x	14.037	14.517	14.542
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_Stromerzeugung	UIKW13	Rohbraunkohle	EM [t]	NO _x	1.026	1.061	1.063
Zechen- und Grubenkraftwerke_Stromerzeugung	GRKW13	Rohbraunkohle Rheinland	EM [t]	NO _x	1.779	1.839	1.843
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_Stromerzeugung	UIKW13	Staub-/Trockenkohle	EM [t]	NO _x	56	58	58
öffentliche Kraftwerke_Wärmeerzeugung	HEKW13	Braunkohlenkoks	EM [t]	NO _x	343	331	267
öffentliche Kraftwerke_Wärmeerzeugung	HEKW13	Braunkohlenbriketts	EM [t]	NO _x	35	34	27
öffentliche Kraftwerke_Wärmeerzeugung	HEBKW 13	Rohbraunkohle Rheinland	EM [t]	NO _x	133	128	103
öffentliche Kraftwerke_Wärmeerzeugung	HEBKW 13	Rohbraunkohle Lausitz	EM [t]	NO _x	1.065	1.028	830
öffentliche Kraftwerke_Wärmeerzeugung	HEBKW 13	Rohbraunkohle Mitteldeutschland	EM [t]	NO _x	1.355	1.308	1.056

Strukturelement	ZSE-Bezeichn.	Material	Wertetyp	Schadstoff	2010	2015	2020
		nd					
Zechen- und Grubenkraftwerke_Wärmeerzeugung	UEGK13	Rohbraunkohle Rheinland	EM [t]	NO _x	506	439	374
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_Wärmeerzeugung	INKW13	Rohbraunkohle	EM [t]	NO _x	209	207	200
Änderung gegenüber dem Referenzszenario			EM [t]	NO _x	0	0	-3.563
öffentliche Kraftwerke_Stromerzeugung	OEKW13	Steinkohle	AR [TJ]		1.068.585	1.228.963	1.389.341
Zechen- und Grubenkraftwerke_Stromerzeugung	STKBKW13	Steinkohle	AR [TJ]		107.652	123.809	139.966
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_Stromerzeugung	UIKW13	Steinkohle	AR [TJ]		6.541	7.523	8.505
öffentliche Kraftwerke_Wärmeerzeugung	HEKW13	Steinkohle	AR [TJ]		76.624	68.293	58.509
Fernheizwerke_Wärmeerzeugung	FEHW13	Steinkohle	AR [TJ]		810	722	618
Zechen- und Grubenkraftwerke_Wärmeerzeugung	UESTKB 13	Steinkohle	AR [TJ]		200	200	100
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_Wärmeerzeugung	INKW13	Steinkohle	AR [TJ]		7.027	7.546	8.066
öffentliche Kraftwerke_Stromerzeugung	OEKW13	Steinkohle	EF [kg/TJ]	NO _x	63,7	63,7	58,2
Zechen- und Grubenkraftwerke_Stromerzeugung	STKBKW13	Steinkohle	EF [kg/TJ]	NO _x	62,3	62,3	56,9
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_Stromerzeugung	UIKW13	Steinkohle	EF [kg/TJ]	NO _x	82	82	74,9
öffentliche Kraftwerke_Wärmeerzeugung	HEKW13	Steinkohle	EF [kg/TJ]	NO _x	63,7	63,7	58,2
Fernheizwerke_Wärmeerzeugung	FEHW13	Steinkohle	EF [kg/TJ]	NO _x	119,5	119,5	109,1
Zechen- und Grubenkraftwerke_Wärmeerzeugung	UESTKB 13	Steinkohle	EF [kg/TJ]	NO _x	62,3	62,3	56,9
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_Wärmeerzeugung	INKW13	Steinkohle	EF [kg/TJ]	NO _x	82,0	82,0	74,9
EF-Mittelwert (mit Aktivitätsrate gewichteter Emissionsfaktor)		Steinkohle	EF [kg/TJ]	NO _x	63,8	63,8	58,2
öffentliche Kraftwerke_Stromerzeugung	OEKW13	Steinkohle	EM [t]	NO _x	68.069	78.285	80.628
Zechen- und Grubenkraftwerke_Stromerzeugung	STKBKW13	Steinkohle	EM [t]	NO _x	6.707	7.713	7.944
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_Stromerzeugung	UIKW13	Steinkohle	EM [t]	NO _x	536	617	635
öffentliche Kraftwerke_Wärmeerzeugung	HEKW13	Steinkohle	EM [t]	NO _x	4.881	4.350	3.395
Fernheizwerke_Wärmeerz.	FEHW13	Steinkohle	EM [t]	NO _x	97	86	67
Zechen- und Grubenkraftwerke_Wärmeerzeugung	UESTKB13	Steinkohle	EM [t]	NO _x	12	12	6
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_Wärmeerzeugung	INKW13	Steinkohle	EM [t]	NO _x	576	619	603
Änderung gegenüber dem Referenzszenario			EM [t]	NO _x	0	0	-9.108

3.2.6 Verschärfung des Staub-Emissionsgrenzwertes bei kohlegefeuerten Großfeuerungsanlagen 50-100 MW im Rahmen der geplanten Novellierung der IED-Richtlinie

	G 005
Kurzbeschreibung Die Europäische Kommission hat am 26.05.2009 einen Vorschlag zur Novellierung der IED-Richtlinie vorgelegt [KOM 844, 2009]. Die neuen Grenzwerte für Feuerungsanlagen sind als Tagesmittelwerte festgelegt und sollen ab dem 01.01.2016 gelten. In der novellierten IED-Richtlinie werden folgende Staub-Grenzwerte für neue Großfeuerungsanlagen (GFA) ohne Abfallmitverbrennung festgelegt, die ab 2016 in Betrieb gehen oder genehmigt werden, sogenannte Neuanlagen: • für Neuanlagen 50-100 MW: 20 mg/Nm³ Für Anlagen, die bis 2016 in Betrieb gehen oder genehmigt werden, sogenannte Altanlagen, gelten folgende Staub-Grenzwerte: • für Altanlagen 50-100 MW: 30 mg/Nm³ Minderungspotenzial Bei der Ermittlung der Minderungspotenziale wurden zunächst die neuen Grenzwerte (Tagesmittelwerte) in Jahresmittelwerte umgerechnet. Die abgeleiteten Umrechnungsfaktoren variieren je nach Brennstoff, Schadstoff und Anlagenalter (vgl. Tabelle 15-16). Dafür wurden einige Betriebswerte bestehender und geplanter Kraftwerke ausgewertet [DFIU, 2002], [E-ON, 2007], [Emissionsdaten, 2007]. Es sind durchschnittliche Staub-Jahresmittelwerte für Neuanlagen von unter 10 mg/Nm³ erreichbar. Von Altanlagen können Staubemissionen im Jahresmittel von unter 15 mg/Nm³ erreicht werden. In einem weiteren Schritt wurden die abgeschätzten Jahresmittelwerte mittels entsprechender Umrechnungsfaktoren aus [Rentz et al. 2002] in brennstoffspezifische Emissionsfaktoren [kg/TJ] umgerechnet. Der aktuellen Liste der geplanten Kraftwerksneubauten [BDEW, 2008] kann entnommen werden, dass ab 2016 keine Kohlekraftwerke bis 100 MW FWL in Betrieb genommen oder genehmigt werden. Bis 2020 kann somit eine Emissionsminderung nur bei Altanlagen der Anlagenklasse 50-100 MW FWL erwarten werden. Anhand der Auswertung der IER/UBA-Kraftwerksdatenbank [IER, 2008] konnte für die Anlagen der Größenklasse 50-100 MW eine Aktivitätsrate von ca. 8000 TJ abgeschätzt werden. Diese Aktivitätsrate beträgt weniger als 1% der Gesamtaktivitätsrate aller Kohlefeuerungen > 50 MW. Im Referenzszenario werden von kohlebefeuernden Großfeuerungsanlagen > 50 MW im Jahr 2020 etwa 10 kt Staub emittiert, aus kohlegefeuerten Großfeuerungsanlagen der Größenklasse 50-100 MW FWL im Jahr 2020 etwa 30 t und aus Anlagen der Größenklasse > 100 MW etwa 9,7 kt. Im Referenzszenario liegt der Staub-Emissionsfaktor für steinkohlegefeuerten Alt- und Neuanlagen bei 3,6 kg/TJ. Für braunkohlebefeuerte GFA der Leistungsklasse 50-100 MW liegt der Staub-Emissionsfaktor für Neuanlagen bei 4,1 kg/TJ und für Altanlagen ebenfalls bei 4,1 kg/TJ. Durch die Einführung der neuen Staub-Grenzwerte der IED-Richtlinie ist keine Staubminderung zu erwarten. Die in der novellierten IED-Richtlinie vorgeschlagenen Staub-Grenzwerte wurden gegenüber der zurzeit geltenden Grenzwertanforderungen in der 13. BImSchV [13. BImSchV, 2009] sowohl für Neu- als auch Altanlagen nicht verschärft. Die Staub-Emissionsfaktoren im Referenzszenario sind hier niedriger als die Emissionsfaktoren im Minderungsszenario.	
Ansatz siehe Maßnahmenbeschreibung	
Stand der Umsetzung Die IED befindet sich im Europäischen Gesetzgebungsprozess.	
Umsetzungshorizont Umsetzung möglich bis: 2010 ☐ 2015 ☐ 2020 ☒	
Kosten Für diese Maßnahme werden keine Kosten quantifiziert, da kein Minderungspotenzial quantifiziert wurde.	
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz)	

3.2.7 Verschärfung des Staub-Emissionsgrenzwertes bei kohlegefeuerten Großfeuerungsanlagen > 100 MW im Rahmen der geplanten Novellierung der IED-Richtlinie

	G 006
Kurzbeschreibung Die Europäische Kommission hat am 26.05.2009 einen Vorschlag zur Novellierung der IED-Richtlinie vorgelegt [KOM 844, 2009]. Die neuen Grenzwerte für Feuerungsanlagen sind als Tagesmittelwerte festgelegt und sollen ab dem 01.01.2016 gelten. In der novellierten IED-Richtlinie werden folgende Staub-Grenzwerte für neue Großfeuerungsanlagen (GFA) ohne Abfallmitverbrennung festgelegt, die ab 2016 in Betrieb gehen oder genehmigt werden, sogenannte Neuanlagen: • für Neuanlagen 100-300 MW: 20 mg/Nm³ • für Neuanlagen ab 300 MW: 10 mg/Nm³; mit Torfeinsatz 20 mg/Nm³ Für Anlagen, die bis 2016 in Betrieb gehen oder genehmigt werden, sogenannte Altanlagen, gelten folgende Staub-Grenzwerte: • für Altanlagen 100-300 MW: 25 mg/Nm³ • für Altanlagen ab 300 MW: 20 mg/Nm³ Eine Recherche zu den in Deutschland installierten Feuerungstechniken hat ergeben, dass in Deutschland keine Torfkraftwerke vorhanden sind. Die IER/UBA-Kraftwerksdatenbank [IER, 2008] liefert einen Anteil von etwa 97% der installierten Leistung für Anlagen mit einer Leistung von über 300 MW FWL. Für Neuanlagen > 100 MW FWL wurde ein mittlerer Staub-Grenzwert von 10,3 mg/Nm³ für Braunkohlekraftwerke und ein Grenzwert von 10,8 mg/Nm³ für Steinkohlekraftwerke angenommen. Für Altanlagen > 100 MW FWL wurde ein Grenzwert von 20,2 mg/Nm³ für Braunkohlekraftwerke und ein Emissionsgrenzwert von 20,4 mg/Nm³ für Steinkohlekraftwerke angenommen. Minderungspotenzial Bei der Ermittlung der Minderungspotenziale wurden zunächst die neuen Grenzwerte (Tagesmittelwerte) in Jahresmittelwerte umgerechnet. Die abgeleiteten Umrechnungsfaktoren variieren je nach Brennstoff, Schadstoff und Anlagenalter (vgl. Tabelle 15 und Tabelle 16). Dafür wurden einige Betriebswerte bestehender und geplanter Kraftwerke ausgewertet [DFIU, 2002], [E-ON, 2007], [Emissionsdaten, 2007]. Es sind durchschnittliche Staub-Jahresmittelwerte sowohl für Neu- als auch für Altanlagen von unter 10 mg/Nm³ erreichbar. In einem weiteren Schritt wurden die abgeschätzten Jahresmittelwerte mittels entsprechender Umrechnungsfaktoren aus [Rentz et al. 2002] in brennstoffspezifische Emissionsfaktoren [kg/TJ] umgerechnet. Der aktuellen Liste der geplanten Kraftwerksneubauten [BDEW, 2008] kann entnommen werden, dass ab 2016 nur ein Steinkohlekraftwerk mit 800 MW el. (brutto) in Betrieb genommen wird. Anhand der Auswertung der IER/UBA-Kraftwerksdatenbank [IER, 2008] konnte für die Anlagen der Größenklasse > 100 MW eine Aktivitätsrate von über 3. Mio. TJ abgeschätzt werden. Diese Aktivitätsrate beträgt ca. 99 % der Gesamtaktivitätsrate aller Kohlefeuerungen > 50 MW. Im Referenzszenario werden von kohlebefeuerten Großfeuerungsanlagen > 50 MW im Jahr 2020 etwa 10 kt Staub emittiert, aus kohlegefeuerten Großfeuerungsanlagen der Größenklasse 50-100 MW FWL im Jahr 2020 etwa 30 t und aus Anlagen der Größenklasse > 100 MW etwa 9,7 kt. Im Referenzszenario liegt der Staub-Emissionsfaktor für steinkohlegefeuerte Alt- und Neuanlagen bei 3,2 kg/TJ. Für braunkohlebefeuerte GFA der Leistungsklasse > 100 MW liegt der Staub-Emissionsfaktor für Alt- und Neuanlagen bei 3,1 kg/TJ. Durch die Einführung der neuen Staub-Grenzwerte der IED-Richtlinie ist keine Staubbminderung bei Altanlagen zu erwarten. Die in der novellierten IED-Richtlinie vorgeschlagenen Staub-Grenzwerte von 20 mg/Nm³ für bestehende Anlagen wurden gegenüber den zurzeit geltenden Grenzwertanforderungen in der 13. BImSchV [13. BImSchV, 2009] nicht verschärft. Die Staubbminderung ist nur bei Neuanlagen zu erwarten. Für Neuanlagen wurden in der novellierten IED-Richtlinie die Staubgrenzwerte halbiert. Da im Zeitraum von 2016-2020 nur ein Steinkohlekraftwerk gebaut wird, ergibt sich im Jahr 2020 ein geringes Minderungspotenzial von ca. 52 t Staub gegenüber dem Referenzszenario 2020. Somit errechnet sich für PM10 eine Minderung von 47 t und für PM2.5 eine Minderung von 42 t. Dabei wird ein mittlerer PM10-Emissionsfaktor für Neuanlagen von 1,5 kg/TJ (PM2.5: 1,4 kg/TJ) angenommen. Die neuen Grenzwertanforderungen für Neuanlagen können durch den Einsatz moderner Entstaubungstechnik erreicht werden. Ansatz Implementierung der IED	

Stand der Umsetzung Die IED befindet sich im Europäischen Gesetzgebungsprozess.
Umsetzungshorizont Umsetzung möglich bis: 2010 ☐ 2015 ☐ 2020 ☒
Kosten Für diese Maßnahme werden keine Kosten quantifiziert, da kein Minderungspotenzial modelliert wurde.
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz)

3.2.8 Vorschläge des UBA zur Verschärfung des Staub-Emissionsgrenzwertes bei kohlegefeuerten Großfeuerungsanlagen 50-100 MW im Rahmen der geplanten Novellierung der IED-Richtlinie.

	G 007
Kurzbeschreibung Das Umweltbundesamt hat zu den in der novellierten IED-Richtlinie festgelegten Staub-Grenzwerten zum Teil andere Grenzwertvorschläge gemacht [UBA- Vorschlag, 2009]. Für neue Großfeuerungsanlagen (GFA) ohne Abfallmitverbrennung, die ab 2016 in Betrieb gehen oder genehmigt werden, sogenannte Neuanlagen, hat UBA folgende Emissionsgrenzwerte vorgeschlagen: • für Neuanlagen 50-100 MW: 20 mg/Nm³ Für Anlagen, die bis 2016 in Betrieb gehen oder genehmigt werden, sogenannte Altanlagen, wurden folgende Staub-Grenzwerte vorgeschlagen: • für Altanlagen 50-100 MW: 20 mg/Nm³ Die neuen Staub-Grenzwerte gelten sowohl für Alt- als auch für Neuanlagen ab dem 01.01.2016. Diese Maßnahme wurde insbesondere entwickelt, um die über das PAREST-Referenzszenario hinaus zu erwartende Minderung durch die vom UBA gemachten Vorschläge zur IED-Richtlinie abzuschätzen. Minderungspotenzial Bei der Ermittlung der Minderungspotenziale wurden zunächst die neuen Grenzwerte (Tagesmittelwerte) in Jahresmittelwerte umgerechnet. Die abgeleiteten Umrechnungsfaktoren variieren je nach Brennstoff, Schadstoff und Anlagenalter (vgl. Tabelle 15 und Tabelle 16). Dafür wurden einige Betriebswerte bestehender und geplanter Kraftwerke ausgewertet [DFIU, 2002], [E-ON, 2007], [Emissionsdaten, 2007]. Es sind durchschnittliche Staub-Jahresmittelwerte für Neu- und Altanlagen von unter 10 mg/Nm³ erreichbar. In einem weiteren Schritt wurden die abgeschätzten Jahresmittelwerte mittels entsprechender Umrechnungsfaktoren aus [Rentz et al., 2002] in brennstoffspezifische Emissionsfaktoren [kg/TJ] umgerechnet. Der aktuellen Liste der geplanten Kraftwerksneubauten [BDEW, 2008] kann entnommen werden, dass ab 2016 keine Kohlekraftwerke bis 100 MW FWL in Betrieb genommen oder genehmigt werden. Bis 2020 kann somit eine Emissionsminderung nur bei Altanlagen der Anlagenklasse 50-100 MW FWL erwarten werden. Anhand der Auswertung der IER/UBA-Kraftwerksdatenbank [IER, 2008] konnte für die Anlagen der Größenklasse 50-100 MW eine Aktivitätsrate von ca. 8.000 TJ abgeschätzt werden. Im Referenzszenario werden von kohlebefeuelten Großfeuerungsanlagen > 50 MW im Jahr 2020 etwa 10 kt Staub emittiert, aus kohlegefeuerten Großfeuerungsanlagen der Größenklasse 50-100 MW FWL im Jahr 2020 etwa 30 t und aus Anlagen der Größenklasse > 100 MW etwa 9,7 kt. Im Referenzszenario liegt der Staub-Emissionsfaktor für steinkohlegefeuerte Alt- und Neuanlagen bei 3,6 kg/TJ. Für braunkohlebefeuerte GFA der Leistungsklasse 50-100 MW liegt der Staub-Emissionsfaktor für Alt- und Neuanlagen bei 4,1 kg/TJ. Durch die Einführung der vom UBA vorgeschlagenen Staub-Grenzwerte ist keine Staubbminderung gegenüber dem Referenzszenario zu erwarten. Die vom UBA vorgeschlagenen Staub-Grenzwerte von 20 mg/Nm³ wurden gegenüber der zurzeit geltenden Grenzwertanforderungen in der 13. BImSchV [13. BImSchV, 2009] sowohl für Neu- als auch Altanlagen nicht verschärft. Die Staub-Emissionsfaktoren im Referenzszenario stimmen mit den Emissionsfaktoren im Minderungsszenario überein.	
Ansatz Implementierung der IED	
Stand der Umsetzung Die IED befindet sich im Europäischen Gesetzgebungsprozess.	
Umsetzungshorizont Umsetzung möglich bis: 2010 ☐ 2015 ☐ 2020 ☒	
Kosten Für diese Maßnahme werden keine Kosten quantifiziert, da kein Minderungspotenzial quantifiziert wurde.	
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz)	

3.2.9 Vorschläge des UBA zur Verschärfung des Staub-Emissionsgrenzwertes bei kohlegefeuerten Großfeuerungsanlagen > 100 MW im Rahmen der geplanten Novellierung der IED-Richtlinie.

	G 008
Kurzbeschreibung Das Umweltbundesamt hat zu den in der novellierten IED-Richtlinie festgelegten Staub-Grenzwerten zum Teil andere Grenzwertvorschläge gemacht [UBA- Vorschlag, 2009]. Für neue Großfeuerungsanlagen (GFA) ohne Abfallmitverbrennung, die ab 2016 in Betrieb gehen oder genehmigt werden, sogenannte Neuanlagen, hat UBA folgende Emissionsgrenzwerte vorgeschlagen: • für Neuanlagen ab 100 MW: 10 mg/Nm³ Für Anlagen, die bis 2016 in Betrieb gehen oder genehmigt werden, sogenannte Altanlagen, wurden folgende Staub-Grenzwerte vorgeschlagen: • für Altanlagen ab 100 MW: 20 mg/Nm³ Die neuen Staub-Grenzwerte gelten sowohl für Alt- als auch für Neuanlagen ab dem 01.01.2016. Minderungspotenzial Bei der Ermittlung der Minderungspotenziale wurden zunächst die neuen Grenzwerte (Tagesmittelwerte) in Jahresmittelwerte umgerechnet. Die abgeleiteten Umrechnungsfaktoren variieren je nach Brennstoff, Schadstoff und Anlagenalter (vgl. Tabelle 15 und Tabelle 16). Dafür wurden einige Betriebswerte bestehender und geplanter Kraftwerke ausgewertet [DFIU, 2002], [E-ON, 2007], [Emissionsdaten, 2007]. Es sind durchschnittliche Staub-Jahresmittelwerte für Altanlagen von unter 10 mg/Nm³ und für Neuanlagen von unter 5 mg/Nm³ erreichbar. In einem weiteren Schritt wurden die abgeschätzten Jahresmittelwerte mittels entsprechender Umrechnungsfaktoren aus [Rentz et al. 2002] in brennstoffspezifische Emissionsfaktoren [kg/TJ] umgerechnet. Der aktuellen Liste der geplanten Kraftwerksneubauten [BDEW, 2008] kann entnommen werden, dass ab 2016 nur ein Steinkohlekraftwerk mit 800 MW el. (brutto) in Betrieb genommen wird. Anhand der Auswertung der IER/UBA-Kraftwerksdatenbank [IER, 2008] konnte für die Anlagen der Größenklasse > 100 MW eine Aktivitätsrate von über 3. Mio. TJ abgeschätzt werden. Diese Aktivitätsrate beträgt ca. 99 % der Gesamtaktivitätsrate aller Kohlefeuerungen > 50 MW. Im Referenzszenario werden von kohlebefeueren Großfeuerungsanlagen > 50 MW im Jahr 2020 etwa 10 kt Staub emittiert, aus kohlegefeuerten Großfeuerungsanlagen der Größenklasse 50-100 MW FWL im Jahr 2020 etwa 30 t und aus Anlagen der Größenklasse > 100 MW etwa 9,7 kt. Im modifizierten Referenzszenario liegt der Staub-Emissionsfaktor für steinkohlegefeuerte Alt- und Neuanlagen bei 3,2 kg/TJ. Für braunkohlebefeuerte GFA der Leistungsklasse > 100 MW liegt der Staub-Emissionsfaktor für Alt- und Neuanlagen bei 3,1 kg/TJ. Durch die Einführung der vom UBA vorgeschlagenen neuen Staub-Grenzwerte ist keine Staubminderung aus Altanlagen zu erwarten. Die vom UBA vorgeschlagenen Staub-Grenzwerte von 20 mg/Nm³ für bestehende Anlagen wurden gegenüber den zurzeit geltenden Grenzwertanforderungen in der 13. BImSchV [13. BImSchV, 2009] nicht verschärft. Die Staubminderung ist nur bei Neuanlagen zu erwarten. Für Neuanlagen wurden im UBA-Vorschlag die Staubgrenzwerte halbiert. Da im Zeitraum von 2016-2020 nur ein Steinkohlekraftwerk gebaut wird, ergibt sich im Jahr 2020 ein geringes Minderungspotenzial von ca. 57 t Staub gegenüber dem Referenzszenario 2020. Somit errechnet sich für PM10 eine Minderung von 51 t und für PM2.5 eine Minderung von 46 t. Dabei wird ein mittlerer PM10-Emissionsfaktor für Neuanlagen von 1,4 kg/TJ (PM2.5: 1,3 kg/TJ) angenommen. Die neuen Grenzwertanforderungen für Neuanlagen können durch den Einsatz moderner Entstaubungstechnik erreicht werden.	
Ansatz Implementierung der IED	
Stand der Umsetzung Die IED befindet sich im Europäischen Gesetzgebungsprozess.	
Umsetzungshorizont Umsetzung möglich bis: 2010 ☐ 2015 ☐ 2020 ☒	
Kosten Für diese Maßnahme werden keine Kosten quantifiziert, da kein Minderungspotenzial modelliert wurde..	
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz)	

3.2.10 Absenkung des Staub-Emissionsgrenzwertes von 20 mg/Nm³ auf 10 mg/Nm³ im Tagesmittel sowohl für bestehende als auch für neue kohlegefeuerten Großfeuerungsanlagen > 50 MW FWL

		G 009
Kurzbeschreibung Eine zusätzliche Staubbminderung kann durch eine Verschärfung des Staub-Emissionsgrenzwertes von 20 mg/Nm ³ auf 10 mg/Nm ³ , was einem Jahresmittelwert von 5 mg/Nm ³ entspricht, erzielt werden. Die verschärften Grenzwerte sollen ab 2016 sowohl für bestehende als auch für neue Feuerungsanlagen gelten. Ein Jahresmittelwert von 5 mg/Nm ³ ist durch eine Verbesserung der Entstaubungstechnik bzw. eine Erweiterung bestehender Filteranlagen technisch erreichbar. Durch die Umsetzung der in der IED und der vom UBA vorgeschlagenen Grenzwertanforderungen ist im Jahr 2020 nur eine geringe zusätzliche Minderung gegenüber dem PAREST-Referenzszenario zu erwarten (siehe Maßnahmen G 006-G 009). Da die Staubbminderungsmöglichkeiten nach dem Stand der Technik nicht voll ausgeschöpft sind, wurde in diesem Maßnahmenblatt ein über die IED- und UBA-Vorschläge hinausgehendes Minderungspotenzial berechnet.		
Minderungspotenzial Im Referenzszenario werden von kohlebefeuchten Großfeuerungsanlagen > 50 MW im Jahr 2020 etwa 10 kt Staub emittiert. Der Staub-Emissionsfaktor für steinkohlegefeuerte Feuerungsanlagen liegt bei 3,2 kg/TJ. Für braunkohlebefeuerte GFA liegt der Staub-Emissionsfaktor bei 3,1 kg/TJ [UBA, 2007]. Durch die Halbierung des Staub-Grenzwertes ergibt sich im Jahr 2020 ein Minderungspotenzial von ca. 3,9 kt Staub bezogen auf das Referenzszenario 2020. Für die PM10-Emissionen errechnet sich eine Minderung von 3,5 kt und für die PM2.5-Emissionen eine Minderung von 3,1 kt. Es wurde ein maßnahmenbezogener Staub-Emissionsfaktor von 1,8 kg/TJ angenommen.		
Ansatz siehe Maßnahmenbeschreibung		
Stand der Umsetzung Siehe Maßnahmenblätter G 006-G 009		
Umsetzungshorizont Umsetzung möglich bis: 2010 ☐ 2015 ☐ 2020 ☒		
Kosten Die in diesem Maßnahmenblatt vorgeschlagenen Staub-Emissionsgrenzwerte können durch Erweiterung bestehender Entstaubungsanlagen eingehalten werden. Mit dem 4- bis 5-feldrigen Elektrofilter können Staubkonzentrationen unter 10 mg/m ³ im Jahresmittel erreicht werden. Eine genauere Kostenabschätzung zur Erweiterung der bestehenden Elektrofilter konnte nicht durchgeführt werden. Die unten aufgeführte Kosten beziehen sich auf die Neuinstallation eines 4-feldrigen Elektrofilters. Die Annuitäten (A_t) der Maßnahme (Einbau eines effizienten Elektrofilters) betragen 0,08 €/MWh bei angenommenen Investitionskosten (C_0) von 0,05 €/MWh [DFIU, 2002], laufenden Kosten (OC) von 0,03 €/MWh [DFIU, 2002], einer Diskontrate von 3% und einer Lebensdauer (n) der Maßnahme von 15 Jahren [DFIU, 2002]. Daraus ergeben sich für 2020 Gesamtkosten von 7,2 Mio. € (0,08 €/MWh x 87*106 MWh). Der überwiegende Anteil der Großfeuerungsanlagen verfügt über effiziente Entstaubungstechniken. Vor allem bei Anlagen der Leistungsklasse 50-100 MW FWL besteht aber noch ein Optimierungspotenzial in der Partikelabscheidetechnik. Die ermittelten Gesamtkosten beziehen sich auf die Anlagen mit Optimierungspotenzial. Der Anteil dieser Anlagen wurde mit 10 % der installierten Kapazität angenommen.		
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz)		

Tabelle 27 stellt die aus der Maßnahme G 009 resultierenden Aktivitäten, Emissionsfaktoren und Emissionen für PM10 dar sowie die Änderungen gegenüber dem Referenzszenario für die spezifischen Strukturelemente.

Tabelle 27: Aktivitätsraten, Emissionsfaktoren und Emissionen für PM10 für kohlebefeuerte Großfeuerungsanlagen infolge der Maßnahme G 009

Strukturelement	ZSE-Bezeichn.	Material	Wertetyp	Schadstoff	2010	2015	2020
öffentliche Kraftwerke Stromerzeugung	OEKW13	Braunkohlenbriketts	AR [TJ]		540	559	577
öffentliche Kraftwerke Stromerzeugung	OEKW13	Staub-/Trockenkohle	AR [TJ]		8.327	8.612	8.896
öffentliche Kraftwerke Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Helmstedt	AR [TJ]		22.520	23.290	24.060
öffentliche Kraftwerke Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Rheinland	AR [TJ]		734.431	759.539	784.648
öffentliche Kraftwerke Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Lausitz	AR [TJ]		435.785	450.684	465.583
öffentliche Kraftwerke Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Mitteldeutshl.	AR [TJ]		171.808	177.682	183.556
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus Stromerzeugung	UIKW13	Rohbraunkohle	AR [TJ]		12.778	13.215	13.652
Zechen- und Grubenkraftwerke Stromerzeugung	GRKW13	Rohbraunkohle Rheinland	AR [TJ]		14.343	14.834	15.324
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus Stromerzeugung	UIKW13	Staub-/Trockenkohle	AR [TJ]		581	600	620
öffentliche Kraftwerke Wärmeerzeugung	HEKW13	Braunkohlenkoks	AR [TJ]		4.603	4.444	3.699
öffentliche Kraftwerke Wärmeerzeugung	HEKW13	Braunkohlenbriketts	AR [TJ]		467	451	375
öffentliche Kraftwerke Wärmeerzeugung	HEBKW13	Rohbraunkohle Rheinland	AR [TJ]		1.842	1.778	1.480
öffentliche Kraftwerke Wärmeerzeugung	HEBKW13	Rohbraunkohle Lausitz	AR [TJ]		13036	12.586	10.477
öffentliche Kraftwerke Wärmeerzeugung	HEBKW13	Rohbraunkohle Mitteldeutshl.	AR [TJ]		16.581	16.010	13.327
Zechen- und Grubenkraftwerke Wärmeerzeugung	UEGK13	Rohbraunkohle Rheinland	AR [TJ]		4.079	3.542	3.113
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus Wärmeerzeugung	INKW13	Rohbraunkohle	AR [TJ]		2.598	2.583	2.567
öffentliche Kraftwerke Stromerzeugung	OEKW13	Braunkohlenbriketts	EF [kg/TJ]	PM10	3,474	3,474	2,2
öffentliche Kraftwerke Stromerzeugung	OEKW13	Staub-/Trockenkohle	EF [kg/TJ]	PM10	5,58	5,58	3,7
öffentliche Kraftwerke Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Helmstedt	EF [kg/TJ]	PM10	18	7,47	5,0
öffentliche Kraftwerke Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Rheinland	EF [kg/TJ]	PM10	2,862	2,862	1,9
öffentliche Kraftwerke	OEBKW13	Rohbraunkohle	EF	PM10	2,25	2,25	1,5

Strukturelement	ZSE-Bezeichn.	Material	Wertetyp	Schadstoff	2010	2015	2020
_Stromerzeugung		Lausitz	[kg/TJ]				
öffentliche Kraftwerke Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Mitteldeutschl.	EF [kg/TJ]	PM10	2,25	2,25	1,5
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus Stromerzeugung	UIKW13	Rohbraunkohle	EF [kg/TJ]	PM10	7,83	7,83	5,2
Zechen- und Grubenkraftwerke Stromerzeugung	GRKW13	Rohbraunkohle Rheinland	EF [kg/TJ]	PM10	3,96	3,96	2,6
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus Stromerzeugung	UIKW13	Staub-/Trockenkohle	EF [kg/TJ]	PM10	7,2	7,2	4,8
öffentliche Kraftwerke Wärmeerzeugung	HEKW13	Braunkohlenkoks	EF [kg/TJ]	PM10	2,16	2,16	1,4
öffentliche Kraftwerke Wärmeerzeugung	HEKW13	Braunkohlenbriketts	EF [kg/TJ]	PM10	2,16	2,16	1,4
öffentliche Kraftwerke Wärmeerzeugung	HEBKW13	Rohbraunkohle Rheinland	EF [kg/TJ]	PM10	2,862	2,862	1,9
öffentliche Kraftwerke Wärmeerzeugung	HEBKW13	Rohbraunkohle Lausitz	EF [kg/TJ]	PM10	2,25	2,25	1,5
öffentliche Kraftwerke Wärmeerzeugung	HEBKW13	Rohbraunkohle Mitteldeutschland	EF [kg/TJ]	PM10	2,25	2,25	1,5
Zechen- und Grubenkraftwerke Wärmeerzeugung	UEGK13	Rohbraunkohle Rheinland	EF [kg/TJ]	PM10	3,96	3,96	2,6
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus Wärmeerzeugung	INKW13	Rohbraunkohle	EF [kg/TJ]	PM10	7,83	7,83	5,2
EF-Mittelwert (mit Aktivitätsrate gewichteter Emissionsfaktor)		Braunkohle	EF [kg/TJ]	PM10	2,9	2,7	1,8
öffentliche Kraftwerke Stromerzeugung	OEKW13	Braunkohlenbriketts	EM [t]	PM10	1,88	1,94	1,24
öffentliche Kraftwerke Stromerzeugung	OEKW13	Staub-/Trockenkohle	EM [t]	PM10	46,46	48,05	33,19
öffentliche Kraftwerke Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Helmstedt	EM [t]	PM10	405,36	173,98	120,16
öffentliche Kraftwerke Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Rheinland	EM [t]	PM10	2.101,94	2.173,80	1.501,36
öffentliche Kraftwerke Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Lausitz	EM [t]	PM10	980,52	1.014,04	700,36
öffentliche Kraftwerke Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Mitteldeutschl.	EM [t]	PM10	386,57	399,78	276,12
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus Stromerzeugung	UIKW13	Rohbraunkohle	EM [t]	PM10	100,05	103,47	71,47
Zechen- und Grubenkraftwerke Stromerzeugung	GRKW13	Rohbraunkohle Rheinland	EM [t]	PM10	56,80	58,74	40,57
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus Stromerzeugung	UIKW13	Staub-/Trockenkohle	EM [t]	PM10	4,18	4,32	2,98
öffentliche Kraftwerke Wärmeerzeugung	HEKW13	Braunkohlenkoks	EM [t]	PM10	9,94	9,60	5,34

Strukturelement	ZSE- Bezeichn.	Material	Wert- typ	Schad- stoff	2010	2015	2020
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEKW13	Braunkohlen- briketts	EM [t]	PM10	1,01	0,97	0,54
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEBKW13	Rohbraunkohle Rheinland	EM [t]	PM10	5,27	5,09	2,83
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEBKW13	Rohbraunkohle Lausitz	EM [t]	PM10	29,33	28,32	15,76
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEBKW13	Rohbraunkohle Mitteldeutschl.	EM [t]	PM10	37,31	36,02	20,05
Zechen- und Grubenkraftwerke_Wär- meerzeugung	UEGK13	Rohbraunkohle Rheinland	EM [t]	PM10	16,15	14,03	8,24
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_ Wärmeerzeugung	INKW13	Rohbraunkohle	EM [t]	PM10	20,34	20,22	13,44
Änderung gegenüber dem Referenzszenario			EM [t]	PM10	0	0	-1.395
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEKW13	Steinkohle	AR [TJ]		1.068.585	1.228.963	1.389.341
Zechen- und Gruben- kraftwerke_ Stromerzeugung	STKBKW13	Steinkohle	AR [TJ]		107.652	123.809	139.966
Kraftwerke des ver- arbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_ Stromerzeugung	UIKW13	Steinkohle	AR [TJ]		6.541	7.523	8.505
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEKW13	Steinkohle	AR [TJ]		76.624	68.293	58.509
Fernheizwerke_ Wärmeerzeugung	FEHW13	Steinkohle	AR [TJ]		810	722	618
Zechen- und Grubenkraftwerke_ Wärmeerzeugung	UESTKB13	Steinkohle	AR [TJ]		200	200	100
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_ Wärmeerzeugung	INKW13	Steinkohle	AR [TJ]		7.027	7.546	8.066
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEKW13	Steinkohle	EF [kg/TJ]	PM10	2,97	2,97	1,6
Zechen- und Grubenkraftwerke_ Stromerzeugung	STKBKW13	Steinkohle	EF [kg/TJ]	PM10	2,16	2,16	1,2
Kraftwerke des ver- arbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_ Stromerzeugung	UIKW13	Steinkohle	EF [kg/TJ]	PM10	9,09	6,57	3,6
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEKW13	Steinkohle	EF [kg/TJ]	PM10	2,97	2,97	1,6
Fernheizwerke_ Wärmeerzeugung	FEHW13	Steinkohle	EF [kg/TJ]	PM10	10,8	6,57	3,6
Zechen- und Gruben- kraftwerke_ Wärmeerzeugung	UESTKB13	Steinkohle	EF [kg/TJ]	PM10	2,16	2,16	1,2
Kraftwerke des ver- arbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_ Wärmeerzeugung	INKW13	Steinkohle	EF [kg/TJ]	PM10	9,1	6,6	3,6

Strukturelement	ZSE- Bezeichn.	Material	Wert- typ	Schad- stoff	2010	2015	2020
EF-Mittelwert (mit Aktivitätsrate gewichteter Emissionsfaktor)		Steinkohle	EF [kg/TJ]	PM2.5	3,0	2,9	1,6
Strukturelement	ZSE- Bezeichn.	Material	Wert- typ	Schad- stoff	2010	2015	2020
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEKW13	Steinkohle	EM [t]	PM10	3.173,7	3.650,0	2.290,0
Zechen- und Gruben- kraftwerke_ Stromerzeugung	STKBKW13	Steinkohle	EM [t]	PM10	232,5	267,4	167,8
Kraftwerke des ver- arbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_ Stromerzeugung	UIKW13	Steinkohle	EM [t]	PM10	59,5	49,4	31,0
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEKW13	Steinkohle	EM [t]	PM10	227,6	202,8	96,4
Fernheizwerke_ Wärmeerzeugung	FEHW13	Steinkohle	EM [t]	PM10	8,7	4,7	2,3
Zechen- und Gruben- kraftwerke_ Wärmeerzeugung	UESTKB13	Steinkohle	EM [t]	PM10	0,4	0,4	0,1
Kraftwerke des ver- arbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_ Wärmeerzeugung	INKW13	Steinkohle	EM [t]	PM10	63,9	49,6	29,4
Änderung gegenüber dem Referenzszenario			EM [t]	PM10	0	0	-2.099

Tabelle 28 stellt die aus der Maßnahme G 009 resultierenden Aktivitäten, Emissionsfaktoren und Emissionen für PM2.5 dar sowie die Änderungen gegenüber dem Referenzszenario für die spezifischen Strukturelemente.

Tabelle 28: Aktivitätsraten, Emissionsfaktoren und Emissionen für PM2.5 für kohlebefeuerte Großfeuerungsanlagen infolge der Maßnahme G 009

Strukturelement	ZSE-Bezeichnung	Material	Wertetyp	Schadstoff	2010	2015	2020
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEKW13	Braunkohlenbriketts	AR [TJ]		540	559	577
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEKW13	Staub-/Trockenkohle	AR [TJ]		8.327	8.612	8.896
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Helmstedt	AR [TJ]		22.520	23.290	24.060
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Rheinland	AR [TJ]		734.431	759.539	784.648
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Lausitz	AR [TJ]		435.785	450.684	465.583
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Mitteldeutshl.	AR [TJ]		171.808	177.682	183.556
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_ Stromerzeugung	UIKW13	Rohbraunkohle	AR [TJ]		12.778	13.215	13.652
Zechen- und Gruben- kraftwerke_ Stromerzeugung	GRKW13	Rohbraunkohle Rheinland	AR [TJ]		14.343	14.834	15.324
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_ Stromerzeugung	UIKW13	Staub-/Trockenkohle	AR [TJ]		581	600	620
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEKW13	Braunkohlenkoks	AR [TJ]		4.603	4.444	3.699
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEKW13	Braunkohlenbriketts	AR [TJ]		467	451	375
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEBKW13	Rohbraunkohle Rheinland	AR [TJ]		1.842	1.778	1.480
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEBKW13	Rohbraunkohle Lausitz	AR [TJ]		13036	12.586	10.477
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEBKW13	Rohbraunkohle Mitteldeutshl.	AR [TJ]		16.581	16.010	13.327
Zechen- und Grubenkraftwerke_ Wärmeerzeugung	UEGK13	Rohbraunkohle Rheinland	AR [TJ]		4.079	3.542	3.113
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_ Wärmeerzeugung	INKW13	Rohbraunkohle	AR [TJ]		2.598	2.583	2.567
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEKW13	Braunkohlenbriketts	EF [kg/TJ]	PM2.5	3,088	3,088	1,9
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEKW13	Staub-/Trockenkohle	EF [kg/TJ]	PM2.5	4,96	4,96	3,3
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Helmstedt	EF [kg/TJ]	PM2.5	16	6,64	4,4
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Rheinland	EF [kg/TJ]	PM2.5	2,544	2,544	1,7

Strukturelement	ZSE-Bezeichnung	Material	Wertetyp	Schadstoff	2010	2015	2020
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Lausitz	EF [kg/TJ]	PM2.5	2	2	1,3
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Mitteldeutshl.	EF [kg/TJ]	PM2.5	2	2	1,3
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_ Stromerzeugung	UIKW13	Rohbraunkohle	EF [kg/TJ]	PM2.5	6,96	6,96	4,7
Zechen- und Grubenkraft- werke_ Stromerzeugung	GRKW13	Rohbraunkohle Rheinland	EF [kg/TJ]	PM2.5	3,52	3,52	2,4
Kraftwerke des verarbeiten-den Gewerbes und übrigen Bergbaus_ Stromerzeugung	UIKW13	Staub- /Trockenkohle	EF [kg/TJ]	PM2.5	6,4	6,4	4,3
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEKW13	Braunkohlen- koks	EF [kg/TJ]	PM2.5	1,92	1,92	1,3
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEKW13	Braunkohlen- briketts	EF [kg/TJ]	PM2.5	1,92	1,92	1,3
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEBKW13	Rohbraunkohle Rheinland	EF [kg/TJ]	PM2.5	2,544	2,544	1,7
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEBKW13	Rohbraunkohle Lausitz	EF [kg/TJ]	PM2.5	2	2	1,3
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEBKW13	Rohbraunkohle Mitteldeutshl.	EF [kg/TJ]	PM2.5	2	2	1,3
Zechen- und Grubenkraft- werke_ Wärmeerzeugung	UEGK13	Rohbraunkohle Rheinland	EF [kg/TJ]	PM2.5	3,52	3,52	2,4
Kraftwerke des verarbeiten-den Gewerbes und übrigen Bergbaus_ Wärmeerzeugung	INKW13	Rohbraunkohle	EF [kg/TJ]	PM2.5	6,96	6,96	4,7
EF-Mittelwert (mit Aktivitätsrate gewichteter Emissionsfaktor)			EF [kg/TJ]	PM2.5	2,6	2,4	1,6
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEKW13	Braunkohlen- briketts	EM [t]	PM2.5	1,67	1,73	1,10
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEKW13	Staub- /Trockenkohle	EM [t]	PM2.5	41,30	42,72	29,50
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Helmstedt	EM [t]	PM2.5	360,32	154,65	106,81
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Rheinland	EM [t]	PM2.5	1.868,3 9	1.932,2 7	1.334,5 4
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Lausitz	EM [t]	PM2.5	871,57	901,37	622,54
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Mitteldeutshl.	EM [t]	PM2.5	343,62	355,36	245,44
Kraftwerke des verarbeiten-den Gewerbes und übrigen Bergbaus_ Stromerzeugung	UIKW13	Rohbraunkohle	EM [t]	PM2.5	88,93	91,98	63,53
Zechen- und Grubenkraft- werke_ Stromerzeugung	GRKW13	Rohbraunkohle Rheinland	EM [t]	PM2.5	50,49	52,22	36,06
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen	UIKW13	Staub- /Trockenkohle	EM [t]	PM2.5	3,72	3,84	2,65

Strukturelement	ZSE-Bezeichnung	Material	Wertetyp	Schadstoff	2010	2015	2020
Bergbaus_ Stromerzeugung							
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEKW13	Braunkohlenkoks	EM [t]	PM2.5	8,84	8,53	4,75
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEKW13	Braunkohlenbriketts	EM [t]	PM2.5	0,90	0,87	0,48
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEBKW13	Rohbraunkohle Rheinland	EM [t]	PM2.5	4,69	4,52	2,52
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEBKW13	Rohbraunkohle Lausitz	EM [t]	PM2.5	26,07	25,17	14,01
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEBKW13	Rohbraunkohle Mitteldeutshl.	EM [t]	PM2.5	33,16	32,02	17,82
Zechen- und Gruben- kraftwerke_ Wärmeerzeugung	UEGK13	Rohbraunkohle Rheinland	EM [t]	PM2.5	14,36	12,47	7,33
Kraftwerke des ver- arbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_ Wärmeerzeugung	INKW13	Rohbraunkohle	EM [t]	PM2.5	18,08	17,98	11,94
Änderung gegenüber dem Referenzszenario			EM [t]	PM2.5	0	0	-1.240
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEKW13	Steinkohle	AR [TJ]		1.068.585	1.228.963	1.389.341
Zechen- und Grubenkraft-werke_ Stromerzeugung	STKBKW13	Steinkohle	AR [TJ]		107.652	123.809	139.966
Kraftwerke des verarbeiten-den Gewerbes und übrigen Bergbaus_ Stromerzeugung	UIKW13	Steinkohle	AR [TJ]		6.541	7.523	8.505
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEKW13	Steinkohle	AR [TJ]		76.624	68.293	58.509
Fernheizwerke_ Wärmeerzeugung	FEHW13	Steinkohle	AR [TJ]		810	722	618
Zechen- und Grubenkraft-werke_ Wärmeerzeugung	UESTKB13	Steinkohle	AR [TJ]		200	200	100
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_ Wärmeerzeugung	INKW13	Steinkohle	AR [TJ]		7.027	7.546	8.066
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEKW13	Steinkohle	EF [kg/TJ]	PM2.5	2,64	2,64	1,5
Zechen- und Grubenkraft-werke_ Stromerzeugung	STKBKW13	Steinkohle	EF [kg/TJ]	PM2.5	1,92	1,92	1,1
Kraftwerke des verarbeiten-den Gewerbes und übrigen Bergbaus_ Stromerzeugung	UIKW13	Steinkohle	EF [kg/TJ]	PM2.5	8,08	5,84	3,2
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEKW13	Steinkohle	EF [kg/TJ]	PM2.5	2,64	2,64	1,5
Fernheizwerke_ Wärmeerzeugung	FEHW13	Steinkohle	EF [kg/TJ]	PM2.5	9,6	5,84	3,2
Zechen- und Grubenkraft-werke_ Wärmeerzeugung	UESTKB13	Steinkohle	EF [kg/TJ]	PM2.5	1,92	1,92	1,1

Strukturelement	ZSE- Bezeichnung	Material	Werte- typ	Schad- stoff	2010	2015	2020
Kraftwerke des verarbeiten-den Gewerbes und übrigen Bergbaus_ Wärmeerzeugung	INKW13	Steinkohle	EF [kg/TJ]	PM2.5	8,1	5,8	3,2
EF-Mittelwert (mit Aktivitätsrate gewichteter Emissionsfaktor)			EF [kg/TJ]	PM2.5	2,6	2,6	1,4
öffentliche Kraftwerke_Stromerzeu- gung	OEKW13	Steinkohle	EM [t]	PM2.5	3.173,7	3.650,0	2.035,6
Zechen- und Grubenkraft-werke_ Stromerzeugung	STKBKW13	Steinkohle	EM [t]	PM2.5	232,5	267,4	149,1
Kraftwerke des verarbeiten-den Gewerbes und übrigen Bergbaus_ Stromerzeugung	UIKW13	Steinkohle	EM [t]	PM2.5	59,5	49,4	27,6
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEKW13	Steinkohle	EM [t]	PM2.5	227,6	202,8	85,7
Fernheizwerke_ Wärmeerzeugung	FEHW13	Steinkohle	EM [t]	PM2.5	8,7	4,7	2,0
Zechen- und Gruben- kraftwerke_ Wärmeerzeugung	UESTKB13	Steinkohle	EM [t]	PM2.5	0,4	0,4	0,1
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_ Wärmeerzeugung	INKW13	Steinkohle	EM [t]	PM2.5	63,9	49,6	26,1
Änderung gegenüber dem Referenzszenario					0	0	-1.865

3.2.11 Verschärfung des SO₂-Emissionsgrenzwertes bei kohlegefeuerten Großfeuerungsanlagen 50-100 MW im Rahmen der geplanten Novellierung der IED-Richtlinie

	G 010
Kurzbeschreibung Die Europäische Kommission hat am 26.05.2009 einen Vorschlag zur Novellierung der IED-Richtlinie vorgelegt [KOM 844, 2009]. Die neuen Grenzwerte für Feuerungsanlagen sind als Tagesmittelwerte festgelegt und sollen ab dem 01.01.2016 gelten. In der novellierten IED-Richtlinie werden folgende SO₂-Grenzwerte für neue Großfeuerungsanlagen (GFA) ohne Abfallmitverbrennung festgelegt, die ab 2016 in Betrieb gehen oder genehmigt werden, sogenannte Neuanlagen: • für Neuanlagen 50-100 MW: 400 mg/Nm³; mit Torfeinsatz 300 mg/Nm³ Für Anlagen, die bis 2016 in Betrieb gehen oder genehmigt werden, sogenannte Altanlagen, gelten folgende SO₂-Grenzwerte: • für Altanlagen 50-100 MW: 400 mg/Nm³; mit Torfeinsatz 300 mg/Nm³; für Anlagen mit Genehmigung vor dem 27.11.2002, mit max. 1500 Betriebsstunden/a im gleitenden 5-Jahres-Durchschnitt gilt ein Grenzwert von 800 mg/Nm³ Eine Recherche zu den in Deutschland installierten Feuerungstechniken hat ergeben, dass in der Anlagenklasse 50-100 MW keine Anlagen mit weniger als 1500 Stunden/a betrieben werden. In Deutschland werden auch keine Torfkraftwerke betrieben. Deshalb wird für Alt- und Neuanlagen ein SO₂-Grenzwert von 400 mg/Nm³ angenommen. Minderungspotenzial Bei der Ermittlung der Minderungspotenziale wurden zunächst die neuen Grenzwerte (Tagesmittelwerte) in Jahresmittelwerte umgerechnet. Die abgeleiteten Umrechnungsfaktoren variieren je nach Brennstoff, Schadstoff und Anlagenalter (vgl. Tabelle 15 und Tabelle 16). Zur Übertragung der Massenkonzentrationen von höchstzulässigen Tagesmittelwerten in Jahresmittelwerte für bestehende Anlagen wurden je nach Schadstoff die Verhältnisse: Tagesmittelwerte/Jahresmittelwert aus den Betriebswerten einiger Kraftwerke herangezogen [E-ON 2007, Emissionsdaten 2007]. Für SO₂ wurde für bestehende kohlebefeuerte Großfeuerungsanlagen < 100 MW FWL der Faktor von 0,8 angenommen. Für Neuanlagen < 100 MW FWL wurde der Umrechnungsfaktor von 0,9 eingesetzt. Somit wurden für steinkohlegefeuerten Neu- und Altanlagen durchschnittliche SO₂-Jahresmittelwerte von 320 mg/Nm³ eingesetzt. In einem weiteren Schritt wurden die abgeschätzten Jahresmittelwerte mittels entsprechender Umrechnungsfaktoren aus [Rentz et al. 2002] in brennstoffspezifische Emissionsfaktoren [kg/TJ] umgerechnet. Der aktuellen Liste der geplanten Kraftwerksneubauten [BDEW, 2008] kann entnommen werden, dass ab 2016 keine Kohlekraftwerke bis 100 MW FWL in Betrieb genommen oder genehmigt werden. Bis 2020 kann somit eine Emissionsminderung nur bei Altanlagen der Anlagenklasse 50-100 MW FWL erwarten werden. Anhand der Auswertung der IER/UBA-Kraftwerksdatenbank [IER, 2008] konnte für die Anlagen der Größenklasse 50-100 MW eine Aktivitätsrate von ca. 8000 TJ abgeschätzt werden. Im Referenzszenario werden von kohlebefeuchten Großfeuerungsanlagen > 50 MW im Jahr 2020 etwa 212 kt SO₂ emittiert, aus Anlagen der Größenklasse 50-100 MW FWL etwa 1,8 kt und aus Anlagen der Größenklasse > 100 MW etwa 210,2 kt. Im Referenzszenario liegt der SO₂-Emissionsfaktor für steinkohlegefeuerten Neuanlagen bei 141 kg/TJ, für Altanlagen bei 227 kg/TJ. Für braunkohlebefeuerte GFA der Leistungsklasse 50-100 MW liegt der SO₂-Emissionsfaktor für Neuanlagen bei 157 kg/TJ und für Altanlagen bei 220 kg/TJ. Bei der Einführung der neuen Grenzwerte der IED-Richtlinie kann ein SO₂-Minderungspotenzial von ca. 651 t für Steinkohlefeuerungen und von ca. 176 t für Braunkohlefeuerungen erreicht werden. Insgesamt ergibt sich im Jahr 2020 für alle bestehenden Kohlefeuerungen bis 100 MW FWL eine Minderung von 827 kt SO₂ gegenüber dem Referenzszenario 2020. Im Minderungsszenario 2020 liegt der neue Emissionsfaktor für bestehende Steinkohlefeuerungen bei 103 kg/TJ, für bestehende Braunkohlefeuerungen bei 115 kg/TJ. Die neuen SO₂-Grenzwerte können durch den Einsatz von Sprühabsorptionsverfahren eingehalten werden.	
Ansatz Siehe Maßnahmenbeschreibung	
Stand der Umsetzung Die IED befindet sich im Europäischen Gesetzgebungsprozess.	

Umsetzungshorizont		
Umsetzung möglich bis:	2010 ☐	2015 ☐ 2020 ☒
Kosten		
Die neuen SO₂-Grenzwerte der IED-Richtlinie können durch den Einsatz von Sprühabsorptionsverfahren eingehalten werden. Mit den unten aufgeführten Investitions- und Betriebskosten lassen sich Annuitätskosten für ein Kohlekraftwerk mit einer installierten Leistung von 45 MWel in Höhe von ca. 497.000 € errechnen. Die Annuitäten (A_t) der Maßnahme (Sprühabsorptionsverfahren) betragen 1,03 €/MWh bei angenommenen Investitionskosten (C₀) von 0,99 €/MWh [DFIU, 2002], laufenden Kosten (OC) von 0,04 €/MWh [DFIU, 2002], einer Diskontrate von 3% und einer Lebensdauer (n) der Maßnahme von 15 Jahren [DFIU, 2002]. Daraus ergeben sich für 2020 Gesamtkosten von 2,28 Mio. € (1,03 €/MWh x 2,2*10⁶ MWh).		
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz)		
Bei Einsatz von halbtrockenen Entschwefelungsverfahren stellt die Reststoffverwertung ein Problem dar.		

3.2.12 Verschärfung des SO₂-Emissionsgrenzwertes bei kohlegefeuerten Großfeuerungsanlagen > 100 MW im Rahmen der geplanten Novellierung der IED-Richtlinie

	G 011
Kurzbeschreibung Die Europäische Kommission hat am 26.05.2009 einen Vorschlag zur Novellierung der IED-Richtlinie vorgelegt [KOM 844, 2009]. Die neuen Grenzwerte für Feuerungsanlagen sind als Tagesmittelwerte festgelegt und sollen ab dem 01.01.2016 gelten. In der novellierten IED-Richtlinie werden folgende SO₂-Grenzwerte für neue Großfeuerungsanlagen (GFA) ohne Abfallmitverbrennung festgelegt, die ab 2016 in Betrieb gehen oder genehmigt werden, sogenannte Neuanlagen: • für Neuanlagen 100-300 MW: 200 mg/Nm³; mit Torfeinsatz: 300 mg/Nm³; mit Torfeinsatz in Wirbelschichtfeuerungen: 250 mg/Nm³ • für Neuanlagen ab 300 MW: 150 mg/Nm³; ein Ausnahmenwert von 200 mg/Nm³ gilt für zirkulierende und druckaufgeladene Wirbelschichtfeuerungen, bei Torfeinsatz für alle Wirbelschichtfeuerungen Für Anlagen, die bis 2016 in Betrieb gehen oder genehmigt werden, sogenannte Altanlagen, gelten folgende SO₂-Grenzwerte: • für Altanlagen 100-300 MW: 250 mg/Nm³; für Anlagen mit Genehmigung vor dem 27.11.2002 mit max. 1500 Betriebsstunden/a im gleitenden 5-Jahres-Durchschnitt gilt ein Grenzwert von 800 mg/Nm³. Bei Torfeinsatz gilt ein Emissionswert von 300 mg/Nm³ • für Altanlagen ab 300 MW: 200 mg/Nm³; für Anlagen mit Genehmigung vor dem 27.11.2002 mit max. 1500 Betriebsstunden/a im gleitenden 5-Jahres-Durchschnitt gilt ein Grenzwert von 800 mg/Nm³. Eine Recherche zu den in Deutschland installierten Feuerungstechniken hat ergeben, dass in der Anlagenklasse > 100 MW keine Anlagen mit weniger als 1500 h/a betrieben werden. In Deutschland sind keine Torfkraftwerke vorhanden. Die IER/UBA-Kraftwerksdatenbank [IER, 2008] liefert einen Anteil von etwa 97% der installierten Leistung für Anlagen mit einer Leistung von über 300 MW FWL. Deshalb wurde für Altanlagen ab 100 MW FWL ein mittlerer SO₂-Grenzwert von ca. 202 mg/Nm³ errechnet. Für Neuanlagen > 100 MW FWL wurde ein mittlerer SO₂-Grenzwert von 154 mg/Nm³ angenommen. In Deutschland finden sowohl zirkulierende als auch druckaufgeladene Wirbelschichtfeuerungen wenig Anwendung in der Leistungsklasse ab 300 MW FWL. Die errechneten Grenzwerte in Höhe von 154 mg/m³ für Neuanlagen und von 202 mg/m³ für Altanlagen wurden durch Zusammenfassung mehrerer IED-Grenzwertvorschlagswerte der einzelnen Anlagenklassen und durch nach Technologie- und Anlagenleistungsanteilen vorgenommener Gewichtung ermittelt. Minderungspotenzial Bei der Ermittlung der Minderungspotenziale wurden zunächst die neuen Grenzwerte (Tagesmittelwerte) in Jahresmittelwerte umgerechnet. Die abgeleiteten Umrechnungsfaktoren variieren je nach Brennstoff, Schadstoff und Anlagenalter (vgl. Tabelle 15-16). Zur Übertragung der Massenkonzentrationen von höchstzulässigen Tagesmittelwerten in Jahresmittelwerte für bestehende Anlagen wurden je nach Schadstoff die Verhältnisse: Tagesmittelwerte/Jahresmittelwert aus den Betriebswerten einiger Kraftwerke herangezogen [E-ON 2007, Emissionsdaten 2007]. Für SO₂ wurde für bestehende kohlebefeuerter Großfeuerungsanlagen > 100 MW FWL der Faktor von 0,7 angenommen. Für Neuanlagen > 100 MW FWL wurde der Umrechnungsfaktor von 0,9 eingesetzt (Expertenschätzung des Umweltbundesamtes, [UBA-GFA, 2010]). Es wurden für steinkohlegefeuerte Neuanlagen durchschnittliche SO₂-Jahresmittelwerte von 139 mg/Nm³ und für Braunkohlen-Neubaukraftwerke Jahresmittelwerte von 180 mg/Nm³ eingesetzt. Für steinkohlegefeuerte Altanlagen wurden durchschnittliche SO₂-Jahresmittelwerte von 143 mg/Nm³; für bestehende Braunkohlenkraftwerke Jahresmittelwerte von 141 mg/Nm³ abgeschätzt. In einem weiteren Schritt wurden die abgeschätzten Jahresmittelwerte mittels entsprechender Umrechnungsfaktoren aus [Rentz et al. 2002] in brennstoffspezifische Emissionsfaktoren [kg/TJ] umgerechnet. Der aktuellen Liste der geplanten Kraftwerksneubauten [BDEW, 2008] kann entnommen werden, dass ab 2016 nur ein Steinkohlekraftwerk mit 800 MW el. (brutto) in Betrieb genommen wird. Anhand der Auswertung der IER/UBA-Kraftwerksdatenbank [IER, 2008] konnte für die Anlagen der Größenklasse > 100 MW eine Aktivitätsrate von über 3 Mio. TJ abgeschätzt werden. Im Referenzszenario werden von kohlebefeuerter Großfeuerungsanlagen > 50 MW im Jahr 2020 etwa 220 kt SO₂ emittiert, aus Anlagen der Größenklasse 50-100 MW FWL etwa 1,1 kt und aus Anlagen der	

Größenklasse > 100 MW etwa 218,9 kt. Im Referenzszenario liegt der SO₂-Emissionsfaktor für steinkohlegefeuerte Neuanlagen bei 55 kg/TJ, für Altanlagen bei 69 kg/TJ. Für braunkohlebefeuerte GFA der Leistungsstufe > 100 MW liegt der SO₂-Emissionsfaktor für Neuanlagen bei 62 kg/TJ, für Altanlagen bei 67 kg/TJ.

Bei Einführung der in der novellierten IED-Richtlinie neu festgelegten SO₂-Emissionsgrenzwerte kann bei Steinkohlefeuerungen ein Minderungspotenzial von ca. 25,3 kt SO₂ erreicht werden. Bei Braunkohlekraftwerken > 100 MW ist unter Berücksichtigung der neuen SO₂-Grenzwerte der IED-Richtlinie eine Minderung von ca. 13,0 kt SO₂ zu erwarten. Insgesamt ergibt sich im Jahr 2020 für alle Kohlefeuerungen > 100 MW FWL eine Minderung von ca. 38,3 kt SO₂ gegenüber dem Referenzszenario 2020. Im Minderungsszenario 2020 liegt der neue Emissionsfaktor für bestehende Steinkohlefeuerungen bei ca. 52,5 kg/TJ, für bestehende Braunkohlefeuerungen bei 58,1 kg/TJ. Im Minderungsszenario 2020 ergibt sich für ab 2016 in Betrieb genommene Steinkohlefeuerungen ein mittlerer Emissionsfaktor von ca. 51 kg/TJ, für neue Braunkohlefeuerungen ca. 56 kg/TJ. Die neuen SO₂-Grenzwerte können durch Optimierung der bestehenden REA⁸ eingehalten werden.

Ansatz

Implementierung der IED

Stand der Umsetzung

Die IED befindet sich im Europäischen Gesetzgebungsprozess.

Umsetzungshorizont

Umsetzung möglich bis: 2010 ☐ 2015 ☐ 2020 ☒

Kosten

Die neuen SO₂-Grenzwerte der IED-Richtlinie können durch Einsatz von Kalksteinwaschverfahren eingehalten werden. Mit den unten aufgeführten Investitions- und Betriebskosten lassen sich Annuitätskosten für ein Kohlekraftwerk mit einer installierten Leistung von 350 MWel in Höhe von ca. 2,7 Mio. € errechnen. Der Anteil der Großfeuerungsanlagen > 100 MW FWL mit Kalksteinwaschverfahren liegt bei über 95% an der installierten Gesamtkapazität in Deutschland [DFIU, 2002]. Die Annuitäten (A_t) der Maßnahme (Kalksteinwaschverfahren) betragen 0,69 €/MWh bei angenommenen Investitionskosten (C₀) von 0,66 €/MWh [DFIU, 2002], laufenden Kosten (OC) von 0,03 €/MWh [DFIU, 2002], einer Diskontrate von 3% und einer Lebensdauer (n) der Maßnahme von 15 Jahren [DFIU, 2002]. Daraus ergeben sich für 2020 Gesamtkosten von 18,2 Mio. € (0,69 €/MWh x 26,4*10⁶ MWh). Die ermittelten Gesamtkosten beziehen sich auf die Anlagen ohne Kalksteinwaschverfahren.

Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz)

Die Optimierung eines Sprühwäschers mindert zusätzlich NH₃- und Staubemissionen, erhöht aber auch den Eigenenergieverbrauch.

⁸ REA = Rauchgasentschwefelungsanlage

Tabelle 29 stellt die aus den Maßnahmen G 010 und G 011 resultierenden Aktivitäten, Emissionsfaktoren und Emissionen für SO₂ dar sowie die Änderungen gegenüber dem Referenzszenario für die spezifischen Strukturelemente.

Tabelle 29: Aktivitätsraten, Emissionsfaktoren und Emissionen für die kohlebefeuerte Großfeuerungsanlagen infolge der Novellierung der IED-Richtlinie (Maßnahme G 010-G 011)

Strukturelement	ZSE-Bezeichn.	Material	Wertetyp	Schadstoff	2010	2015	2020
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEKW13	Braunkohlenbriketts	AR [TJ]		540	559	577
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEKW13	Staub-/Trockenkohle	AR [TJ]		8.327	8.612	8.896
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Helmstedt	AR [TJ]		22.520	23.290	24.060
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Rheinland	AR [TJ]		734.431	759.539	784.648
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Lausitz	AR [TJ]		435.785	450.684	465.583
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Mitteldeutshl.	AR [TJ]		171.808	177.682	183.556
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_ Stromerzeugung	UIKW13	Rohbraunkohle	AR [TJ]		12.778	13.215	13.652
Zechen- und Grubenkraftwerke_ Stromerzeugung	GRKW13	Rohbraunkohle Rheinland	AR [TJ]		14.343	14.834	15.324
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_ Stromerzeugung	UIKW13	Staub-/Trockenkohle	AR [TJ]		581	600	620
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEKW13	Braunkohlenkoks	AR [TJ]		4.603	4.444	3.699
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEKW13	Braunkohlenbriketts	AR [TJ]		467	451	375
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEBKW13	Rohbraunkohle Rheinland	AR [TJ]		1.842	1.778	1.480
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEBKW13	Rohbraunkohle Lausitz	AR [TJ]		13.036	12.586	10.477
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEBKW13	Rohbraunkohle Mitteldeutshl.	AR [TJ]		16.581	16.010	13.327
Zechen- und Grubenkraftwerke_ Wärmeerzeugung	UEGK13	Rohbraunkohle Rheinland	AR [TJ]		4.079	3.542	3.113
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_ Wärmeerzeugung	INKW13	Rohbraunkohle	AR [TJ]		2.598	2.583	2.567
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEKW13	Braunkohlenbriketts	EF [kg/TJ]	SO ₂	113	113	71,5
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEKW13	Staub-/Trockenkohle	EF [kg/TJ]	SO ₂	113	113	71,5
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Helmstedt	EF [kg/TJ]	SO ₂	167	167	105,7
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Rheinland	EF [kg/TJ]	SO ₂	24	24	15,2
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Lausitz	EF [kg/TJ]	SO ₂	107,8	107,8	68,2

Strukturelement	ZSE- Bezeichn.	Material	Werte- typ	Schad- stoff	2010	2015	2020
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Mitteldeutschl.	EF [kg/TJ]	SO ₂	107,8	107,8	68,2
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_ Stromerzeugung	UIKW13	Rohbraunkohle	EF [kg/TJ]	SO ₂	214	214	135,4
Zechen- und Grubenkraftwerke_ Stromerzeugung	GRKW13	Rohbraunkohle Rheinland	EF [kg/TJ]	SO ₂	64	64	40,5
Kraftwerke des verarbei- tenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_ Stromerzeugung	UIKW13	Staub- /Trockenkohle	EF [kg/TJ]	SO ₂	380	380	240,5
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEKW13	Braunkohlen- koks	EF [kg/TJ]	SO ₂	69,7	69,7	44,1
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEKW13	Braunkohlen- briketts	EF [kg/TJ]	SO ₂	69,7	69,7	44,1
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEBKW13	Rohbraunkohle Rheinland	EF [kg/TJ]	SO ₂	24	24	15,2
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEBKW13	Rohbraunkohle Lausitz	EF [kg/TJ]	SO ₂	107,8	107,8	68,2
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEBKW13	Rohbraunkohle Mitteldeutschl.	EF [kg/TJ]	SO ₂	107,8	107,8	68,2
Zechen- und Grubenkraftwerke_ Wärmeerzeugung	UEGK13	Rohbraunkohle Rheinland	EF [kg/TJ]	SO ₂	117,2	117,2	74,2
Kraftwerke des verarbei- tenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_ Wärmeerzeugung	INKW13	Rohbraunkohle	EF [kg/TJ]	SO ₂	214	214	135,4
EF-Mittelwert (mit Aktivitätsrate gewichteter Emissionsfaktor)		Braunkohle	EF [kg/TJ]	SO ₂	66,7	66,6	42,1
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEKW13	Braunkohlen- briketts	EM [t]	SO ₂	61	63	57
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEKW13	Staub- /Trockenkohle	EM [t]	SO ₂	941	973	875
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Helmstedt	EM [t]	SO ₂	3.761	3.889	3.499
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Rheinland	EM [t]	SO ₂	17.626	18.229	16.398
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Lausitz	EM [t]	SO ₂	46.978	48.584	43.704
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Mitteldeutschl.	EM [t]	SO ₂	18.521	19.154	17.230
Kraftwerke des verarbeit- enden Gewerbes und übrigen Bergbaus_ Stromerzeugung	UIKW13	Rohbraunkohle	EM [t]	SO ₂	2.734	2.828	2.544
Zechen- und Gruben- kraftwerke_ Stromerzeugung	GRKW13	Rohbraunkohle Rheinland	EM [t]	SO ₂	918	949	854
Kraftwerke des verarbeit- enden Gewerbes und übrigen Bergbaus_ Stromerzeugung	UIKW13	Staub- /Trockenkohle	EM [t]	SO ₂	221	228	205
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEKW13	Braunkohlen- koks	EM [t]	SO ₂	321	310	225
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEKW13	Braunkohlen- briketts	EM [t]	SO ₂	33	31	23

Strukturelement	ZSE-Bezeichn.	Material	Wertetyp	Schadstoff	2010	2015	2020
öffentliche Kraftwerke_Wärmeerzeugung	HEBKW13	Rohbraunkohle Rheinland	EM [t]	SO ₂	44	43	31
öffentliche Kraftwerke_Wärmeerzeugung	HEBKW13	Rohbraunkohle Lausitz	EM [t]	SO ₂	1.405	1.357	983
öffentliche Kraftwerke_Wärmeerzeugung	HEBKW13	Rohbraunkohle Mitteldeutschl.	EM [t]	SO ₂	1.787	1.726	1.251
Zechen- und Grubenkraftwerke_Wärmeerzeugung	UEGK13	Rohbraunkohle Rheinland	EM [t]	SO ₂	478	415	318
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_Wärmeerzeugung	INKW13	Rohbraunkohle	EM [t]	SO ₂	556	553	478
Änderung gegenüber dem Referenzszenario			EM [t]	SO ₂	0	0	-13.159
öffentliche Kraftwerke_Stromerzeugung	OEKW13	Steinkohle	AR [TJ]		1.068.585	1.228.963	1.389.341
Zechen- und Grubenkraftwerke_Stromerzeugung	STKBKW13	Steinkohle	AR [TJ]		107.652	123.809	139.966
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_Stromerzeugung	UIKW13	Steinkohle	AR [TJ]		6.541	7.523	8.505
öffentliche Kraftwerke_Wärmeerzeugung	HEKW13	Steinkohle	AR [TJ]		76.624	68.293	58.509
Fernheizwerke_Wärmeerzeugung	FEHW13	Steinkohle	AR [TJ]		810	722	618
Zechen- und Grubenkraftwerke_Wärmeerzeugung	UESTKB13	Steinkohle	AR [TJ]		200	200	100
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_Wärmeerzeugung	INKW13	Steinkohle	AR [TJ]		7.027	7.546	8.066
öffentliche Kraftwerke_Stromerzeugung	OEKW13	Steinkohle	EF [kg/TJ]	SO ₂	66	66	37,5
Zechen- und Grubenkraftwerke_Stromerzeugung	STKBKW13	Steinkohle	EF [kg/TJ]	SO ₂	85,7	85,7	48,7
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_Stromerzeugung	UIKW13	Steinkohle	EF [kg/TJ]	SO ₂	150	150	85,3
öffentliche Kraftwerke_Wärmeerzeugung	HEKW13	Steinkohle	EF [kg/TJ]	SO ₂	66	66	37,5
Fernheizwerke_Wärmeerzeugung	FEHW13	Steinkohle	EF [kg/TJ]	SO ₂	261,5	261,5	148,7
Zechen- und Grubenkraftwerke_Wärmeerzeugung	UESTKB13	Steinkohle	EF [kg/TJ]	SO ₂	85,7	85,7	48,7
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_Wärmeerzeugung	INKW13	Steinkohle	EF [kg/TJ]	SO ₂	150,0	150,0	85,3
EF-Mittelwert (gewichteter Emissionsfaktor)		Steinkohle	EF [kg/TJ]		68,7	68,7	39,0
öffentliche Kraftwerke_Stromerzeugung	OEKW13	Steinkohle	EM [t]	SO ₂	70.527	81.112	70.093

Strukturelement	ZSE- Bezeichn.	Material	Werte- typ	Schad- stoff	2010	2015	2020
Zechen- und Gruben- kraftwerke_ Stromerzeugung	STKBKW13	Steinkohle	EM [t]	SO ₂	9.226	10.610	9.169
Kraftwerke des ver- arbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_ Stromerzeugung	UIKW13	Steinkohle	EM [t]	SO ₂	981	1.128	975
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEKW13	Steinkohle	EM [t]	SO ₂	5.057	4.507	2.952
Fernheizwerke_ Wärmeerzeugung	FEHW13	Steinkohle	EM [t]	SO ₂	212	189	124
Zechen- und Gruben- kraftwerke_ Wärmeerzeugung	UESTKB13	Steinkohle	EM [t]	SO ₂	17	17	7
Kraftwerke des ver- arbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_ Wärmeerzeugung	INKW13	Steinkohle	EM [t]	SO ₂	1.054	1.132	925
Änderung gegenüber dem Referenzszenario			EM [t]	SO ₂	0	0	-25.965

3.2.13 Vorschläge des UBA zur Verschärfung des SO₂-Emissionsgrenzwertes bei kohlegefeuerten Großfeuerungsanlagen 50-100 MW im Rahmen der geplanten Novellierung der IED-Richtlinie.

	G 012
Kurzbeschreibung Das Umweltbundesamt hat zu den in der novellierten IED-Richtlinie festgelegten SO₂-Grenzwerten zum Teil andere Grenzwertvorschläge gemacht [UBA- Vorschlag, 2009]. Für neue Großfeuerungsanlagen (GFA) ohne Abfallmitverbrennung, die ab 2016 in Betrieb gehen oder genehmigt werden, sogenannte Neuanlagen, hat das UBA folgende Emissionsgrenzwerte vorgeschlagen: • für Neuanlagen 50-100 MW: 200 mg/Nm³; für Wirbelschichtfeuerungen: 350 mg/Nm³ Für Anlagen, die bis 2016 in Betrieb gehen oder genehmigt werden, sogenannte Altanlagen, wurden folgende SO₂-Grenzwerte vorgeschlagen: • für Altanlagen 50-100 MW: 650 mg/Nm³; für Wirbelschichtfeuerungen: 350 mg/Nm³ Eine Recherche zu den in Deutschland installierten Feuerungstechniken hat ergeben, dass ca. 25 % der Anlagen der Leistungsklasse bis 100 MW Wirbelschichtfeuerungen einsetzen. Für Altanlagen wurde ein mittlerer Emissionsgrenzwert von 575 mg/Nm³ angenommen. In Zukunft wird die Anzahl der Wirbelschichtfeuerungen ansteigen. Für Neuanlagen wurde ein mittlerer SO₂-Grenzwert von 250 mg/Nm³ angenommen. Die neuen SO₂-Grenzwerte gelten sowohl für Alt- als auch für Neuanlagen ab 01.01.2016. Minderungspotenzial Bei der Ermittlung der Minderungspotenziale wurden zunächst die neuen Grenzwerte (Tagesmittelwerte) in Jahresmittelwerte umgerechnet. Die abgeleiteten Umrechnungsfaktoren variieren je nach Brennstoff, Schadstoff und Anlagenalter (vgl. Tabelle 15-16). Zur Übertragung der Massenkonzentrationen von höchstzulässigen Tagesmittelwerten in die Jahresmittelwert für bestehende Anlagen wurden je nach Schadstoff die Verhältnisse Tagesmittelwerte/Jahresmittelwert aus den Betriebswerten einiger Kraftwerke herangezogen [E-ON 2007], [Emissionsdaten 2007]. Für SO₂ wurde für bestehende kohlebefeuerte Großfeuerungsanlagen > 100 MW FWL der Faktor von 0,8 angenommen. Für Neuanlagen > 100 MW FWL wurde der Umrechnungsfaktor von 0,9 angenommen (Expertenschätzung des Umweltbundesamtes, [UBA-GFA, 2010]). Es wurden für kohlegefeuerten Neuanlagen durchschnittliche SO₂-Jahresmittelwerte von 225 mg/Nm³ angenommen. Für steinkohlegefeuerten Altanlagen wurden durchschnittlichen SO₂-Jahresmittelwerte von 456 mg/Nm³ abgeschätzt. Im zweiten Schritt wurden die abgeschätzten Jahresmittelwerte mittels entsprechender Umrechnungsfaktoren aus [Rentz et al. 2002] in brennstoffspezifische Emissionsfaktoren [kg/TJ] umgerechnet. Der aktuellen Liste der geplanten Kraftwerksneubauten [BDEW, 2008] kann entnommen werden, dass ab 2016 keine Kohlekraftwerke bis 100 MW FWL in Betrieb genommen oder genehmigt werden. Bis 2020 kann somit eine Emissionsminderung nur bei Altanlagen der Anlagenklasse 50-100 MW FWL erwarten werden. Anhand der Auswertung der IER/UBA-Kraftwerksdatenbank [IER, 2008] konnte für die Anlagen der Größenklasse 50-100 MW eine Aktivitätsrate von ca. 8000 TJ abgeschätzt werden. Im Referenzszenario werden von kohlebefeuernden Großfeuerungsanlagen > 50 MW im Jahr 2020 etwa 212 kt SO₂ emittiert, aus Anlagen der Größenklasse 50-100 MW FWL etwa 1,8 kt und aus Anlagen der Größenklasse > 100 MW etwa 210,2 kt. Im Referenzszenario liegt der SO₂-Emissionsfaktor für steinkohlegefeuerten Neuanlagen bei 141 kg/TJ, für Altanlagen bei 227 kg/TJ. Für braunkohlebefeuerte GFA der Leistungsklasse 50-100 MW liegt der SO₂-Emissionsfaktor für Neuanlagen bei 157 kg/TJ und für Altanlagen bei 220 kg/TJ. Bei Einführung der vom UBA vorgeschlagenen neuen Grenzwerte kann ein SO₂-Minderungspotenzial von ca. 345 t bei Steinkohlefeuerungen erreicht werden. Bei Braunkohlekraftwerken der Leistungsklasse 50-100 MW unter Berücksichtigung der vom UBA vorgeschlagenen SO₂-Grenzwerte ist eine Minderung in Höhe von 62 t SO₂ zu erwarten. Insgesamt ergibt sich im Jahr 2020 für alle Kohlefeuerungen > 100 MW FWL eine Minderung von ca. 406 t SO₂ gegenüber dem Referenzszenario 2020. Im Minderungsszenario 2020 liegt der neue Emissionsfaktor für bestehende Steinkohlefeuerungen bei ca. 169 kg/TJ, für bestehende Braunkohlefeuerungen bei 189 kg/TJ. Die neuen SO₂-Grenzwerte können durch den Einsatz von nassen Entschwefelungsverfahren eingehalten werden.	
Ansatz siehe Maßnahmenbeschreibung	

Stand der Umsetzung Die IED befindet sich im Europäischen Gesetzgebungsprozess.
Umsetzungshorizont Umsetzung möglich bis: 2010 ☐ 2015 ☐ 2020 ☒
Kosten Die vom Umweltbundesamt vorgeschlagenen neuen SO ₂ -Grenzwerte können durch den Einsatz von Sprühabsorptionsverfahren eingehalten werden. Mit den unten aufgeführten Investitions- und Betriebskosten lassen sich Annuitätskosten für ein Kohlekraftwerk mit einer installierten Leistung von 45 MW el in Höhe von ca. 497.000 € errechnen. Die Annuitäten (A _t) der Maßnahme (Sprühabsorptionsverfahren) betragen 1,03 €/MWh bei angenommenen Investitionskosten (C ₀) von 0,99 €/MWh [DFIU, 2002], laufenden Kosten (OC) von 0,04 €/MWh [DFIU, 2002], einer Diskontrate von 3% und einer Lebensdauer (n) der Maßnahme von 15 Jahren [DFIU, 2002]. Daraus ergeben sich für 2020 Gesamtkosten von 2,28 Mio. € (1,03 €/MWh x 2,2*10 ⁶ MWh).
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz)

3.2.14 Vorschläge des UBA zur Verschärfung des SO₂-Emissionsgrenzwertes bei kohlegefeuerten Großfeuerungsanlagen > 100 MW im Rahmen der geplanten Novellierung der IED-Richtlinie.

	G 013
Kurzbeschreibung Das Umweltbundesamt hat zu den in der novellierten IED-Richtlinie festgelegten SO₂-Grenzwerten zum Teil andere Grenzwertvorschläge gemacht [UBA- Vorschlag, 2009]. Für neue Großfeuerungsanlagen (GFA) ohne Abfallmitverbrennung, die ab 2016 in Betrieb gehen oder genehmigt werden, sogenannte Neuanlagen, hat das UBA folgende Emissionsgrenzwerte (Tagesmittelwerte) vorgeschlagen: • für Neuanlagen ab 100 MW: 100 mg/Nm³ Für Anlagen, die bis 2016 in Betrieb gehen oder genehmigt werden, sogenannte Altanlagen, wurden folgende SO₂-Grenzwerte vorgeschlagen: • für Altanlagen ab 100 MW: 200 mg/Nm³ Die neuen SO₂-Grenzwerte gelten sowohl für Alt- als auch für Neuanlagen ab dem 01.01.2016. Minderungspotenzial Bei der Ermittlung der Minderungspotenziale wurden zunächst die neuen Grenzwerte (Tagesmittelwerte) in Jahresmittelwerte umgerechnet. Die abgeleiteten Umrechnungsfaktoren variieren je nach Brennstoff, Schadstoff und Anlagenalter (vgl. Tabelle 15 und Tabelle 16). Zur Übertragung der Massenkonzentrationen von höchstzulässigen Tagesmittelwerten in Jahresmittelwerte für bestehende Anlagen wurden je nach Schadstoff die Verhältnisse: Tagesmittelwerte/Jahresmittelwert aus den Betriebswerten einiger Kraftwerke herangezogen [E-ON 2007], [Emissionsdaten 2007]. Für SO₂ wurde für bestehende kohlebefeuerte Großfeuerungsanlagen > 100MW FWL der Faktor von 0,7 angenommen. Für Neuanlagen > 100 MW FWL wurde der Umrechnungsfaktor von 0,9 eingesetzt (Expertenschätzung des Umweltbundesamtes, [UBA-GFA, 2010]). Somit wurden für kohlegefeuerten Neuanlagen durchschnittliche SO₂-Jahresmittelwerte von 90 mg/Nm³ eingesetzt. Für kohlegefeuerten Altanlagen wurden durchschnittliche SO₂-Jahresmittelwerte von 140 mg/Nm³ abgeschätzt. In einem weiteren Schritt wurden die abgeschätzten Jahresmittelwerte mittels entsprechender Umrechnungsfaktoren aus [Rentz et al. 2002] in brennstoffspezifische Emissionsfaktoren [kg/TJ] umgerechnet. Der aktuellen Liste der geplanten Kraftwerksneubauten [BDEW, 2008] kann entnommen werden, dass ab 2016 nur ein Steinkohlekraftwerk mit 800 MW el. (brutto) in Betrieb genommen wird. Anhand der Auswertung der IER/UBA-Kraftwerksdatenbank [IER, 2008] konnte für die Anlagen der Größenklasse > 100 MW eine Aktivitätsrate von über 3 Mio. TJ abgeschätzt werden. Diese Aktivitätsrate beträgt ca. 99% der Gesamtaktivitätsrate aller Kohlefeuerungen > 50 MW. Im Referenzszenario werden von kohlebefeuernden Großfeuerungsanlagen > 50 MW im Jahr 2020 etwa 220 kt SO₂ emittiert, aus Anlagen der Größenklasse 50-100 MW FWL etwa 1,1 kt und aus Anlagen der Größenklasse > 100 MW etwa 218,9 kt. Im Referenzszenario liegt der SO₂-Emissionsfaktor für steinkohlegefeuerten Neuanlagen bei 55,2 kg/TJ, für Altanlagen bei 68,6 kg/TJ. Für braunkohlebefeuerte GFA der Leistungsstufe > 100 MW liegt der SO₂-Emissionsfaktor für Neuanlagen bei 61,7 kg/TJ, für Altanlagen bei 66,5 kg/TJ. Bei Einführung der vom UBA vorgeschlagenen neuen Grenzwerte kann ein SO₂-Minderungspotenzial von ca. 27,5 kt bei Steinkohlefeuerungen erreicht werden. Bei Braunkohlekraftwerken > 100 MW unter Berücksichtigung der vom UBA vorgeschlagenen SO₂-Grenzwerte ist eine Minderung in Höhe von 13,7 kt SO₂ zu erwarten. Insgesamt ergibt sich im Jahr 2020 für alle Kohlefeuerungen > 100 MW FWL eine Minderung von ca. 41,2 kt SO₂ gegenüber dem Referenzszenario 2020. Im Minderungsszenario 2020 liegt der neue Emissionsfaktor für bestehende Steinkohlefeuerungen bei ca. 51,5 kg/TJ, für bestehende Braunkohlefeuerungen bei 57,6 kg/TJ. Im Minderungsszenario 2020 ergibt sich für ab 2016 in Betrieb genommene Steinkohlefeuerung ein mittlerer Emissionsfaktor von ca. 33,1 kg/TJ, für neue Braunkohlefeuerungen ca. 37 kg/TJ. Die vom UBA vorgeschlagenen SO₂-Grenzwerte sind durch die Optimierung von nassen Entschwefelungsverfahren technisch erreichbar.	
Ansatz Siehe Maßnahmenbeschreibung	
Stand der Umsetzung Die IED befindet sich im Europäischen Gesetzgebungsprozess.	

Umsetzungshorizont	
Umsetzung möglich bis:	2010 ☐ 2015 ☐ 2020 ☒
Kosten	
Die vom Umweltbundesamt vorgeschlagenen neuen SO₂-Grenzwerte können durch den Einsatz von Kalksteinwaschverfahren eingehalten werden. Mit den unten aufgeführten Investitions- und Betriebskosten lassen sich Annuitätskosten für ein Kohlekraftwerk mit einer installierten Leistung von 350 MW el in Höhe von ca. 2,7 Mio. € errechnen. Der Anteil der Großfeuerungsanlagen > 100 MW FWL mit Kalksteinwaschverfahren liegt bei über 95% an der installierten Gesamtkapazität in Deutschland [DFIU, 2002]. Die Annuitäten (A_i) der Maßnahme (Kalksteinwaschverfahren) betragen 0,69 €/MWh bei angenommenen Investitionskosten (C₀) von 0,66 €/MWh [DFIU, 2002], laufenden Kosten (OC) von 0,03 €/MWh [DFIU, 2002], einer Diskontrate von 3% und einer Lebensdauer (n) der Maßnahme von 15 Jahren [DFIU, 2002]. Daraus ergeben sich für 2020 Gesamtkosten von 18,2 Mio. € (0,69 €/MWh x 26,4*10⁶ MWh). Die ermittelten Gesamtkosten beziehen sich auf die Anlagen ohne Kalksteinwaschverfahren.	
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz)	
Die Optimierung eines Sprühwäschers mindert zusätzlich NH ₃ - und Staubemissionen, erhöht aber auch den Eigenenergieverbrauch.	

Tabelle 30 stellt die aus den Maßnahmen G 012 und G 013 resultierenden Aktivitäten, Emissionsfaktoren und Emissionen für SO₂ dar sowie die Änderungen gegenüber dem Referenzszenario für die spezifischen Strukturelemente.

Tabelle 30: Aktivitätsraten, Emissionsfaktoren und Emissionen für die kohlebefeuerte Großfeuerungsanlagen infolge der UBA-Vorschläge zur Novellierung der IED-Richtlinie (Maßnahme G 012-G 013)

Strukturelement	ZSE-Bezeichnung	Material	Wertetyp	Schadstoff	2010	2015	2020
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEKW13	Braunkohlenbriketts	AR [TJ]		540	559	577
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEKW13	Staub-/Trockenkohle	AR [TJ]		8.327	8.612	8.896
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Helmstedt	AR [TJ]		22.520	23.290	24.060
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Rheinland	AR [TJ]		734.431	759.539	784.648
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Lausitz	AR [TJ]		435.785	450.684	465.583
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Mitteldeutschl.	AR [TJ]		171.808	177.682	183.556
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_ Stromerzeugung	UIKW13	Rohbraunkohle	AR [TJ]		12.778	13.215	13.652
Zechen- und Grubenkraftwerke_ Stromerzeugung	GRKW13	Rohbraunkohle Rheinland	AR [TJ]		14.343	14.834	15.324
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_ Stromerzeugung	UIKW13	Staub-/Trockenkohle	AR [TJ]		581	600	620
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEKW13	Braunkohlenkoks	AR [TJ]		4.603	4.444	3.699
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEKW13	Braunkohlenbriketts	AR [TJ]		467	451	375
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEBKW13	Rohbraunkohle Rheinland	AR [TJ]		1.842	1.778	1.480

Strukturelement	ZSE-Bezeichnung	Material	Wertetyp	Schadstoff	2010	2015	2020
öffentliche Kraftwerke_ Wärmerezeugung	HEBKW13	Rohbraunkohle Lausitz	AR [TJ]		13036,00	12.586	10.477
öffentliche Kraftwerke_ Wärmerezeugung	HEBKW13	Rohbraunkohle Mitteldeutschl.	AR [TJ]		16.581	16.010	13.327
Zechen- und Grubenkraftwerke_ Wärmerezeugung	UEGK13	Rohbraunkohle Rheinland	AR [TJ]		4.079	3.542	3.113
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_ Wärmerezeugung	INKW13	Rohbraunkohle	AR [TJ]		2.598	2.583	2.567
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEKW13	Braunkohlenbriketts	EF [kg/TJ]	SO ₂	113	113	71,1
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEKW13	Staub-/Trockenkohle	EF [kg/TJ]	SO ₂	113	113	71,1
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Helmstedt	EF [kg/TJ]	SO ₂	167	167	105,0
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Rheinland	EF [kg/TJ]	SO ₂	24	24	15,1
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Lausitz	EF [kg/TJ]	SO ₂	107,8	107,8	67,8
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Mitteldeutschl.	EF [kg/TJ]	SO ₂	107,8	107,8	67,8
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_ Stromerzeugung	UIKW13	Rohbraunkohle	EF [kg/TJ]	SO ₂	214	214	134,6
Zechen- und Grubenkraftwerke_ Stromerzeugung	GRKW13	Rohbraunkohle Rheinland	EF [kg/TJ]	SO ₂	64	64	40,3
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_ Stromerzeugung	UIKW13	Staub-/Trockenkohle	EF [kg/TJ]	SO ₂	380	380	239,0
öffentliche Kraftwerke_ Wärmerezeugung	HEKW13	Braunkohlenkoks	EF [kg/TJ]	SO ₂	69,7	69,7	43,8
öffentliche Kraftwerke_ Wärmerezeugung	HEKW13	Braunkohlenbriketts	EF [kg/TJ]	SO ₂	69,7	69,7	43,8
öffentliche Kraftwerke_ Wärmerezeugung	HEBKW13	Rohbraunkohle Rheinland	EF [kg/TJ]	SO ₂	24	24	15,1
öffentliche Kraftwerke_ Wärmerezeugung	HEBKW13	Rohbraunkohle Lausitz	EF [kg/TJ]	SO ₂	107,8	107,8	67,8
öffentliche Kraftwerke_ Wärmerezeugung	HEBKW13	Rohbraunkohle Mitteldeutschl.	EF [kg/TJ]	SO ₂	107,8	107,8	67,8
Zechen- und Grubenkraftwerke_ Wärmerezeugung	UEGK13	Rohbraunkohle Rheinland	EF [kg/TJ]	SO ₂	117,2	117,2	73,7
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_ Wärmerezeugung	INKW13	Rohbraunkohle	EF [kg/TJ]	SO ₂	214	214	134,6
EF-Mittelwert (mit Aktivitätsrate gewichteter Emissionsfaktor)		Braunkohle	EF [kg/TJ]	SO ₂	66,7	66,6	41,8
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEKW13	Braunkohlenbriketts	EM [t]	SO ₂	61	63	56
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEKW13	Staub-/Trockenkohle	EM [t]	SO ₂	941	973	870
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Helmstedt	EM [t]	SO ₂	3.761	3.889	3.476
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Rheinland	EM [t]	SO ₂	17.626	18.229	16.291

Strukturelement	ZSE-Bezeichnung	Material	Wertetyp	Schadstoff	2010	2015	2020
öffentliche Kraftwerke_Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Lausitz	EM [t]	SO ₂	46.978	48.584	43.419
öffentliche Kraftwerke_Stromerzeugung	OEBKW13	Rohbraunkohle Mitteldeutschl.	EM [t]	SO ₂	18.521	19.154	17.118
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_Stromerzeugung	UIKW13	Rohbraunkohle	EM [t]	SO ₂	2.734	2.828	2.527
Zechen- und Grubenkraftwerke_Stromerzeugung	GRKW13	Rohbraunkohle Rheinland	EM [t]	SO ₂	918	949	848
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_Stromerzeugung	UIKW13	Staub-/Trockenkohle	EM [t]	SO ₂	221	228	204
öffentliche Kraftwerke_Wärmeerzeugung	HEKW13	Braunkohlenkoks	EM [t]	SO ₂	321	310	223
öffentliche Kraftwerke_Wärmeerzeugung	HEKW13	Braunkohlenbriketts	EM [t]	SO ₂	33	31	23
öffentliche Kraftwerke_Wärmeerzeugung	HEBKW13	Rohbraunkohle Rheinland	EM [t]	SO ₂	44	43	31
öffentliche Kraftwerke_Wärmeerzeugung	HEBKW13	Rohbraunkohle Lausitz	EM [t]	SO ₂	1.405	1.357	977
öffentliche Kraftwerke_Wärmeerzeugung	HEBKW13	Rohbraunkohle Mitteldeutschl.	EM [t]	SO ₂	1.787	1.726	1.243
Zechen- und Grubenkraftwerke_Wärmeerzeugung	UEGK13	Rohbraunkohle Rheinland	EM [t]	SO ₂	478	415	316
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_Wärmeerzeugung	INKW13	Rohbraunkohle	EM [t]	SO ₂	556	553	475
Änderung gegenüber dem Referenzszenario					0	0	-13.737
öffentliche Kraftwerke_Stromerzeugung	OEKW13	Steinkohle	AR [TJ]		1.068.585	1.228.963	1.389.341
Zechen- und Grubenkraftwerke_Stromerzeugung	STKBKW13	Steinkohle	AR [TJ]		107.652	123.809	139.966
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_Stromerzeugung	UIKW13	Steinkohle	AR [TJ]		6.541	7.523	8.505
öffentliche Kraftwerke_Wärmeerzeugung	HEKW13	Steinkohle	AR [TJ]		76.624	68.293	58.509
Fernheizwerke_Wärmeerzeugung	FEHW13	Steinkohle	AR [TJ]		810	722	618
Zechen- und Grubenkraftwerke_Wärmeerzeugung	UESTKB13	Steinkohle	AR [TJ]		200	200	100
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_Wärmeerzeugung	INKW13	Steinkohle	AR [TJ]		7.027	7.546	8.066
öffentliche Kraftwerke_Stromerzeugung	OEKW13	Steinkohle	EF [kg/TJ]	SO ₂	66	66	36,7
Zechen- und Grubenkraftwerke_Stromerzeugung	STKBKW13	Steinkohle	EF [kg/TJ]	SO ₂	85,7	85,7	47,7
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_Stromerzeugung	UIKW13	Steinkohle	EF [kg/TJ]	SO ₂	150	150	83,5

Strukturelement	ZSE-Bezeichnung	Material	Wertetyp	Schadstoff	2010	2015	2020
öffentliche Kraftwerke_Wärmeerzeugung	HEKW13	Steinkohle	EF [kg/TJ]	SO ₂	66	66	36,7
Fernheizwerke_Wärmeerzeugung	FEHW13	Steinkohle	EF [kg/TJ]	SO ₂	261,5	261,5	145,5
Zechen- und Grubenkraftwerke_Wärmeerzeugung	UESTKB13	Steinkohle	EF [kg/TJ]	SO ₂	85,7	85,7	47,7
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_Wärmeerzeugung	INKW13	Steinkohle	EF [kg/TJ]	SO ₂	150,0	150,0	83,5
EF-Mittelwert (mit Aktivitätsrate gewichteter Emissionsfaktor)		Steinkohle	EF [kg/TJ]	SO ₂	68,7	68,7	38,2
öffentliche Kraftwerke_Stromerzeugung	OEKW13	Steinkohle	EM [t]	SO ₂	70.527	81.112	68.497
Zechen- und Grubenkraftwerke_Stromerzeugung	STKBKW13	Steinkohle	EM [t]	SO ₂	9.226	10.610	8.960
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_Stromerzeugung	UIKW13	Steinkohle	EM [t]	SO ₂	981	1.128	953
öffentliche Kraftwerke_Wärmeerzeugung	HEKW13	Steinkohle	EM [t]	SO ₂	5.057	4.507	2.885
Fernheizwerke_Wärmeerzeugung	FEHW13	Steinkohle	EM [t]	SO ₂	212	189	121
Zechen- und Grubenkraftwerke_Wärmeerzeugung	UESTKB13	Steinkohle	EM [t]	SO ₂	17	17	6
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_Wärmeerzeugung	INKW13	Steinkohle	EM [t]	SO ₂	1.054	1.132	904
Änderung gegenüber dem Referenzszenario			EM [t]	SO ₂	0	0	-27.883

3.2.15 Verschärfung des NO_x-Emissionsgrenzwertes für Erdgaskesselfeuerungen > 50 MW im Rahmen der geplanten Novellierung der IED-Richtlinie

	G 014
Kurzbeschreibung Die Europäische Kommission hat am 21.12.2007 einen Vorschlag zur Neufassung der IED-Richtlinie vorgelegt [KOM 844, 2009]. Die neuen Grenzwerte für Feuerungsanlagen als Tagesmittelwerte sollen ab dem 01.01.2016 gelten. In der novellierten IED-Richtlinie werden sowohl für neue als auch für bestehende Erdgaskesselfeuerungen > 50 MW ein NO _x -Grenzwert von 100 mg/Nm ³ (als Tagesmittelwert) festgelegt. Es wurde angenommen, dass dieser Tagesmittelwert von 100 mg/m ³ in der Praxis im Jahresmittel ca. 80 mg/m ³ beträgt.	
Minderungspotenzial Im Referenzszenario [Jörß et al., 2010] werden von Erdgaskesselfeuerungen > 50 MW im Jahr 2020 etwa 8,4 kt NO _x emittiert. Der mittlere Emissionsfaktor liegt im Referenzszenario bei 35,7 kg/TJ. Die Aktivitätsrate (Brennstoffeinsatz) der Erdgaskesselfeuerungen beträgt im Jahre 2020 etwa 234.277 TJ [UBA, 2007]. Durch die Einführung neuer NO _x -Grenzwerte der IED-Richtlinie ab 2016 ergibt sich im Jahr 2020 ein Minderungspotenzial von etwa 2,5 kt gegenüber dem Referenzszenario 2020. Im Minderungsszenario liegt der neue NO _x -Emissionsfaktor bei 25,2 kg/TJ. Der von der Kommission vorgeschlagene Emissionsgrenzwert von 100 mg/Nm ³ im Tagesmittel kann durch primäre Maßnahmen erreicht werden.	
Ansatz Siehe Maßnahmenbeschreibung	
Stand der Umsetzung Die IED befindet sich im Europäischen Gesetzgebungsprozess.	
Umsetzungshorizont Umsetzung möglich bis: 2010 ☐ 2015 ☐ 2020 ☒	
Kosten Die Kosten der Primärmaßnahmen hängen von den technischen Rahmenbedingungen und energiewirtschaftlichen Kennzahlen der Einzelanlagen ab und können nur grob abgeschätzt werden. Die Annuitäten (A _t) der Maßnahme (Primärmaßnahmen) betragen 0,325 €/MWh bei angenommenen Investitionskosten (C ₀) von 0,32 €/MWh [Reis, 2005] laufenden Kosten (OC) von 0,005 €/MWh [Reis, 2005], einer Diskontrate von 3% und einer Lebensdauer (n) der Maßnahme von 15 Jahren [Reis, 2005]. Daraus ergeben sich für 2020 Gesamtkosten von 21,7 Mio. € (0,325 €/MWh x 66,5*10 ⁶ MWh).	
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz)	

Tabelle 31 stellt die aus der Maßnahme G 014 resultierenden Aktivitäten, Emissionsfaktoren und Emissionen für NO_x dar sowie die Änderungen gegenüber dem Referenzszenario für die spezifischen Strukturelemente.

Tabelle 31: Aktivitätsraten, Emissionsfaktoren und Emissionen für Erdgaskesselfeuerungen infolge der Maßnahme G 014

Strukturelement	ZSE-Bezeichnung	Material	Wertetyp	Schadstoff	2010	2015	2020
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEKW13	Erdgas	AR [TJ]		61.043	45.629	30.317
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_ Stromerzeugung	UIKW13	Erdgas	AR [TJ]		12.442	12.400	12.358
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEKW13	Erdgas	AR [TJ]		40.390	34.734	28.726
Fernheizwerke_ Wärmeerzeugung	FEHW13	Erdgas	AR [TJ]		15.985	16.496	17.053
Übriger Umwandlungsbereich_ Wärmeerzeugung	UEPFRG	Erdgas	AR [TJ]		6.116	5.427	4.788
verarbeitendes Gewerbe und übriger Bergbau_ Wärmeerzeugung	INDU13	Erdgas	AR [TJ]		66.560	68.153	69.834
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_ Wärmeerzeugung	INKW13	Erdgas	AR [TJ]		72.427	74.161	75.990
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEKW13	Erdgas	EF [kg/TJ]	NO _x	23,5	23,5	14,8
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_ Stromerzeugung	UIKW13	Erdgas	EF [kg/TJ]	NO _x	37,7	37,7	23,7
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEKW13	Erdgas	EF [kg/TJ]	NO _x	23,5	23,5	14,8
Fernheizwerke_ Wärmeerzeugung	FEHW13	Erdgas	EF [kg/TJ]	NO _x	42	42	26,4
Übriger Umwandlungsbereich_ Wärmeerzeugung	UEPFRG	Erdgas	EF [kg/TJ]	NO _x	37,7	37,7	23,7
verarbeitendes Gewerbe und übriger Bergbau_ Wärmeerzeugung	INDU13	Erdgas	EF [kg/TJ]	NO _x	41,9	41,9	26,4
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_ Wärmeerzeugung	INKW13	Erdgas	EF [kg/TJ]	NO _x	37,7	37,7	23,7
EF-Mittelwert (mit Aktivitätsrate gewichteter Emissionsfaktor)		Erdgas	EF [kg/TJ]	NO _x	33,7	34,6	22,5
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEKW13	Erdgas	EM [t]	NO _x	1.072	712	504
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_ Stromerzeugung	UIKW13	Erdgas	EM [t]	NO _x	467	466	330
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEKW13	Erdgas	EM [t]	NO _x	816	675	478
Fernheizwerke_ Wärmeerzeugung	FEHW13	Erdgas	EM [t]	NO _x	693	716	507
Übriger Umwandlungsbereich_ Wärmeerzeugung	UEPFRG	Erdgas	EM [t]	NO _x	205	181	128
verarbeitendes Gewerbe & übriger Bergbau_ Wärmeerzeugung	INDU13	Erdgas	EM [t]	NO _x	2.856	2.926	2.070
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_ Wärmeerzeugung	INKW13	Erdgas	EM [t]	NO _x	2.796	2.865	2.027
Änderung gegenüber dem Referenzszenario			EM [t]	NO _x	0	0	-2.499

3.2.16 Absenkung des NO_x-Emissionsgrenzwertes auf 20 mg/Nm³ im Jahresmittel für Erdgaskesselfeuerungen > 50 MW

		G 015
Kurzbeschreibung Absenkung des NO _x -Emissionsgrenzwertes auf 20 mg/Nm ³ im Jahresmittel für neue und bestehende Erdgaskesselfeuerungen > 50 MW. Mit einer Ausrüstung der Anlagen mit SCR-Systemen wäre es möglich, den Emissionsgrenzwert auf 20 mg/Nm ³ abzusenken. Die verschärften Grenzwerte sollen ab 2016 gelten. Die in der Maßnahme G 015 beschriebenen NO _x -Minderungsmöglichkeiten werden nicht voll ausgeschöpft. In diesem Maßnahmenblatt wurde ein über die IED- und UBA-Vorschläge hinausgehendes Minderungspotenzial berechnet.		
Minderungspotenzial Im Referenzszenario [UBA, 2007] werden von Erdgaskesselfeuerungen > 50 MW im Jahr 2020 etwa 8,4 kt NO _x emittiert. Der mittlere Emissionsfaktor liegt bei 35,7 kg/TJ. Die Aktivitätsrate (Brennstoffeinsatz) der Erdgaskesselfeuerungen beträgt im Jahre 2020 etwa 234.277 TJ [UBA, 2007]. Die durchschnittlichen NO _x -Reingaskonzentrationen liegen im Jahresmittel bei 127 mg/Nm ³ . Mit SCR-Systemen können Reingaskonzentrationen unter 20 mg/Nm ³ erreicht werden, die spezifischen Emissionen liegen hierbei bei 6 kg/TJ. In Deutschland verfügt derzeit nur eine Anlage (HKW Niederrad, Kessel 2 in Frankfurt am Main) über die SCR-Technologie [Theloke et al., 2007]. Beim einem angenommenen Grenzwert von 20 mg/Nm ³ im Jahresmittel ergibt sich im Jahr 2020 ein Minderungspotenzial von ca. 7,2 kt NO _x , dies entspricht einer Minderung von 84% bezogen auf Referenzszenario 2020. Damit liegt der geminderte Emissionsfaktor bei 6 kg/TJ.		
Ansatz Die Maßnahme soll darauf abzielen, dass die Emissionen im Jahresmittel auf < 20 mg/Nm ³ reduziert werden.		
Stand der Umsetzung Noch nicht begonnen		
Umsetzungshorizont Umsetzung möglich bis: 2010 ☐ 2015 ☐ 2020 ☒		
Kosten Die in diesem Maßnahmenblatt vorgeschlagenen NO _x -Grenzwerte (< 20 mg/m ³) können durch Einsatz von SCR-Technik eingehalten werden. In Deutschland verfügt derzeit nur eine Anlage (HKW Niederrad, Kessel 2 in Frankfurt am Main) über eine SCR-Anlage [Theloke et al., 2007]. Die Annuitäten (A _t) der Maßnahme (Einsatz von SCR-Technologie) betragen 1,45 €/MWh bei angenommenen Investitionskosten (C ₀) von 0,33 €/MWh [Theloke et al., 2007] laufenden Kosten (OC) von 1,21 €/MWh [Theloke et al., 2007], einer Diskontrate von 3% und einer Lebensdauer (n) der Maßnahme von 15 Jahren [Theloke et al., 2007]. Daraus ergeben sich für 2020 Gesamtkosten von 97 Mio. € (1,45 €/MWh x 66,5*10 ⁶ MWh).		
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz) Die zusätzliche SCR-Implementierung kann zu geringfügig höheren Ammoniakemissionen führen, i.d.R. < 5 ppm (< 4 mg/Nm ³ ; bezogen auf 6% O ₂). Der SCR-Betrieb führt zu einem höheren Eigenenergieverbrauch infolge der Ammoniakbereitstellung [Theloke et al., 2007].		

Tabelle 32 stellt die aus der Maßnahme G 015 resultierenden Aktivitäten, Emissionsfaktoren und Emissionen für NO_x dar sowie die Änderungen gegenüber dem Referenzszenario für die spezifischen Strukturelemente.

Tabelle 32: Aktivitätsraten, Emissionsfaktoren und Emissionen für Erdgaskesselfeuerungen infolge der Maßnahme G 015

Strukturelement	ZSE-Bezeichnung	Material	Wertetyp	Schadstoff	2010	2015	2020
öffentliche Kraftwerke_Stromerzeugung	OEKW13	Erdgas	AR [TJ]		61.043	45.629	30.317
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_Stromerzeugung	UIKW13	Erdgas	AR [TJ]		12.442	12.400	12.358
öffentliche Kraftwerke_Wärmeerzeugung	HEKW13	Erdgas	AR [TJ]		40.390	34.734	28.726
Fernheizwerke_Wärmeerzeugung	FEHW13	Erdgas	AR [TJ]		15.985	16.496	17.053
Übriger Umwandlungsbereich_Wärmeerzeugung	UEPFRG	Erdgas	AR [TJ]		6.116	5.427	4.788
verarbeitendes Gewerbe und übriger Bergbau_Wärmeerzeugung	INDU13	Erdgas	AR [TJ]		66.560	68.153	69.834
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_Wärmeerzeugung	INKW13	Erdgas	AR [TJ]		72.427	74.161	75.990
öffentliche Kraftwerke_Stromerzeugung	OEKW13	Erdgas	EF [kg/TJ]	NO _x	23,5	23,5	3,685
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_Stromerzeugung	UIKW13	Erdgas	EF [kg/TJ]	NO _x	37,7	37,7	5,912
öffentliche Kraftwerke_Wärmeerzeugung	HEKW13	Erdgas	EF [kg/TJ]	NO _x	23,5	23,5	3,685
Fernheizwerke_Wärmeerzeugung	FEHW13	Erdgas	EF [kg/TJ]	NO _x	42	42	6,586
Übriger Umwandlungsbereich_Wärmeerzeugung	UEPFRG	Erdgas	EF [kg/TJ]	NO _x	37,7	37,7	5,912
verarbeitendes Gewerbe und übriger Bergbau_Wärmeerzeugung	INDU13	Erdgas	EF [kg/TJ]	NO _x	41,9	41,9	6,570
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_Wärmeerzeugung	INKW13	Erdgas	EF [kg/TJ]	NO _x	37,7	37,7	5,912
EF-Mittelwert (mit Aktivitätsrate gewichteter Emissionsfaktor)		Erdgas	EF [kg/TJ]	NO _x	33,7	34,6	5,6
öffentliche Kraftwerke_Stromerzeugung	OEKW13	Erdgas	EM [t]	NO _x	1.072	712	112
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_Stromerzeugung	UIKW13	Erdgas	EM [t]	NO _x	467	466	73
öffentliche Kraftwerke_Wärmeerzeugung	HEKW13	Erdgas	EM [t]	NO _x	816	675	106
Fernheizwerke_Wärmeerzeugung	FEHW13	Erdgas	EM [t]	NO _x	693	716	112
Übriger Umwandlungsbereich_Wärmeerzeugung	UEPFRG	Erdgas	EM [t]	NO _x	205	181	28
verarbeitendes Gewerbe und übriger Bergbau_Wärmeerzeugung	INDU13	Erdgas	EM [t]	NO _x	2.856	2.926	459
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_Wärmeerzeugung	INKW13	Erdgas	EM [t]	NO _x	2.796	2.865	449
Änderung gegenüber dem Referenzszenario		Erdgas	EM [t]	NO _x	0	0	-7.202

3.2.17 Verschärfung des NO_x-Emissionsgrenzwertes für erdgasgefeuerte Gasturbinen > 50 MW im Rahmen der geplanten Novellierung der IED-Richtlinie

	G 016
Kurzbeschreibung Die Europäische Kommission hat am 21.12.2007 einen Vorschlag zur Neufassung der IED-Richtlinie vorgelegt [KOM 844, 2009]. Die neuen Grenzwerte als Tagesmittelwerte sollen ab dem 01.01.2016 gelten. Für Gasturbinen, die ab 2016 in Betrieb genommen werden, sogenannte Neuanlagen, gelten folgende NO_x-Grenzwerte: - für neue Gasturbinen: 50 mg/Nm³, sofern der thermische Wirkungsgrad (η) höher als 0,35 ist, erfolgt eine Korrektur des 50 mg/m³-Wertes auf $50 \cdot \eta / 35 \text{ mg/m}^3$ Für Gasturbinen, die vor 2016 in Betrieb genommen wurden, sogenannte Altanlagen, gelten folgende NO_x-Grenzwerte: - für bestehende Gasturbinen: 75 mg/Nm³ für Arbeitsmaschinen, für GuD-Anlagen mit $\eta > 55\%$ und für KWK-Anlagen $> 75\%$; für sonstige Gasturbinen gilt ein Grenzwert von 50 mg/Nm³; 150 mg/Nm³ gelten für GT-Anlagen, die vor 2002/3 in Betrieb gingen und die im Mittel an mehr als 1500 h/a betrieben werden. Konkrete Angaben zu den Wirkungsgraden einzelner Gasturbinen liegen nicht vor. Nach einer Literaturrecherche zu in Deutschland installierter Feuerungstechnik [IER/UBA-Kraftwerksdatenbank 2007]; DFIU 2002], wurde für Neu- und Altanlagen ein von der Kommission vorgeschlagener Grenzwert von 50 mg/Nm³ (als Tagesmittelwert) angenommen. Es wurde angenommen, dass sich bei einem vorgeschriebenen höchstzulässigen Tagesmittelwert von 50 mg/m³ im Betrieb ein Jahresmittelwert von ca. 40 mg/m³ einstellen wird. Minderungspotenzial Im Referenzszenario werden von erdgasbefeuerten Gasturbinen > 50 MW im Jahr 2020 etwa 22,3 kt NO_x emittiert. Der mittlere Emissionsfaktor liegt bei 62,6 kg/TJ [UBA, 2007]. Die Aktivitätsrate (Brennstoffeinsatz) der Erdgas-Gasturbinen beträgt im Jahre 2020 etwa 355.510 TJ [UBA, 2007]. Durch die Einführung neuer NO_x-Grenzwerte ab 2016 ergibt sich im Jahr 2020 ein Minderungspotenzial von etwa 8,3 kt gegenüber dem Referenzszenario 2020, was einer Minderung von 37,5% bezogen auf die NO_x-Emissionen aus erdgasbefeuerten Gasturbinen > 50 MW entspricht. Der geminderte Emissionsfaktor liegt bei 39 kg/TJ. Die in der IED-Richtlinie festgelegten NO_x-Grenzwerte können durch primäre Maßnahmen eingehalten werden. Es konnte kein Minderungspotenzial in Bezug auf die Referenz „PAREST-Referenzszenario+Implementierung der 13. BImSchV“ (G REF_B) quantifiziert werden, da die Anzahl der für den Zeitraum 2013-2020 geplanten Gasturbinen nicht bekannt war.	
Ansatz Siehe Maßnahmenbeschreibung	
Stand der Umsetzung Die IED befindet sich im Europäischen Gesetzgebungsprozess.	
Umsetzungshorizont Umsetzung möglich bis: 2010 ☐ 2015 ☐ 2020 ☒	
Kosten Die Kosten der Primärmaßnahmen hängen von den technischen Rahmenbedingungen und energiewirtschaftlichen Kennzahlen der Einzelanlagen ab und können nur grob abgeschätzt werden. Die Annuitäten (A_t) der Maßnahme (Primärmaßnahmen) betragen 0,325 €/MWh bei angenommenen Investitionskosten (C_0) von 0,32 €/MWh [Reis, 2005] laufenden Kosten (OC) von 0,005 €/MWh [Reis, 2005], einer Diskontrate von 3% und einer Lebensdauer (n) der Maßnahme von 15 Jahren [Reis, 2005]. Daraus ergeben sich für 2020 Gesamtkosten von 32,3 Mio. € ($0,325 \text{ €/MWh} \times 99 \cdot 10^6 \text{ MWh}$).	
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz)	

Tabelle 33 stellt die aus der Maßnahme G 016 resultierenden Aktivitäten, Emissionsfaktoren und Emissionen für NO_x dar sowie die Änderungen gegenüber dem Referenzszenario für die spezifischen Strukturelemente.

Tabelle 33: Aktivitätsraten, Emissionsfaktoren und Emissionen für Erdgas-Gasturbinen infolge der Maßnahme G 016

Strukturelement	ZSE-Bezeichnung	Material	Werte-typ	Schadstoff	2010	2015	2020
Erdgasverdichterstationen_Antrieb	GVKOMP13	Erdgas	AR [TJ]		12.143	10.774	9.507
öffentliche Kraftwerke_Stromerzeugung	OEKWGUD13	Erdgas	AR [TJ]		151.081	164.263	177.352
öffentliche Kraftwerke_Stromerzeugung	OEKWGT13	Erdgas	AR [TJ]		38.915	38.784	38.654
Raffineriekraftwerke_Stromerzeugung	UIKRGT13	Erdgas	AR [TJ]		1.774	1.768	1.763
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_Stromerzeugung	UIKWGT13	Erdgas	AR [TJ]		41.471	41.332	41.193
öffentliche Kraftwerke_Wärmeerzeugung	HEKWGT13	Erdgas	AR [TJ]		20.195	20.841	21.544
öffentliche Kraftwerke_Wärmeerzeugung	HEKWGUD13	Erdgas	AR [TJ]		48.467	56.270	64.633
Raffineriekraftwerke_Wärmeerzeugung	UEKRGT13	Erdgas	AR [TJ]		1.106	981	866
Erdgasverdichterstationen_Antrieb	GVKOMP13	Erdgas	EF [kg/TJ]	NO _x	73,3	66,2	36,8
öffentliche Kraftwerke_Stromerzeugung	OEKWGUD13	Erdgas	EF [kg/TJ]	NO _x	65,55	62	34,4
öffentliche Kraftwerke_Stromerzeugung	OEKWGT13	Erdgas	EF [kg/TJ]	NO _x	65,55	62	34,4
Raffineriekraftwerke_Stromerzeugung	UIKRGT13	Erdgas	EF [kg/TJ]	NO _x	69,75	66,2	36,8
Kraftwerke des verarb. Gew. & übrigen Bergbaus_Stromerz.	UIKWGT13	Erdgas	EF [kg/TJ]	NO _x	69,75	66,2	36,8
öffentliche Kraftwerke_Wärmeerzeugung	HEKWGT13	Erdgas	EF [kg/TJ]	NO _x	65,55	62	34,4
öffentliche Kraftwerke_Wärmeerzeugung	HEKWGUD13	Erdgas	EF [kg/TJ]	NO _x	65,55	62	34,4
Raffineriekraftwerke_Wärmeerzeugung	UEKRGT13	Erdgas	EF [kg/TJ]	NO _x	69,75	66,2	36,8
EF-Mittelwert		Erdgas	EF [kg/TJ]	NO _x	66,4	62,7	34,8
Erdgasverdichterstationen_Antrieb	GVKOMP13	Erdgas	EM [t]	NO _x	890,09	713,25	393
öffentliche Kraftwerke_Stromerzeugung	OEKWGUD13	Erdgas	EM [t]	NO _x	9.903,37	10.184,29	6.875
öffentliche Kraftwerke_Stromerzeugung	OEKWGT13	Erdgas	EM [t]	NO _x	2.550,87	2.404,62	1.498
Raffineriekraftwerke_Stromerzeugung	UIKRGT13	Erdgas	EM [t]	NO _x	123,77	117,07	73
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_Stromerzeugung	UIKWGT13	Erdgas	EM [t]	NO _x	2.892,60	2.736,17	1.705
öffentliche Kraftwerke_Wärmeerzeugung	HEKWGT13	Erdgas	EM [t]	NO _x	1.323,77	1.292,12	835
öffentliche Kraftwerke_Wärmeerzeugung	HEKWGUD13	Erdgas	EM [t]	NO _x	3.177,04	3.488,72	2.506
Raffineriekraftwerke_Wärmeerzeugung	UEKRGT13	Erdgas	EM [t]	NO _x	77,11	64,94	36
Änderung gegenüber dem Referenzszenario		Erdgas	EM [t]	NO _x	0	0	-8.344

3.2.18 Vorschläge des UBA zur Verschärfung des NO_x-Emissionsgrenzwertes für erdgasgefeuerte Gasturbinen > 50 MW im Rahmen der geplanten Novellierung der IED-Richtlinie

	G 017
Kurzbeschreibung Das Umweltbundesamt hat für neue und bestehende erdgasbefeuerte Gasturbinen einen NO_x-Grenzwert von 20 mg/Nm³ im Tagesmittel vorgeschlagen. Es wurde angenommen, dass sich bei einem vorgeschriebenen höchstzulässigen Tagesmittelwert von 20 mg/m³ im Betrieb ein Jahresmittelwert von ca. 16 mg/m³ einstellen wird. Diese Grenzwerte sollen ab dem 01.01.2016 gelten [UBA-Vorschlag, 2009]. Als Jahresmittelwert wurde ein Grenzwert von ca. 16 mg/Nm³ angenommen. Minderungspotenzial Im Referenzszenario werden von erdgasbefeuerten Gasturbinen > 50 MW im Jahr 2020 etwa 22,3kt NO_x emittiert. Der mittlere Emissionsfaktor liegt bei 64 kg/TJ [UBA, 2007]. Die Aktivitätsrate (Brennstoffeinsatz) der Erdgas-Gasturbinen beträgt im Jahre 2020 etwa 355.510 TJ [UBA, 2007]. Durch die Einführung neuer NO_x-Grenzwerte ab 2016 ergibt sich bis im Jahr 2020 ein Minderungspotenzial von etwa 16,7 kt gegenüber dem Referenzszenario 2020, was einer Minderung von 75% bezogen auf die NO_x-Emissionen aus erdgasbefeuerten Gasturbinen > 50 MW entspricht. Der geminderte Emissionsfaktor liegt bei 15,7 kg/TJ. Der vom UBA vorgeschlagene Emissionsgrenzwert von 20 mg/Nm³ im Tagesmittel kann durch den Einsatz von SCR-Verfahren erreicht werden. Es konnte kein Minderungspotenzial in Bezug auf die Referenz „PAREST-Referenzszenario+ Implementierung der 13. BImSchV“ (G REF_B) quantifiziert werden, da die Anzahl der für den Zeitraum 2013-2020 geplanten Gasturbinen nicht bekannt war.	
Ansatz siehe Maßnahmenbeschreibung	
Stand der Umsetzung	
Umsetzungshorizont Umsetzung möglich bis: 2010 ☐ 2015 ☐ 2020 ☒	
Kosten Die vom Umweltbundesamt vorgeschlagenen NO_x-Grenzwerte (< 20 mg/m³) können durch Einsatz von SCR-Technik eingehalten werden. Die Erdgas-Gasturbinen sind bisher nicht mit SCR-Systemen ausgerüstet. Die Annuitäten (A_t) der Maßnahme (Einsatz der SCR-Technologie) betragen 1,45 €/MWh bei angenommenen Investitionskosten (C₀) von 0,33 €/MWh [Theloke et al., 2007] laufenden Kosten (OC) von 1,1 €/MWh [Theloke et al., 2007], einer Diskontrate von 3% und einer Lebensdauer (n) der Maßnahme von 15 Jahren [Theloke et al., 2007]. Daraus ergeben sich für 2020 Gesamtkosten von 144 Mio. € (1,45 €/MWh x 99*106 MWh).	
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz) Die zusätzliche SCR-Implementierung kann zu geringfügig höheren Ammoniakemissionen führen. Der SCR-Betrieb führt zu einem höheren Eigenenergieverbrauch [Theloke et al., 2007].	

Tabelle 34 stellt die aus G 017 resultierenden Aktivitäten, Emissionsfaktoren und Emissionen für NO_x dar sowie die Änderungen gegenüber dem Referenzszenario für die spezifischen Strukturelemente.

Tabelle 34: Aktivitätsraten, Emissionsfaktoren und Emissionen für Erdgas-Gasturbinen infolge der Maßnahme G 017

Strukturelement	ZSE- Bezeichnung	Materi al	Werte- typ	Schad- stoff	2010	2015	2020
Erdgasverdichterstationen_Antrieb	GVKOMP13	Erdgas	AR [TJ]		12.143	10.774	9.507
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEKWGUD13	Erdgas	AR [TJ]		151.081	164.263	177.352
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEKWGT13	Erdgas	AR [TJ]		38.915	38.784	38.654
Raffineriekraftwerke_ Stromerzeugung	UIKRGT13	Erdgas	AR [TJ]		1.774	1.768	1.763
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_Stromerzeugung	UIKWGT13	Erdgas	AR [TJ]		41.471	41.332	41.193
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEKWGT13	Erdgas	AR [TJ]		20.195	20.841	21.544
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEKWGUD13	Erdgas	AR [TJ]		48.467	56.270	64.633
Raffineriekraftwerke_ Wärmeerzeugung	UEKRGT13	Erdgas	AR [TJ]		1.106	981	866
Erdgasverdichterstationen_Antrieb	GVKOMP13	Erdgas	EF [kg/TJ]	NO _x	73,3	66,2	14,7
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEKWGUD13	Erdgas	EF [kg/TJ]	NO _x	65,6	62,0	13,8
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEKWGT13	Erdgas	EF [kg/TJ]	NO _x	65,6	62,0	13,8
Raffineriekraftwerke_ Stromerzeugung	UIKRGT13	Erdgas	EF [kg/TJ]	NO _x	69,8	66,2	14,7
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_Stromerzeugung	UIKWGT13	Erdgas	EF [kg/TJ]	NO _x	69,8	66,2	14,7
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEKWGT13	Erdgas	EF [kg/TJ]	NO _x	65,6	62,0	13,8
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEKWGUD13	Erdgas	EF [kg/TJ]	NO _x	65,6	62,0	13,8
Raffineriekraftwerke_ Wärmeerzeugung	UEKRGT13	Erdgas	EF [kg/TJ]	NO _x	69,8	66,2	14,7
EF-Mittelwert (mit Aktivitätsrate gewichteter Emissionsfaktor)		Erdgas	EF [kg/TJ]	NO _x	66,4	62,7	13,9
Erdgasverdichterstationen_Antrieb	GVKOMP13	Erdgas	EM [t]	NO _x	890,09	713,25	158
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEKWGUD13	Erdgas	EM [t]	NO _x	9.903,37	10.184,2 9	2.753
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEKWGT13	Erdgas	EM [t]	NO _x	2.550,87	2.404,62	600
Raffineriekraftwerke_ Stromerzeugung	UIKRGT13	Erdgas	EM [t]	NO _x	123,77	117,07	29
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_Stromerzeugung	UIKWGT13	Erdgas	EM [t]	NO _x	2.892,60	2.736,17	683
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEKWGT13	Erdgas	EM [t]	NO _x	1.323,77	1.292,12	334
öffentliche Kraftwerke_ Wärmeerzeugung	HEKWGUD13	Erdgas	EM [t]	NO _x	3.177,04	3.488,72	1.003
Raffineriekraftwerke_ Wärmeerzeugung	UEKRGT13	Erdgas	EM [t]	NO _x	77,11	64,94	14
Änderung gegenüber dem Referenzszenario		Erdgas	EM [t]	NO _x	0	0	-16.690

3.2.19 Verschärfung des SO₂-Emissionsgrenzwertes bei Ölkesselfeuerungen > 50 MW im Rahmen der geplanten Novellierung der IED-Richtlinie

	G 018
Kurzbeschreibung Die Europäische Kommission hat am 26.05.2009 einen Vorschlag zur Novellierung der IED-Richtlinie vorgelegt [KOM 844, 2009]. Die neuen Grenzwerte für Feuerungsanlagen sind als Tagesmittelwerte festgelegt und sollen ab dem 01.01.2016 gelten. In der novellierten IED-Richtlinie werden folgende SO₂-Grenzwerte für neue Großfeuerungsanlagen (GFA) ohne Abfallmitverbrennung festgelegt, die ab 2016 in Betrieb gehen oder genehmigt werden, sogenannte Neuanlagen: • für Neuanlagen 50-100 MW: 350 mg/Nm³ • für Neuanlagen 100-300 MW: 200 mg/Nm³ • für Neuanlagen ab 300 MW: 150 mg/Nm³ Für Anlagen, die bis 2016 in Betrieb gehen oder genehmigt werden, sogenannte Altanlagen, gelten folgende SO₂-Grenzwerte: • für Altanlagen 50-100 MW: 350 mg/Nm³; für Altanlagen mit max. 1500 Betriebsstunden/a im gleitenden 5-Jahres-Durchschnitt gilt ein Grenzwert von 450 mg/Nm³ • für Altanlagen 100-300 MW: 250 mg/Nm³; für Altanlagen mit max. 1500 Betriebsstunden/a im gleitenden 5-Jahres-Durchschnitt gilt ein Grenzwert von 850 mg/Nm³ • für Altanlagen ab 300 MW: 200 mg/Nm³; für Altanlagen mit max. 1500 Betriebsstunden/a im gleitenden 5-Jahres-Durchschnitt gilt ein Grenzwert von 400 mg/Nm³ Die Auswertung der IER/UBA-Kraftwerkdatenbank [IER, 2008] hat ergeben, dass die Anlagen der Leistungsklasse 50-100 MW weniger als 0,5% der Aktivitätsanteile der Ölkesselfeuerungen > 50 MW ausmachen. In dieser Maßnahme werden die Emissionsanforderungen der IED-Richtlinie nur für Anlagen > 100 MW berücksichtigt. Alle bestehenden Ölkesselfeuerungen in Deutschland wurden vor 2002/2003 in Betrieb genommen, die durchschnittlichen jährlichen Betriebsstunden liegen unter 1500 h/a [IER, 2008]. Die Kraftwerksdatenbank liefert ca. 57% der installierten Leistung für Ölkraftwerke der Größenklasse 100-300 MW, 43% haben eine Leistung von über 300 MW. Somit wurde für Altanlagen > 100 MW ein mittlerer SO₂-Grenzwert von 670 mg/Nm³ angenommen, der im Jahresmittel etwa 420 mg/Nm³ entspricht.	
Minderungspotenzial Im Referenzszenario werden von ölgefeuerten Grossfeuerungsanlagen > 50 MW im Jahr 2020 etwa 2,5 kt SO₂ emittiert. Der mittlere Emissionsfaktor beim Einsatz von Heizöl EL liegt bei 42 kg/TJ und bei 118 kg/TJ beim Einsatz von schwerem Heizöl [UBA, 2007]. Die Aktivitätsrate (Brennstoffeinsatz) der Ölfeuerungsanlagen beträgt im Jahre 2020 etwa 22.802 TJ [UBA, 2007]. Der aktuellen Liste der geplanten Kraftwerke [BDEW, 2008] kann entnommen werden, dass bis 2020 keine neuen Ölkraftwerke in Betrieb genommen werden. Die in diesem Maßnahmenblatt berechnete SO₂-Minderung infolge der Novellierung der IED-Richtlinie bezieht sich nur auf Altanlagen. Für die Ermittlung der Minderungspotenziale wurde in brennstoffspezifische Emissionsfaktoren umgerechnet. Im Minderungsszenario liegt der SO₂-Emissionsfaktor bei 120 kg/TJ. Die „geminderten“ Emissionsfaktoren im Minderungsszenario liegen deutlich über den Emissionen in Referenzszenario. Damit ist durch die Implementierung der Grenzwerte der IED-Richtlinie keine zusätzliche Minderung bis 2020 gegenüber dem Referenzszenario zu erwarten.	
Ansatz Implementierung der IED	
Stand der Umsetzung Die IED befindet sich im Europäischen Gesetzgebungsprozess.	
Umsetzungshorizont Umsetzung möglich bis: 2010 ☐ 2015 ☐ 2020 ☒	
Kosten Für diese Maßnahme werden keine Kosten quantifiziert, da kein Minderungspotenzial quantifiziert wurde.	
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz)	

3.2.20 Vorschläge des UBA zur Verschärfung des SO₂-Emissionsgrenzwertes bei Ölkesself Feuerungen > 50 MW im Rahmen der geplanten Novellierung der IED-Richtlinie

		G 019
Kurzbeschreibung Das Umweltbundesamt hat zu den in der novellierten IED-Richtlinie festgelegten SO₂-Grenzwerten zum Teil andere Grenzwertvorschläge gemacht [UBA- Vorschlag, 2009]. Für neue Großfeuerungsanlagen (GFA) ohne Abfallmitverbrennung, die ab 2016 in Betrieb gehen oder genehmigt werden, sogenannte Neuanlagen, hat das UBA folgende Emissionsgrenzwerte vorgeschlagen: • für Neuanlagen 50-100 MW: 200 mg/Nm³; für Wirbelschichtfeuerung 350 mg/Nm³ • für Neuanlagen > 100 MW: 100 mg/Nm³ Für Anlagen, die bis 2016 in Betrieb gehen oder genehmigt werden, sogenannte Altanlagen, wurden folgende SO₂-Grenzwerte vorgeschlagen: • für Altanlagen 50-100 MW: 650 mg/Nm³; für Wirbelschichtfeuerung 350 mg/Nm³ • für Altanlagen > 100 MW : 200 mg/Nm³ Die neuen SO₂-Grenzwerte gelten sowohl für Alt- als auch für Neuanlagen ab dem 01.01.2016. Die Auswertung der IER/UBA-Kraftwerkdatenbank [IER, 2008] hat ergeben, dass die Anlagen der Leistungsklasse 50-100MW weniger als 0,5 % der Aktivitätsanteile der Ölkesselfeuerungen > 50 MW ausmachen. In dieser Maßnahme werden die UBA-Vorschläge nur für Anlagen > 100 MW berücksichtigt. Als Jahresmittelwert wurde für Neuanlagen eine SO₂-Konzentration von 50 mg/Nm³ angenommen, für Altanlagen ein Jahresmittelwert von 124 mg/Nm³, bei Einsatz von schwerem Heizöl (Heizöl S) ein Jahresmittelwert von 180 mg/Nm³.		
Minderungspotenzial Im Referenzszenario werden von ölgefeuerten Großfeuerungsanlagen > 50 MW im Jahr 2020 etwa 2,5 kt SO₂ emittiert. Der mittlere Emissionsfaktor beim Einsatz von leichtem Heizöl (Heizöl EL) liegt bei 42 kg/TJ und bei 118 kg/TJ beim Einsatz von schwerem Heizöl [UBA, 2007]. Die Aktivitätsrate (Brennstoffeinsatz) der Ölfeuerungsanlagen beträgt im Jahre 2020 etwa 22.802 TJ [UBA, 2007]. Der aktuellen Liste der geplanten Kraftwerke [BDEW, 2008] kann entnommen werden, dass bis 2020 keine neue Ölkraftwerke in Betrieb genommen werden. Die in diesem Maßnahmenblatt berechnete SO₂-Minderung infolge der UBA-Vorschläge bezieht sich nur auf Altanlagen. Durch die Einführung der vom UBA vorgeschlagenen SO₂-Grenzwerte für Ölkesselfeuerungen ergibt sich im Jahr 2020 ein Minderungspotenzial von 15 t bei der Verfeuerung von Heizöl EL und beim Einsatz von Heizöl S von 1,33 kt SO₂. Insgesamt kann ein Minderungspotenzial von 1,35 kt SO₂ erreicht werden, was einer Minderung von 53,5% bezogen auf die SO₂-Gesamtemissionen der Ölkesselfeuerungen > 50 MW entspricht. Im Minderungsszenario liegt der SO₂-Emissionsfaktor für Heizöl EL bei 35,5 kg/TJ, für Heizöl S bei 53 kg/TJ.		
Ansatz siehe Maßnahmenbeschreibung		
Stand der Umsetzung Die IED befindet sich im europäischen Gesetzgebungsprozess.		
Umsetzungshorizont Umsetzung möglich bis: 2010 ☐ 2015 ☐ 2020 ☒		
Kosten Die von Umweltbundesamt vorgeschlagenen neuen SO₂-Grenzwerte für Ölfeuerungsanlagen können durch den Einsatz von Kalksteinwaschverfahren eingehalten werden. Mit den unten aufgeführten Investitions- und Betriebskosten lassen sich Annuitätskosten für eine Ölfeuerungsanlage mit einer installierten Leistung von 200 MW el in Höhe von ca. 2,5 Mio. € errechnen. Die Annuitäten (A_t) der Maßnahme (Kalksteinwaschverfahren) betragen 4,2 €/MWh bei angenommenen Investitionskosten (C₀) von 3,1 €/MWh [DFIU, 2002], laufenden Kosten (OC) von 0,98 €/MWh [DFIU, 2002], einer Diskontrate von 3% und einer Lebensdauer (n) der Maßnahme von 15 Jahren [DFIU, 2002]. Daraus ergeben sich für 2020 Gesamtkosten von 26 Mio. (4,2 €/MWh x 6,3*10⁶ MWh).		
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz)		

Tabelle 35 stellt die aus der Maßnahme G 019 resultierenden Aktivitäten, Emissionsfaktoren und Emissionen für SO₂ dar sowie die Änderungen gegenüber dem Referenzszenario für die spezifischen Strukturelemente.

Tabelle 35: Aktivitätsraten, Emissionsfaktoren und Emissionen für Ölkesselfeuerungen infolge der Maßnahme G 019

Strukturelement	ZSE-Bezeichnung	Material	Wertetyp	Schadstoff	2010	2015	2020
öffentliche Kraftwerke	OEKW13	Heizöl, leicht	AR [TJ]		1.790	1.150	511
Zechen- und Grubenkraftwerke	STKBKW13	Heizöl, leicht	AR [TJ]		314	202	90
öffentliche Kraftwerke	HEKW13	Heizöl, leicht	AR [TJ]		1.333	1.010	694
Fernheizwerke	FEHW13	Heizöl, leicht	AR [TJ]		1.094	829	570
Zechen- und Grubenkraftwerke	UESTKB13	Heizöl, leicht	AR [TJ]		500	456	413
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEKW13	Heizöl, schwer	AR [TJ]		12.370	7.952	3.534
Deutsche Bahn- Kraftwerke_ Stromerzeugung	STKBKW13	Heizöl, schwer	AR [TJ]		184	118	53
Zechen- und Grubenkraftwerke_ Stromerzeugung	UIKW13	Heizöl, schwer	AR [TJ]		2.566	1.650	733
Raffineriekraftwerke_ Stromerzeugung	HEKW13	Heizöl, schwer	AR [TJ]		1.648	1.249	858
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes & übrigen Bergbaus_ Stromerzeugung	FEHW13	Heizöl, schwer	AR [TJ]		50	38	26
Raffineriekraftwerke_ Wärmeerzeugung	INKW13	Heizöl, schwer	AR [TJ]		13.527	12.557	11.590
verarbeitendes Gewerbe und übriger Bergbau	INDU13	Heizöl, schwer	AR [TJ]		4.353	4.041	3.729
öffentliche Kraftwerke	OEKW13	Heizöl, leicht	EF [kg/TJ]	SO ₂	42,2	42,2	35,5
Zechen- und Grubenkraftwerke	STKBKW13	Heizöl, leicht	EF [kg/TJ]	SO ₂	42,2	42,2	35,5
öffentliche Kraftwerke	HEKW13	Heizöl, leicht	EF [kg/TJ]	SO ₂	42,2	42,2	35,5
Fernheizwerke	FEHW13	Heizöl, leicht	EF [kg/TJ]	SO ₂	42,2	42,2	35,5
Zechen- und Grubenkraftwerke	UESTKB13	Heizöl, leicht	EF [kg/TJ]	SO ₂	42,2	42,2	35,5
EF-Mittelwert (mit Aktivitätsrate gewichteter Emissionsfaktor)		Heizöl, leicht	EF [kg/TJ]	SO₂	42,2	42,2	35,5
öffentliche Kraftwerke_ Stromerzeugung	OEKW13	Heizöl, schwer	EF [kg/TJ]	SO ₂	83,1	83,1	37,3
Deutsche Bahn- Kraftwerke_ Stromerzeugung	STKBKW13	Heizöl, schwer	EF [kg/TJ]	SO ₂	151,0	151,0	37,6
Zechen- und Gruben- kraftwerke_ Stromerzeugung	UIKW13	Heizöl, schwer	EF [kg/TJ]	SO ₂	127,3	127,3	57,2
Raffineriekraftwerke_ Stromerzeugung	HEKW13	Heizöl, schwer	EF [kg/TJ]	SO ₂	83,1	83,1	37,3
Kraftwerke des verarb. Gew.und übrigen Bergbaus_ Stromerzeugung	FEHW13	Heizöl, schwer	EF [kg/TJ]	SO ₂	151,0	151,0	67,9
Raffineriekraftwerke_ Wärmeerzeugung	INKW13	Heizöl, schwer	EF [kg/TJ]	SO ₂	127,3	127,3	18,4
verarbeitendes Gewerbe und übriger Bergbau	INDU13	Heizöl, schwer	EF [kg/TJ]	SO ₂	127,3	127,3	177,8
EF-Mittelwert (mit Aktivitätsrate gewichteter Emissionsfaktor)		Heizöl, schwer	EF [kg/TJ]	SO₂	109,6	112,7	52,9

Strukturelement	ZSE-Bezeichnung	Material	Wertetyp	Schadstoff	2010	2015	2020
öffentliche Kraftwerke	OEKW13	Heizöl, leicht	EM [t]	SO ₂	75,44	48,50	18,17
Zechen- und Grubenkraftwerke	STKBKW13	Heizöl, leicht	EM [t]	SO ₂	13,22	8,50	3,18
öffentliche Kraftwerke	HEKW13	Heizöl, leicht	EM [t]	SO ₂	56,18	42,58	24,67
Fernheizwerke	FEHW13	Heizöl, leicht	EM [t]	SO ₂	46,11	34,94	20,25
Zechen- und Grubenkraftwerke	UESTKB13	Heizöl, leicht	EM [t]	SO ₂	21,07	19,24	14,67
öffentliche Kraftwerke_Stromerzeugung	OEKW13	Heizöl, schwer	EM [t]	SO ₂	1027,94	660,82	132,00
Deutsche Bahn-Kraftwerke_Stromerzeugung	STKBKW13	Heizöl, schwer	EM [t]	SO ₂	15,30	9,80	1,98
Zechen- und Grubenkraftwerke_Stromerzeugung	UIKW13	Heizöl, schwer	EM [t]	SO ₂	326,69	210,01	41,95
Raffineriekraftwerke_Stromerzeugung	HEKW13	Heizöl, schwer	EM [t]	SO ₂	136,92	103,77	32,06
Kraftwerke des verarbeitenden Gewerbes und übrigen Bergbaus_Stromerzeugung	FEHW13	Heizöl, schwer	EM [t]	SO ₂	7,52	5,70	1,76
Raffineriekraftwerke_Wärmeerzeugung	INKW13	Heizöl, schwer	EM [t]	SO ₂	554,07	514,37	213,37
verarbeitendes Gewerbe und übriger Bergbau	INDU13	Heizöl, schwer	EM [t]	SO ₂	1721,96	1598,56	663,13
Änderung gegenüber dem Referenzszenario					0	0	-1.346

3.2.21 Zusammenfassung der Ergebnisse für Großfeuerungsanlagen

In Tabelle 36 (modellierte Maßnahmen) und Tabelle 37 (aktualisierte Maßnahmen) werden die quantifizierten Minderungspotenziale für den Sektor Großfeuerungsanlagen zusammengefasst.

Tabelle 36: Übersichtstabelle zur Wirksamkeit (Minderungspotenzial) der betrachteten Maßnahmen für den Sektor Großfeuerungsmaßnahmen (modellierte Maßnahmen)

				NO _x			SO ₂			PM2.5			PM10		
				2010	2015	2020	2010	2015	2020	2010	2015	2020	2010	2015	2020
ID	Sub-Quellgruppe	Maßnahme	Schad-stoff	[kt]											
G_REF_A	Kohle >50 MW FWL	Novellierung 13. BImSchV	NO _x		1,9	2,4									
G_REF_B	Gasturbinen_ Erdgas > 50 MW FWL		NO _x	0	0	0,1									
G001	Kohle 50-100 MW FWL	IED	NO _x	0	0	0,5									
G002	Kohle >100 MW FWL	IED	NO _x	0	0	11,2									
G003	Kohle 50-100 MW FWL	UBA	NO _x	0	0	0,5									
G004	Kohle >100 MW FWL	UBA	NO _x	0	0	12,0									
G005	Kohle 50-100 MW FWL	IED	PM10, PM2.5							0	0	k.M.	0	0	k.M.
G006	Kohle >100 MW FWL	IED	PM10, PM2.5							0	0	0,042	0	0	0,047
G007	Kohle 50-100 MW FWL	UBA	PM10, PM2.5							0	0	k.M.	0	0	k.M.
G008	Kohle >100 MW FWL	UBA	PM10, PM2.5							0	0	0,049	0	0	0,051
G009	Kohle >50 MW FWL	10 mg/m ³ für alle Anlagen	PM10, PM2.5							0	0	3,1	0	0	3,5
G010	Kohle 50-100 MW FWL	IED	SO ₂				0	0	1,2						
G011	Kohle >100 MW FWL	IED	SO ₂				0	0	83,8						
G012	Kohle 50-100 MW FWL	UBA	SO ₂				0	0	0,9						
G013	Kohle >100 MW FWL	UBA	SO ₂				0	0	85,8						
G014	Ergaskessel >50 MW FWL	IED	NO _x	0	0	3,2									
G015	Ergaskessel >50 MW FWL	Absenkung auf 20 mg/m ³	NO _x	0	0	7,2									
G016	Gasturbinen_ Erdgas > 50 MW FWL	IED	NO _x	0	0	9,9									
G017	Gasturbinen_ Erdgas > 50 MW FWL	UBA	NO _x	0	0	17,3									
G018	Ölkessel- feuerungen >50MW	IED	SO ₂				0	0	k.M.						
G019	Ölkessel- feuerungen >50MW		SO ₂				0	0	1,4						

Tabelle 37: Übersichtstabelle zur Wirksamkeit der betrachteten Maßnahmen für den Sektor Großfeuerungsmaßnahmen (aktualisierte Maßnahmen)

				NO _x			SO ₂			PM2.5			PM10		
				2010	2015	2020	2010	2015	2020	2010	2015	2020	2010	2015	2020
ID	Sub-Quellgruppe	Maßnahme	Schadstoff	[kt]											
REF_A	Kohle >50 MW FWL	Novellierung 13. BImSchV	NO _x		1,90	2,40									
REF_B	Gasturbinen_ Erdgas > 50 MW FWL	Novellierung 13. BImSchV	NO _x	0	0	0,07									
G001	Kohle 50-100 MW FWL	IED	NO _x	0	0	0,35									
G002	Kohle >100 MW FWL	IED	NO _x	0	0	11,1									
G003	Kohle 50-100 MW FWL	UBA	NO _x	0	0	0,35									
G004	Kohle >100 MW FWL	UBA	NO _x	0	0	12,3									
G005	Kohle 50-100 MW FWL	IED	PM10, PM2.5							0	0	k.M.	0	0	k.M.
G006	Kohle >100 MW FWL	IED	PM10, PM2.5							0	0	0,04	0	0	0,05
G007	Kohle 50-100 MW FWL	UBA	PM10, PM2.5							0	0	k.M.	0	0	k.M.
G008	Kohle >100 MW FWL	UBA	PM10, PM2.5							0	0	0,05	0	0	0,05
G009	Kohle >50 MW FWL	Absenkung auf 10 mg/m ³	PM10, PM2.5							0	0	3,10	0	0	3,50
G010	Kohle >100 MW FWL	IED	SO ₂				0	0	0,83						
G011	Kohle 50-100 MW FWL	IED	SO ₂				0	0	38,3						
G012	Kohle >100 MW FWL	IED	SO ₂				0	0	0,40						
G013	Kohle 50-100 MW FWL	UBA	SO ₂				0	0	41,2						
G014	Kohle >100 MW FWL	UBA	NO _x	0	0	2,50									
G015	Ergaskessel >50 MW FWL	IED	NO _x	0	0	7,20									
G016	Ergaskessel >50 MW FWL	Absenkung auf 20 mg/m ³	NO _x	0	0	8,30									
G017	Gasturbinen_ Erdgas > 50 MW FWL	UBA	NO _x	0	0	16,7									
G018	Ölkesselfeuerungen >50MW	IED	SO ₂				0	0	k.M.						
G019	Ölkesselfeuerungen >50MW	UBA	SO ₂				0	0	1,35						

4 Industrie- und Produktionsprozesse

In der TA Luft vom 24. Juli 2002 [TA Luft, 2002] sind allgemeine Emissionswerte für Produktionsprozesse sowie spezifische Anforderungen für besonders emissionsrelevante Produktionsprozesse festgelegt. In der 17. BImSchV [17.BImSchV, 2009] sind Emissionsgrenzwerte für Zementwerke festgelegt, die Abfall mitverbrennen. Beide Regelwerke enthalten für Altanlagen Übergangsvorschriften zur Einhaltung der Emissionswerte, deren Implementierung je nach Industriesektor zwischen 2007 und 2010 abgeschlossen ist. Aufgrund des hierdurch bereits gegebenen Erfordernisses zur Umsetzung gesetzlicher Maßnahmen lassen sich bis 2010 für die meisten Produktionsprozesse keine weitergehenden Minderungsmaßnahmen identifizieren.

Zunächst wurden die für den jeweiligen Schadstoff (NO_x, SO₂, NMVOC, NH₃, PM₁₀, PM_{2.5}) relevantesten Industriesektoren ermittelt. Das Kriterium der Relevanz war dabei auf Grundlage des Referenzszenarios [Jörß et al., 2010], [UBA, 2007] für das Jahr 2020, dass ein Sektor zu mehr als 1 % zu den Emissionen im Referenzszenario beiträgt und gleichzeitig ein Minderungspotenzial identifizierbar und quantifizierbar ist.

Inzwischen wurde die im Nationalen Programm 2002 [BMU, 2002] als zusätzliche Maßnahme zur Minderung der Emissionen aus Industrie- und Produktionsprozessen genannte 17. BImSchV novelliert (BGBl. I Nr. 41 vom 19.8.2003 S. 1633) [17.BImSchV, 2009], [Theloke et al., 2007]. Die darin ebenfalls geregelte Mitverbrennung von Abfällen ist insbesondere für die als emissionsrelevant eingestuften Anlagen zur Herstellung von Zement von Bedeutung.

Daher wurde für den Sektor „Zement“ ein zusätzliches Referenzszenario entwickelt. In diesem zusätzlichen Szenario „PAREST-Referenz+Novellierung der 17. BImSchV“ wurden die Auswirkungen der Novellierung der 17. BImSchV auf die NO_x-Emissionen aus der Zementindustrie quantifiziert (siehe Maßnahmenblatt P REF_C). Bei der Bewertung von Möglichkeiten zur Reduktion der NO_x-Emissionen aus der Zementindustrie wurde zum einen das Minderungspotenzial im Verhältnis zum PAREST-Referenzszenario [Jörß et al., 2010], [UBA, 2007] und zum anderen in Bezug auf das Referenzszenario unter zusätzlicher Berücksichtigung der Novellierung der 17.BImSchV quantifiziert.

Aufgrund dieser Analyse ergab sich für den Sektor „Industrie- und Produktionsprozesse“ die in Tabelle 38 dargestellte Maßnahmenliste. Für die ausgewählten Maßnahmen wurde eine detaillierte Analyse durchgeführt, deren Implementierbarkeit untersucht und das daraus resultierende Minderungspotenzial und die Kosten berechnet. In Tabelle 39 sind die für die einzelnen Maßnahmen angenommenen Minderungstechniken dargestellt.

Tabelle 38: Ausgewählte Maßnahmen (Maßnahmenliste) für den Sektor Industrie- und Produktionsprozesse

ID	Sub-Quellgruppe	Maßnahme
P001	Zement	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für NO _x auf < 200 mg/Nm ³ für alle Anlagen zur Herstellung von Zement
P002	Glas	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für NO _x auf < 500 mg/Nm ³ für Anlagen zur Herstellung von Glas
P003	Sinter	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für NO _x auf < 100 mg/Nm ³ für Sinteranlagen
P004	Walzstahl	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für NO _x auf < 200 mg/Nm ³ für Anlagen zur Herstellung von Walzstahl
P005	Sinter	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für SO ₂ auf < 100 mg/Nm ³ für Sinteranlagen
P006	Schwefelsäureherstellung	Absenkung der SO ₂ -Emissionsgrenzwertes durch sekundäre Abgasreinigungseinrichtung bei Doppelkontaktanlagen
P007	Zement	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für Staub auf < 10 mg/Nm ³ für alle Anlagen zur Herstellung von Zement
P008	Glas	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für Staub auf < 10 mg/Nm ³ für alle Anlagen zur Herstellung von Glas
P009	Sinter	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für Staub auf < 10 mg/Nm ³ für Sinteranlagen
P010	Düngemittelproduktion	Absenkung der NH ₃ -Emissionsgrenzwertes auf < 45mg/Nm ³ für alle Anlagen zur Herstellung von stickstoffhaltigem Düngemittel

Tabelle 39: Den Maßnahmen aus Tabelle 38 zuzuordnende Minderungstechniken

ID	Sub-Quellgruppe	Maßnahme_Minderungstechnik
P001	Zement	SCR-Technologie (Selective Catalytic Reduction)
P002	Glas	SCR-Technologie (Selective Catalytic Reduction)
P003	Sinter	SCR-Technologie (Selective Catalytic Reduction)
P004	Walzstahl	SCR-Technologie (Selective Catalytic Reduction)
P005	Sinter	Nasswäscher bzw. Entschwefelung/Nassentschwefelung
P006	Schwefelsäureherstellung	Abgasreinigungseinrichtung bei Doppelkontaktanlagen
P007	Zement	Gewebefilter
P008	Glas	Gewebefilter
P009	Sinter	Gewebefilter
P010	Düngemittelproduktion	Saure Wäscher

Bei der Berechnung der Minderungspotenziale wurden die Annahmen so gewählt, dass die Minderungswirkung sich auf die Minderung bezieht, die nach vollständiger Umsetzung der derzeit geltenden rechtlichen Vorschriften möglich ist. Dabei wird angenommen, dass die dann geltenden Grenzwerte eingehalten werden. Die Ergebnisse der Maßnahmenanalyse für den Sektor "Industrie- und Produktionsprozesse" bezogen auf die Referenzjahre 2015 und 2020 sind in Tabelle 40 und Tabelle 41 zusammengefasst.

Tabelle 40: Übersichtstabelle zur Wirksamkeit der betrachteten Maßnahmen für das Jahr 2015
(aktualisierte Minderungspotenziale, Stand April 2010)

ID	Subsektor	Maßnahme	Schadstoff	Aktivitätsrate	Referenzszenario		Minderungs-szenario		Minderungs-potenzial
					Emissionsfaktor	Emissionen	Emissionsfaktor	Emissionen	
				t	kg/t	t	kg/t	t	t
P REF_C	Zement	Novellierung der 17.BImSchV	NO _x	27.911.986	0,92	25.679	0,70	19.429	6.250
P001	Zement	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für NO _x	NO _x	27.911.986	0,92	25.679	0,47	13.258	12.421
		Szenario Novellierung 17.BImSchV"	NO _x	27.911.986	0,92	25.679	0,81	22.503	3.176
P002	Glas	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für NO _x	NO _x	7.339.007	1,42	10.457	0,89	6.536	3.921
P003	Sinter	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für NO _x	NO _x	22.430.000	0,43	9.550	0,43	9.550	keine Minderung
P004	Walzstahl	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für NO _x	NO _x	37.820.000	0,25	9.455	0,25	9.455	keine Minderung
P005	Sinter	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für SO ₂	SO ₂	22.430.000	0,94	21.174	0,94	21.174	keine Minderung
P006	Schwefelsäureherstellung	Absenkung der SO ₂ -Emissionsgrenzwertes	SO ₂	5.332.000	2,00	10.664	1,40	7.465	3.199
P007	Zement	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für Staub	PM10	34.800.000	0,07	2.349	0,03	1.176	1.172
		Absenkung des Emissionsgrenzwertes für Staub	PM2.5	34.800.000	0,06	2.140	0,03	1.072	1.068
P008	Glas	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für Staub	PM10	7.339.007	0,05	392	0,02	145	247
		Absenkung des Emissionsgrenzwertes für Staub	PM2.5	7.339.007	0,03	230	0,01	85	145
P009	Sinter	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für Staub	PM10	22.430.000	0,24	5.358	0,06	1.408	3.950
		Absenkung des Emissionsgrenzwertes für Staub	PM2.5	22.430.000	0,11	2.574	0,06	1.267	1.306
P010	Düngemittelproduktion	Absenkung der NH ₃ -Emissionsgrenzwertes	NH ₃	1.575.000	5	7.875	4,3	6.773	1.103

Tabelle 41: Übersichtstabelle zur Wirksamkeit der betrachteten Maßnahmen für das Jahr 2020
(aktualisierte Minderungspotenziale, Stand April 2010)

ID	Subsektor	Maßnahme	Schadstoff	Aktivitätsrate	Referenzszenario		Minderungs-szenario		Minderungs-potenzial
					Emissionsfaktor	Emissionen	Emissionsfaktor	Emissionen	Minderungs-potenzial
				t	kg/t	t	kg/t	t	t
P REF_C	Zement	Novellierung der 17.BImSchV	NO _x	27.711.469	0,92	25.495	0,70	19.289	6.206
P001	Zement	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für NO _x	NO _x	27.711.469	0,92	25.495	0,47	13.162	12.332
		Szenario Novellierung 17.BImSchV"	NO _x	27.711.469	0,92	25.495	0,81	22.341	3.154
		Absenkung des Emissionsgrenzwertes für NO _x	NO _x	27.711.469	0,92	25.495	0,81	22.341	3.154
P002	Glas	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für NO _x	NO _x	7.404.617	1,42	10.551	0,89	6.594	3.957
P003	Sinter	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für NO _x	NO _x	21.080.000	0,42	8.851	0,07	1.416	7.435
P004	Walzstahl	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für NO _x	NO _x	37.950.000	0,2	7.590	0,04	1.518	6.072
P005	Sinter	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für SO ₂	SO ₂	21.080.000	0,90	18.930	0,03	568	18.362
P006	Schwefel-säureherstellung	Absenkung der SO ₂ -Emissionsgrenzwertes	SO ₂	5.332.000	2,00	10.664	1,40	7.465	3.199
P007	Zement	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für Staub	PM10	34.550.000	0,07	2.332	0,05	1.563	769
			PM2.5	34.550.000	0,06	2.125	0,04	1.424	701
P008	Glas	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für Staub	PM10	7.404.617	0,05	396	0,02	147	249
		Absenkung des Emissionsgrenzwertes für Staub	PM2.5	7.404.617	0,03	232	0,01	86	146
P009	Sinter	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für Staub	PM10	21.080.000	0,24	5.036	0,06	1.323	3.713
		Absenkung des Emissionsgrenzwertes für Staub	PM2.5	21.080.000	0,11	2.419	0,06	1.191	1.228
P010	Dünge-mittel-produktion	Absenkung der NH ₃ -Emissionsgrenzwertes	NH ₃	1.575.000	5	7.875	4,3	6.773	1.103

4.1 Auswirkungen der Novellierung der 17. BImSchV auf die NO_x-Emissionen aus der Zementindustrie

Anlagen zur Herstellung von Zementklinker unterliegen den Anforderungen der Grenzwerte der TA Luft. Im Falle der Mitverbrennung von Abfällen gelten dann die Grenzwertanforderungen der 17. BImSchV.

Seit Januar 2009 gelten für Anlagen zur Verbrennung und Mitverbrennung von Abfällen, die ab 2013 in Betrieb gehen oder wesentlich geändert werden die neuen NO_x-Emissionsanforderungen (Jahresmittelwerte) der novellierten 17. BImSchV [17. BImSchV, 2009]. Die Tagesmittelwerte wurden im Rahmen der Novellierung nicht verschärft. Im Maßnahmenblatt P_REF_C sind die neuen Anforderungen für die NO_x-Emissionen aus der Zementindustrie zusammengefasst und die infolge der Umsetzung der Novellierung der 17. BImSchV zu erwartende NO_x-Emissionsminderung dargestellt. In Tabelle 42 sind die Grenzwertanforderungen für die Zementwerke in Abhängigkeit vom Anteil an mitverbrannten Abfällen dargestellt. In der deutschen Zementindustrie beträgt die Zahl der sich in Betrieb befindlichen Öfen 58 [Tebert et al., 2007]. Bei den Öfen handelt es sich um 47 Abfallmitverbrennungsanlagen, die den Anforderungen der 17. BImSchV unterliegen. Für die restlichen 11 Öfen gelten die Emissionswerte der TA Luft [TA Luft, 2002], da diese keine Abfälle mitverbrennen [Tebert et al., 2007].

Tabelle 42: Grenzwerte für Stickstoffoxide und Anzahl der Zementklinkeröfen (in Abhängigkeit vom Abfalleinsatz [17. BImSchV, 2009] [Tebert et al., 2007].

	Grenzwertanforderungen als Tagesmittelwerte [mg/m ³]		Anzahl der Öfen
	TA Luft (24. Juli 2002)	17. BImSchV (27.01.2009)	
Anlagen mit ≤60% Abfalleinsatz	-	500	20
Anlagen mit 60%-100% Abfalleinsatz	-	320-200*	27
Anlagen mit 0% Abfalleinsatz	500	-	11

* Mischungsrechnung, abhängig vom Abfallanteil an der Feuerungswärmeleistung und den aus Abfallbrennstoffen und regulären Brennstoffen entstehenden Abgasvolumina; Abgeschätzt auf der Basis von Anlagendaten aus [Tebert et al., 2007]

Im PAREST-Referenzszenario [Jörß et al., 2010] wurden alle bis zum 31.12.2007 beschlossenen umweltpolitischen Maßnahmen berücksichtigt. Dieses Referenzszenario beinhaltet die Grenzwertanforderungen der 17. BImSchV vom 14. August 2003. Um aktuelle Entwicklungen der Gesetzgebung über das PAREST-Referenzszenario hinaus abzubilden, wurde das zusätzliche Szenario „PAREST-Referenzszenario+Implementierung der 17. BImSchV“ entwickelt, in dem die neuen Anforderungen der novellierten 17. BImSchV vom 27.01.2009 berücksichtigt werden. Das gegenüber dem Szenario „PAREST-Referenzszenario+Implementierung der 17. BImSchV“ quantifizierte NO_x-Minderungspotenzial ist im Maßnahmenblatt P 001 zusätzlich dargestellt. Um im Folgenden die Minderungswirkung von Emissionsminderungsmaßnahmen in der Zementindustrie sowohl im Vergleich zur PAREST-Referenz als auch zum zusätzlichen Szenario „PAREST-Referenzszenario+Implementierung der 17. BImSchV“ quantifizieren zu können, sind in Tabelle 43 die im PAREST-Referenzszenario angenommenen und die in der novellierten 17. BImSchV festgelegten Emissionsgrenzwerte (als Tagesmittelwerte) dargestellt.

Tabelle 43: Höchstzulässige Tagesmittelwerte für Anlagen zur Herstellung von Zement

Abfallanteil an der Feuerungswärmeleistung	Tagesmittelwerte für NO _x [mg/Nm ³]	
	Novellierte 17. BImSchV	PAREST-Referenzszenario
Anlagen mit < 60% Abfalleinsatz	500	500
Anlagen mit > 60% Abfalleinsatz	251	251
Anlagen mit 0% Abfalleinsatz	500 (TA Luft)	500
**Mischungsrechnung, abhängig vom Abfallanteil an der Feuerungswärmeleistung und den aus Abfallbrennstoffen und regulären Brennstoffen entstehenden Abgasvolumina; Abgeschätzt auf der Basis von Anlagendaten aus [Teibert et al., 2007]		

Für die Berechnung der NO_x-Minderungspotenziale wurden die in der 17. BImSchV und der TA Luft festgelegten Tagesmittelwerte mittels eines Faktors von 0,9 in Jahresmittelwerte umgerechnet. Dieser Faktor wurde angenommen, da in der Praxis die höchstzulässigen Tagesmittelwerte nur leicht unterschritten werden. Das Ergebnis ist in Tabelle 44 dargestellt.

Tabelle 44: Höchstzulässige Jahresmittelwerte für Anlagen zur Herstellung von Zement

Abfallanteil an der Feuerungswärmeleistung	Jahresmittelwerte für NO _x [mg/Nm ³]	
	Novellierte 17. BImSchV	PAREST-Referenzszenario
Anlagen mit < 60% Abfalleinsatz	200	450
Anlagen mit > 60% Abfalleinsatz	225	225
Anlagen mit 0% Abfalleinsatz	450 (TA Luft)	450
**Mischungsrechnung, abhängig vom Abfallanteil an der Feuerungswärmeleistung und den aus Abfallbrennstoffen und regulären Brennstoffen entstehenden Abgasvolumina; Abgeschätzt auf der Basis von Anlagendaten aus [Teibert et al., 2007]		

4.1.1 Absenkung des NO_x-Emissionsgrenzwertes für Neuanlagen und wesentlich geänderte Anlagen zur Herstellung von Zement im Rahmen der novellierten 17. BImSchV

	P_REF_C
Kurzbeschreibung Durch die Novellierung der 17. BImSchV (vom 27.01.2009) gelten für Anlagen zur Herstellung von Zement oder Zementklinker, die nach dem 31. Dezember 2012 in Betrieb gehen oder wesentlich geändert werden hinsichtlich des Ausstoßes von Stickstoffoxiden (NO_x) strengere Grenzwerte, soweit sie Abfälle mitverbrennen. Sie müssen einen Grenzwert (Jahresmittelwert) von 200 mg/Nm³ einhalten. Die Tagesmittelwerte wurden im Rahmen der Novellierung nicht verschärft. Ein Jahresmittelwert von 200 mg/Nm³ kann durch den Einsatz der SCR-Technologie (Selective Catalytic Reduction) erreicht werden. Für den Einsatz in der Zementindustrie kommen zwei Verfahrensvarianten in Betracht: ➤ die High-Dust-Schaltung (vor dem Staubabscheider) und ➤ die Low-Dust-Schaltung (nach dem Staubabscheider). Die Low-Dust-Schaltung erfordert gegenüber der High-Dust-Schaltung eine Wiederaufheizung des Abgases nach der Entstaubung. Dies hat höhere Betriebskosten zur Folge. Versuche zur High-Dust-SCR gab es bereits in den 90er Jahren in Deutschland, Italien, Österreich und Schweden [Draft BREF Zement, 2009] (in Kapitel 1.4.5.1.8). Die High-Dust-Variante des SCR-Verfahrens erzielt eine Minderung von 85-95% der rohgasseitigen NO_x-Emissionen. Es wurden reingasseitige NO_x-Emissionskonzentrationen von 100 bis 200 mg/Nm³ erreicht, jedoch nicht im Dauerbetrieb. Aus technischen und wirtschaftlichen Gründen wird von den Anlagenbetreibern in Europa die High-Dust-Variante der SCR-Technologie bevorzugt [Draft BREF Zement, 2009]. In Deutschland wurde die erste SCR-Pilotanlage in Abfallmitverbrennungsanlagen von der Solnhofer Portland Zementwerke AG zwischen 2001 und 2006 erfolgreich getestet [UBA AT, 2003], [VDI-Nachrichten, 2008]. Es handelt sich hierbei um die High-Dust-Variante. Die Firma Schwenk Zement KG will bis 2010 in ihrem Zementwerk in Heidenheim-Mergelstetten eine SCR-Anlage einbauen [UBA AT, 2003], [VDI-Nachrichten, 2008]. Minderungspotenzial Die Zementindustrie verursacht im Referenzszenario im Jahr 2010 25,9 kt, 2015 25,7 kt und im Jahr 2020 25,5 kt NO_x-Emissionen [UBA, 2007]. Zur Berechnung des Minderungspotenzials aufgrund der Novellierung der 17. BImSchV sind drei Fälle zu unterscheiden: • „ehemalige TA Luft-Anlagen“ die nach dem 31.12.2012 Abfälle mitverbrennen und somit die Anforderungen der novellierten 17. BImSchV einhalten müssen • Anlagen mit bis zu 60% Abfalleinsatz und • Anlagen mit einem Abfalleinsatz von mehr als 60%. Das Minderungspotenzial wurde auf Grundlage einer Einzelofenanalyse auf Basis von [Tebert et al., 2007] quantifiziert. Danach konnten 47 von 58 im Jahr 2006 betriebene Öfen Abfallmitverbrennungsanlagen zugeordnet werden. Diese Anlagen unterliegen der 17. BImSchV. Für 11 Öfen gelten die Emissionswerte der TA Luft [TA Luft, 2002]. Zum Zeitpunkt der Projektbearbeitung lagen keine gesicherten Informationen zu den geplanten Neubaukapazitäten der Zementindustrie vor. Aus diesem Grund wurde angenommen, dass bis 2020 keine neuen Zementwerke in Betrieb genommen werden. Es ist aber nicht auszuschließen, dass die bestehenden Anlagen wesentlich geändert werden, z.B. durch Beantragung der Mitverbrennung von Abfällen für TA Luft Anlagen oder durch Erhöhung des genehmigten Abfalleinsatzes (Zementwerke der 17. BImSchV). Für 45 von 47 Abfallmitverbrennungsanlagen wird eine wesentliche Änderung im Sinne der Novellierung der 17. BImSchV angenommen. Weiterhin wird angenommen, dass eine von 11 TA Luft-Anlagen in Zukunft Abfall mitverbrennen wird. Demzufolge gilt der neue Grenzwert der novellierten 17. BImSchV auch für diese eine ehemalige TA-Luft Anlage. In 33 Öfen mit Genehmigung nach 17. BImSchV ist neben weiteren NO_x-Minderungsmöglichkeiten (NO_x-mindernde Abfallstoffe, sonstige NO_x-Reduzierung) SNCR-Technologie (Selective Non-Catalytic Reduction) installiert. 5 Anlagen haben keine SNCR-Technologie installiert, sondern setzen entweder nur NO_x-mindernde Abfallstoffe ein (3 Anlagen) oder greifen nur zu sonstigen NO_x-reduzierenden Möglichkeiten (1 Anlage) oder kombinieren beides (1 Anlage). Für die restlichen 9 Abfallmitverbrennungsanlagen gibt es in der verwendeten Literatur [Tebert et al., 2007] keine Angaben zu den eingesetzten NO_x-	

Minderungstechnologien. Durch die Novellierung 17. BImSchV ergibt sich im Falle der "ehemaligen" TA Luft-Anlage für die Jahre 2015 und 2020 ein Minderungspotenzial von jeweils ca. 0,27 kt. Für Anlagen mit bis zu 60% Abfalleinsatz ergibt sich 2015 und 2020 ein Minderungspotenzial von 4,67 kt NO_x-Emissionen. Für Anlagen mit Genehmigung nach 17. BImSchV mit mehr als 60% Abfalleinsatz wurden für die Referenzjahre 2015 und 2020 Minderungspotenziale von 1,3 kt NO_x-Emissionen berechnet. Daher ergibt sich durch die Novellierung der 17. BImSchV für das Jahr 2015 ein Minderungspotenzial von 6,25 kt und im Referenzjahr 2020 ein Minderungspotenzial von 6,21 kt NO_x-Emissionen.	
Ansatz Novellierung der 17. BImSchV	
Stand der Umsetzung Die Novellierung der 17. BImSchV wurde am 27. Januar 2009 beschlossen und ist seit dem 01. Februar 2009 in Kraft.	
Umsetzungshorizont Umsetzung möglich bis: 2010 ☐ 2015 ☒ 2020 ☐	
Kosten Die durch die Novellierung der 17. BImSchV anfallenden Kosten werden mit Null bewertet, da es sich um „Current legislation“ handelt.	
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz) In SCR-Reaktoren werden auch NMVOC und PCDD/F zurückgehalten. Darüber hinaus sind im Vergleich zur SNCR-Technik i.d.R. wesentlich niedrigere Ammoniakemissionen zu erwarten [Draft BREF Zement Mai 2009]. Im Falle der SCR-Pilotanlage von der Solnhofen Portland Zementwerke AG wurden bei < 500 mg/Nm³ NO_x-Emissionen weniger als 1 mg/Nm³ NH₃-Emissionen erreicht [UBA AT 2003]. Der NH₃-Schlupf liegt auch nach Angaben eines italienischen Anlagenbetreibers unter 1 mg/Nm³ [Leibacher et al., 2009]. Ein positiver oder negativer Einfluss auf die Energieeffizienz ist denkbar, je nachdem ob der Energiebedarf für die SCR-Anlage durch Fremdenergie oder durch Wärmeverschiebung innerhalb der Anlage zur Verfügung gestellt wird.	

Tabelle 45 stellt die aus der Novellierung der 17. BImSchV resultierenden Emissionsfaktoren, Aktivitäten und Emissionen für NO_x dar sowie die Änderungen gegenüber dem Referenzszenario für die spezifischen Strukturelemente.

Tabelle 45: Aktivitätsraten, Emissionsfaktoren und Emissionen für die Zementherstellung infolge der Novellierung der 17. BImSchV

Strukturelement	ZSE-Bezeichnung	Maßnahme	Schadstoff	Wertetyp	Einheit	2010	2015	2020
Zement klinkerproduktion	IP SE ZEMKLI			AR	t	28.112.503	27.911.986	27.711.469
	IP SE ZEMKLI	SCR	NO _x	EF	kg/t	0,92	0,70	0,70
	IP SE ZEMKLI	SCR	NO _x	EM	t	25.864	19.429	19.289
Änderung gegenüber Referenzszenario			NO_x	EM	t	0	-6.250,43	-6.205,53

4.2 Absenkung des NO_x-Emissionsgrenzwertes auf < 200 mg/Nm³ für alle Anlagen zur Herstellung von Zement

	P 001
Kurzbeschreibung Diese Maßnahme betrachtet den Einsatz der SCR-Technologie (Selective Catalytic Reduction) als Alternative oder Ergänzung zur eingesetzten SNCR-Technologie (Selective Non-Catalytic Reduction). Für den Einsatz der SCR-Technologie in der Zementindustrie kommen zwei Verfahrensvarianten in Betracht: ➤ die High-Dust-Schaltung (vor dem Staubabscheider) und ➤ die Low-Dust-Schaltung (nach dem Staubabscheider). Die Low-Dust-Schaltung erfordert gegenüber der High-Dust-Schaltung eine Wiederaufheizung des Abgases nach der Entstaubung. Dies hat höhere Betriebskosten zur Folge. Versuche zur High-Dust-SCR gab es bereits in den 90er Jahren in Deutschland, Italien, Österreich und Schweden. Auch in der Zementindustrie wurde die High-Dust-Variante des SCR-Verfahrens getestet. Diese erzielt ein Minderungspotenzial von 85-95% der NO_x-Emissionen. Es wurden NO_x-Emissionswerte von ca. 100-200 mg/Nm³ erreicht, jedoch nicht im Dauerbetrieb. Dieses Verfahren wird von den Anlagenbetreibern aus technischen und wirtschaftlichen Gründen bevorzugt [Draft BREF Zement, 2009]. In der deutschen Zementindustrie beträgt die Zahl der sich in Betrieb befindlichen Öfen 58. Davon sind 47 Abfall-Mitverbrennungsanlagen und unterliegen der 17. BImSchV. Für die restlichen 11 Öfen gelten die Emissionswerte der TA Luft [TA Luft, 2002], da diese keine Abfallmitverbrennung durchführen [Tebert et al., 2007]. Minderungspotenzial Die Zementindustrie verursacht laut Referenzszenario im Jahr 2010 25,9 kt, im Jahr 2015 25,7 kt und im Jahr 2020 25,5 kt NO_x-Emissionen [UBA, 2007]. Für die Berechnung der Minderungspotenziale wird angenommen, dass aufgrund steigender Brennstoffpreise alle Zementöfen Abfall einsetzen bzw. ihren Abfalleinsatz erhöhen werden. Daher betrifft diese Maßnahme 100% des Anlagenbestandes. Bedeutende Minderungspotenziale werden ab 2015 erwartet. Durch die Verschärfung des NO_x-Grenzwertes auf < 200 mg/Nm³ ergeben sich im Falle der aktuellen TA Luft-Anlagen für die Jahre 2015 und 2020 Minderungspotenziale von 4,6 kt. Die für die Jahre 2015 und 2020 berechneten Minderungspotenziale für Zementwerke mit Genehmigung nach 17. BImSchV mit bis zu 60% Abfalleinsatz liegen bei jeweils 2,4 kt NO_x-Emissionen. Bezogen auf die Zementwerke mit Genehmigung nach 17. BImSchV mit mehr als 60% Abfalleinsatz wurden für die Referenzjahre 2015 und 2020 Minderungspotenziale von jeweils 5,3 kt berechnet. Damit ergibt sich für das Jahr 2015 ein Minderungspotenzial von 12,42 kt und von 12,33 kt für das Jahr 2020 gegenüber dem PAREST-Referenzszenario. Bezogen auf das „PAREST-Referenzszenario+Implementierung der 17.BImSchV“ ergibt sich für TA Luft-Anlagen für die Referenzjahre 2015 und 2020 jeweils ein Minderungspotenzial von 2,6 kt NO_x-Emissionen. Für Anlagen mit Genehmigung nach 17. BImSchV mit bis zu 60% Abfalleinsatz liegen die Minderungspotenziale für die Jahre 2015 und 2020 jeweils bei 0,5 kt. Bezogen auf die Anlagen mit Genehmigung nach 17. BImSchV mit mehr als 60% Abfalleinsatz wurden für die Jahre 2015 und 2020 Minderungspotenziale von jeweils 0,1 kt NO_x-Emissionen berechnet. Somit wurden für die Referenzjahre 2015 und 2020 über die Novellierung der 17. BImSchV hinaus Gesamt-minderungspotenziale von 3,2 kt berechnet.	
Ansatz Verschärfung der Emissionswerte der TA Luft und und der Grenzwerte der 17. BImSchV, da bei Pilotversuchen in Österreich, Deutschland, Italien und Schweden NO_x-Emissionswerte von ca. 100-200 mg/m³ erreicht wurden [Draft BREF Zement, 2009].	
Stand der Umsetzung Die TA Luft enthält zusätzlich zum Emissionswert eine Dynamisierungsklausel zur weiteren Verringerung der NO_x-Emissionen.	

Umsetzungshorizont	
Umsetzung möglich bis:	2010 ☐ 2015 ☒ 2020 ☐
Kosten	
Die Kosten für den Einsatz der SCR-Technik in der Zementindustrie sind unterschiedlich und hängen von den Katalysatorherstellungskosten und den Standzeiten der Katalysatoren ab. Im Gegensatz zur SNCR-Technik sind bei der SCR-Technik die Investitionskosten höher. Diese Tatsache ist ausschlaggebend für die Anlagenbetreiber bei der Beschaffung und Installation einer SCR-Anlage. Diese liegen Berechnungen nach für das Erreichen eines Reingaswertes von 200 mg/Nm³ (Anlagenkapazität von 1500 t Klinker/Tag, Rohgaskonzentration 1200 mg/Nm³) bei 2,5 €/t_{Klinker}. Der Verein Deutsche Zementwerke (VDZ) hat Werte zwischen 3,2-4,5 €/t_{Klinker} (Anlagenkapazität von 1500 t_{Klinker}/Tag, Rohgaskonzentration 1200 mg/Nm³) ermittelt [Draft BREF Zement, 2009]. Investitionskosten für eine Vorwärmerofenanlage mit einer Klinkerleistung von 3000 t/d wurden auf 3,5 bis 4,5 Mio. € geschätzt [BREF Zement 2001], [VDZ Jahresbericht 2007/2008]. Die Betriebskosten einer SCR-Anlage liegen nach VDZ-Berechnungen zwischen 1,75-2 €/t_{Klinker} [Draft BREF Zement, 2009]. Nach Angaben italienischer Anlagenbetreiber liegen diese für 90% NO_x-Minderungspotenzial zwischen 1,0-1,3 €/t_{Klinker} [Cementeria di Monselice SpA, 2008]. Als Grundlage für die Berechnung der Kosten für diese Maßnahme, wurden die Angaben einer Beispielanlage mit einer Kapazität von 1500 t_{Klinker}/Tag herangezogen. Es wurde weiterhin angenommen, entsprechend den Angaben des VDZ, dass die Verfügbarkeit der Anlagen im Mittel bei 320 Tagen im Jahr liegt, deren Auslastung im Jahr 1998 im Mittel 64% betrug und dass die mittlere Betriebsdauer der Anlage bei 205 Tagen im Jahr liegt [VDZ Tätigkeitsbericht], [Draft BREF Zement, 2009], [Achternbosch, 2000]. Die Annuitäten (A_i) der Maßnahme betragen 1,43 €/t_{Klinker} pro Jahr bei angenommenen Investitionskosten (C₀) von 0,79 €/t_{Klinker} [Draft BREF Zement, 2009], laufenden Kosten (OC) von 0,64 €/t_{Klinker} [Draft BREF Zement, 2009], einer Diskontrate von 3% und einer Lebensdauer (n) der Maßnahme von 15 Jahren [Achternbosch, 2000]. Daraus ergeben sich im Falle der Referenzjahre 2015 und 2020 für die Zementindustrie in Deutschland Gesamtkosten von 39,98 Mio. €₂₀₀₀ und 39,69 Mio. €₂₀₀₀ (1,43 €/t_{Klinker} × 27,71·10⁶ t).	
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz)	
Im SCR-Reaktor werden, durch die gleichzeitige Kohlenwasserstoffumsetzung an den Katalysatoren auch NMVOC und PCDD/F zurückgehalten. Darüber sind im Vergleich zur SNCR-Technik i.d.R. wesentlich niedrigere Ammoniakemissionen zu erwarten [BREF Zement Mai 2009]. Im Falle der SCR-Pilotanlage von der Solnhofer Portland Zementwerke AG wurden bei weniger als 500 mg/Nm³ NO_x-Emissionen weniger als 1 mg/Nm³ NH₃-Emissionen erreicht [UBA AT, 2003]. Der NH₃-Schlupf liegt auch nach Angaben eines italienischen Anlagenbetreibers unter 1 mg/Nm³ [Leibacher et al., 2009]. Ein positiver oder negativer Einfluss auf die Energieeffizienz ist denkbar, je nach dem, ob der Energiebedarf für die SCR-Anlage durch Fremdenergie oder durch Wärmeverschiebung innerhalb der Anlage zur Verfügung gestellt wird.	

Tabelle 46 stellt die der Maßnahme P 001 zugrunde liegenden Aktivitäten, Emissionsfaktoren und Emissionen für NO_x dar sowie die Änderungen gegenüber dem PAREST-Referenzszenario bzw. dem Referenzszenario + Novellierung der 17. BImSchV für die spezifischen Strukturelemente.

Tabelle 46: Aktivitätsraten, Emissionsfaktoren und Emissionen für die Zementherstellung - Maßnahme P 001

Strukturelement	ZSE-Bezeichnung	Maßnahme	Schadstoff	Wertetyp	Einheit	2010	2015	2020
Zement-klinkerproduktion	IP SE ZEMKLI			AR	t	28.112.503	27.911.986	27.711.469
		SCR	NO _x	EF	kg/t	0,92	0,47	0,47
		SCR	NO _x	EM	t	25.864	13.258	13.162
Änderung gegenüber Parest-Referenz			NO _x	EM	t	0	-12.421,38	-12.332,14
Änderung gegenüber Referenz-szenario „PAREST-Referenzszenario +Implementierung der 17.BImSchV“			NO _x	EM	t	0	-3.176,39	-3.153,57

4.3 Absenkung des NO_x-Emissionswertes auf < 500 mg/Nm³ für Anlagen zur Herstellung von Glas

P 002	
Kurzbeschreibung	
Der Einsatz der SCR-Technologie (Selective Catalytic Reduction) ist eine Alternative oder eine Ergänzung der SNCR-Technologie (Selective Non-Catalytic Reduction). Im Vergleich zur SCR-Technologie ist die Wirksamkeit der SNCR-Technologie geringer. Zur Erfüllung des derzeitigen Emissionswertes von 500 mg/Nm³ wird in der Glasindustrie bei den meisten derzeitigen Anwendungen der SCR-Prozess eingesetzt. Ziel dieser Maßnahme ist es, bei den Prozessen zur Herstellung von Glas NO_x-Emissionswerte von weniger als 500 mg/Nm³ zu erreichen. Im Falle der meisten SCR-Anwendungen sind NO_x-Minderungen von 70-80% erreicht worden, bei einer neuen Anlage können 80-95% Emissionsminderung erzielt werden [BREF Glas, 2000]. Von Flach- und Behälterglasherstellern sind aus der Anwendung der SCR-Technologie NO_x-Emissionen von 389 bis 500 mg/Nm³ (2005/2006) berichtet worden [Draft BREF Glas, 2008]. Die NO_x-Emissionswerte liegen nach TA Luft für Neuanlagen bei 500 mg/Nm³ bzw. 800 mg/Nm³ (für U-Flammenwannen oder Querbrennerwannen mit einem Abgasvolumenstrom von weniger als 50.000 m³/h) (Übergangsfrist bis Juli 2010) [TA Luft, 2002]. Für Altanlagen gilt ein Emissionswert von 800 mg/Nm³ [TA Luft, 2002].	
Minderungspotenzial	
Die Glasindustrie verursacht im Jahr 2010 laut Referenzszenario [Jörß et al., 2010] etwa 10,4 kt NO_x-Emissionen. Die Emissionsmengen liegen im Jahr 2015 bei etwa 10,5 kt und im Jahr 2020 bei ca. 10,6 kt NO_x [UBA, 2007]. Die Berechnung der Minderungspotenziale erfolgt für Anlagen der Glasindustrie; ausgenommen sind Anlagen zur Herstellung von Steinwolle, da bei diesen die SCR-Technologie nicht angewendet werden kann. Anlagen zur Herstellung von Steinwolle fallen nicht unter die 2.8er Anlagen (vgl. Anhang der 4. BImSchV, Nr. 2.8) der 4. BImSchV [4. BImSchV, 2010], sondern sind der Nr. 2.11 (vgl. Anhang der 4. BImSchV, Nr. 2.11) zuzuordnen, wobei die Unterscheidung aufgrund des Herstellungsprozesses (im Kupolofen statt in der Schmelzwanne) erfolgt [UBA Glas, 2010]. Unter der Annahme, dass die Installation der SCR-Technologie in allen anderen Anlagen der Glasindustrie möglich ist, wird die Anwendbarkeit dieser Maßnahme auf 100% der Anlagen geschätzt. Bedeutende Emissionsminderungen werden erst ab 2015 erwartet. Durch eine Anpassung des NO_x-Emissionswertes der TA Luft entsprechend dem fortgeschrittenen Stand der Technik auf 500 mg/Nm³ ergibt sich für das Jahr 2015 ein Minderungspotenzial von 3,9 kt und für das Referenzjahr 2020 ein Minderungspotenzial von 4,0 kt NO_x-Emissionen.	
Ansatz	
Anpassung des NO_x-Emissionswertes der TA Luft entsprechend dem fortgeschrittenen Stand der Technik, da es bereits Anlagen gibt, die durch den Einsatz der SCR-Technologie NO_x-Emissionswerte unter 500 mg/Nm³ erreicht haben [Theloke et al., 2007], [Draft BREF, Glas 2008].	
Stand der Umsetzung	
Die TA Luft enthält zusätzlich zum Emissionswert eine Dynamisierungsklausel zur weiteren Verringerung der NO_x-Emissionen.	
Umsetzungshorizont	
Umsetzung möglich bis: 2010 ☐ 2015 ☒ 2020 ☐	
Kosten	
Die SCR-Technologie ist ein relativ kostenintensives Verfahren im Vergleich zu Primärmaßnahmen. Die Investitions- und Betriebskosten hängen stark von der Anlagenkonfiguration und den spezifischen örtlichen Gegebenheiten ab. Die Investitionskosten sind abhängig von der Anlagengröße und umfassen die Anlagenkosten und die Montagekosten. Angaben verschiedener Anlagen zufolge liegen diese zwischen 1,3 -2,3 Mio. €₁₉₉₀₋₁₉₉₄ [BREF Glas, 2000], [Draft BREF Glas, 2008]. Die Betriebskosten liegen nach Angaben von Anlagenbetreibern zwischen 0,45-0,54 Mio. €₁₉₉₀₋₁₉₉₄. Die Betriebskosten für SCR-Anwendungen mit Elektrofiltern und Absorption saurer Abgasbestandteile liegen	

zwischen 0,07-0,47 Mio. €. Die von PLM in Bad Münde (Deutschland) angegebenen Betriebskosten lagen 1994 bei $1,6 \text{ €}_{1994}/t_{\text{Glas}}$ [BREF Glas, 2000], [Draft BREF Glas, 2008].

Im Falle einer Referenzanlage des Umweltbundesamtes (Geheizte U-Flammenwanne mit SCR-Anlage und Elektrofilter) betragen die Kosten für den Katalysator $2,0 \text{ €}_{1994}/t_{\text{Glas}}$ [Gitzhofer, 2007].

Als Grundlage für die Berechnung der Kosten für diese Maßnahme, wurden die Angaben zu den Investitions- und Betriebskosten einer Behälterglaswanne mit einer Kapazität von $300 \text{ t}_{\text{Glas}}/\text{Tag}$ herangezogen. Es wurde außerdem angenommen, dass die Verfügbarkeit der Anlagen im Mittel bei 350 Tagen im Jahr liegt.

Die Annuitäten (A_t) der Maßnahme betragen $2,00 \text{ €}_{2000}/t_{\text{Glas}}$ pro Jahr bei angenommenen Investitionskosten (C_0) von $0,81 \text{ €}_{2000}/t_{\text{Glas}}$ [BREF Glas, 2000], laufenden Kosten (OC) von $1,19 \text{ €}_{2000}/t_{\text{Glas}}$ [BREF Glas, 2000], einer Diskontrate von 3% und einer Lebensdauer (n) der Maßnahme von 15 Jahren [Gitzhofer, 2007]. Daraus ergeben sich für 2015 Gesamtkosten von 14,66 Mio. €_{2000} ($2,00 \text{ €}_{2000}/t_{\text{Glas}} \times 7,83 \cdot 10^6 \text{ t}_{\text{Glas}}$) und für 2020 Gesamtkosten von 14,79 Mio. €_{2000} ($2,00 \text{ €}_{2000}/t_{\text{Glas}} \times 7,89 \cdot 10^6 \text{ t}_{\text{Glas}}$).

Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz)

Durch die SCR-Technologie werden neben NO_x zusätzlich NMVOC-Emissionen gemindert. Von Bedeutung sind auch die höheren Ammoniakemissionen durch NH_3 -Schlupf. Genaue Angaben hierzu sind jedoch nicht verfügbar [Theloke et al., 2007]. Der Betrieb einer SCR-Anlage führt außerdem zu einem höheren Energieverbrauch [Draft BREF Glas, 2008].

Tabelle 47 stellt die der Maßnahme P 002 zugrunde liegenden Aktivitäten, Emissionsfaktoren und Emissionen für NO_x dar sowie die Änderungen gegenüber dem PAREST-Referenzszenario für die spezifischen Strukturelemente.

Tabelle 47: Aktivitätsraten, Emissionsfaktoren und Emissionen für die Glasherstellung - Maßnahme P 002

Struktur- element	ZSE- Bezeichnung	Maßnahme	Schadstoff	Werttyp	Einheit	2010	2015	2020
Glas- herstellung	IP SE GLAS behälter			AR	t	4.435.788,31	4.475.801,87	4.515.815,42
Glas- herstellung	IP SE GLAS flach			AR	t	1.709.451,96	1.724.872,28	1.740.292,59
Glas- herstellung	IP SE GLAS kristall			AR	t	343.784,38	346.885,53	349.986,68
Glas- herstellung	IP SE GLAS spezial			AR	t	408.212,75	411.895,09	415.577,42
Glas- herstellung	IP SE GLAS fasern			AR	t	376.159,01	379.552,20	382.945,39
Glas- herstellung	IP SE GLAS behälter	SCR	NO _x	EF	kg/t	1,42	0,53	0,89
Glas- herstellung	IP SE GLAS flach	SCR	NO _x	EF	kg/t	1,42	0,53	0,89
Glas- herstellung	IP SE GLAS kristall	SCR	NO _x	EF	kg/t	1,42	0,53	0,89
Glas- herstellung	IP SE GLAS spezial	SCR	NO _x	EF	kg/t	1,42	0,53	0,89
Glas- herstellung	IP SE GLAS fasern	SCR	NO _x	EF	kg/t	1,42	0,53	0,89
Glas- herstellung	IP SE GLAS behälter	SCR	NO _x	EM	t	6.320,45	2.391,55	4.021,55
Glas- herstellung	IP SE GLAS flach	SCR	NO _x	EM	t	2.435,76	921,65	1.549,81
Glas- herstellung	IP SE GLAS kristall	SCR	NO _x	EM	t	489,85	185,35	311,68
Glas- herstellung	IP SE GLAS spezial	SCR	NO _x	EM	t	581,65	220,09	370,09
Glas- herstellung	IP SE GLAS fasern	SCR	NO _x	EM	t	535,98	202,81	341,03
Änderung gegenüber Referenz- szenario	IP SE GLAS behälter	SCR	NO _x	EM	t	0,00	-2.391,55	-2.412,93
Änderung gegenüber Referenz- szenario	IP SE GLAS flach	SCR	NO _x	EM	t	0,00	-921,65	-929,89
Änderung gegenüber Referenz- szenario	IP SE GLAS kristall	SCR	NO _x	EM	t	0,00	-185,35	-187,01
Änderung gegenüber Referenz- szenario	IP SE GLAS spezial	SCR	NO _x	EM	t	0,00	-220,09	-222,05
Änderung gegenüber Referenzsze- nario	IP SE GLAS fasern	SCR	NO _x	EM	t	0,00	-202,81	-204,62
Änderung gegenüber Referenzszenario				EM	t	0,00	-3.921,44	-3.956,50

4.4 Absenkung des NO_x-Emissionswertes auf < 100 mg/Nm³ für Sinteranlagen

		P 003	
Kurzbeschreibung Die NO _x -Emissionswerte liegen gemäß TA Luft bei < 400 mg/Nm ³ [TA Luft, 2002]. Ziel dieser Maßnahme ist es, im Abgas des Sinterbands NO _x -Emissionswerte von < 100 mg/Nm ³ zu erreichen. Abhängig von der Art des Katalysators, der Betriebstemperatur und der Ammoniakzugabe sind durch den Einsatz der SCR-Technologie NO _x -Minderungen von > 90 % erreichbar. Die NO _x -Emissionen liegen beim Einsatz der SCR-Technologie bei etwa 56-108 mg/Nm ³ (2005-2006) [BREF I&S, 2001], [Draft BREF I&S, 2008].			
Minderungspotenzial Sinteranlagen verursachen laut Referenzszenario im Jahr 2010 10,2 kt NO _x -Emissionen. Für das Jahr 2015 liegen die Emissionswerte bei 9,6 kt und im Jahr 2020 bei 8,9 kt NO _x [UBA, 2007]. Die Anwendbarkeit dieser Maßnahme wird auf 100% der bestehenden Anlagen geschätzt. Relevante NO _x -Minderungen durch die Umsetzung dieser Maßnahme werden erst für das Jahr 2020 erwartet. Durch Anpassung des NO _x -Emissionswertes der TA Luft entsprechend dem fortgeschrittenen Stand der Technik auf 100 mg/Nm ³ ergibt sich für das Jahr 2020 ein theoretisches Minderungspotenzial von 7,4 kt NO _x -Emissionen. Die Berechnungsgrundlagen und die Ergebnisse dieser Maßnahme sind in Tabelle 48 zusammengefasst.			
Ansatz Langfristig wäre eine Anpassung des Emissionswertes der TA Luft entsprechend dem fortgeschrittenen Stand der Technik denkbar, wenn sich der Stand der Technik weiterentwickelt hat [Theloke et al., 2007].			
Stand der Umsetzung Die SCR-Technik wird bisher in europäischen Sinteranlagen nicht angewendet; es gibt nur vereinzelte Anlagen in Fernost, u.a. 2 in Japan. Neuere Informationen liegen zu diesen Anlagen nicht vor, allerdings laufen zurzeit Pilotversuche bei der Voestalpine in Linz [BREF I&S, 2001].			
Umsetzungshorizont Umsetzung möglich bis: 2010 ☐ 2015 ☐ 2020 ☒			
Kosten Generell hängen die spezifischen Investitions- und Betriebskosten der Maßnahme stark von der Anlagenkonfiguration und den spezifischen örtlichen Gegebenheiten ab. Die entscheidenden Kostenfaktoren sind der Katalysatoreinsatz, der Ammoniakverbrauch und Kosten für die Vorwärmung des Abgases. Die Investitionskosten für eine SCR-Anlage erreichen 25-45 € ₁₉₉₆ /(Nm ³ /h). Die Betriebskosten können zwischen 0,4-2,0 € ₁₉₉₆ /t _{Sinter} liegen [BREF I&S, 2001], [Draft BREF I&S, 2008]. Als Grundlage für die Kostenberechnung für diese Maßnahme, wurden die Angaben zu den Investitions- und Betriebskosten einer Sinteranlage mit einer Kapazität von 4 Mio. t _{Sinter} /Jahr, mit einem Abgasvolumenstrom von 1 Mio. Nm ³ /h und einer Betriebszeit von 8640 h/Jahr herangezogen [BREF I&S, 2001], [Draft BREF I&S, 2008]. Die Annuitäten (A _t) der Maßnahme betragen 2,61 € ₂₀₀₀ /t _{Sinter} pro Jahr bei angenommenen Investitionskosten (C ₀) von 0,77 € ₂₀₀₀ /t _{Sinter} [Draft BREF I&S, 2008], laufenden Kosten (OC) von 1,84 € ₂₀₀₀ /t _{Sinter} [Draft BREF I&S, 2008], einer Diskontrate von 3% und einer Lebensdauer (n) der Maßnahme von 15 Jahren. Daraus ergeben sich für 2020 Gesamtkosten der Maßnahme von 54,95 Mio. € ₂₀₀₀ (2,61 € ₂₀₀₀ /t _{Sinter} x 21,08*10 ⁶ t _{Sinter}).			
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz) Da die Abgase vor der Zuführung zur SCR wieder erhitzt werden müssen, um die nötigen Temperaturen zu erreichen, steigt entweder der Energieverbrauch und die damit verbundenen Kosten und CO ₂ -Emissionen, oder es ist eine aufwendige Wärmeverschiebung erforderlich [BREF I&S 2001], [Draft BREF I&S 2008].			

Tabelle 48 stellt die der Maßnahme P 003 zugrunde liegenden Aktivitäten, Emissionsfaktoren und Emissionen für NO_x dar sowie die Änderungen gegenüber dem PAREST-Referenzszenario für die spezifischen Strukturelemente.

Tabelle 48: Aktivitätsraten, Emissionsfaktoren und Emissionen für Sinterherstellung infolge der Maßnahme P 003

Strukturelement	ZSE-Bezeichnung	Maßnahme	Schadstoff	Wertetyp	Einheit	2010	2015	2020
Sinteranlagen	IP ES SINTER			AR	t	23.780.000	22.430.000	21.080.000
Sinteranlagen	IP ES SINTER	SCR	NO _x	EF	kg/t	0,43	0,43	0,07
Sinteranlagen	IP ES SINTER	SCR	NO _x	EM	t	10.218	9.550	1.416
Änderung gegenüber Referenzszenario			NO_x	EM	t	0	0	-7.434,90

4.5 Absenkung des NO_x-Emissionswertes auf < 200 mg/Nm³ für Anlagen zur Herstellung von Walzstahl

		P 004	
Kurzbeschreibung			
Ziel dieser Maßnahme ist es, bei den relevanten Quellen der Warm- und Kaltwalzanlagen NO_x-Emissionswerte von weniger als 200 mg/Nm³ zu erreichen. Die NO_x-Werte sind von der Art des Katalysators, der Betriebstemperatur und der Ammoniakzugabe abhängig. Durch den Einsatz der SCR-Technologie bei einem holländischen Hubbalkenofen mit einer Produktionskapazität von jährlich 2,3 Mio. t wird eine Gesamtreduktionsrate von über 85% erreicht. Das Minderungspotenzial der NO_x-Emissionen aus Beizbädern beträgt bis zu 95% mit einem typischen Bereich von 70-90%. In diesem Fall hängen die erreichten NO_x-Werte von der Ausgangskonzentration ab. Berichtet wurden NO_x-Emissionswerte von 205-320 mg/Nm³ (Warmwalzwerk) und 200 mg/Nm³ (Kaltwalzwerk) [BREF Stahlverarbeitung, 2001], [Kroon, 2003]. Für Wärmeöfen der Walzwerke gilt nach TA Luft ein erhöhter Emissionswert für NO_x von 500 mg/Nm³; für bestehende Beizanlagen mit salpetersäurehaltigen Mischbeizen ein erhöhter Wert von 700 mg/m³, für die übrigen Emissionsquellen einschließlich der Wärmebehandlungsöfen jedoch der allgemeine NO_x-Emissionswert von 350 mg/m³ [TA Luft, 2002]. Zur sekundären Minderung der NO_x-Emissionen aus der Stahlverarbeitung kommen die SCR- und die SNCR-Technologie in Betracht. Im Vergleich zur SNCR können mit der SCR in den meisten Anwendungsfällen höhere Minderungsleistungen erreicht werden, allerdings ist der Investitionsaufwand meist wesentlich höher. Zum Beispiel wird die SCR-Technologie in Holland bei einem Hubbalkenofen zur Produktion warmgewalzten Stahls sowie im Kaltwalzwerk der finnischen Outokumpu Tornio Anlage zur Minderung der NO_x-Emissionen von Mischsäurebeizen angewendet; die SNCR-Technik z.B. bei zwei Hubbalkenöfen im Warmwalzwerk Avesta Sheffield [BREF Stahlverarbeitung, 2001].			
Minderungspotenzial			
Walzstahlwerke verursachen 2010 laut Referenzszenario 11,1 kt an NO_x-Emissionen. Für das Referenzjahr 2015 liegen die Emissionsmengen bei 9,5 kt und für 2020 bei 7,6 kt NO_x [Jörß et al., 2010]. Unter der Annahme, dass die Installation der SCR-Technologie in allen Warm- und Kaltwalzanlagen möglich ist, wird die Anwendbarkeit dieser Maßnahme auf 100% des Walzstahl-Anlagenbestandes geschätzt. Durch eine Anpassung des NO_x-Emissionswertes der TA Luft entsprechend dem fortgeschrittenen Stand der Technik auf < 200 mg/Nm³ ergibt sich für das Referenzjahr 2020 ein Minderungspotenzial von 6,1 kt.			
Ansatz			
Anpassung des NO _x -Emissionswertes der TA Luft entsprechend dem fortgeschrittenen Stand der Technik, z.B. durch Aufhebung der o.g. Altanlagenregelungen.			
Stand der Umsetzung			
In Deutschland gibt es bisher keine derartigen Anlagen.			
Umsetzungshorizont			
Umsetzung möglich bis: 2010 ☐ 2015 ☐ 2020 ☒			
Kosten			
Generell hängen die spezifischen Investitions- und Betriebskosten der Maßnahme stark von der Anlagenkonfiguration und den spezifischen örtlichen Gegebenheiten ab und sind sehr hoch. Die geschätzten Installationskosten einer SCR-Anlage für einen 50 MW Ofen liegen bei ca. 1,2-2,8 Mio. €. Die Betriebskosten erreichen 0,1 €/GJ. Die Gesamtkosten liegen bei 2000 Betriebsstunden/a zwischen 0,2-0,5 Mio. €/a und bei 8000 Betriebsstunden/a zwischen 0,3-0,6 Mio. €/a. Ein holländische Warmwalzwerk hat 1,89 €/kg NO_x-Minderung berichtet [BREF Stahlverarbeitung, 2001]. Als Grundlage für die Kostenberechnung für diese Maßnahme wurden die Angaben zu den geschätzten Kosten für einen 50 MW Ofen mit einer durchschnittlichen Betriebszeit von 5000 h/a herangezogen [BREF Stahlverarbeitung, 2001]. Zur Berechnung der Gesamtjahresleistung wurde ein Richtwert von 20 t/h genommen. Warmwalzanlagen mit einer Kapazität von > 20 t/h fallen unter die IPPC-Richtlinie [Kroon, 2003].			

Die Annuitäten (A_i) der Maßnahme betragen $2,49 \text{ €}_{2000}/t_{\text{Walzstahl}}$ pro Jahr bei angenommenen Investitionskosten (C_0) von $1,74 \text{ €}_{2000}/t_{\text{Walzstahl}}$ [BREF Stahlverarbeitung, 2001], laufenden Kosten (OC) von $0,75 \text{ €}_{2000}/t_{\text{Walzstahl}}$ [BREF Stahlverarbeitung, 2001], einer Diskontrate von 3% und einer Lebensdauer (n) der Maßnahme von 10 Jahren. Daraus ergeben sich für 2020 Gesamtkosten der Maßnahme von 94,53 Mio. €_{2000} ($2,49 \text{ €}_{2000}/t_{\text{Walzstahl}} \times 37,95 \cdot 10^6 t_{\text{Walzstahl}}$).

Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz)

Durch die SCR-Technologie werden neben NO_x zusätzlich NMVOC-Emissionen gemindert. Von Bedeutung sind auch die höheren Ammoniakemissionen durch NH_3 -Schlupf. Genaue Angaben hierzu sind jedoch nicht verfügbar [Theloke et al., 2007].

Kombiniert mit der Kalkbehandlung ergibt sich im Falle der Reduktion von NO_x aus Beizbädern eine gleichzeitige Minderung der HF-Emissionen.

Da die Abluft der Beizbäder vor der Zuführung zur SCR erhitzt werden muss, um die nötigen Temperaturen zu erreichen, steigen der Energieverbrauch und die damit verbundenen Emissionen. Bei den Wärmeöfen und Wärmebehandlungsöfen sind die Abgastemperaturen dagegen hoch genug, so dass für die Anwendung des SCR- oder SNCR-Verfahrens meist keine Wiedererhitzung erforderlich ist (z.T. sind die Temperaturen bereits zu hoch, so dass das Abgas vorher gekühlt oder vermischt werden muss).

Der Betrieb einer SCR-Anlage führt gleichzeitig zu einem signifikant höheren Energieverbrauch.

Die verbrauchten SCR-Katalysatoren führen zu einer Erhöhung der Abfallmenge, die aber vom Hersteller wiederverarbeitet werden kann [BREF Stahlverarbeitung, 2001], [Theloke et al., 2007].

Tabelle 49 stellt die der Maßnahme P 004 zugrunde liegenden Aktivitäten, Emissionsfaktoren und Emissionen für NO_x dar sowie die Änderungen gegenüber dem PAREST-Referenzszenario für die spezifischen Strukturelemente.

Tabelle 49: Aktivitätsraten, Emissionsfaktoren und Emissionen für die Walzstahlherstellung infolge der Maßnahme P 004

Strukturelement	ZSE-Bezeichnung	Maßnahme	Schadstoff	Wertetyp	Einheit	2010	2015	2020
Stahlerzeugung: Walz-Stahl-Produktion	IP ES WALZST			AR	t	37.000.000	37.820.000	37.950.000
Stahlerzeugung: Walz-Stahl-Produktion	IP ES WALZST	SCR	NO_x	EF	kg/t	0,30	0,25	0,04
Stahlerzeugung: Walz-Stahl-Produktion	IP ES WALZST	SCR	NO_x	EM	t	11.100	9.455	1.518
Änderung gegenüber Referenzszenario			NO_x	EM	t	0	0	-6.072

4.6 Absenkung des SO₂-Emissionswertes auf < 100 mg/Nm³ für Sinteranlagen

		P 005
Kurzbeschreibung Der flächendeckende Einsatz von Nasswäschern bzw. Entschwefelungs- oder Nassentschwefelungsanlagen verspricht eine hohe Minderung der SO ₂ -Emissionen. Bei Nassentschwefelung der Abgase lassen sich die SO ₂ -Emissionen um mehr als 90% auf Emissionsgrenzwerte von < 100 mg/Nm ³ senken [BREF I&S, 2001]. Der aktuelle SO ₂ -Emissionswert liegt nach TA Luft bei 500 mg/Nm ³ [TA Luft, 2002].		
Minderungspotenzial Im Referenzszenario werden durch Sinteranlagen im Jahr 2010 23,8 kt, im Jahr 2015 21,2 kt und im Jahr 2020 18,9 kt SO ₂ -Emissionen verursacht [UBA, 2007]. Angenommen wird, dass die Maßnahme auf 100% der Anlagen anwendbar ist und die Minderungswirkung ab 2015 eintreten wird. Eine Anpassung des Emissionswertes der TA Luft entsprechend dem fortgeschrittenen Stand der Technik auf < 100 mg/Nm ³ würde im Jahr 2020 zu 0,6 kt SO ₂ -Emissionen führen. Durch die Maßnahme ergibt sich damit ein Minderungspotenzial von 18,4 kt für das Jahr 2020.		
Ansatz Anpassung des Emissionswertes der TA Luft entsprechend dem fortgeschrittenen Stand der Technik.		
Stand der Umsetzung An europäischen Sinteranlagen wird bisher keine Nassentschwefelung betrieben, sondern nur bei 4 Anlagen in Japan [BREF I&S, 2001]. Eine Nachrüstung von Altanlagen könnte aufgrund des großen Platzbedarfs schwierig sein, zumal zusätzlicher Raum ggf. auch für neu zu errichtende Gewebefilter zur primären Feinstaubminderung benötigt wird.		
Umsetzungshorizont Umsetzung möglich bis: 2010 ☐ 2015 ☐ 2020 ☒		
Kosten Die spezifischen Investitions- und Betriebskosten der Maßnahme hängen stark von der Anlagenkonfiguration und den spezifischen örtlichen Gegebenheiten ab. Laut bestehendem BREF liegen die Investitionskosten für Nassentschwefelungsanlagen bei 50 bis 80 Mio. € ₁₉₉₆ , die Betriebskosten zwischen 0,5 bis 1,1 € ₁₉₉₆ /t _{Sinter} [BREF I&S, 2001]. Falls die Kosten tatsächlich wie dort beschrieben in der Größenordnung der Kosten für eine neue Sinteranlage liegen, könnte diese Maßnahme zur Verlagerung der Sinteranlagen aus Deutschland und somit zu einer Emissionsminderung um 100% führen, bei gleichzeitigem erheblichem Verlust von Arbeitsplätzen und den damit verbundenen negativen ökonomischen Auswirkungen für den Standort Deutschland. Als Grundlage für die Kostenberechnung für diese Maßnahme wurden die oben genannten Angaben zu den Investition- und Betriebskosten einer Sinteranlage mit einer Kapazität von 4 Mio. t _{Sinter} /Jahr, mit einem Abgasvolumenstrom von 1 Mio. Nm ³ /h, einer Betriebszeit von 8640 h/a, einer SO ₂ -Rohemission von 1200 g/t _{Sinter} und einem Entschwefelungswirkungsgrad von 90 % herangezogen [BREF I&S, 2001], [Draft BREF I&S, 2008]. Die Annuitäten (A _t) der Maßnahme betragen 2,84 € ₂₀₀₀ /t _{Sinter} pro Jahr bei angenommenen Investitionskosten (C ₀) von 2,00 € ₂₀₀₀ /t _{Sinter} [Draft BREF I&S, 2008], laufenden Kosten (OC) von 0,84 € ₂₀₀₀ /t _{Sinter} [Draft BREF I&S, 2008], einer Diskontrate von 3% und einer Lebensdauer (n) der Maßnahme von 10 Jahren. Daraus ergeben sich für 2020 Gesamtkosten der Maßnahme von 59,86 Mio. € ₂₀₀₀ (2,84 € ₂₀₀₀ /t _{Sinter} × 21,08 × 10 ⁶ t _{Sinter}).		
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz) Eine Nassentschwefelungsanlage verursacht einen geringfügig erhöhten Energieverbrauch, zusätzlichen Ressourcenverbrauch durch Absorbentien (sofern andere Absorbentien als Stahlschlacke genutzt werden) und anfallende Schlämme (sofern nicht als REA-Gips verwertbar).		

Tabelle 50 stellt die der Maßnahme P 005 zugrunde liegenden Aktivitäten, Emissionsfaktoren und Emissionen für NO_x dar sowie die Änderungen gegenüber dem PAREST-Referenzszenario für die spezifischen Strukturelemente.

Tabelle 50: Aktivitätsraten, Emissionsfaktoren und Emissionen für die Sinterherstellung infolge der Maßnahme P 005

Struktur- element	ZSE- Bezeichnung	Maßnahme	Schad- stoff	Werte- typ	Einheit	2010	2015	2020
Sinter- anlagen	IP ES SINTER			AR	t	23.780.000	22.430.000	21.080.000
Sinter- anlagen	IP ES SINTER	Nasswäscher/ (Nass- Entschwefelung)	SO ₂	EF	kg/t	1,00	0,94	0,03
Sinter- anlagen	IP ES SINTER	Nasswäscher/ (Nass- Entschwefelung)	SO ₂	EM	t	23.770	21.174	568
Änderung gegenüber Referenzszenario			SO₂	EM	t	0	0	18.361,94

4.7 Reduktion der SO₂-Emissionen bei der Schwefelsäureherstellung durch sekundäre Abgasreinigungseinrichtungen bei Doppelkontaktanlagen

		P 006
Kurzbeschreibung Im Falle der Schwefelsäureherstellung bei Kontaktanlagen wird die exotherme Oxidation von SO₂ zu SO₃ nach dem Kontaktverfahren an einem Katalysator, welcher sich in vier bis fünf räumlich getrennten Horden in einem Kontaktturm befindet, durchgeführt. Bei Doppelkontaktverfahren wird das gebildete SO₃ nach der zweiten oder dritten Katalysatorhorde in einem Zwischenabsorber und nach den daran anschließenden Horden in einem Endabsorber absorbiert [UBA AT, 2001]. Als Abgasreinigungseinrichtung kommen Abgaswäscher (alkalisch oder H₂O₂) oder Aktivkohlefilter in Betracht. Abgaswäscher sind bei Einfachkontaktverfahren bereits durch die TA Luft 2002 vorgeschrieben, daher ist die Maßnahme nur für das Doppelkontaktverfahren eine zusätzliche Option [TA Luft, 2002]. Daneben können SO₂-Emissionsminderungen auch durch weitere Technologien bzw. Minderungsverfahren erreicht werden: Einfachkontakt/Einfachabsorption, Erweiterung durch ein 5. Katalysatorbett, einen Cs-dotierten Katalysator in Bett 4 oder 5, durch den Wechsel von Einfach- zu Doppelabsorption, durch Nass- oder kombinierte Nass-/Trockenverfahren, Screening und Austausch von gemauerten Konvertern gegen Edelstahlkonverter, verbesserte Rohgasreinigung (metallurgische Anlage), Verbesserung der Luftfilterung, z.B. durch verbesserte Schwefelfiltration (mit Feinfiltern, Schwefelverbrennung), durch Zweistufenfiltration (Schwefelverbrennung), durch Aufrechterhaltung der Effizienz der Wärmetauscher oder durch Abgaswäsche [BAT LVIC - AAF, 2007]. Beim Doppelkontaktverfahren ohne Abgasreinigung besteht ein erhebliches Minderungspotenzial [Theloke et al., 2007].		
Minderungspotenzial Die Schwefelsäureherstellung verursacht 2010, 2015 und 2020 laut Referenzszenario jeweils 10,7 kt an SO₂-Emissionen, was ca. 2,3% der deutschen SO₂-Emissionen entspricht [UBA, 2007]. Für die Anwendbarkeit wird geschätzt, dass die Hälfte aller Anlagen nach dem Doppelkontaktverfahren arbeitet [Theloke et al., 2007]. Die Minderungseffizienz bezogen auf Doppelkontaktverfahren ohne Abgasreinigung ist > 50%. Durch die Maßnahme ergibt sich für die Jahre 2015 und 2020 bei einer mittleren Minderungseffizienz von 60% und einem angenommenen bereits umgesetzten Implementierungsstand von 0% (bezogen auf Anlagen, bei denen die Maßnahme einsetzbar ist) jeweils ein Minderungspotenzial von ca. 3,2 kt SO₂. Die Berechnungsgrundlagen und die Ergebnisse dieser Maßnahme sind in Tabelle 51 zusammengefasst.		
Ansatz Denkbar wäre eine Wiedereinführung eines Emissionswertes in der TA Luft. Eine weitere Erhöhung des vorgeschriebenen Mindestumsatzgrades ist technisch nicht realisierbar [Theloke et al., 2007].		
Stand der Umsetzung Nach TA Luft existiert kein Emissionsgrenzwert, sondern die Einhaltung eines vorgegebenen Mindestumsatzgrades.		
Umsetzungshorizont Umsetzung möglich bis: 2010 ☐ 2015 ☒ 2020 ☐		
Kosten Generell hängen die spezifischen Investitions- und Betriebskosten der Maßnahme stark von der Anlagenkonfiguration und den spezifischen örtlichen Gegebenheiten ab [Theloke et al., 2007]. Zur Abschätzung der Kosten für eine SO₂-Minderung einer Doppelkontaktanlage (10,5 Vol. % SO₂ vor dem Kontaktturm) wurde ein Gipsuspensionswäscher mit einem Abgasvolumenstrom von 36.000 Nm³/h und eine SO₂-Minderung von 1.200 mg/Nm³ auf 100 mg/Nm³ SO₂ vorausgesetzt. Die angenommene Produktion		

der Schwefelanlage liegt bei 145.000 t/a [UBA Österreich, 2001]. Die Investitionskosten für einen Gipswäscher ohne Vorwäscher und Abwasserreinigung betragen ca. 1,46 Mio €₂₀₀₁. Die Betriebskosten des Gipsuspensionswäschers ergeben sich aus den Wartungskosten, aus dem elektrischen Energiebedarf, aus dem Betriebsmittelbedarf und aus der Entsorgung der Rückstände und liegen bei 0,14 Mio. €₂₀₀₀/tSchwefelsäure [UBA AT, 2001]. Die Annuitäten (A_t) der Maßnahme betragen 1,78 €₂₀₀₀/tSchwefelsäure pro Jahr bei angenommenen Investitionskosten (C_0) von 0,83 €₂₀₀₀/tSchwefelsäure [UBA AT, 2001], laufenden Kosten (OC) von 0,95 €₂₀₀₀/tSchwefelsäure [UBA AT, 2001], einer Diskontrate von 3% und einer Lebensdauer (n) der Maßnahme von 10 Jahren [UBA AT, 2001]. Daraus ergeben sich für 2015 und 2020 Gesamtkosten jeweils von 9,47 Mio. €₂₀₀₀ ($1,78 \text{ €}_{2000}/\text{tSchwefelsäure} \times 5,33 \cdot 10^6 \text{ tSchwefelsäure}$).

Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz)

Durch den Einsatz von Abgaswäschern oder Aktivkohlefiltern können zusätzlich NMVOC-Emissionen gemindert werden.

Tabelle 51 stellt die der Maßnahme P 006 zugrunde liegenden Aktivitäten, Emissionsfaktoren und Emissionen für SO₂ dar sowie die Änderungen gegenüber dem PAREST-Referenzszenario für die spezifischen Strukturelemente.

Tabelle 51: Aktivitätsraten, Emissionsfaktoren und Emissionen für die Schwefelsäureproduktion infolge der Maßnahme P 006

Struktur-element	ZSE-Bezeichner	Maßnahme	Schadstoff	Wertetyp	Einheit	2010	2015	2020
Schwefel-säure-produktion	IP CI H ₂ SO ₄	Nasswäscher/ (Nass-Entschwefelung)		AR	t	3.933.500	3.933.500	3.933.500
Schwefel-säure-produktion	IP NE H ₂ SO ₄	Nasswäscher/ (Nass-Entschwefelung)		AR	t	1.398.500	1.398.500	1.398.500
Schwefel-säure-produktion	IP CI H ₂ SO ₄	Nasswäscher/ (Nass-Entschwefelung)	SO ₂	EF	kg/t	2,00	1,40	1,40
Schwefel-säure-produktion	IP NE H ₂ SO ₄	Nasswäscher/ (Nass-Entschwefelung)	SO ₂	EF	kg/t	2,00	1,40	1,40
Schwefel-säure-produktion	IP CI H ₂ SO ₄	Nasswäscher/ (Nass-Entschwefelung)	SO ₂	EM	t	7.867	5.507	5.507
Schwefel-säure-produktion	IP NE H ₂ SO ₄	Nasswäscher/ (Nass-Entschwefelung)	SO ₂	EM	t	2.797	1.958	1.958
Änderung gegenüber Referenzszenario	IP CI H ₂ SO ₄	Nasswäscher/ (Nass-Entschwefelung)	SO ₂	EM	t	0	-2.360	-2.360
Änderung gegenüber Referenzszenario	IP NE H ₂ SO ₄	Nasswäscher/ (Nass-Entschwefelung)	SO ₂	EM	t	0	-839	-839
Änderung gegenüber Referenzszenario			SO₂	EM	t	0	-3.199,20	-3.199,20

4.8 Absenkung des Emissionsgrenzwertes für Staub auf 10 mg/Nm³ für alle Anlagen zur Herstellung von Zement

	P 007
Kurzbeschreibung In der deutschen Zementindustrie beträgt die Zahl der sich in Betrieb befindlichen Öfen 58. Davon sind 47 Abfall-Mitverbrennungsanlagen und unterliegen der 17. BImSchV und damit auch den in ihr festgelegten Emissionsgrenzwerten. Für die restlichen 11 Öfen gelten die Emissionswerte der TA Luft [TA Luft, 2002], da diese keine Abfallmitverbrennung durchführen (Stand:Dezember 2006) [Tebert et al., 2007]. Zurzeit gilt für TA Luft-Anlagen der allgemeine Emissionswert von 20 mg/Nm³ [TA Luft, 2002]. Alle 11 TA-Luft Anlagen sind mit einem Elektrofilter ausgestattet [Tebert et al., 2007]. Für Anlagen, die Abfälle mitverbrennen, gilt bis zu einem Abfalleinsatz von 60% ein Grenzwert von 20 mg/Nm³ Staub [17. BImSchV, 2009]. Bei 100% Abfalleinsatz gilt ein Grenzwert von 10 mg/Nm³ Staub [17. BImSchV, 2009]. Dazwischen ist die Mischungsregel nach Anhang II der 17. BImSchV anzuwenden [17. BImSchV, 2009]. Eine branchenweite Absenkung des Emissionswertes auf 10 mg/Nm³ wäre erreichbar, wenn an allen Öfen sehr leistungsfähige Gewebefilter bzw. neue oder nachgerüstete Elektrofilter eingesetzt würden. Ziel der Maßnahme ist die Absenkung des Emissionsgrenzwertes für Staub auf 10 mg/m³. Dies ist technisch möglich. Minderungspotenzial Die deutsche Zementindustrie (Klinkerproduktion und Zementmahlung) verursacht im Referenzszenario im Jahr 2010 2,16 kt PM2.5- und 2,37 kt PM10-Emissionen. Im Jahr 2020 liegen die PM2.5-Emissionen bei 2,12 kt und die PM10-Emissionen bei 2,33 kt [UBA, 2007]. Es wird angenommen, dass der emittierte Staub zu 100% aus PM10 besteht. Der PM2.5-Anteil liegt bei 90%. Mit dem Ziel möglichst aktuelle Angaben für die Berechnung der Minderungspotenziale zu verwenden, wurden Angaben zur möglichen prozentualen Änderung des Abfalleinsatzes (Stand: 2007) [Tebert et al., 2007] für einzelne Öfen beachtet. Außerdem wurde angenommen, dass 3 Versuchsanlagen, die im Jahr 2006 keinen Abfalleinsatz gehabt haben, in der Zukunft Abfall mitverbrennen werden. Aufgrund dieser Annahmen gehören 47 von den 58 sich im Betrieb befindlichen Öfen zu den Abfall-Mitverbrennungsanlagen und unterliegen der 17. BImSchV und damit auch den in ihr festgelegten Emissionsgrenzwerten. Für die restlichen 11 Anlagen gelten die Emissionswerte der TA Luft [TA Luft, 2002], da diese keine Abfallmitverbrennung durchführen. In Anlagen, für die die Anforderungen der 17. BImSchV gelten, werden an 9 Öfen Gewebefilter, an 37 Öfen Elektrofilter und an einem Ofen beide Filtertypen eingesetzt (Stand: 2007) [Tebert et al., 2007]. Demzufolge werden in der deutschen Zementindustrie an 9 Öfen Gewebefilter, an 48 Öfen Elektrofilter und an einem Ofen beide Filtertypen eingesetzt [Tebert et al., 2007]. Die Anwendbarkeit dieser Maßnahme bezieht sich auf 100% der Anlagen ohne Gewebefilter. Diese Maßnahme wird auf 95% der Anlagen mit bis zu 60% Abfalleinsatz, 67% der Anlagen mit mehr als 60% Abfalleinsatz und 100% der TA Luft-Anlagen angewendet. Durch eine Anpassung des Emissionswertes der TA Luft entsprechend dem fortgeschrittenen Stand der Technik von 20 mg/m³ auf 10 mg/Nm³ ergibt sich im Falle der TA Luft-Anlagen für die Jahre 2015 und 2020 ein Minderungspotenzial von jeweils ca. 0,22 kt für PM10-Emissionen. Das ermittelte Minderungspotenzial für die PM2.5-Emissionen liegt jeweils bei ca. 0,20 kt. Für Anlagen mit bis zu 60% Abfalleinsatz beträgt das Minderungspotenzial für PM10 2015 und 2020 0,38 kt. Die Minderungspotenziale für die PM2.5-Emissionen liegen bei 0,35 kt (2015) und bei 0,34 kt (2020). Für Anlagen mit mehr als 60% Abfalleinsatz wurden für das Referenzjahr 2015 Minderungspotenziale von 0,57 kt PM10- und 0,51 kt PM2.5-Emissionen berechnet. Für das Jahr 2020 liegen diese bei 0,17 kt für PM10 und bei 0,15 kt für die PM2.5-Emissionen. Auf Grundlage dieser Schätzung ergibt sich, unter der Annahme der Einführung dieser Anforderung ab 2010, bis zum Jahr 2015 ein Minderungspotenzial von 1,17 kt PM10 und 1,06 kt PM2.5 (50% der sektoralen PM10- bzw PM2.5-Emissionen). Für das Jahr 2020 liegen die Minderungspotenziale für die PM10-Emissionen bei 0,77 kt und für die PM2.5-Emissionen bei 0,70 kt (33% der sektoralen PM10- bzw. PM2.5-Emissionen).	

Ansatz

Verschärfung der TA Luft bzw. Anpassung des Emissionswertes der TA Luft entsprechend dem fortgeschrittenen Stand der Technik, da es bereits Anlagen gibt die, durch den Einsatz von Gewebefiltern, deutlich niedrigere Emissionsgrenzwerte erreichen.

Stand der Umsetzung

Die Technik ist vorhanden, jedoch richtet sich der Umsetzungshorizont nach dem politischen Druck. Konkrete Angaben zur Umsetzung der neuen Maßnahme sind nicht bekannt.

Umsetzungshorizont

Umsetzung möglich bis: 2010 ☐ 2015 ☒ 2020 ☐

Kosten

Die Investitions- und Betriebskosten sind etwa mit denen für Elektrofilter vergleichbar, jedoch liegen die Investitionskosten grundsätzlich niedriger und die Betriebskosten höher als für Elektrofilter. [Draft BREF Zement Mai 2009].

Die Investitionskosten für den Einbau eines neuen Gewebefilters in eine Ofenanlage mit einer Klinkerleistung von 3000 t/d, Rohgasstaubgehalten bis zu 500 g/Nm³ und einem Reingasstaubgehalt von 10-50 mg/Nm³ liegen bei ca. 1,5-3,5 Mio. €₁₉₉₇. Hinzu kommen weitere 0,6-0,8 Mio. €₁₉₉₇ für den Verdampfungskühler und das Filtergebläse, sofern erforderlich. Eine Abgaskonditionierung ist nur bei Einsatz von Filtermedien aus Polyacrylnitril bei niedrigen Abgastemperaturen erforderlich. Die entsprechenden Betriebskosten betragen ca. 0,15-0,35 €₁₉₉₉/t Klinker. Dazu kommen noch Kosten für Wartungsarbeiten, die über den Filterschlauchwechsel hinaus am Filter erforderlich werden [Draft BREF Zement Mai, 2009].

Als Grundlage für die Kostenberechnung für diese Maßnahme wurden Angaben zu den Investitions- und Betriebskosten einer Ofenanlage mit einer Klinkerleistung von 3000 t/d herangezogen. [Draft BREF Zement Mai, 2009].

Die Annuitäten (A_t) der Maßnahme betragen 1,57 €₂₀₀₀/t_{Klinker} pro Jahr bei angenommenen Investitionskosten (C_0) von 1,20 €₂₀₀₀/t_{Klinker} [Draft BREF Zement, 2009], laufenden Kosten (OC) von 0,37 €₂₀₀₀/t_{Klinker} [Draft BREF Zement, 2009], einer Diskontrate von 3% und einer Lebensdauer (n) der Maßnahme von 10 Jahren. Daraus ergeben sich für 2015 Gesamtkosten von 45,25 Mio. €₂₀₀₀ ($1,57 \text{ €}_{2000}/t_{\text{Klinker}} \times 28,85 \cdot 10^6 t_{\text{Klinker}}$) und für 2020 Gesamtkosten von 44,92 Mio. €₂₀₀₀ ($1,57 \text{ €}_{2000}/t_{\text{Klinker}} \times 28,65 \cdot 10^6 t_{\text{Klinker}}$).

Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz)

Außer Staub werden im Gewebefilter auch andere an Staubpartikeln adsorbierte Substanzen (z.B. eventuell vorhandene Dioxine und Metalle) zurückgehalten [Draft BREF Zement, 2009].

Durch effizientere Gewebefilter kann es zu negativen Wechselwirkungen kommen. Wegen des höheren Druckverlustes des Filters erhöht sich z. B. der Energieaufwand. Außerdem können Gewebefilter nicht immer mit anderen sekundären Schadstoffminderungs- und Wärmerückgewinnungsmaßnahmen kombiniert werden. Zum Beispiel infolge der allgemein niedrigen Betriebstemperaturen von Gewebefiltern stellen solche Systeme Schwierigkeiten für den Einsatz mit SCR-Systemen dar, weil das Abgas im Normalfall bis etwa 350°C aufgeheizt werden muss, um die beste Wirksamkeit zu erreichen. Dies ist bei der High-Dust-SCR jedoch nicht der Fall (vgl. Abschnitt 4.1.1).

Nach der Durchführung der Wartungsarbeiten entstehen zusätzliche Abfälle, wie z.B. beschädigte Schlauchfilter [Draft BREF Zement, 2009].

Tabelle 52 stellt die der Maßnahme P 007 zugrunde liegenden Aktivitäten, Emissionsfaktoren und Emissionen für PM10 und PM2.5 dar sowie die Änderungen gegenüber dem PAREST-Referenzszenario für die spezifischen Strukturelemente.

Tabelle 52: Aktivitätsraten, Emissionsfaktoren und Emissionen für die Zementherstellung infolge der Maßnahme P 007

Struktur- element	ZSE- Bezeichnung	Maßnahme	Schadstoff	Wertetyp	Einheit	2010	2015	2020
Zement- klinker- produktion	IP SE ZEMENT			AR	t	35.050.000	34.800.000	34.550.000
Zement- klinker- produktion	IP SE ZEMENT	Gewebefilter	PM10	EF	kg/t	0,07	0,03	0,05
Zement- klinker- produktion	IP SE ZEMENT	Gewebefilter	PM10	EM	t	2.366	1.176	1.563
Änderung gegenüber Referenzszenario			PM10	EM	t	0	-1.172,68	-769,39
Zement- klinker- produktion	IP SE ZEMENT	Gewebefilter	PM2.5	EF	kg/t	0,06	0,03	0,04
Zement- klinker- produktion	IP SE ZEMENT	Gewebefilter	PM2.5	EM	t	2.156	1.072	1.424
Änderung gegenüber Referenzszenario			PM2.5	EM	t	0	-1.068,44	-701

4.9 Absenkung des Emissionsgrenzwertes für Staub auf $< 10 \text{ mg/Nm}^3$ für alle Anlagen zur Herstellung von Glas

		P 008
Kurzbeschreibung Zurzeit gilt für Neuanlagen der allgemeine Emissionswert der TA Luft von 20 mg/Nm^3 [TA Luft, 2002]. Für Altanlagen (bestehende Anlagen), die mit elektrischen Abscheidern ausgerüstet sind und den größeren Teil des Anlagenbestandes ausmachen liegt der Staubemissionswert bei 30 mg/Nm^3 . In der Regel werden diese Werte durch den Einsatz von Elektrofiltern erreicht. Eine branchenweite Absenkung des Emissionsgrenzwertes auf 10 mg/Nm^3 wäre erreichbar, wenn leistungsfähige Gewebefilter eingesetzt würden. Diese sind sehr wirksam, wobei ein Abscheidewirkungsgrad von 95% bis 99% zu erwarten ist. Die erreichbaren Reingasstaubgehalte liegen in diesem Fall zwischen $0,1 \text{ mg/Nm}^3$ und 5 mg/Nm^3 , für die meisten Anwendungsfälle können ständig Werte unter 10 mg/Nm^3 erreicht werden. In der Glasindustrie werden Gewebefilter aufgrund ihres hohen Wirkungsgrades bei der Abscheidung von Feinstaubpartikeln, die in Verbindung mit der Verarbeitung von Mineralien auftreten, für viele Zwecke verwendet [BREF Glas, 2001].		
Minderungspotenzial Die Glasindustrie verursacht laut Referenzszenario 0,24 kt (2010 und 2015) bzw. 0,25 kt (2020) PM _{2.5} -Emissionen. Die PM ₁₀ -Emissionen erreichen im Jahr 2010 0,41 kt und in den Jahren 2015 und 2020 jeweils 0,42 kt [UBA, 2007]. Die vorliegende Maßnahme dient der Berechnung der Minderungspotenziale für Anlagen der Glasindustrie, ausgenommen Anlagen zur Herstellung von Steinwolle, da diese nicht unter die 2.8er Anlagen der 4. BImSchV (vgl. Anhang der 4. BImSchV, Nr. 2.8) fallen, sondern sie gehören zu Nr. 2.11 (vgl. Anhang der 4. BImSchV, Nr. 2.11). Diese Unterscheidung erfolgt aufgrund des Herstellungsprozesses (im Kupolofen statt in der Schmelzwanne). [UBA Glas, 2010]. Unter der Annahme, dass der emittierte Staub zu ca. 90% aus Feinstaub besteht und dass alle Anlagenbetreiber Gewebefilter installieren und diese so anwenden, dass sie den Grenzwert nur knapp unterschreiten, würden sich bei einer Absenkung des Emissionsgrenzwertes auf $< 10 \text{ mg/Nm}^3$ für 2015 und 2020 Jahresemissionen von 0,1 kt PM _{2.5} und 0,17 kt PM ₁₀ ergeben. Das Minderungspotenzial beträgt somit für PM _{2.5} 0,14 kt (2015) und 0,15 kt (2020) (63% der sektoralen PM _{2.5} -Emissionen). Die berechneten Minderungspotenziale für PM ₁₀ liegen für die Referenzjahre 2015 und 2020 jeweils bei 0,25 kt.		
Ansatz Anpassung des Emissionswertes der TA Luft entsprechend dem fortgeschrittenen Stand der Technik, um den Einsatz von Gewebefiltern mit einem Abscheidegrad von 95% bis 99% zu gewährleisten.		
Stand der Umsetzung Die Filter sind verfügbar und sind grundsätzlich für alle neuen und bestehenden Anlagen einsetzbar [BREF Glas, 2001]. Konkrete Angaben zur Umsetzung der neuen Maßnahme sind nicht bekannt.		
Umsetzungshorizont Umsetzung möglich bis: 2010 ☐ 2015 ☒ 2020 ☐		
Kosten Es ist zu erwarten, dass Anlagen mit Gewebefiltern oder anderweitig optimierten Produktionsprozessen gegenüber konventionellen Anlagen mit Elektrofiltern teurer sind. Die Investitions- und Betriebskosten sind etwa mit denen für Elektrofilter vergleichbar, jedoch liegen die Investitionskosten im Allgemeinen niedriger und die Betriebskosten höher als für Elektrofilter. Da die Konkurrenz unter den Herstellern zunimmt, wird die Kostendifferenz von Gewebe- und Elektrofiltern hauptsächlich bei hohen Abgasvolumenströmen immer geringer. Da Gewebefilter leicht verstopfen, sind für weitere technische Lösungen weitere Kosten zu erwarten [BREF Glas, 2001], [Draft BREF Glas, 2008]. Für eine Floatglaswanne von 559 bis 600 t/d Schmelzleistung bei einem Abgasvolumenstrom von 65.000 m ³ /h liegen die Investitionskosten für einen Filter und eine Quasi-Trockensorptionsanlage bei ca. 3 Mio. € ₁₉₉₉ . Die Betriebskosten liegen bei 0,5 Mio. € ₁₉₉₉ . Eine vollständige Rückführung des abgeschiedenen Staubes wird vorausgesetzt. Bei einer Behälterglaswanne mit einem Abgasvolumenstrom von 20.000 m ³ /h liegen die Investitionskosten für einen Filter und einen Quasi-Trockenabsorber bei etwa 1,5 Mio. € ₁₉₉₉ [BREF Glas, 2001], [Draft BREF Glas, 2008].		

Die Berechnung der Kosten für diese Maßnahme erfolgte auf Grundlage der oben genannten Annahmen. Die Annuitäten (A_t) der Maßnahme betragen 3,69 €₂₀₀₀/t_{Glas} pro Jahr bei angenommenen Investitionskosten (C_0) von 1,27 €₂₀₀₀/t_{Glas} [BREF Glas, 2001], laufenden Kosten (OC) von 2,42 €₂₀₀₀/t_{Glas} [BREF Glas, 2001], einer Diskontrate von 3% und einer Lebensdauer (n) der Maßnahme von 10 Jahren. Daraus ergeben sich für 2015 Gesamtkosten von 27,09 Mio. €₂₀₀₀ ($3,69 \text{ €}_{2000}/\text{t}_{\text{Glas}} \times 7,83 \cdot 10^6 \text{ t}_{\text{Glas}}$) und für 2020 Gesamtkosten von 27,33 Mio. €₂₀₀₀ ($3,69 \text{ €}_{2000}/\text{t}_{\text{Glas}} \times 7,89 \cdot 10^6 \text{ t}_{\text{Glas}}$).

Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz)

Durch den Einsatz von Gewebefiltern kann es zu negativen Wechselwirkungen kommen, z.B. beim Stromverbrauch. Als Nachteile sind die Erzeugung eines festen Abfallstroms, dessen Rückführung nicht mehr möglich ist, und ein hoher Energieverbrauch aufgrund von Druckabfall zu nennen. Außerdem können Gewebefilter nicht immer mit anderen sekundären Schadstoffminderungs- und Wärmerückgewinnungsmaßnahmen kombiniert werden [BREF Glas, 2001].

Tabelle 53 und Tabelle 54 geben die aus der Maßnahme P 008 resultierenden Aktivitäten, Emissionsfaktoren und Emissionen und die Änderungen gegenüber dem Referenzszenario bezogen auf die Strukturelemente des ZSE für die Schadstoffe PM10 und PM2.5 wieder.

Tabelle 53: Aktivitätsraten, Emissionsfaktoren und Emissionswerte für PM10 für die Glasherstellung infolge der Maßnahme P 008

Struktur- element	ZSE- Bezeichnung	Maßnahme	Schadstoff	Wertetyp	Einheit	2010	2015	2020
Glas-herstellung	IP SE GLAS behälter			AR	t	4.435.788,31	4.475.801,87	4.515.815,42
Glas-herstellung	IP SE GLAS flach			AR	t	1.709.451,96	1.724.872,28	1.740.292,59
Glas-herstellung	IP SE GLAS kristall			AR	t	343.784,38	346.885,53	349.986,68
Glas-herstellung	IP SE GLAS spezial			AR	t	408.212,75	411.895,09	415.577,42
Glas-herstellung	IP SE GLAS fasern			AR	t	376.159,01	379.552,20	382.945,39
Glas-herstellung	IP SE GLAS behälter	Gewebefilter	PM10	EF	kg/t	0,05	0,02	0,02
Glas-herstellung	IP SE GLAS flach	Gewebefilter	PM10	EF	kg/t	0,05	0,02	0,02
Glas-herstellung	IP SE GLAS kristall	Gewebefilter	PM10	EF	kg/t	0,05	0,02	0,02
Glas-herstellung	IP SE GLAS spezial	Gewebefilter	PM10	EF	kg/t	0,05	0,02	0,02
Glas-herstellung	IP SE GLAS fasern	Gewebefilter	PM10	EF	kg/t	0,05	0,02	0,02
Glas-herstellung	IP SE GLAS behälter	Gewebefilter	PM10	EM	t	237,23	88,65	89,45
Glas-herstellung	IP SE GLAS flach	Gewebefilter	PM10	EM	t	91,42	34,17	34,47
Glas-herstellung	IP SE GLAS kristall	Gewebefilter	PM10	EM	t	18,39	6,87	6,93
Glas-herstellung	IP SE GLAS spezial	Gewebefilter	PM10	EM	t	21,83	8,16	8,23
Glas-herstellung	IP SE GLAS fasern	Gewebefilter	PM10	EM	t	20,12	7,52	7,59
Änderung gegenüber Referenzszenario			PM10	EM	t	0,00	-247,12	-249,33

Tabelle 54: Aktivitätsraten, Emissionsfaktoren und Emissionswerte für PM2.5 für die Glasherstellung infolge der Maßnahme P 008

Struktur- element	ZSE- Bezeichnung	Maßnahme	Schadstoff	Wertetyp	Einheit	2010	2015	2020
Glas- herstellung	IP SE GLAS behälter			AR	t	4.435.788,31	4.475.801,87	4.515.815,42
Glas- herstellung	IP SE GLAS flach			AR	t	1.709.451,96	1.724.872,28	1.740.292,59
Glas- herstellung	IP SE GLAS kristall			AR	t	343.784,38	346.885,53	349.986,68
Glas- herstellung	IP SE GLAS spezial			AR	t	408.212,75	411.895,09	415.577,42
Glas- herstellung	IP SE GLAS fasern			AR	t	376.159,01	379.552,20	382.945,39
Glas- herstellung	IP SE GLAS behälter	Gewebefilter	PM2.5	EF	kg/t	0,03	0,01	0,01
Glas- herstellung	IP SE GLAS flach	Gewebefilter	PM2.5	EF	kg/t	0,03	0,01	0,01
Glas- herstellung	IP SE GLAS kristall	Gewebefilter	PM2.5	EF	kg/t	0,03	0,01	0,01
Glas- herstellung	IP SE GLAS spezial	Gewebefilter	PM2.5	EF	kg/t	0,03	0,01	0,01
Glas- herstellung	IP SE GLAS fasern	Gewebefilter	PM2.5	EF	kg/t	0,03	0,01	0,01
Glas- herstellung	IP SE GLAS behälter	Gewebefilter	PM2.5	EM	t	138,80	51,87	52,33
Glas- herstellung	IP SE GLAS flach	Gewebefilter	PM2.5	EM	t	53,49	19,99	20,17
Glas- herstellung	IP SE GLAS kristall	Gewebefilter	PM2.5	EM	t	10,76	4,02	4,06
Glas- herstellung	IP SE GLAS spezial	Gewebefilter	PM2.5	EM	t	12,77	4,77	4,82
Glas- herstellung	IP SE GLAS fasern	Gewebefilter	PM2.5	EM	t	11,77	4,40	4,44
Änderung gegenüber Referenzszenario			PM2.5	EM	t	0,00	-144,59	-145,88

4.10 Absenkung des Emissionswertes für Staub auf $< 10 \text{ mg/Nm}^3$ für Sinteranlagen

	P 009
Kurzbeschreibung Gemäß der Altanlagenregelung der Nr. 5.4.3.1.1 der TA Luft werden Sinterabgase bisher noch überwiegend mit Elektrofiltern gereinigt, die jedoch aufgrund des hohen Gehalts alkalischer Feinstäube nur begrenzte Wirksamkeit haben (Restemissionen von $35\text{--}50 \text{ mg/Nm}^3$ bei großen Volumenströmen). Mit modernen Gewebefiltern werden im gereinigten Abgas dagegen Staubwerte deutlich unter 10 mg/Nm^3 erreicht. Die Stahlwerke Bremen GmbH haben Emissionswerte für Staub $< 5 \text{ mg/Nm}^3$ berichtet [BREF I&S, 2001]. Der Emissionswert der TA Luft für bestehende Elektrofilter (Altanlagenregelung) liegt bei 50 mg/Nm^3 [TA Luft, 2002]. Minderungspotenzial Im Referenzszenario werden von Sinteranlagen im Jahr 2010 5,7 kt, im Jahr 2015 5,4 kt und im Jahr 2020 5 kt PM₁₀-Emissionen verursacht. Die PM_{2.5}-Emissionen betragen im Referenzszenario für das Jahr 2010 2,7 kt, im Jahr 2015 2,6 kt und im Jahr 2020 2,4 kt. Die Gesamtstaubemissionen liegen bei 8,3 kt (2010), 7,8 kt (2015) und bei 7,4 kt (2020) [UBA, 2007]. Im Referenzszenario besteht der emittierte Staub zu 68% aus PM₁₀ und zu 32% aus PM_{2.5} [UBA, 2007]. Durch die Implementierung der Maßnahme wird der emittierte Staub zu 90 % aus PM₁₀ und zu 81% aus PM_{2.5} bestehen. Unter der Annahme, dass bis 2015 in allen Sinteranlagen Gewebefilter installiert sein werden, würde eine Verschärfung des Emissionsgrenzwertes von 50 mg/Nm^3 auf $< 10 \text{ mg/Nm}^3$ für das Jahr 2015 ein Minderungspotenzial für PM_{2.5} von 1,3 kt ergeben. Das Minderungspotenzial für PM₁₀ beträgt 4,0 kt im Jahr 2015. Für das Jahr 2020 liegen die ermittelten Minderungspotenziale bei 1,2 kt für PM_{2.5} und bei 3,7 kt für PM₁₀.	
Ansatz Verschärfung der TA Luft, z.B. durch Aufhebung der oben genannten Altanlagenregelung. Möglicherweise könnte bei entsprechender Neufassung des BVT-Merkblatts die Umsetzung auch über das Verfahren der Nr. 5.1.1 der TA Luft erfolgen. Eine weitere Alternative wäre eine BImSchG-Verordnung zur Einhaltung von Feinstaub-Immissionswerten.	
Stand der Umsetzung Anlagen an 3 Standorten sind bereits mit Gewebefiltern ausgestattet (Stahlwerke Bremen, DK Recycling/Duisburg sowie 1 von 2 Sinterbändern der ROGESA/Dillingen). Derzeit werden noch 4 Anlagen und das 1. Sinterband in Dillingen mit E-Filtern betrieben. Zu den Anlagen mit E-Filter zählt auch die große Anlage von Thyssen in Duisburg. Für das 2. Sinterband in Dillingen sowie eines von 3 Sinterbändern bei TKS (Duisburg) wurde bereits der Auftrag zur Umrüstung auf Gewebefilter erteilt [Schärer et al., 2008].	
Umsetzungshorizont Umsetzung möglich bis: 2010 ☐ 2015 ☒ 2020 ☐ Über Rechtsvorschriften ist ein Umsetzungshorizont von bis zu 10 Jahren zu erwarten.	
Kosten Die erwarteten Kosten sind hoch und anlagenspezifisch [Schärer et al., 2008]. Als Grundlage für die Berechnung der Kosten dieser Maßnahme, wurden die Angaben zu den Investitions- und Betriebskosten einer Sinteranlage mit einer Kapazität von 4 Mio. $t_{\text{Sinter}}/\text{a}$, mit einem Abgasvolumenstrom von $1 \text{ Mio. Nm}^3/\text{h}$ und einer Betriebszeit von 8640 h/a herangezogen. Die Investitionskosten für die Umstellung auf Gewebefilter liegen in diesem Fall zwischen 5-15 Mio. €_{1996}, die Betriebskosten zwischen 0,54-3,24 $\text{€}_{1996}/t_{\text{Sinter}}$ [BREF I&S, 2001], [Draft BREF I&S, 2008]. Die Annuitäten (A_t) der Maßnahme betragen 2,29 $\text{€}_{2000}/t_{\text{Sinter}}$ pro Jahr bei angenommenen Investitionskosten (C_0) von 0,31 $\text{€}_{2000}/t_{\text{Sinter}}$ [Draft BREF I&S, 2008], laufenden Kosten (OC) von 1,98 $\text{€}_{2000}/t_{\text{Sinter}}$ [Draft BREF I&S, 2008], einer Diskontrate von 3% und einer Lebensdauer (n) der Maßnahme von 10 Jahren. Daraus ergeben sich für 2015 Gesamtkosten von 51,41 Mio. €_{2000} ($2,29 \text{ €}_{2000}/t_{\text{Sinter}} \times 22,43 \cdot 10^6 t_{\text{Sinter}}$) und für 2020 Gesamtkosten von 48,31 Mio. €_{2000} ($2,29 \text{ €}_{2000}/t_{\text{Sinter}} \times 21,08 \cdot 10^6 t_{\text{Sinter}}$).	

Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz)

In Kombination mit einer Aktivkohle-/Herdofenkoks- und Kalkmilcheindüsung wird auch die Dioxinminderung wesentlich verbessert ($< 0,1 \text{ ng}_{\text{TEQ}}/\text{Nm}^3$ gegenüber $\sim 0,4 \text{ ng}_{\text{TEQ}}/\text{Nm}^3$ mit Elektrofiltern). In einem geringeren Umfang können unter Zugabe von Additiven auch SO_2 -, HCl- und HF-Emissionen reduziert werden.

Wegen des höheren Druckverlusts des Filters erhöht sich der Energieaufwand geringfügig (ein um 10 bis 15% erhöhter Strombedarf bedeutet bezogen auf den gesamten Energiebedarf der Sinteranlage nur einen Anstieg um etwa 1%). Hierdurch ist mittelbar mit geringfügig höheren Treibhausgasemissionen zu rechnen [BREF I&S, 2001].

Tabelle 55 gibt die aus der Maßnahme P 009 resultierenden Aktivitäten, Emissionsfaktoren und Emissionen und die Änderungen gegenüber der Referenzszenario bezogen auf die Strukturelemente des ZSE für die Schadstoffe PM10 und PM2.5 wieder.

Tabelle 55: Aktivitätsraten, Emissionsfaktoren und Emissionen für die Sinterherstellung infolge der Maßnahme P 009

Struktur- element	ZSE- Bezeichnung	Maßnahme	Schadstoff	Wertetyp	Einheit	2010	2015	2020
Sinter- anlagen	IP ES SINTER			AR	t	23.780.000	22.430.000	21.080.000
Sinter- anlagen	IP ES SINTER	Gewebefilter	PM10	EF	kg/t	0,24	0,06	0,06
Sinter- anlagen	IP ES SINTER	Gewebefilter	PM10	EM	t	5.681	1.408	1.323
Änderung gegenüber Referenzszenario			PM10	EM	t	0	-3.950,43	-3.712,52
Sinter- anlagen	IP ES SINTER	Gewebefilter	PM2.5	EF	kg/t	0,11	0,06	0,06
Sinter- anlagen	IP ES SINTER	Gewebefilter	PM2.5	EM	t	2,728	1.267	1.191
Änderung gegenüber Referenzszenario			PM2.5	EM	t	0	-1.306,84	-1.227,98

4.11 Absenkung des NH₃-Emissionsgrenzwertes auf < 45 mg/Nm³ für alle Anlagen zur Herstellung von stickstoffhaltigen Düngemitteln

Datenquellen/Referenzen	P 010
Kurzbeschreibung In Deutschland gibt es lediglich 3 Anlagen zur Produktion von Harnstoff, 1 für NPK ⁹ , 1 für Ammoniumsulfat. Neue TA-Luft-Grenzwerte sind nur mit sauren Wäschern (Venturi-Wäscher) erreichbar [DRAFT BREF Large Volume Inorganic Chemicals 2004], [BAT LVIC - AAF, 2007]. Der NH ₃ -Emissionswert liegt nach der TA Luft für Neuanlagen bei 30 mg/m ³ , für Altanlagen bei 50 bzw. 60 mg/m ³ [TA Luft, 2002].	
Minderungspotenzial Die Düngemittelproduktion verursacht im Jahr 2010 laut Referenzszenario 8 kt NH ₃ -Emissionen [Jörß et al., 2010]. Die für die Berechnung der Minderung herangezogenen Referenzdaten (Aktivitätsraten und Emissionsfaktoren) basieren auf veralteten statistischen Daten und sind mit großen Unsicherheiten behaftet. Eine Umstellung von einem wässrigen auf einen sauren Wäscher, sofern saure Wäscher nicht bereits eingesetzt werden, würde eine Minderungseffizienz von 20% bezogen auf eine Abgaskonzentration von 50-60 mg/Nm ³ ergeben. Es wird von einer 100%-igen Anwendbarkeit der Maßnahme ausgegangen. Durch die Maßnahme ergibt sich bei einer mittleren Minderungseffizienz von 20% und einem angenommenen bereits umgesetzten Implementierungsstand von 30% (bezogen auf Anlagen bei denen die Maßnahme einsetzbar ist) für die Jahre 2015 und 2020 jeweils ein Minderungspotenzial von 1,1 kt.	
Ansatz Verschärfung der Emissionswerte TA Luft z.B. Aufhebung der Altanlagenregelung [Theloke et al., 2007].	
Stand der Umsetzung Technik ist vorhanden [DRAFT BREF Large Volume Inorganic Chemicals 2004].	
Umsetzungshorizont Umsetzung möglich bis: 2010 ☐ 2015 ☒ 2020 ☐	
Kosten Es liegen keine Angaben zu Kosten vor. Generell hängen die spezifischen Investitions- und Betriebskosten der Maßnahme stark von der Anlagenkonfiguration und den spezifischen örtlichen Gegebenheiten ab [Theloke et al., 2007].	
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz) Zusätzliche NO _x - und SO ₂ -Minderungen möglich [DRAFT BREF Large Volume Inorganic Chemicals 2004].	

Tabelle 56 stellt die aus der Maßnahme P 010 resultierenden Aktivitäten, Emissionsfaktoren und Emissionen und die Änderungen gegenüber der Referenzszenario bezogen auf die Strukturelemente des ZSE für NH₃ dar.

Tabelle 56: Aktivitätsraten, Emissionsfaktoren und Emissionen für die Düngemittelproduktion infolge der Maßnahme P 010

Strukturelement	ZSE-Bezeichnung	Maßnahme	Schadstoff	Wertetyp	Einheit	2010	2015	2020
Stickstoffhaltige Düngemittel (Einnährstoffdünger)	IP CI NDÜNGE			AR	kt	1.575	1.575	1.575
		Saurer Wäscher	NH ₃	EF	kg/t	5	4,3	4,3
		Saurer Wäscher	NH ₃	EM	t	7.875	6.772,5	6.772,5
Änderung gegenüber Referenzszenario			NH ₃	EM	t	0	-1.102,5	-1.102,5

⁹ NPK = Mineralischer Mehrnährstoffdünger, der die Hauptnährelemente Stickstoff (N), Phosphat (P) und Kalium (K) enthält.

4.12 Zusammenfassung der Ergebnisse für Industrie- und Produktionsprozesse

In Tabelle 57 werden die quantifizierten Minderungspotenziale für den Sektor Industrie- und Produktionsprozesse zusammengefasst.

Tabelle 57: Übersichtstabelle zur Wirksamkeit der betrachteten Maßnahmen für Industrie- und Produktionsprozesse (aktualisierte Maßnahmen)

ID	Subsektor	Maßnahme	NO _x (kt)			SO ₂ (kt)			PM2.5 (kt)			PM10 (kt)		
			2010	2015	2020	2010	2015	2020	2010	2015	2020	2010	2015	2020
P REF_C	Zement	Novellierung der 17. BImSchV	-	6,25	6,21									
P001	Zement	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für NO_x	-	12,42	12,33									
		Szenario Novellierung 17. BImSchV"	-	3,2	3,2									
		Absenkung des Emissionsgrenzwertes für NO_x	-	3,92	3,96									
P002	Glas	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für NO_x	-	3,92	3,96									
P003	Sinter	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für NO_x	-	-	7,43									
P004	Walzstahl	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für NO_x	-	-	6,1									
P005	Sinter	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für SO₂				-	-	18,36						
P006	Schwefelsäureherstellung	Absenkung der SO₂-Emissionsgrenzwertes				-	3,2	3,2						
P007	Zement	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für Staub							-	1,06	0,69	-	1,17	0,77
P008	Glas	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für Staub							-	0,14	0,15	-	0,25	0,25
P009	Sinter	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für Staub							-	1,3	1,2	-	4	3,7

Tabelle 58: Übersichtstabelle zur Wirksamkeit der betrachteten Maßnahmen für Industrie- und Produktionsprozesse (modellierte Maßnahmen)

ID	Subsektor	Maßnahme	NO _x (kt)			SO ₂ (kt)			PM2.5 (kt)			PM10 (kt)		
			2010	2015	2020	2010	2015	2020	2010	2015	2020	2010	2015	2020
P REF_C	Zement	Novellierung der 17. BImSchV	-	6,25	6,21									
P001	Zement	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für NO_x	-	12,42	12,33									
P002	Glas	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für NO_x	-	3,92	4,22									
P003	Sinter	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für NO_x	-	-	7,43									
P004	Walzstahl	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für NO_x	-	-	6,1									
P005	Sinter	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für SO₂				-	-	18,36						
P006	Schwefelsäureherstellung	Absenkung der SO₂-Emissionsgrenzwertes				-	3,2	3,2						
P007	Zement	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für Staub							-	1,06	0,70	-	1,17	0,77
P008	Glas	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für Staub							-	0,15	0,16	-	0,26	0,26
P009	Sinter	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für Staub							-	1,3	1,2	-	4	3,7

Tabelle 59: Abweichung zwischen den modellierten und den aktualisierten Minderungspotenzialen für den Sektor "Industrie- und Produktionsprozesse"

ID	Subsektor	Maßnahme	Schadstoff	Minderungspotenzial _Modelliert		Minderungspotenzial_ aktualisierte Berechnungen		Abweichung zwischen den modellierten und aktualisierten Minderungen	
				2015 (kt)	2020 (kt)	2015 (kt)	2020 (kt)	2015 (kt)	2020 (kt)
P001	Zement	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für NO _x auf < 200 mg/Nm ³	NO _x	0,00	12,33	12,42	12,33	-12,42	0,00
P002	Glas	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für NO _x auf < 500 mg/Nm ³	NO _x	4,18	4,22	3,92	3,96	0,26	0,26
P003	Sinter	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für NO _x auf < 100 mg/Nm ³	NO _x	0,00	7,43	0,00	7,43	0,00	0,00
P004	Walzstahl	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für NO _x auf < 200 mg/Nm ³	NO _x	0,00	6,07	0,00	6,07	0,00	0,00
P005	Sinter	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für SO ₂ auf < 100 mg/Nm ³	SO ₂	0,00	18,36	0,00	18,36	0,00	0,00
P006	Schwefelsäureherstellung	Absenkung der SO ₂ -Emissionsgrenzwertes	SO ₂	3,20	3,20	3,20	3,20	0,00	0,00
P007	Zement	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für Staub auf < 10 mg/Nm ³	PM10	1,06	0,70	1,17	0,77	-0,11	-0,07
			PM2.5	1,17	0,77	1,07	0,70	0,10	0,07
P008	Glas	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für Staub auf < 10 mg/Nm ³	PM10	0,15	0,16	0,25	0,25	-0,10	-0,09
			PM2.5	0,26	0,27	0,14	0,15	0,12	0,12
P009	Sinter	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für Staub auf < 10 mg/Nm ³	PM10	4,00	3,71	3,95	3,71	0,05	0,00
			PM2.5	1,30	1,23	1,31	1,23	-0,01	0,00
P0010	Düngemittelproduktion	Absenkung der NH ₃ -Emissionsgrenzwertes auf < 45mg/Nm ³	NH ₃	1,10	1,10	1,10	1,10	0,00	0,00

5 Lösemittelanwendungen

Emissionen aus Lösemittelanwendungen spielen ausschließlich eine Rolle hinsichtlich der NMVOC-Emissionen. Ungefähr die Hälfte der Lösemittlemissionen werden durch „übrige Lösemittelverwendungen“ verursacht. Hierunter fallen z.B. die häusliche Anwendung lösemittelhaltiger Produkte, Druckanwendungen, Klebstoffanwendungen, Anwendung von Holzschutzmitteln usw. Einen wesentlichen Anteil von etwa 40% haben die NMVOC-Emissionen aus der Lackierung. Eher vernachlässigbar ist der Anteil der NMVOC-Emissionen (etwa 10%) aus der Entfettung, chemischen Reinigung und der Herstellung und Anwendung von chemischen Produkten. Hierbei muss bemerkt werden, dass bei der Herstellung chemischer Produkte nur Kunststoffaufschäumprozesse betrachtet werden. Darüber hinaus wird in dieser Quellgruppe die Herstellung lösemittelhaltiger Produkte betrachtet. In Tabelle 60 sind die im Folgenden detaillierter charakterisierten Maßnahmen aufgeführt.

Tabelle 60: Maßnahmenliste der detaillierter untersuchten Maßnahmen für den Sektor Lösemittelanwendung

ID-Nr	Subsektor	Maßnahme
L 001	Anwendung von Aerosolsprays	Einsatz von Pumpsprays, Treibgasen und Alternativen
L 002	Bogenoffsetdruck	Umstellung auf höhersiedende Reinigungsmittel, Reduzierung des Isopropanolanteils im Wischwasser, sorgfältigere Handhabung
L 003	Oberflächenreinigungsprozesse	Reduktion der NMVOC-Emissionen durch eine Vielzahl unterschiedlicher Maßnahmen
L 004	Anwendung von Farben und Lacken im Maschinenbau	Einsatz lösemittelarmer Lacke, Umstellung auf Wasserlacke, verstärkter Einsatz von Pulverlacken
L 005	Anwendung von Farben und Lacken im Innenausbau und Schreinerhandwerk	Umstellung auf Wasserlacke, Einsatz von Ölen und Wachsen, Einsatz von UV-Lacken, Einsatz von Pulverlacken
L 006	Siebdruck	Sorgfältigere Handhabung, Digitaldruck

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

5.1 Reduktion der NMVOC-Emissionen aus Aerosolspray-Anwendungen

	L 001
Kurzbeschreibung Minderung der Emissionen aus der Anwendung von Aerosolsprays durch: • Einsatz von Pumpsprays • Einsatz von komprimierten Gasen (Luft, Stickstoff, CO₂ und N₂O) • Verwendung alternativer NMVOC-freier oder NMVOC-armer Produkte	
Minderungspotenzial NMVOC-Emissionen aus der Anwendung von Aerosolsprays werden zum Großteil durch die Anwendung von Deodorantien, Haarsprays und Haarschäumen verursacht [Theloke, 2005]. Haushaltsprodukte in Aerosoldosen verursachen etwa 6 % der NMVOC-Emissionen aus der Anwendung von Aerosolsprays. Weitere emissionsverursachende Anwendungsgebiete von Aerosolsprays sind sonstige Körperpflegeprodukte, Autopflegemittel, technische Sprays, Farb- und Lacksprays, pharmazeutische Sprays und Veterinärprodukte. Durch die beschriebenen Maßnahmen lassen sich etwa 15 % der NMVOC-Emissionen gegenüber dem Referenzszenario 2020 vermeiden. Bei Implementierung einer entsprechenden Regelung, könnten schon im Jahr 2015 ungefähr 7,5% der NMVOC-Emissionen gegenüber dem Referenzszenario vermieden werden. Dies entspricht für das Referenzjahr 2015 einer Minderung von 8.768 t NMVOC-Emissionen und für das Referenzjahr 2020 einer Minderung von 15.284 t NMVOC-Emissionen. Bei dieser Betrachtung des Minderungspotenzials handelt es sich um eine konservative Schätzung.	
Ansatz Die Maßnahme lässt sich durch den Erlass einer europaweiten produktbezogenen Regelung zur Begrenzung des NMVOC-Gehaltes in Aerosolsprays umsetzen. Um konkrete Minderungsmaßnahmen abzuleiten, ist es zunächst notwendig, eine Produktkategorisierung entsprechend der Herangehensweise bei der Ausgestaltung der EG-Decopaint-Richtlinie vorzunehmen. Auf dieser Basis könnten dann produktspezifische Absenkungen der VOC-Gehalte gegenüber den auf dem Markt befindlichen Produkten für die Umsetzung in einer produktbezogenen Regelung erarbeitet werden. Dazu bedarf es auch einer genaueren Untersuchung der einzelnen Produktkategorien im Hinblick auf die Erschließung von spezifischen Minderungspotenzialen.	
Umsetzungshorizont Umsetzung möglich bis: 2010 ☐ 2015 ☒ 2020 ☐ Wenn die Arbeiten für eine produktbezogene Regelung unmittelbar und mit hoher Priorität begonnen werden ist das Jahr 2015 als Umsetzungshorizont realistisch.	
Kosten Auf der Basis verfügbarer Studien [BIPRO, 2002] lassen sich für die Optionen Pumpsprays und Verwendung von Druckgasen Kosten von etwa 500 €/t geminderter NMVOC-Emissionen grob schätzen. Kosten für die Option „Verwendung alternativer NMVOC-freier oder NMVOC-armer Produkte“ lassen sich nicht schätzen, da es keine guten Informationsgrundlagen gibt. Methodisch sind die Kosten der Substitution von Aerosolsprays durch Produktalternativen schwer zu schätzen. Bei der Schätzung der Kosten werden nur die zusätzlichen Produktionskosten berücksichtigt und nicht die Kosten für Entwicklung, Marketing, Vertrieb und Investitionen zur Installation neuer Produktionsanlagen.	
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz) Keine	

5.2 Reduktion der NMVOC-Emissionen im Bogenoffsetdruck

	L 002
Kurzbeschreibung Im Referenzszenario werden von Bogenoffsetdruckanwendungen etwa 54 % der von der 31. BImSchV nicht erfassten Emissionen aus dem druckindustriellen Bereich verursacht [Theloke, 2005]. Nach Schätzung des Bundesverbandes Druck und Medien e.V. (BVDM) sind in Deutschland in etwa 11.000 Bogen-Offsetbetrieben etwa 25.000 Maschinen mit 37.000 Druckwerken installiert. Ungefähr zwei Drittel dieser Bogen-Offsetmaschinen haben ein Format kleiner 72 x 104 cm. Es lassen sich Emissionsminderungen insbesondere durch eine Kombination folgender Maßnahmen erreichen: • Umstellung auf höher siedende Reinigungsmittel • Reduzierung des Isopropanol-Anteils im Wischwasser • Sorgfältigere Handhabung • Digitaldruck Es muss bei der Konkretisierung der Maßnahmen zwischen mittel- und großformatigem Bogenoffsetdruck auf der einen Seite und kleinformatigem Bogenoffsetdruck auf der anderen Seite unterschieden werden, aufgrund sehr unterschiedlicher technischer und organisatorischer Randbedingungen. Durch die Kombination dieser Maßnahmen lassen sich bis 2015 etwa 35% (8.768 t) und bis 2020 etwa 70% (19.105 t) der NMVOC-Emissionen aus dem Bogenoffsetdruck vermeiden.	
Ansatz Erweiterung der erfassten Quellgruppen der 31. BImSchV [31. BImSchV, 2001] auf den mittel- und großformatigen Bogenoffsetdruck im Sinne einer Bilanzierungspflicht über die eingesetzten NMVOC-haltigen Produkte und die resultierenden Emissionen, um die Datengrundlage zur Festlegung von Grenzwerten für die Emissionen zu erhalten (keine Abgasgrenzwerte, sondern z. B. Emissionswerte bezogen auf Druckfarbeneinsatz). In einem zweiten Schritte sollte die Einführung einer Dynamisierungsklausel in die 31. BImSchV auf Grundlage der BVT-Dokumente für den Heatset-Offsetdruck oder in Form eines nationalen Planes in Analogie zu Art. 6 der EG-Lösemittelrichtlinie (1999/13/EG) angestrebt werden.	
Stand der Umsetzung Zur Zeit nicht geregelt	
Zuständigkeit Bundesregierung, EU Kommission	
Umsetzungshorizont Umsetzung möglich bis: 2010 ☐ 2015 ☒ 2020 ☐	
Kosten Auf der Basis verfügbarer Studien [Jepsen et al., 1999] lassen sich Kosten in einer Bandbreite von -1.560 bis 636.000 €/t NMVOC (gemindert) grob schätzen. Die Maßnahmen sind zum Teil mit erheblichen Kosteneinsparungen verbunden, da weniger Isopropanol und weniger Reinigungsmittel eingesetzt werden. Als Umsetzungsproblem ist insbesondere der teilweise hohe Investitionskostenbedarf zu benennen der vielfach auch bei Neuanlagen entsteht, da die großen Maschinenhersteller bislang keine direkte Erstausrüstung mit Drittanbieter-Produkten ermöglichen. Den Kosten stehen jedoch in der Produktionspraxis neben der Isopropanol- und Reinigereinsparung zum Teil weitere Vorteile wie ein geringerer Makulaturanfall, geringere Andruckzeiten und eine einfachere Wischwassersystemreinigung gegenüber. Aufgrund der teilweise hohen Investitionskosten dieser Maßnahmen sollten geeignete Finanzierungsinstrumente geprüft werden, insbesondere zur Finanzierung der angebotenen z.B. Isopropanol einsparenden Zusatzeinrichtungen.	
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz) Mit Digitaldruck bedrucktes Papier ist mit den derzeitigen Papier-Recyclingmethoden nicht wieder verwertbar.	

5.3 Reduktion der Emissionen aus Oberflächenreinigungsprozessen

	L 003
Kurzbeschreibung Oberflächenreinigungsprozesse umfassen eine Vielzahl von sehr unterschiedlichen Anwendungsbereichen. Darunter fallen die industrielle Metallentfettung mit Kohlenwasserstoffen, die Anwendung von Verdunstungssprays in Kfz-Reparaturwerkstätten, Reinigungsprozesse bei der Fertigung elektronischer Komponenten, in der Feinmechanik, bei der Herstellung von 2-Komponentenkunststoffen und 1-Komponentendichtstoffen sowie beim Produktfinishing, die Entwachsung von Fahrzeugen und die Entfernung von Farben und Lacken (z.B. Abbeizprozesse). Für diese Anwendungen stehen eine große Anzahl von verschiedenen Möglichkeiten zur Reduktion von NMVOC-Emissionen zur Verfügung, z.B. der Einsatz wässriger Reinigungssysteme und -techniken, die Anwendung höhersiedender Kohlenwasserstoffe, der Einsatz sekundärer Abluftreinigungstechniken, sowie die Optimierung von Reinigungsprozessen, usw. [Theloke, 2005]	
Minderungspotenzial Insgesamt können für diese Quellgruppe zusätzliche Minderungspotenziale bis 2015 in Höhe von 10% (5.936 t) und bis 2020 in Höhe von 20% (12.980 t) gegenüber dem Referenzszenario identifiziert werden.	
Ansatz Dieses Potenzial ist durch eine Senkung der Schwellenwerte in bereits von der 31. BImSchV erfassten Anwendungsbereichen bzw. durch eine Erweiterung der erfassten Quellgruppen der 31. BImSchV erschließbar.	
Stand der Umsetzung Ein Teil der Quellgruppe ist bisher schon von der 31. BImSchV erfasst. Eine weitergehende Erfassung der Quellgruppe durch Absenkung der Schwellenwerte oder durch die Erweiterung der 31. BImSchV auf bisher nicht erfasste Anwendungsbereiche ist bislang nicht geplant.	
Umsetzungshorizont Umsetzung möglich bis: 2010 ☐ 2015 ☒ 2020 ☐ Die Maßnahmen sind bis 2015 realisierbar.	
Kosten Eine konkrete Quantifizierung der spezifischen Investitions- und Betriebskosten der identifizierten Maßnahmen ist aufgrund der sehr unterschiedlichen technischen Maßnahmen und deren Anwendbarkeit in verschiedenen Betriebskonstellationen kaum möglich. Die Realisierung der identifizierten Potenziale ist zum Teil mit erheblichen Kosteneinsparungen verbunden, da weniger Reinigungsmittel eingesetzt werden. Als Umsetzungsproblem ist insbesondere der teilweise hohe Investitionskostenbedarf zu benennen der vielfach auch bei Neuanlagen entsteht. Den Kosten stehen jedoch in der Praxis neben der Reinigungseinsparung zum Teil weitere Vorteile, insbesondere den Arbeitsschutz betreffend, gegenüber.	
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz) Keine. Nur beim Einsatz sekundärer Abluftreinigungsanlagen können teilweise zusätzlich klimarelevante Gase entstehen.	

5.4 Reduktion der NMVOC-Emissionen aus dem Maschinenbau

	L 004
Kurzbeschreibung Bei der Anwendung von Farben und Lacken im Maschinenbau werden im Referenzszenario für das Jahr 2010 unter Berücksichtigung der vollständigen Umsetzung der 31. BImSchV etwa 25,1 kt emittiert. Folgende Maßnahmen können zu einer weiteren Minderung beitragen: • Einsatz lösemittelarmer Lacke • Umstellung auf Wasserlacke • Verstärkter Einsatz von Pulverlacken	
Minderungspotenzial Durch diese Maßnahmen ist ein Minderungspotenzial von etwa 20% (5.948 t) bis 2015 sowie 40% (12.768 t) bis 2020 gegenüber dem Referenzszenario realisierbar.	
Ansatz Absenkung der Schwellenwerte in der 31. BImSchV für Maschinenbaubetriebe auf einen Lösemittelverbrauch von 1 t Lösemittel pro Jahr.	
Stand der Umsetzung Etwa 75% der Maschinenbaubetriebe sind von der 31. BImSchV erfasst. In diesen Betrieben werden mehr als 5 t Lösemittel pro Jahr verbraucht.	
Umsetzungshorizont Umsetzung möglich bis: 2010 ☐ 2015 ☒ 2020 ☐ Diese Maßnahme ist bis 2015 realisierbar.	
Kosten Eine konkrete Quantifizierung der spezifischen Investitions- und Betriebskosten einer Maßnahmenkombination ist aufgrund der sehr unterschiedlichen technischen Maßnahmen und deren Anwendbarkeit in verschiedenen Betriebskonstellationen kaum möglich. Aufgrund der teilweise hohen Investitionskosten der Maßnahmen sollten geeignete Finanzierungsinstrumente geprüft werden.	
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz) Nur beim Einsatz von sekundären Abluftreinigungsmaßnahmen ist mit einem zusätzlichen Ausstoß von klimarelevanten Gasen zu rechnen. Dies liegt insbesondere daran, dass mit abnehmender Beladung des Abluftvolumenstroms nicht mehr die Voraussetzungen für einen autothermen Betrieb der Abluftreinigungsanlage gegeben sind.	

5.5 Reduktion der NMVOC-Emissionen im Schreinerhandwerk

	L 005
Kurzbeschreibung Bei der Identifizierung von Minderungspotenzialen im Schreinerhandwerk werden die Emissionen aus dem Schreinerhandwerk und dem Innenausbau betrachtet. In 75% der Holzverarbeitenden Betriebe sind weniger als 100 Mitarbeiter beschäftigt. Es gibt in Deutschland etwa 45.000 Schreinerbetriebe, die im Mittel 4,5 Mitarbeiter beschäftigen. Darüber hinaus gibt es noch ungefähr 1.500 Holz- und Möbellackierbetriebe mit durchschnittlich 75 Mitarbeitern pro Betrieb und acht sehr große Unternehmen mit mehr als 1.000 Mitarbeitern. Nur etwa 8% der Betriebe werden von der 31. BImSchV erfasst, da der Schwellenwert für den Lösemittelverbrauch bei der Beschichtung von Holz- und Holzwerkstoffen mit 15 t relativ hoch ist. Schreinerbetriebe mit einem Jahresverbrauch an Lösemitteln von mehr als 5 t aber weniger als 15 t werden frühestens 2013 von der 31. BImSchV erfasst. Anlagen, die Bauteile für Gebäude herstellen und dazu Produkte verwenden, die der Produktpalette der ChemVOCFarbV [2004] entsprechen, und einen jährlichen Lösemittelverbrauch von weniger als 5 t pro Jahr haben, werden bei der Quantifizierung der Minderungspotenziale der Maßnahmen nicht erfasst. Eine erhebliche Emissionsminderung kann durch folgende Maßnahmen [Theloke, 2005] - bei denen es sich ausnahmslos um Primärmaßnahmen handelt - erreicht werden: • Umstellung auf Wasserlacke • Einsatz von Ölen und Wachsen • Einsatz von UV-Lacken	
Minderungspotenzial Durch die Implementierung dieser Maßnahmen können bis 2015 etwa 12,5 % (3.718 t) und bis 2020 etwa 25% (7.980 t) der Emissionen aus diesem Anwendungsbereich gegenüber dem Referenzszenario vermieden werden.	
Ansatz Absenkung des Schwellenwertes der 31. BImSchV für Betriebe zum Beschichten von Holz oder Holzwerkstoffen auf 1 Tonne Lösemittel pro Jahr.	
Stand der Umsetzung Zurzeit teilweise durch die 31. BImSchV geregelt.	
Umsetzungshorizont Umsetzung möglich bis: 2010 ☐ 2015 ☒ 2020 ☐ Diese Maßnahme ist bis 2015 realisierbar.	
Kosten Eine konkrete Quantifizierung der spezifischen Investitions- und Betriebskosten einer Maßnahmenkombination ist aufgrund der sehr unterschiedlichen Maßnahmen und deren Anwendbarkeit in verschiedenen Betriebskonstellationen kaum möglich. Die Realisierung der identifizierten Potenziale ist zum Teil mit erheblichen Kosteneinsparungen verbunden, da häufig weniger Material verbraucht wird. Jedoch ist auch damit zu rechnen, dass die substituierten Lacksysteme teurer sind als die bisher verwendeten.	

5.6 Maßnahmen zur Reduktion der NMVOC-Emissionen im Siebdruck

	L 006
Kurzbeschreibung Im Referenzszenario werden von Siebdruckdruckanwendungen etwa 33% der von der 31. BImSchV nicht erfassten Emissionen aus dem druckindustriellen Bereich verursacht. Nach Schätzung des Bundesverbandes Druck und Medien e.V. (BVDM) gibt es in Deutschland etwa 550 Siebdruckbetriebe. 69% der Emissionen werden durch die Siebreinigung verursacht, 25% entstammen den Siebdruckfarben und 5% den Emissionen aus Verdünnern. Der Anwendungsbereich zeichnet sich durch sehr heterogene Betriebsstrukturen aus.	
Minderungspotenzial Emissionsminderungen lassen sich durch folgende Maßnahmen erreichen [Theloke, 2005]: • Sorgfältigere Handhabung • Digitaldruck Durch die Kombination dieser Maßnahmen lassen sich bis 2015 etwa 15% (2.104 t) sowie bis 2020 etwa 30% (4.585 t) der NMVOC-Emissionen gegenüber dem Referenzszenario aus dem Siebdruck vermeiden.	
Ansatz Erweiterung der erfassten Quellgruppen der 31. BImSchV auf den Siebdruck und Bilanzierungspflicht über die eingesetzten NMVOC-haltigen Produkte und die resultierenden Emissionen, um die Datengrundlage zur Festlegung von Grenzwerten für die Emissionen zu erhalten. In einem zweiten Schritte sollte die Einführung einer Dynamisierungsklausel in die 31. BImSchV angestrebt werden.	
Stand der Umsetzung Zur Zeit nicht geregelt (Vorschlag zur Aufnahme in ein neues Nationales Programm zur Einhaltung von Emissionshöchstmengen für bestimmte Luftschadstoffe nach der Richtlinie 2001/81/EG (NEC-Richtlinie))	
Umsetzungshorizont Umsetzung möglich bis: 2010 ☐ 2015 ☒ 2020 ☐ Diese ist im Hinblick auf 2015 bzw. 2020 eine Option.	
Kosten Eine konkrete Quantifizierung der spezifischen Investitions- und Betriebskosten der Maßnahmenkombination ist aufgrund der sehr unterschiedlichen technischen Maßnahmen und deren Anwendbarkeit in verschiedenen Betriebskonstellationen kaum möglich. Die sorgfältigere Handhabung der Reinigungsmittel wird zu Einsparungen bei den Betriebskosten führen. Jedoch werden zur Umsetzung dieser Maßnahme Mitarbeiterschulungen notwendig sein, da sich die gewohnten Arbeitsabläufe erheblich ändern. Als Umsetzungsproblem bei der Einführung des Digitaldrucks ist insbesondere der sehr hohe Investitionskostenbedarf zu benennen. Aufgrund der hohen Investitionskosten dieser Maßnahme sollten geeignete Finanzierungsinstrumente geprüft werden.	
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz) Mit Digitaldruck bedrucktes Papier ist mit den derzeitigen Papier-Recyclingmethoden nicht wieder verwertbar.	

5.7 Zusammenfassung der Ergebnisse für Lösemittelanwendungen

In Tabelle 61 ist das Ergebnis der Detailanalyse der ausgewählten Maßnahmen zusammengefasst dargestellt.

Tabelle 61: Übersichtstabelle zur Wirksamkeit der betrachteten Maßnahmen im Sektor Lösemittelanwendung

Quellgruppe	Emissionen 2010 - Referenz- szenario [kt]	Minderungspotenzial			Beschreibung der Maßnahmen
		2010	2020	%	
		kt			
Anwendung von Aerosolsprays	48,9	7,3	8,8	15	Pumpsprays, Einsatz von Treibgasen, Alternativen
Bogenoffsetdruck	21,8	15,2	18,9	70	Umstellung auf höhersiedende Reinigungsmittel, Reduzierung des Isopropanolanteils im Wischwasser, sorgfältigere Handhabung
Oberflächenreinigungsprozesse	32,8	11,3	13,6	35	Einsatz wässriger Systeme, Maßnahmen zur Verringerung des Spülaufwandes, Umstellung der Entwachsung von Neufahrzeugen, thermische Entlackung, sorgfältigere Handhabung, mechanisches Entlacken
Anwendung von Farben und Lacken im Maschinenbau	25,1	12,6	16,5	50	Einsatz lösemittelärmerer Lacke, Umstellung auf Wasserlacke, verstärkter Einsatz von Pulverlacken
Anwendung von Farben und Lacken im Innenausbau-gewerbe und Schreinerhandwerk	24,0	7,1	6,8	30	Umstellung auf Wasserlacke, Einsatz von Ölen und Wachsen, Einsatz von UV-Lacken
Siebdruck	13,5	4,0	4,8	30	Sorgfältigere Handhabung, Digitaldruck

6 Straßenverkehr

Für den Straßenverkehr wurden für das Referenzszenario [UBA, 2007] Ergebnisse des Verkehrsemissionsmodells Tremod [Knörr et al., 2005] verwendet. Tremod (Version 4.17) enthält Abgasemissionen bis Euro 4 für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge (Lnf) sowie bis Euro V für schwere Nutzfahrzeuge (Snf). Abgasemissionen zu den Stufen Euro 5 und Euro 6 für Pkw und Lnf, Abgasemissionen zu Euro VI für Snf sowie die Auswirkung der Einführung und Erweiterung der Autobahnmaut sind bisher nicht in Tremod und damit ebenfalls nicht in [UBA, 2007] berücksichtigt.

Neben Abgasemissionen enthält [UBA, 2007] für den Straßenverkehr noch PM10- und PM2.5-Abriebemissionen (Straßenbelag-, Reifen- und Bremsenabrieb). Bisher nicht enthalten sind PM10- und PM2.5-Emissionen aus der Aufwirbelung, die im Rahmen des PAREST-Projekts zusätzlich quantifiziert wurden [vgl. Kugler et al., 2010].

In [Theloke et al. 2007] und [Jörß et al. 2007] wurden mithilfe von detaillierten Eingangsdaten zu Flottenzusammensetzung und Emissionsstandards im Modell Tremod Minderungspotenziale für die Maßnahmen

- „Einführung der Grenzwertstufen Euro 5 und 6 für Pkw und Lnf“ (1),
- „Einführung der Grenzwertstufe Euro VI für Snf“ (2) und
- „Bestehende Lkw-Maut inkl. Förderung der Anschaffung emissionsärmerer Snf (Nachrüstung sowie frühzeitige Anschaffung von Euro V/VI-Fahrzeugen)“ (3)

modelliert. Auf diese Modellierung wurde im Rahmen des PAREST-Projekts zurückgegriffen und ein erweitertes Referenzszenario berechnet. Nach Abschluß der beiden Forschungsvorhaben ([Theloke et al. 2007] und [Jörß et al. 2007]) ergaben sich rechtliche Änderungen in den Anforderungen an Euro 5/6 und Euro VI. Während bei den Schadstoffnormen Euro 5 und 6 mittlerweile keine Minderung der NMVOC-Emissionen mehr vorgesehen ist, wurde für schwere Nutzfahrzeuge mit der Schadstoffnorm Euro VI eine Verschärfung der NMVOC-Grenzwerte vorgesehen. Da keine Neumodellierung mit dem Tremod-Modell im PAREST-Projekt erfolgte, konnten diese Änderungen nicht abgebildet werden.¹⁰ Aus diesem Grund werden im Referenzszenario die NMVOC-Emissionsminderungen bei Pkw und Lnf beibehalten. Die Referenzemissionen, die im PAREST-Projekt als Ausgangsbasis für die Modellierung verwendet werden, sind in Tabelle 62 dargestellt.

¹⁰ In der Tremod-Version 5.1 wurden diese Änderungen berücksichtigt.

Tabelle 62: Referenzemissionen im PAREST-Projekt für den Sektor Straßenverkehr inkl. Euro 5, 6 für Pkw und Lnf, Euro VI für Snf und Auswirkungen der Autobahnmaut

PM2.5- Emissionen in Deutschland						
Emissionsberechnung nach dem Inlandsprinzip						
SNAP	Einheit	2000	2005	2010	2015	2020
07_1 Road transport gasoline	Gg	0	0	0	0	0
07_2 Road transport diesel	Gg	26	21	11	5	2
07_5 Road transport non-exhaust (tyre, brake and road wear)	Gg	10	11	11	12	12
07_6 Road transport non-exhaust (resuspension)	Gg	5	5	5	5	5
PM10- Emissionen in Deutschland						
Emissionsberechnung nach dem Inlandsprinzip						
SNAP	Einheit	2000	2005	2010	2015	2020
07_1 Road transport gasoline	Gg	0	0	0	0	0
07_2 Road transport diesel	Gg	26	21	11	5	2
07_5 Road transport non-exhaust (tire, break and road wear)	Gg	19	20	21	21	22
07_6 Road transport non-exhaust (resuspension)	Gg	47	49	51	52	53
NH3- Emissionen in Deutschland						
Emissionsberechnung nach dem Inlandsprinzip						
SNAP	Einheit	2000	2005	2010	2015	2020
07_1 Road transport gasoline	Gg	12	10	8	7	7
07_2 Road transport diesel	Gg	0	1	1	1	1
NOx- Emissionen in Deutschland						
Emissionsberechnung nach dem Inlandsprinzip						
SNAP	Einheit	2000	2005	2010	2015	2020
07_1 Road transport gasoline	Gg	233	112	53	29	24
07_2 Road transport diesel	Gg	610	571	405	225	140
NMVOC- Emissionen in Deutschland						
Emissionsberechnung nach dem Inlandsprinzip						
SNAP	Einheit	2000	2005	2010	2015	2020
07_1 Road transport gasoline	Gg	184	92	54	35	26
07_2 Road transport diesel	Gg	41	38	40	43	45
07_4 Road transport non-exhaust (volatilisation)	Gg	50	23	15	12	11
SO2- Emissionen in Deutschland						
Emissionsberechnung nach dem Inlandsprinzip						
SNAP	Einheit	2000	2005	2010	2015	2020
07_1 Road transport gasoline	Gg	4,1	0,4	0,3	0,3	0,2
07_2 Road transport diesel	Gg	13,3	0,4	0,5	0,6	0,6

Die Auswirkungen von Tempolimits auf Autobahnen und Bundesstraßen wurden im Rahmen von [UBA 1999] untersucht. Die Maßnahmen „Förderung des kraftstoffsparenden Fahrens“, „Förderung der Nutzung von Leichtlaufölen“ und „Förderung der Nutzung von Leichtlaufreifen“ dienen primär der CO₂-Minderung. Es wurde angenommen, daß sie auch Auswirkungen auf andere abgasbedingte Schadstoffe wie NO_x oder PM10 haben, da durch die Maßnahmen eine geringere Motorleistung nötig ist. Die Abschätzung des Minderungspotenzials ist aber mit sehr hohen Unsicherheiten behaftet. Die Maßnahme „Nachrüstung von schweren Nutzfahrzeuge mit SCR“ ist ebenfalls als eher hypothetische Maßnahme anzusehen, da solche Systeme bisher (noch) nicht zur Verfügung stehen.

6.1 Grenzwert für Verdunstungsemissionen bei motorisierten Zweirädern

	V001
Kurzbeschreibung Die Verdunstungsemissionen von motorisierten Zweirädern sind bisher nicht gesetzlich geregelt und werden sich deshalb im Trend bis 2010 kaum verändern. Seitens der EU-Kommission gibt es Bestrebungen, für neue Krafträder und Kleinkrafträder eine maximale Höhe der Verdunstungsemissionen festzulegen, Szenarien dazu wurden in [Ntziachristos et al., 2009] entwickelt. Dadurch wird bei motorisierten Zweirädern der Einsatz von technischen Systemen (z. B. Aktivkohlefilter) zur Verringerung der HC-Emissionen aus Tankatmung sowie aus Heißabstellvorgängen notwendig.	
Minderungspotenzial Im Rahmen von Parest wurde angenommen, dass im Jahr 2008 50% der neuen Krafträder und Kleinkrafträder eine Vorrichtung zur Vermeidung von Verdunstungsemissionen haben (bspw. einen Aktivkohlefilter). Es wurde weiterhin angenommen, dass ab 2009 alle neuen motorisierten Zweiräder eine entsprechende technische Ausstattung haben. Die eingesetzte Technik reduziert die Verdunstungsemissionen der neuen Fahrzeuge um 90% gegenüber dem ungeminderten Fall. Die sich daraus ergebenden Minderungspotenziale betragen 10% im Jahr 2010, 30% im Jahr 2015 und 47% im Jahr 2020 für die NMVOC-Emissionen [Theloke et al., 2007]. Bezogen auf die Referenz berechnen sich NMVOC-Minderungspotenziale von 0,5 kt (2010), 1,7 kt (2015) und 2,8 kt (2020).	
Ansatz Änderung der Abgasgesetzgebung für Motorisierte Zweiräder (EU-Richtlinien 97/24/EG und 2002/51/EG). Festlegung eines Prüfverfahrens und eines Grenzwerts für Verdunstungsemissionen.	
Stand der Umsetzung Zurzeit laufen bei der EU-Kommission Überlegungen zur Novellierung der Abgasgesetzgebung für Motorräder, die auch eine Begrenzung der Verdunstungsemissionen einschließen. Der Europäischen Kommission (DG ENTR) liegen dazu seit Mitte 2005 zwei verschiedene Vorschläge [ACEM, MVEG] zur gesetzlichen Regulierung der Verdunstungsemissionen von motorisierten Zweirädern vor. Ein konkreter Gesetzesvorschlag der Kommission ist noch nicht erfolgt.	
Umsetzungshorizont Umsetzung möglich bis: 2010 ☒ 2015 ☐ 2020 ☐	
Kosten In einer Studie zu Emissionsminderungsmaßnahmen für Zweiräder werden Herstellungskosten für den Einbau von Aktivkohlefiltern und Tanks mit niedrigen Durchlässigkeitsraten von 10 € - 50 € pro Fahrzeug abgeschätzt. Dazu werden noch 29% Gewinnaufschlag addiert. Pro Fahrzeug werden weiterhin Kosten für die Typenzulassung von 1.500 € veranschlagt [Ntziachristos et al., 2009]. Mit mittleren Herstellungskosten von 30 € ergeben sich damit Investitionskosten von insgesamt 1.569 € pro Zweirad. Laufende Kosten für Wartung und Betrieb werden in Höhe von 6% der Investitionskosten angenommen [Ntziachristos et al., 2006]. Die Annuitäten (A_t) der Maßnahme betragen 380 € pro Jahr und Fahrzeug bei angenommenen Investitionskosten (C_0) von 1.400 € pro Fahrzeug [Ntziachristos et al., 2009], laufenden Kosten (OC) von 80 € pro Fahrzeug [Ntziachristos et al., 2006], einer Diskontrate von 3 % und einer Lebensdauer (n) der Maßnahme von 5 Jahren [Ntziachristos et al., 2006]. Bei einer Zulassungsrate von 270.000 Krafträdern jährlich [Knörr et al., 2005] ergeben sich daraus 2010, 2015 und 2020 jeweils Gesamtkosten von 103 Mio. €.	
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz) Keine	

6.2 Förderung der Nachrüstung von Pkw mit Dieselpartikelfiltern

	V 002
Kurzbeschreibung Diesel-Pkw der Baujahre 1996 bis 2001 (Euro 2 und 3) weisen im Vergleich zu aktuellen Fahrzeugen mit Euro 5 und 6 einen sehr viel höheren Ausstoß an Partikeln auf. Ihr Anteil an der gesamten Diesel-Pkw-Fahrleistung ist im Jahr 2010 mit 22% zwar nicht mehr so hoch, dennoch verursachen diese Diesel-Pkw 70% der Abgas-PM-Emissionen. Eine Nachrüstung dieser Gruppe von Pkw mit Dieselpartikelfiltern hätte ein Reduktionspotenzial von 30% und könnte somit wesentlich zur Dieselpartikelminderung beitragen. Von 2007 bis Ende 2009 wurde die Nachrüstung von Dieselfahrzeugen mit einem Dieselpartikelfilter in Deutschland finanziell gefördert. Die Nachrüstung wurde mit der Einführung von Umweltzonen und der damit einhergehenden Plakettenverordnung nochmals attraktiver. Steuerliche Anreize und Informationskampagnen brachten nach einer Erhebung vom März 2008 in Deutschland 285.707 Autobesitzer dazu, ihren Diesel-Pkw mit einem Dieselpartikelfilter nachzurüsten [KBA, 2008a]. Dies entspricht 5% des Bestandes an Diesel-Pkw <Euro 4 im Jahr 2008 [KBA, 2008b]. [Jörß et al. 2007] schätzten ab, dass bis zum Jahr 2010 10% der betreffenden Diesel-Pkw nachgerüstet werden würden. Diese Annahme wird zur Berechnung des Minderungspotenzials beibehalten, sie ist allerdings als obere Abschätzung zu sehen.	
Minderungspotenzial: Aus den Annahmen ergibt sich für die Jahre 2010, 2015 und 2020 ein PM10/2.5-Minderungspotenzial von 3% für Pkw der Schadstoffnormen Euro 2 und 3. Auf der anderen Seite führt der Einbau eines Partikelfilters durch eine Erhöhung des Abgasgegendrucks zu einer Erhöhung des Kraftstoffverbrauchs. Dieser wird hier konservativ mit 1% abgeschätzt. Dadurch entstehen Mehremissionen an SO ₂ von 1%. Bezogen auf die Referenz ergeben sich aus diesen Annahmen im Jahr 2010 Minderungspotenziale von 0,07 kt PM10 und PM2.5 sowie eine Erhöhung von 0,001 kt SO ₂ . Im Jahr 2015 ergeben sich Minderungspotenziale von 0,03 kt PM10 und PM2.5 sowie eine Erhöhung von 0,0002 kt SO ₂ . Im Jahr 2020 ergeben sich Minderungspotenziale von 0,01 kt PM10 und PM2.5 sowie eine Erhöhung von 0,0001 kt SO ₂ .	
Stand der Umsetzung Seit 2007 existiert in Deutschland ein Förderprogramm zur Nachrüstung von Diesel-Pkw mit Partikelfiltern. Die steuerliche Förderung beträgt € 330, wenn die Fahrzeuge im Zeitraum 2006 bis 2010 nachgerüstet werden [BGBI, 2007].	
Umsetzungshorizont Umsetzung möglich bis: 2010 ☒ 2015 ☐ 2020 ☐	
Kosten NTV [2007] gibt einen Preis für einen Nachrüstfilter inklusive Montage von rund 800 € an, das entspricht einem Mehrwertsteuerbereinigten Preis von 690 €. Der darauf gewährte Steuererlaß beträgt 330 €. Der Filter ist wartungsfrei, es fallen somit dafür keine laufenden Kosten an. Allerdings entstehen durch den Kraftstoffmehrverbrauch von 1% bei einem steuerbereinigten Preis von 0,41 €/l Kraftstoff (unter einem angenommenen Ölpreis von € 50/barrel [Smokers et al., 2006]), einer jährlichen Fahrleistung von 18.000 km und einem Kraftstoffverbrauch von 5 l/100 km [Knörr et al., 2005] jährliche laufende Mehrkosten von € 4 pro Fahrzeug. Die Annuitäten (A_t) der Maßnahme betragen 0,01 € pro Fahrzeugkilometer und Jahr bei angenommenen Investitionskosten (C_0) von 0,03 € pro Fahrzeugkilometer (bei einer jährlichen Fahrleistung von 18.000 km) [NTV, 2007; Knörr et al., 2005], laufenden Kosten (OC) von $2e^{-04}$ €/Fzgm [Smokers et al., 2006], [Knörr et al., 2005], einer Diskontrate von 3% und einer Lebensdauer (n) der Maßnahme von 7 Jahren. Daraus ergeben sich für 2010 Gesamtkosten der Maßnahme von 36 Mio. € ($A_t \times 6e^{09}$ Fzgm (2010)), für 2015 Gesamtkosten von 13 Mio. € ($A_t \times 2e^{09}$ Fzgm (2015)) und für 2020 Gesamtkosten von 4 Mio. € ($A_t \times 7e^{08}$ Fzgm (2020)).	
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz) Der nachträgliche Einbau eines Partikelfilters geht mit einer Erhöhung des Kraftstoffverbrauchs einher. Dadurch entstehen Mehremissionen an den verbrauchsbedingten Schadstoffen SO ₂ und CO ₂ .	

6.3 Tempolimit von 120 km/h auf Bundesautobahnen

	V 003
Kurzbeschreibung Pkw können bei bestimmten Betriebszuständen hohe Mengen an NO_x, NMVOC und anderen Schadstoffen emittieren. Insbesondere sehr hohe Geschwindigkeiten führen bei vielen Pkw zu einem deutlich erhöhten Schadstoffausstoß. Ein Tempolimit trägt dazu bei, Betriebszustände im Bereich höherer Geschwindigkeiten zu vermeiden und die damit verbundenen deutlich erhöhten spezifischen Emissionen zu verringern. Die durch ein allgemeines Tempolimit erzielbaren Emissionsminderungen hängen wesentlich von seiner Befolgung durch die Verkehrsteilnehmer ab. Um einen hohen Befolgungsgrad zu erreichen, sind erhöhte Anstrengungen erforderlich (Motivationskampagnen, Überwachung). Minderungspotenzial: Die durch ein Tempolimit erzielbaren Minderungseffekte unterscheiden sich in Abhängigkeit von den Antriebsarten (Otto- oder Diesel-Pkw), den Grenzwertstufen und den spezifischen Fahrzeugen. Zudem sind keine aktuellen differenzierten Informationen über die Geschwindigkeitsverteilung der Fahrzeuge über das gesamte Autobahn-Netz vorhanden. [UBA 2003b] schätzen aus diesem Grund das Reduktionspotenzial für Pkw durch die Einführung eines generellen Tempolimits von 120 km/h grob mit 11% für CO₂-Emissionen ab. Der Befolgungsgrad wird relativ hoch mit 80% angesetzt: daraus ergibt sich ein Minderungspotenzial der Pkw-CO₂-Emissionen von 9%. Es wurden Minderungspotenziale auch für NO_x, SO₂, NMVOC und Dieselpartikel abgeschätzt [Gohlisch, 2009a]: -16% für NO_x, -9% für SO₂, -9% für NMVOC und -13% für Dieselpartikel. Daraus berechnen sich im Jahr 2010 Minderungspotenziale von 9kt NO_x, 0,2kt PM10, 0,2kt PM2.5, 0,5kt NMVOC und 0,02kt SO₂, im Jahr 2015 von 7kt NO_x, 0,1kt PM10, 0,1kt PM2.5, 0,4kt NMVOC und 0,02kt SO₂ und im Jahr 2020 von 5kt NO_x, 0,03kt PM10, 0,03kt PM2.5, 0,4 kt NMVOC und 0,02 kt SO₂.	
Ansatz Für die Einführung eines generellen Tempolimits von 120 km/h ist eine Änderung der Straßenverkehrsordnung (StVO § 3 Geschwindigkeit) notwendig.	
Stand der Umsetzung Bisher sind keine Schritte zur Umsetzung dieser Maßnahme erfolgt.	
Umsetzungshorizont Umsetzung bis: 2010 ☒ 2015 ☐ 2020 ☐	
Kosten Die Einführung eines generellen Tempolimits würde keine zusätzliche Beschilderung erfordern, allerdings Kosten für den Abbau vorhandener lokaler Schilder zur Höchstgeschwindigkeitsvorgabe verursachen. Weiterhin sind Ausgaben für Informations- und Motivationskampagnen notwendig. Hierzu liegen allerdings keine Daten vor. Als erste Näherung wird deshalb auf die im Maßnahmenblatt „Verlagerung von Pkw-Fahrten innerorts aufs Fahrrad“ (V008) quantifizierten Kosten zurückgegriffen. Diesen Mehrkosten stehen Kosteneinsparungen durch einen verringerten Kraftstoffverbrauch von 9% für Pkw gegenüber [UBA, 2003b]. Der Durchschnittsverbrauch für Pkw auf Autobahnen beträgt im Jahr 2010 7,3 l/100 km, im Jahr 2015 6,6 l/100 km und im Jahr 2020 6 l/100 km [HBEFA, 2004], die Einsparung beträgt demzufolge 0,7 l/100 km (2010), 0,6 l/100 km (2015) und 0,5 l/100 km (2020). Es wird von einem steuerbereinigten Preis von 0,41 €/l Kraftstoff (bei einem angenommenen Ölpreis von € 50/barrel [Smokers et al., 2006]) ausgegangen. Die Annuitäten (A_t) der Maßnahme betragen $-2e^{-03}$ € pro Fzgkm pro Pkw und Jahr bei angenommenen Investitionskosten (C_0) von $3e^{03}$ €/Fzgkm, laufenden Kosten (OC) von $-2e^{-03}$ €/Fzgkm, einer Diskontrate von 3% und einer Lebensdauer (n) der Maßnahme von 20 Jahren. Daraus ergeben sich für 2010 Gesamtkosten von -423 Mio.€ ($A_t \times 1,9 e^{11}$ Fzgkm Pkw AB (2010)), für 2015 Gesamtkosten von -459 Mio. € ($A_t \times 2 e^{11}$ Fzgkm Pkw AB (2015)) und für 2020 Gesamtkosten von -490 Mio. € ($A_t \times 2,2e^{11}$ Fzgkm Pkw AB (2020)). Für diese Maßnahme wurden in [Kuhn et al., 2010] zusätzlich Nutzenverluste berechnet.	
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz) + Verringerung des Kraftstoffverbrauchs und damit der klimarelevanten CO₂-Emissionen	

6.4 Tempolimit von 80 km/h auf Bundesstraßen

	V 004
Kurzbeschreibung Pkw können bei bestimmten Betriebszuständen hohe Mengen an NO _x , NMVOC und anderen Schadstoffen emittieren. Insbesondere sehr hohe Geschwindigkeiten führen bei vielen Pkw zu einem deutlich erhöhten Schadstoffausstoß. Ein Tempolimit trägt dazu bei, Betriebszustände im Bereich höherer Geschwindigkeiten zu vermeiden, und die damit verbundenen deutlich erhöhten spezifischen Emissionen zu verringern. Die durch ein allgemeines Tempolimit erzielbaren Emissionsminderungen hängen wesentlich von seiner Befolgung durch die Verkehrsteilnehmer ab. Um einen hohen Befolgungsgrad zu erreichen, sind erhöhte Anstrengungen erforderlich (Motivationskampagnen, Überwachung).	
Minderungspotenzial: Die durch ein Tempolimit erzielbaren Minderungseffekte unterscheiden sich in Abhängigkeit von den Antriebsarten (Otto- oder Diesel-Pkw), den Grenzwertstufen und den spezifischen Fahrzeugen. Zudem sind keine aktuellen differenzierten Informationen über die Geschwindigkeitsverteilung der Fahrzeuge über das gesamte Bundesstraßen-Netz vorhanden. [UBA 2003b] schätzen aus diesem Grund das Reduktionspotenzial für Pkw durch die Einführung eines generellen Tempolimits von 80 km/h grob mit 10% für die CO ₂ -Emissionen ab. Der Befolgungsgrad wird relativ hoch mit 80% angesetzt; daraus ergibt sich ein Minderungspotenzial der Pkw-CO ₂ -Emissionen von 8%. Im Rahmen von PAREST wurden Minderungspotenziale auch für NO _x , SO ₂ , NMVOC und Dieselpartikel abgeschätzt [Gohlisch, 2009b]. Sie betragen für Pkw auf Außerortsstraßen -4% für NO _x , -2% für SO ₂ , -4% für NMVOC und -5% für Dieselpartikel. Der Befolgungsgrad von 80% ist hier schon mit eingerechnet. Bezogen auf die Referenz berechnen sich daraus im Jahr 2010 Minderungspotenziale von 2 kt NO _x , 0,1 kt PM ₁₀ , 0,1 kt PM _{2.5} , 0,2 kt NMVOC und 0,01 kt SO ₂ . Im Jahr 2015 ergeben sich Minderungspotenziale von 2 kt NO _x , 0,02 kt PM ₁₀ , 0,02 kt PM _{2.5} , 0,1 kt NMVOC und 0,01 kt SO ₂ . Im Jahr 2020 ergeben sich Minderungspotenziale von 1 kt NO _x , 0,01 kt PM ₁₀ , 0,01 kt PM _{2.5} , 0,1 kt NMVOC und 0,01 kt SO ₂ .	
Ansatz Für die Einführung eines generellen Tempolimits von 80 km/h ist eine Änderung der Straßenverkehrsordnung (StVO § 3 Geschwindigkeit) notwendig.	
Stand der Umsetzung Bisher sind keine Schritte zur Umsetzung dieser Maßnahme erfolgt.	
Umsetzungshorizont Umsetzung möglich bis: 2010 ☒ 2015 ☐ 2020 ☐	
Kosten Die Einführung eines niedrigeren Tempolimits würde einen Ersatz der vorhandenen Beschilderung erfordern. Hierzu liegen jedoch momentan keine Kostendaten vor. Weiterhin sind Ausgaben für Informations- und Motivationskampagnen notwendig. Als erste Näherung wird dazu auf Zahlen aus dem Maßnahmenblatt „Verlagerung von Pkw-Fahrten innerorts aufs Fahrrad“ (V 008) zurückgegriffen. Dem steht eine Kosteneinsparung durch einen verringerten Kraftstoffverbrauch von 8% für Pkw [UBA, 2003b] gegenüber. Der Durchschnittsverbrauch für Pkw außerorts beträgt im Jahr 2010 5,5 l/100 km, im Jahr 2015 4,9 l/100 km und im Jahr 2020 4,4 l/100 km [HBEFA, 2004], die Einsparung beträgt demzufolge ca. 0,4 l/100 km (2010, 2015 & 2020). Es wird von einem steuerbereinigten Preis von 0,41€/l Kraftstoff (angenommener Ölpreis von € 50/barrel [Smokers et al., 2006]) ausgegangen. Die Annuitäten (A _t) der Maßnahme betragen -1,5e ⁻⁰³ € pro Fzgkm pro Pkw und Jahr bei angenommenen Investitionskosten (C ₀) von 2e ⁰³ €/Fzgkm, laufenden Kosten (OC) von -2e-03 €/Fzgkm, einer Diskontrate von 3 % und einer Lebensdauer (n) der Maßnahme von 20 Jahren. Daraus ergeben sich für 2010 Gesamtkosten von -385 Mio. € (At x 2,6 e11 Fzgkm Pkw ao (2010)), für 2015 Gesamtkosten von -406 Mio. € (At x 2,7 e11 Fzgkm Pkw ao (2015)) und für 2020 Gesamtkosten von -423 Mio. € (At x 2,8 e11 Fzgkm Pkw ao (2020)). Da keine Informationen zu den Kosten für die Beschilderung verfügbar waren, stellen die hier berechneten Gesamtkosten eine untere Abschätzung dar. Für diese Maßnahme wurden [Kuhn et al., 2010] zusätzlich Nutzenverluste berechnet.	
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz) + Verringerung des Kraftstoffverbrauchs und damit der klimarelevanten CO ₂ -Emissionen	

6.5 Angleichung der Mineralölsteuer von Diesel an Ottokraftstoff

	V 005
Kurzbeschreibung Die steigende Attraktivität von Diesel-Pkw, bedingt durch geringeren Verbrauch im Vergleich zu Benzin-Pkw sowie zusätzlich begünstigt durch eine geringere Mineralölsteuer auf Diesel, hat in den letzten Jahren zu einer starken Zunahme der Fahrleistungen von Diesel-Pkw geführt. Aufgrund der höheren spezifischen NO_x-, PM10- und PM2.5-Emissionen von Diesel-Pkw konnten damit im Straßenverkehr geringere Emissionsminderungen als ohne diesen „Diesel-Boom“ erreicht werden. Aus diesem Grund sollte die Mineralölsteuer auf Dieseldieselkraftstoff stufenweise an den Steuersatz von Ottokraftstoff angeglichen werden. Mit einer Angleichung der Mineralölsteuer erhöhen sich die Betriebskosten bei Diesel-Pkw und die Kostenattraktivität gegenüber Otto-Pkw verringert sich. Minderungspotenzial: Als Folge der erhöhten Mineralölsteuer für Diesel-Kraftstoff kann es zu einer Verschiebung der Pkw-Neuzulassungen hin zu Otto-Pkw kommen, die niedrigere spezifische NO_x-, PM10- und PM2.5-Abgasemissionen haben. Im Referenzszenario wird für Diesel-Pkw eine Erhöhung des Anteils an den Neuzulassungen bis zum Jahr 2010 auf 50% angenommen. Aufgrund der Maßnahme erscheinen ein Aufhalten dieses Trends und die langfristige Begrenzung des Neuzulassungsanteils von Diesel-Pkw auf 46% möglich. Der Anstieg der Preise für Dieseldieselkraftstoff würde zusätzlich zu einer Abnahme der Fahrleistungen von Diesel-Pkw im Privatverkehr führen. Es wurde angenommen, dass die stufenweise Erhöhung der Dieselpreise um insgesamt ca. 20% zu einer Reduktion der Fahrleistungen mit Diesel-Pkw im Privatverkehr um 6% führt. (Das entspricht einer Preiselastizität in privaten Haushalten von -0,3 [Hautzinger et al., 2004a]). Für den Pkw-Wirtschaftsverkehr werden dagegen keine Fahrleistungsreduktionen aufgrund der Angleichung der Mineralölsteuer angenommen. Die sich aus diesen Annahmen ergebenden Minderungspotenziale wurden aus [Theloke et al. 2007] und [Jörß et al. 2007] übernommen und betragen im Jahr 2010 für NO_x 4% für Diesel-Pkw und -1% für Otto-Pkw (da es hier zu einer Erhöhung der Fahrleistung kommt), im Jahr 2015 für NO_x 9% für Diesel-Pkw und -2% für Otto-Pkw und im Jahr 2020 für NO_x 10% für Diesel-Pkw und -3% für Otto-Pkw. Für NMVOC beträgt das Minderungspotenzial im Jahr 2010 4% für Diesel-Pkw und -1% für Otto-Pkw (da es hier zu einer Erhöhung der Fahrleistung kommt), im Jahr 2015 10% für Diesel-Pkw und -1% für Otto-Pkw und im Jahr 2020 11% für Diesel-Pkw und -3% für Otto-Pkw. Für abgasbedingtes PM10 und PM2.5 betragen die Minderungspotenziale im Jahr 2010 2%, 2015 4% und 2020 6% (im ZSE werden nur Partikel aus der Verbrennung von Dieseldieselkraftstoffen betrachtet). Weiterhin ergeben sich Minderungen für Partikel aus Abrieb und Aufwirbelung, da Fahrleistungen im Dieseldieselbereich abnehmen und diese nicht vollständig von Benzinfahrzeugen kompensiert werden. Die Minderungspotenziale für PM10 und PM2.5 aus Abrieb und Aufwirbelung betragen im Jahr 2010 1% und in den Jahren 2015 und 2020 jeweils 2%. SO₂-Minderungen wurden in [Theloke et al. 2007] nicht betrachtet. Bezogen auf die Referenz berechnen sich daraus im Jahr 2010 Minderungspotenziale von 3,8 kt NO_x, 0,8 kt PM10, 0,2 kt PM2.5 und 0,2 kt NMVOC. Im Jahr 2015 ergeben sich Minderungspotenziale von 7,9 kt NO_x, 1,5 kt PM10, 0,4 kt PM2.5 und 1,4 kt NMVOC. Im Jahr 2020 ergeben sich Minderungspotenziale von 6,1 kt NO_x, 1,5 kt PM10, 0,4 kt PM2.5 und 1,5 kt NMVOC. Ansatz Für die Angleichung der Mineralölsteuer von Dieseldieselkraftstoff an das Niveau von Ottokraftstoff ist eine Änderung des Mineralölsteuergesetzes (MinÖStG) durch die Bundesregierung erforderlich. Stand der Umsetzung Bisher sind keine Schritte zur Umsetzung dieser Maßnahme erfolgt.	

Umsetzungshorizont

Umsetzung möglich bis: 2010 ☒ 2015 ☐ 2020 ☐

Die Angleichung der Mineralölsteuer soll stufenweise bis 2012 erfolgen. Damit ist diese Maßnahme bis 2010 erst teilweise realisierbar.

Kosten

Für den Staat entstehen aus dieser Maßnahme primär keine Zusatzkosten, Kosten zur Einführung der Mineralölsteuer werden als systemintern betrachtet. Durch den Wegfall an Fahrleistungen im Diesel-Pkw-Privatverkehr kommt es zu Kosteneinsparungen durch einen verringerten Kraftstoffverbrauch von durchschnittlich 3% für Diesel-Pkw (2% Rückgang der Fahrleistungen im Jahr 2010 und 4% Rückgang in den Jahren 2015 und 2020) ([Theloke et al., 2007] und [Jörß et al., 2007]). Der Durchschnittsverbrauch für Diesel-Pkw beträgt 5,3 l/100 km [HBEFA, 2004], es ergibt sich demzufolge eine Einsparung von 0,16 l/100 km. Es wird von einem steuerbereinigten Preis von 0,41 €/l Kraftstoff (unter einem angenommenen Ölpreis von 50 €/barrel [Smokers et al., 2006]) ausgegangen.

Die Annuitäten (A_t) der Maßnahme betragen $-7e^{-04}$ € pro Fzgkm pro Diesel-Pkw und Jahr bei angenommenen Investitionskosten (C_0) von 0 €/Fzgkm, laufenden Kosten (OC) von $-7e^{-04}$ €/Fzgkm, einer Diskontrate von 3 % und einer Lebensdauer (n) der Maßnahme von 20 Jahren. Daraus ergeben sich für 2010 Gesamtkosten von -181 Mio.€ ($A_t \times 2,8 e^{11}$ Fzgkm Pkw Diesel (2010)), für 2015 Gesamtkosten von -224 Mio. € ($A_t \times 3,5 e^{11}$ Fzgkm Pkw Diesel (2015)) und für 2020 Gesamtkosten von -244 Mio. € ($A_t \times 3,8 e^{11}$ Fzgkm Pkw Diesel (2020)).

Eine Anhebung der Mineralölsteuer auf Diesel hat auch Auswirkungen auf die Kraftstoffkosten für Leichte und Schwere Nutzfahrzeuge. Da im Wirtschaftsverkehr geringere Preiselastizitäten bestehen als im Privatverkehr und kaum Ausweichmöglichkeiten existieren, müssen in diesen Bereichen entsprechende Kompensationen der Mineralölsteueranhebung geprüft werden.

Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz)

Verringerung der Fahrleistungen im Straßenverkehr und Förderung von Entwicklung und Verkauf niedrig verbrauchender Kfz. Damit Reduktion der CO₂-Emissionen, da angenommen wird, daß die Reduktion von CO₂ durch den Wegfall von Diesel-Pkw-Fahrten höher ist, als die Zunahme durch einen höheren Fahrleistungsanteil von Benzin-Pkw. Diese Effekte sind allerdings nur schwer quantifizierbar [UBA 2003b].

6.6 Gebietsbezogene Verkehrsverbote für bestimmte Fahrzeuggruppen (Umweltzonen)

V 006

Kurzbeschreibung

Die Einrichtung und Ausweitung von Umweltzonen in Städten bewirkt neben Verbesserungen der lokalen Luftqualität auch eine Minderung der Gesamtemissionen des Verkehrs. Durch die selektive Bevorzugung von Fahrzeugen mit niedrigen spezifischen Schadstoffemissionen wird eine schnellere Flottenverjüngung gefördert, wodurch die Verkehrsemissionen insgesamt sinken [UBA 2009a].

Seit Beginn des Jahres 2008 wurden in mehreren deutschen Städten wie Berlin, Stuttgart, Köln oder Hannover Umweltzonen eingeführt. Die rechtliche Grundlage bildet die 35. BImSchV [Verordnung zur Kennzeichnung der Kraftfahrzeuge mit geringem Beitrag zur Schadstoffbelastung, BGBL 2007]. Alle Kraftfahrzeuge, die in eine Umweltzone hineinfahren, müssen durch eine Feinstaubplakette gekennzeichnet sein. Dazu wurden 4 Schadstoffgruppen definiert, die sich nach den Emissionsschlüsselnummern des Kfz richten und von denen drei Schadstoffgruppen eine rote, gelbe oder grüne Plakette zugeordnet ist: Schadstoffgruppe 1 (keine Plakette) betrifft Diesel- und Benzinfahrzeuge ohne geregelten Katalysator, Schadstoffgruppe 2 (rote Plakette) betrifft Dieselfahrzeuge mit den Abgasnormen Euro 1 und z. T. 2 bzw. Euro I und z.T. II, Schadstoffgruppe 3 (gelbe Plakette) betrifft Dieselfahrzeuge mit den Normen Euro 2 und 3 bzw. Euro II und III und Schadstoffgruppe 4 (grüne Plakette) betrifft praktisch alle Benzinfahrzeuge sowie Dieselfahrzeuge mit den Normen Euro 4/IV bzw. teilweise 3/III. Anfangs sind alle Fahrzeuge mit einer Plakette zulässig, später sollen die Fahrverbote schrittweise auf rote und gelbe Plaketenträger ausgeweitet werden.

Mittlerweile liegt aus Berlin eine Untersuchung zur Wirkung der Umweltzone vor. Dabei konnte festgestellt werden, daß trotz Umweltzone keine Verlagerung auf außerhalb liegende Strecken stattfand. Allerdings konnte auch keine zusätzliche Abnahme des Verkehrsaufkommens durch die Umweltzone festgestellt werden. Weiterhin ließ sich nachweisen, daß 50-80% weniger Pkw, Lnf und Snf der Schadstoffgruppe 1 auf den Straßen Berlins unterwegs waren [Senatsverwaltung Berlin, 2009].

Minderungspotenzial:

Anhand der Flottenzusammensetzung an der Frankfurter Allee wurden für das Berliner Straßennetz Emissionsminderungen hochgerechnet. Das Minderungspotenzial betrug im Jahr 2008 für Dieselruß (PM10 bzw. PM2.5) -26% für Pkw, -39% für Lnf und -13% für Lkw. Für NO_x-Emissionen betrug es -19% für Pkw, -23% für Lnf und -8% für Lkw [Senatsverwaltung Berlin, 2009].

Da keine zusätzliche Abnahme der Verkehrsleistung durch die Einführung der Umweltzone erfolgte [Senatsverwaltung Berlin, 2009], beträgt das Minderungspotenzial für PM10- und PM2.5-Abrieb- und Aufwirbelungsemissionen 0%.

Im PAREST-Projekt wurden Umweltzonen für die Ballungsräume Berlin, Ruhrgebiet und München für das Jahr 2015 modelliert. Dabei wurde ein Maximalszenario abgebildet: darin wird davon ausgegangen, dass 2015 in allen Zonen nur noch die grüne Plakette erlaubt ist. Weiterhin wird davon ausgegangen, dass die Fahrleistungen aller ausgesperrten Fahrzeuge (Diesel: bis Euro 3, Benzin: vor-Euro-Fahrzeuge) nicht wegfallen, sondern proportional durch Fahrleistungen zugelassener Fahrzeuge ersetzt werden. Die Flottenzusammensetzung wurde aus dem deutschen Durchschnitt aus [Knörr et al., 2005] übernommen.

Die Minderungspotenziale, die sich somit ergeben, sind unten in Tabelle 63 aufgeführt. Der Bezug ist die Emissionsklassifizierung im SNAP-Format, da die Modellierung auf Basis der räumlich verteilten Emissionsdaten erfolgt (die in SNAP-Kategorien ausgewiesen sind). Tabelle 64 stellt die sich daraus ergebenden Emissionen dar. Bei den NH₃-Emissionen kommt es zu einer Erhöhung, da neuere Benzin-Fahrzeuge mit Katalysator einen erhöhten Ausstoß an NH₃ aufweisen.

Räumlich betrachtet werden die Umweltzonen für das Stadtgebiet Berlins innerhalb des S-Bahn-Rings modelliert (Abb. 1), für das Stadtgebiet Münchens innerhalb des Autobahn-rings (Abb. 2) und in zwei Varianten für das Ruhrgebiet, einmal für das gesamte Ruhrgebiet (Abb. 3) und für die heute tatsächlich

existierenden Umweltzonen (Abb. 4).
Ansatz Die rechtliche Grundlage wurde mit Hilfe der Feinstaubverordnung [BGBL, 2007] geschaffen. Die Einrichtung einer Umweltzone erfolgt durch Bundesländer bzw. Städte (Luftreinhaltepläne und Aktionspläne).
Stand der Umsetzung Bisher (Stand Juni 2009) haben 32 Kommunen in Deutschland Umweltzonen eingerichtet, 7 planen deren Einrichtung bis zum 01.01.2010 [UBA, 2009b].
Umsetzungshorizont Umsetzung möglich bis: 2010 ☒ 2015 ☐ 2020 ☐
Kosten Die Kosten der Einführung einer Umweltzone umfassen seitens der öffentlichen Hand Kosten für die Beschilderung, die die Umweltzone kennzeichnen, die Überwachung und die Verwaltung. Die Stadt München kostete die Beschilderung mit den notwendigen Straßenschildern im Jahr 2008 rund 75.000 €, dazu kommen 630.000 € Personalkosten für die Bearbeitung der Ausnahmegenehmigungen und für telefonische Auskünfte. Langfristig wird erwartet, daß zwei Stellen für die Verwaltung der Umweltzone bestehen bleiben [Forster & Hutter, 2008]. Seitens der Fahrzeughalter umfassen die Kosten die durch die Einführung einer Umweltzone entstehenden eventuellen Kosten für den Erwerb eines neuen Fahrzeugs. Es wird aber angenommen, daß diejenigen, die sich ein neues Fahrzeug kaufen, diesen Kauf nur vorziehen, da sie ihn zu einem späteren Zeitpunkt sicher getätigt hätten, d.h. ihnen entstehen damit keine Mehrkosten. Der Wertverlust, den Altfahrzeuge durch die Umweltzone erleiden könnten, wird vernachlässigt. Kosten für den Erwerb der Plakette werden nicht mitbetrachtet, da sie für die öffentliche Hand eine Einnahme und somit im Betrachtungsrahmen einen durchlaufenden Posten darstellen. Diejenigen, die auf den ÖPNV umsteigen, haben dort zwar Mehrkosten. Es wird aber davon ausgegangen, daß sich diese durch die eingesparten Kosten für den Fahrzeugbesitz ausgleichen. <i>Für diese Maßnahme wurden in [Kuhn et al., 2010] zusätzlich Nutzenverluste berechnet.</i>
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz) Neben der Verbesserung der lokalen Luftqualität findet eine Verbesserung der Verkehrssicherheit statt. Durch das Anschaffen von Pkw und Lnf mit den Emissionsstandards Euro 2-4 könnte allerdings die herkömmliche Flottenverjüngung (Anschaffung von Euro 5- und Euro 6-Fahrzeugen) verzögert werden, so daß Effekte durch die Abgasstandards Euro 5 und 6 erst später als erwartet zum Tragen kommen.

Tabelle 63: Minderungspotenziale für das Maximalszenario Umweltzone

Schadstoff	SNAP	Minderungspotenzial*
NO _x	07_1 (Straßenverkehr Benzin)	13%
NM VOC	07_1 (Straßenverkehr Benzin)	22%
NH ₃	07_1 (Straßenverkehr Benzin)	-1%
SO ₂	07_1 (Straßenverkehr Benzin)	1%
PM10	07_2 (Straßenverkehr Diesel)	47%
PM2.5	07_2 (Straßenverkehr Diesel)	47%
NO _x	07_2 (Straßenverkehr Diesel)	19%
NM VOC	07_2 (Straßenverkehr Diesel)	7%
NH ₃	07_2 (Straßenverkehr Diesel)	4%
SO ₂	07_2 (Straßenverkehr Diesel)	5%
NM VOC	07_4 (Straßenverkehr Verdunstung)	30%

*positiv: Minderung, negativ: Erhöhung

Tabelle 64: Ergebnisse für das Maximalszenario - Umweltzone

Ort	SNAP_1	Schadstoff	Jahr	Einheit	Wert_Org	Wert_inkl_Umwz	Abweichung
Berlin S-Bahn-Ring	07_1	NH ₃	2015	Mg	26,9	27,0	-0,5%
	07_1	NMVOC	2015	Mg	218,6	171,0	21,8%
	07_1	NO _x	2015	Mg	122,4	106,5	13,0%
	07_1	SO ₂	2015	Mg	1,1	1,1	0,6%
	07_2	NH ₃	2015	Mg	2,2	2,1	4,1%
	07_2	NMVOC	2015	Mg	190,9	177,1	7,3%
	07_2	NO _x	2015	Mg	768,6	626,0	18,6%
	07_2	PM10	2015	Mg	18,3	9,7	47,3%
	07_2	PM2.5	2015	Mg	18,3	9,7	47,3%
	07_2	SO ₂	2015	Mg	2,0	1,9	4,5%
	07_4	NMVOC	2015	Mg	108,5	75,5	30,4%
	07_5	PM10	2015	Mg	82,3	nicht betroffen	nicht betroffen
	07_5	PM2.5	2015	Mg	44,4	nicht betroffen	nicht betroffen
	07_6	PM10	2015	Mg	200,9	nicht betroffen	nicht betroffen
	07_6	PM2.5	2015	Mg	20,1	nicht betroffen	nicht betroffen
München Autobahnring	07_1	NH ₃	2015	Mg	6,8	6,8	-0,5%
	07_1	NMVOC	2015	Mg	91,2	71,4	21,8%
	07_1	NO _x	2015	Mg	36,5	31,8	13,0%
	07_1	SO ₂	2015	Mg	0,3	0,3	0,6%
	07_2	NH ₃	2015	Mg	0,7	0,6	4,1%
	07_2	NMVOC	2015	Mg	69,3	64,3	7,3%
	07_2	NO _x	2015	Mg	238,0	193,8	18,6%
	07_2	PM10	2015	Mg	5,8	3,1	47,3%
	07_2	PM2.5	2015	Mg	5,8	3,1	47,3%
	07_2	SO ₂	2015	Mg	0,6	0,6	4,5%
	07_4	NMVOC	2015	Mg	44,2	30,8	30,4%
	07_5	PM10	2015	Mg	25,8	nicht betroffen	nicht betroffen
	07_5	PM2.5	2015	Mg	13,9	nicht betroffen	nicht betroffen
	07_6	PM10	2015	Mg	63,0	nicht betroffen	nicht betroffen
	07_6	PM2.5	2015	Mg	6,3	nicht betroffen	nicht betroffen
Ruhrgebiet gesamt	07_1	NH ₃	2015	Mg	363,2	365,0	-0,5%
	07_1	NMVOC	2015	Mg	1.985,3	1.553,4	21,8%
	07_1	NO _x	2015	Mg	1.524,5	1.326,6	13,0%
	07_1	SO ₂	2015	Mg	13,9	13,8	0,6%
	07_2	NH ₃	2015	Mg	36,2	34,7	4,1%
	07_2	NMVOC	2015	Mg	2.390,6	2.217,2	7,3%
	07_2	NO _x	2015	Mg	11.667,5	9.503,0	18,6%
	07_2	PM10	2015	Mg	249,7	131,5	47,3%
	07_2	PM2.5	2015	Mg	249,7	131,5	47,3%
	07_2	SO ₂	2015	Mg	29,1	27,7	4,5%
	07_4	NMVOC	2015	Mg	788,5	548,5	30,4%
	07_5	PM10	2015	Mg	1.141,7	nicht betroffen	nicht betroffen
	07_5	PM2.5	2015	Mg	616,6	nicht betroffen	nicht betroffen
	07_6	PM10	2015	Mg	2.788,8	nicht betroffen	nicht betroffen

Ort	SNAP_1	Schadstoff	Jahr	Einheit	Wert_Org	Wert_inkl_Umwz	Abweichung
	07_6	PM2.5	2015	Mg	278,9	nicht betroffen	nicht betroffen
Ruhrgebiet heutige Fläche der Umweltzonen	07_1	NH ₃	2015	Mg	66,0	66,4	-0,5%
	07_1	NMVOC	2015	Mg	427,3	334,3	21,8%
	07_1	NO _x	2015	Mg	284,3	247,4	13,0%
	07_1	SO ₂	2015	Mg	2,6	2,6	0,6%
	07_2	NH ₃	2015	Mg	6,1	5,9	4,1%
	07_2	NMVOC	2015	Mg	450,4	417,7	7,3%
	07_2	NO _x	2015	Mg	2.037,9	1.659,8	18,6%
	07_2	PM10	2015	Mg	45,3	23,9	47,3%
	07_2	PM2.5	2015	Mg	45,3	23,9	47,3%
	07_2	SO ₂	2015	Mg	5,1	4,9	4,5%
	07_4	NMVOC	2015	Mg	190,0	132,2	30,4%
	07_5	PM10	2015	Mg	206,4	nicht betroffen	nicht betroffen
	07_5	PM2.5	2015	Mg	111,5	nicht betroffen	nicht betroffen
	07_6	PM10	2015	Mg	504,3	nicht betroffen	nicht betroffen
	07_6	PM2.5	2015	Mg	50,4	nicht betroffen	nicht betroffen

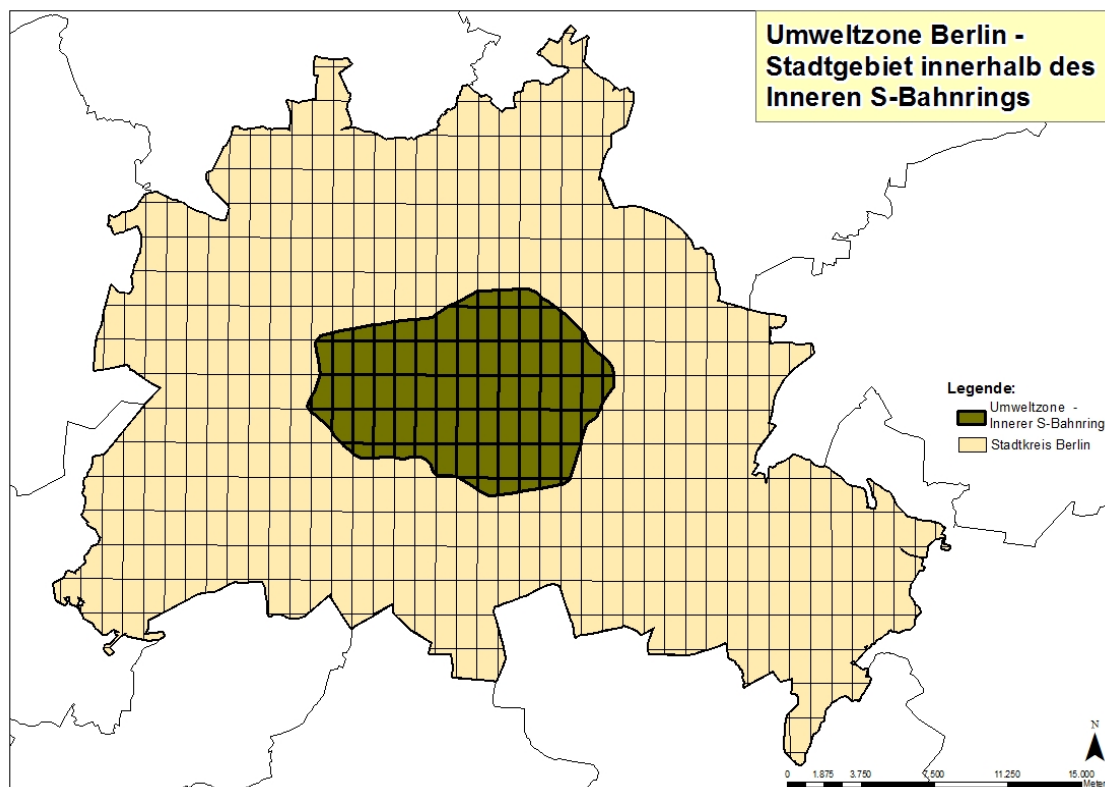


Abbildung 1: Räumliche Ausdehnung der Umweltzone für Berlin

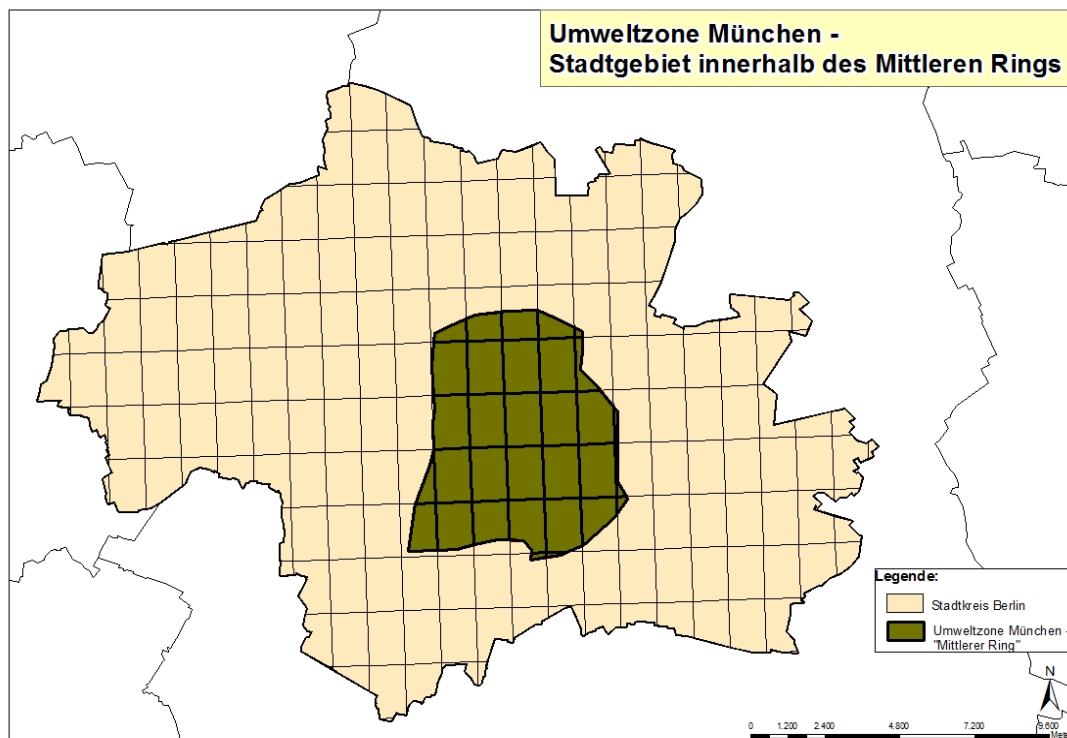


Abbildung 2: Räumliche Ausdehnung der Umweltzone für München

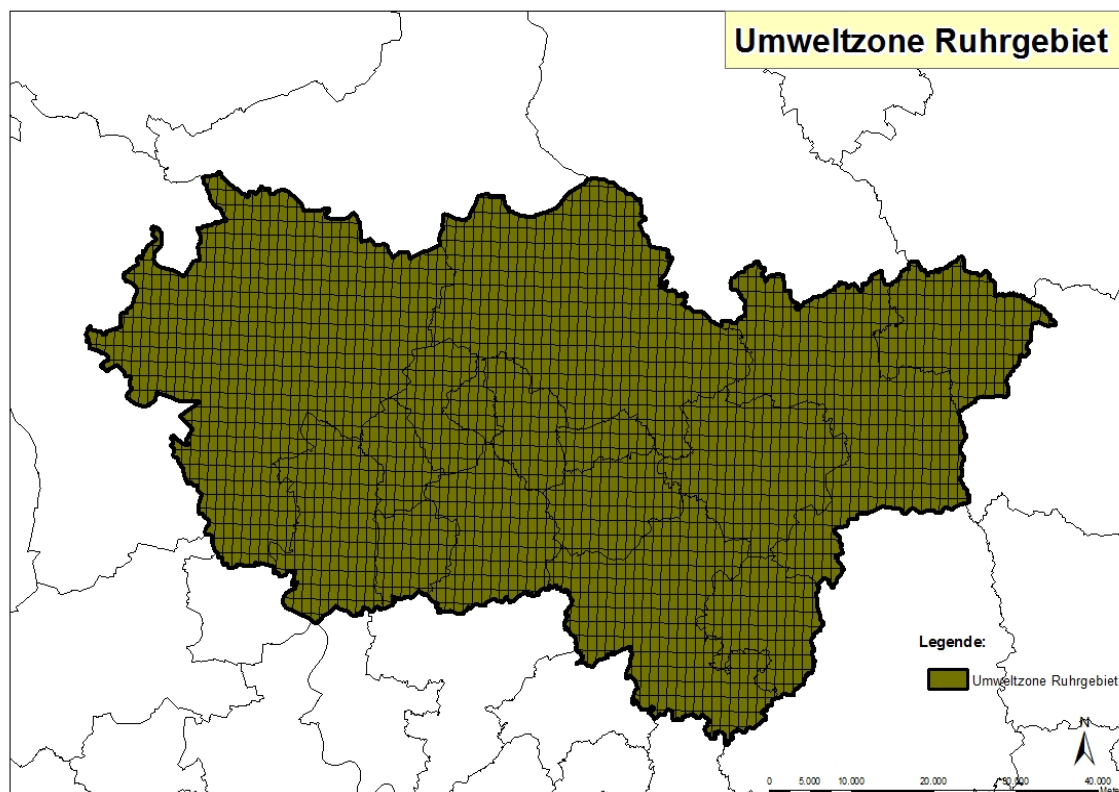


Abbildung 3: Räumliche Ausdehnung der Umweltzone für das Ruhrgebiet

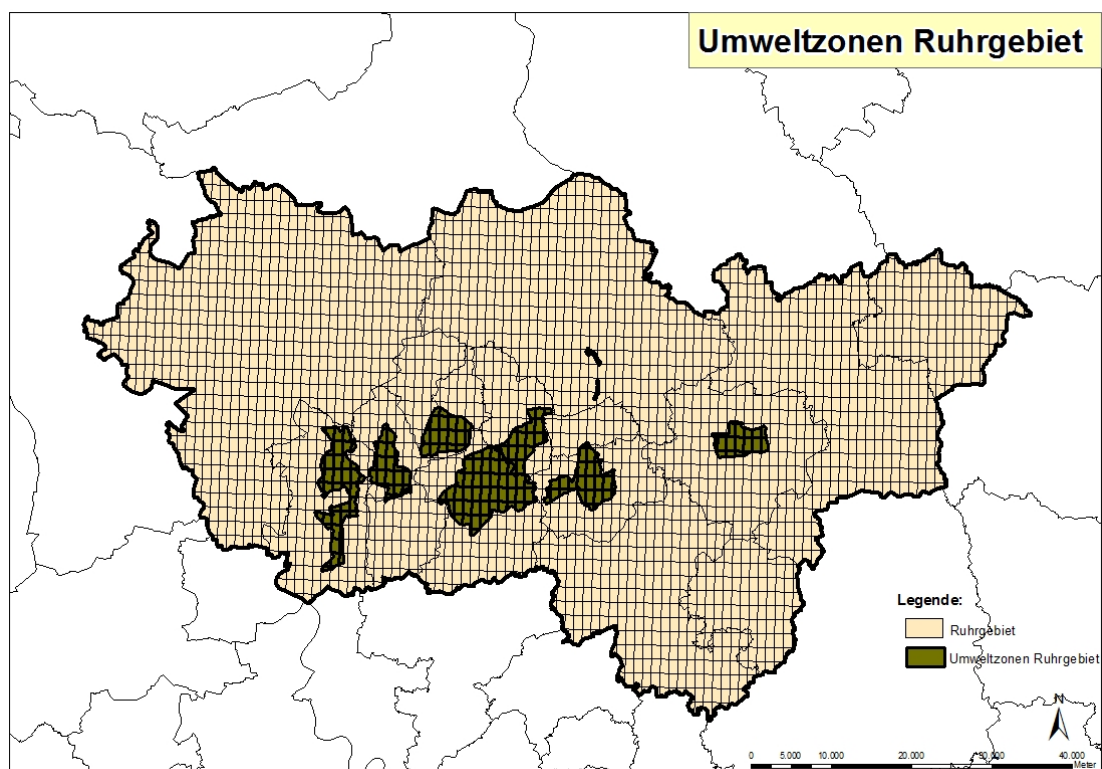


Abbildung 4: Räumliche Ausdehnung der heutigen Umweltzonen für das Ruhrgebiet (Stand 2010)

6.7 Tempolimit innerorts

	V 007
Kurzbeschreibung Geschwindigkeitsbeschränkungen innerorts (io) auf Hauptverkehrsstraßen: Ausdehnung der Verkehrsberuhigung in Städten, verstärkte Anordnung von Tempo 30 auch auf Hauptverkehrsstraßen	
Minderungspotenzial: Erfahrungen (z.B. in Berlin) zeigen, dass mit einer Temporeduktion von 50 km/h auf 30 km/h auf Hauptverkehrsstraßen eine Partikelminderung von 5 % erreicht wurde. Bei der Annahme, dass die Fahrleistungen innerorts zu 50 % auf Straßen mit Tempo 50 erbracht werden (Daten liegen nicht vor), ergibt sich ein Minderungspotenzial für PM10 und PM2.5 aus Abgas, Abrieb und Aufwirbelung von 2,5% [Schärer et al., 2008]. Bezogen auf die Referenz berechnet sich daraus 2010, 2015 und 2020 ein Minderungspotenzial von jeweils 0,6 kt für PM10 und 0,1-0,2 kt für PM2.5.	
Ansatz Ausdehnung der Verkehrsberuhigung in den Städten, Anordnung von Tempo 30 innerorts Luftreinhaltepläne, Lärminderungspläne, Verkehrsentwicklungspläne	
Stand der Umsetzung Bisher sind keine Schritte zur Umsetzung dieser Maßnahme erfolgt.	
Umsetzungshorizont Umsetzung möglich bis: 2010 ☒ 2015 ☐ 2020 ☐	
Kosten Die Einführung eines niedrigeren Tempolimits würde einen Ersatz der vorhandenen Beschilderung erfordern. Hierzu liegen jedoch momentan keine Kostendaten vor. Weiterhin sind Ausgaben für Informations- und Motivationskampagnen notwendig. Als erste Näherung wird dazu auf die im Maßnahmenblatt „Verlagerung von Pkw-Fahrten innerorts aufs Fahrrad“ (V008) quantifizierten Kosten zurückgegriffen. Die Annuitäten (A_t) der Maßnahme betragen $9e^{-04}$ € pro Fzgkm pro Pkw und Jahr bei angenommenen Investitionskosten (C_0) von 0,01 €/Fzgkm, laufenden Kosten (OC) von 0 €/Fzgkm, einer Diskontrate von 3 % und einer Lebensdauer (n) der Maßnahme von 20 Jahren. Daraus ergeben sich für 2010 Gesamtkosten von 140 Mio. € ($A_t \times 1,6 e^{11}$ Fzgkm Pkw io (2010)), für 2015 Gesamtkosten von 140 Mio. € ($A_t \times 1,6 e^{11}$ Fzgkm Pkw io (2015)) und für 2020 Gesamtkosten von 137 Mio. € ($A_t \times 1,6 e^{11}$ Fzgkm Pkw io (2020)). Für diese Maßnahme wurden in [Kuhn et al., 2010] zusätzlich Nutzenverluste berechnet.	
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz) + Verbesserung der lokalen Luftqualität + Verminderung der Lärmbelastung + Verbesserung der Verkehrssicherheit + Verbesserung der Wohnaufenthaltsqualität	

6.8 Verlagerung von Pkw-Fahrten innerorts aufs Fahrrad

	V 008
Kurzbeschreibung Das Potenzial des Fahrrads im Alltagsverkehr wird häufig unterschätzt, da es in erster Linie ein Verkehrsmittel für kurze Wege ist: 80% der Radfahrten sind kürzer als 5 km. Jedoch ist auch etwa die Hälfte aller Pkw-Fahrten kürzer als 5 km, eine Entfernung, bei der die Benutzung des Pkws in der Regel noch keinen Zeitvorteil aufweist. Gerade im Kurzstreckenbetrieb sind die Emissionen von Kraftfahrzeugen besonders hoch, da wegen des kalten Motors der Kraftstoffverbrauch überproportional hoch ist. Folglich ergeben sich überdurchschnittliche Entlastungen durch den Umstieg auf das Fahrrad gerade innerorts und über kurze Distanzen.	
Minderungspotenzial: Das UBA schätzt, dass bis zum Ende des Jahres 2011 10% der innerorts Pkw-Fahrten, die kürzer als 5 km sind, auf den Radverkehr verlagert werden könnten. Die eingesparte Feinstaubmenge entspricht ca. 4% der durch Pkw verursachten Feinstaubemissionen innerorts (Abgas, Bremsen- und Reifenabrieb) im Jahre 2011. Das Minderungspotenzial von 4% wird für die Schadstoffe NO_x, NMVOC, SO₂ und NH₃ in gleicher Höhe angesetzt [Schärer et al., 2008]. Unter diesen Annahmen errechnen sich daraus bezogen auf die Referenz im Jahr 2010 Minderungspotenziale von 1,8 kt NO_x, 0,6 kt PM10, 0,2 kt PM2.5, 1,7 kt NMVOC, 0,07 kt NH₃ und 0,01 kt SO₂. Im Jahr 2015 ergeben sich Minderungspotenziale von 1,3 kt NO_x, 0,5 kt PM10, 0,1 kt PM2.5, 1,2 kt NMVOC, 0,06 kt NH₃ und 0,01 kt SO₂. Für 2020 ergeben sich Minderungspotenziale von 0,9 kt NO_x, 0,5 kt PM10, 0,1 kt PM2.5, 1,1 kt NMVOC, 0,06 kt NH₃ und 0,01 kt SO₂. Das angenommene Verlagerungspotenzial von 10% aller Pkw-Fahrten unter 5 km im Innerortsbereich kann durch Förderung des Radverkehrs erreicht und auch noch gesteigert werden. Beispielsweise liegt bereits heute die Radverkehrsleistung in Dänemark und den Niederlanden etwa 3-4 mal höher als in Deutschland.	
Ansatz 1. Sofort-Investitionsprogramm zur Schaffung lückenloser, sicherer Radverkehrsnetze in den Kommunen mit eindeutiger Wegweisung. 2. Ausdehnung der Verkehrsberuhigung in den Städten, Anordnung von Tempo 30 innerorts (außer auf Stadtautobahnen) 3. Anpassung der geltenden Regelwerke (StVO und VwV-StVO)¹¹ an die Bedürfnisse des Radverkehrs (z.B. Abschaffung der Radwegebenutzungspflicht) 4. Programm für mehr Sicherheit im Straßenverkehr, z. B. Vision Zero [VCD, 2011] 5. Informations- und Imagekampagne für den Radverkehr (flächendeckende Aufklärung der Kfz-Halter über Rechte der Radfahrer, sichere Abstände, defensive Fahrweise)	
Stand der Umsetzung Zu 1.) noch nicht eingeleitet Zu 2.) kommunale Verkehrsentwicklungspläne, StVO und VwV-StVO sind entsprechend zu ändern Zu 3.) StVO und VwV-StVO sind entsprechend zu ändern Zu 4.) noch nicht eingeleitet Zu 5.) noch nicht eingeleitet	

¹¹ StVO = Straßenverkehrs-Ordnung, VwV-StVO = Verwaltungsvorschrift zur Straßenverkehrs-Ordnung

Umsetzungshorizont

Umsetzung möglich bis: 2010 ☐ 2015 ☒ 2020 ☐

Zu 1.) bis 5.) Bei Einleitung der genannten Maßnahmen im Jahr 2008 und Umsetzungsbeginn im Jahr 2009 erscheint das Ziel bis Ende 2011 erreichbar. Da im PAREST-Projekt nur die Zeitschritte 2010, 2015 und 2020 betrachtet werden, erscheint die Umsetzung bis 2015 möglich, wobei durch den erweiterten Betrachtungszeitraum voraussichtlich eine höhere Emissionsminderung möglich ist.

Kosten

Zu 1.) 600 Mio. € pro Jahr (2009-2011); Die Länder sollten davon 300 Mio. Euro/a bereitstellen. Dies ergibt sich aus der Annahme, dass Kommunen, die langfristig pro Einwohner 10 € im Jahr für den Radverkehr ausgeben, ihren Radverkehrsanteil am Modal Split deutlich erhöhen. Das Umweltbundesamt geht davon aus, dass die durchschnittlichen Ausgaben pro Kommune zurzeit 2,50 € pro Einwohner im Jahr betragen. Das bedeutet, dass durchschnittlich 7,50 € pro Einwohner und Jahr investiert werden müssten. Die Ausgaben für den Radverkehr liegen in den Niederlanden und Dänemark sogar bei 20-30 €. Dies sollte in Deutschland auch angestrebt werden [Schärer et al., 2008].

Zu 2.) k.A.

Zu 3.) keine

Zu 4.) Die Einsparungen durch das Programm "Vision Zero" dürften die getätigten Investitionen übersteigen, so dass sich das Handlungsprogramm aus volkswirtschaftlicher Sicht rechtfertigt.

Zu 5.) 200 Mio. € pro Jahr (2009-2011); Die Länder sollten davon 100 Mio. Euro/a bereitstellen [Schärer et al., 2008].

Der jährliche finanzielle Aufwand der Kommunen je Fahrrad-km beträgt etwa nur ein Zehntel des Aufwandes je Pkw-km. Bei verringertem MIV (motorisiertem Individualverkehr) müssten weniger Pkw-Stellplätze eingerichtet werden. Ein Pkw-Stellplatz kostet ca. 5.500 €, ein Fahrrad-Stellplatz hingegen nur ca. 100 €. Da keine Daten zur Anzahl der vorhandenen Pkw-Stellplätze und dem Anteil der öffentlichen Hand an den Betreibern von Parkplätzen vorhanden sind, werden diese Kosten nicht in die Berechnung mit einbezogen [Schärer et al., 2008].

Durch die Verlagerung von Pkw-Fahrten innerorts aufs Fahrrad ergibt sich ein geringerer Kraftstoffverbrauch von 4%. Bei einem steuerbereinigten Preis von 0,41 €/l Kraftstoff (unter einem angenommenen Ölpreis von 50 €/barrel [Smokers et al., 2006]) und einem Kraftstoffverbrauch von 5 l/100 km [Knörr et al., 2005] entstehen jährliche Kosteneinsparungen von 13 € pro Fahrzeug (bei einer durchschnittlichen Fahrleistung von 14.500 km).

Die Annuitäten (A_t) der Maßnahme betragen $-1e^{-06}$ € pro Fzgm pro Pkw io und Jahr bei angenommenen Investitionskosten (C_0) von 0,01 €/Fzgm Pkw io, laufenden Kosten (OC) von $-9e^{-04}$ €/Fzgm Pkw io, einer Diskontrate von 3 % und einer Lebensdauer (n) der Maßnahme von 20 Jahren. Daraus ergeben sich für 2015 Gesamtkosten von -229.000 € ($A_t \times 1,6 e^{11}$ Fzgm Pkw io (2015)) und für 2020 Gesamtkosten von -225.000 € ($A_t \times 1,6 e^{11}$ Fzgm Pkw io (2020)).

Für diese Maßnahme wurden in [Kuhn et al., 2010] zusätzlich Nutzenverluste berechnet.

Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz)

- + Verbesserung der lokalen Luftqualität (u.a. Vermeidung von Feinstaub)
- + Verminderung von Treibhausgasen
- + Lärminderung
- + Verbesserung der Gesundheit
- + geringere Versiegelungswirkung

6.9 Förderprogramm zum kraftstoffsparenden Fahren

	V 009
Kurzbeschreibung Der Kraftstoffverbrauch und damit die Emissionen eines Fahrzeugs sind stark von der individuellen Fahrweise abhängig. Frühzeitiges Hochschalten bei 2000-2500 Umdrehungen pro Minute, eine stetige und vorausschauende Fahrweise in einem möglichst hohen Gang und ein frühzeitiges Loslassen des Gaspedals bei Bremsvorgängen können im Mittel bis zu 10% des Kraftstoffs einsparen [SenterNovem, 2007]. Allerdings wird eine kraftstoffsparende Fahrweise bisher nur von einem geringen Prozentsatz von Autofahrern angewandt. Minderungspotenzial: [UBA 2003b] gibt ein Minderungspotenzial für den Kraftstoffverbrauch bzw. die CO₂-Emissionen von 12% für den Verkehr innerorts an (Pkw, leichte und schwere Nutzfahrzeuge, Busse). Außerorts werden Minderungspotenziale von 6% für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge und 4% für Busse und schwere Nutzfahrzeuge abgeschätzt, auf Autobahnen 2% für alle Fahrzeugkategorien. Der Befolgungsgrad wird anfangs bei gewerblich genutzten Fahrzeugen (leichte sowie schwere Nutzfahrzeuge, Busse) mit 30-40% abgeschätzt und bei privaten Pkw mit 10%. Später, nach ca. 5 Jahren Laufzeit der Maßnahme, wird für gewerbliche Fahrzeuge ein Befolgungsgrad von 80-90% abgeschätzt und für Privat-Pkws ein Befolgungsgrad von 35%. Diese Minderungspotenziale (z.B. Innerortsfahrten mit Pkw: 2010 -1,2%, 2015 -4,2%¹²) können für den verbrauchsbedingten Schadstoff SO₂ übernommen werden. Für die restlichen Schadstoffe, die nicht nur vom Verbrauch, sondern auch vom Betriebszustand des Motors abhängen, wird ein halb so hohes Minderungspotenzial abgeschätzt. Nicht-abgasbedingte Partikelemissionen aus dem Abrieb und der Aufwirbelung werden mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht gemindert. Unter diesen Annahmen errechnen sich bezogen auf die Referenz im Jahr 2010 Minderungspotenziale von 0,2 kt NO_x, 0,01 kt PM10 und PM2.5, 0,03 kt NMVOC, 0,004 kt NH₃ und 0,001 kt SO₂. Im Jahr 2015 ergeben sich Minderungspotenziale von 1 kt NO_x, 0,02 kt PM10 und PM2.5, 0,2 kt NMVOC, 0,02 kt NH₃ und 0,004 kt SO₂. Für 2020 ergeben sich Minderungspotenziale von 1 kt NO_x, 0,01 kt PM10 und PM2.5, 0,2 kt NMVOC, 0,02 kt NH₃ und 0,004 kt SO₂. Ansatz Um bei einem hohen Prozentsatz von Fahrern eine angepaßte Fahrweise zu erreichen, müßten Förderprogramme aufgelegt werden, die Fahrerschulungen für Fahranfänger und für Fahrer in Fahrschulen und in Fuhrunternehmen unterstützen. Anreize könnten beispielsweise bei Fuhrunternehmen Prämien für eine verbrauchsarme Fahrweise sein und bei Privatpersonen finanzielle Zuschüsse für Schulungen [UBA, 2003b]. Flankierende Maßnahmen können der Einbau von Geräten wie einer Start-Stop-Automatik, einer Schaltanzeige oder eines Reifendrucküberwachungssystems sein [SenterNovem, 2007]. Stand der Umsetzung Bisher sind keine Schritte zur Umsetzung dieser Maßnahme erfolgt.	

¹² Befolgungsgrad (2010) 10%, danach 35%. Reduktionspotential 12%, d. h. Minderungspotential 1,2% bzw. 4,2 %

Umsetzungshorizont

Umsetzung möglich bis: 2010 ☒ 2015 ☐ 2020 ☐

Eine Umsetzung wird bis 2010 für möglich gehalten.

Kosten

Ein vergleichbares Förderprogramm in den Niederlanden, „Het nieuwe rijden“ kostete von 2000-2007 ca. 30 Mio. € [SenterNovem, 2007]. Umgerechnet auf die 8,7 Mio. Fahrzeuge in den Niederlanden ergeben sich damit gesamte Investitionskosten von 3,50 € pro Fahrzeug. Dagegen spart der Fahrer Geld durch Einsparungen im Kraftstoffverbrauch, durchschnittlich 0,5%. Es wird angenommen, dass der durchschnittliche Kraftstoffverbrauch über alle Fahrzeugkategorien 6,6l/100km beträgt [HBEFA, 2004], [Knörr et al., 2005] und der steuerbereinigte Kraftstoffpreis 0,41 €/l (unter einem angenommenen Ölpreis von 50€/barrel [Smokers et al., 2006]).

Die Annuitäten (A_t) der Maßnahme betragen $-1e^{-04}$ € pro Fzgkm und Jahr bei angenommenen Investitionskosten (C_0) von $2e^{-04}$ €/Fzgkm [SenterNovem, 2007], laufenden Kosten (OC) von $-1e^{-04}$ €/Fzgkm [HBEFA, 2004; Knörr et al., 2005; Smokers et al., 2006], einer Diskontrate von 3 % und einer Lebensdauer (n) der Maßnahme von 20 Jahren. Daraus ergeben sich für 2010 Gesamtkosten der Maßnahme von – 86 Mio. € ($A_t \times 7e^{11}$ Fzgkm (2010)), für 2015 Gesamtkosten von -90 Mio. € ($A_t \times 7,5e^{11}$ Fzgkm (2015)) und für 2020 Gesamtkosten von -93 Mio. € ($A_t \times 7,7e^{11}$ Fzgkm (2020)).

Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz)

- + Verringerung des Kraftstoffverbrauchs und damit der klimarelevanten CO₂-Emissionen
- + Senkung von Unfallzahlen
- + Minderung von Lärmemissionen

6.10 Förderung der Nutzung von Leichtlaufölen

		V 010
Kurzbeschreibung		
Leichtlauföle werden eingesetzt, um die innere Reibung des Motors durch Schmieren herabzusetzen. Gekennzeichnet werden sie durch ihre Viskosität, z.B. nach dem SAE-System (Society of Automotive Engineers). Motoröle der SAE-Viskositätsklassen 0W30 und 5W30 gelten als Leichtlauföle, da sie die beste Schmierfunktion besitzen [UBA, 2003b].		
Minderungspotenzial:		
[Matthes et al. 2008] nehmen für alle Fahrzeugkategorien ein technisch maximales Reduktionspotenzial von 5% des Kraftstoffverbrauchs bzw. der CO₂-Emissionen an. Da bereits Leichtlauföle auf dem Markt verfügbar sind, wird im Jahr 2005 von einem Umsetzungsgrad von 20% ausgegangen, der sich bis 2020 auf 40% steigern ließe. Das entspricht Minderungspotenzialen von 1% im Jahr 2010, 1,5% im Jahr 2015 und 2% im Jahr 2020. Übertragen auf die in PAREST betrachteten Schadstoffe bedeutete dies ein ebenso hohes Minderungspotenzial für das verbrauchsabhängige SO₂. Für die verbrennungsbedingten Schadstoffe PM₁₀, PM_{2.5}, NO_x, NMVOC und NH₃, die vom Betriebszustand des Motors abhängen, wird ein halb so hohes Minderungspotenzial abgeschätzt. Unter diesen Annahmen errechnen sich daraus bezogen auf die Referenz im Jahr 2010 Minderungspotenziale von 2,3 kt NO_x, 0,06 kt PM₁₀ und PM_{2.5}, 0,4 kt NMVOC, 0,04 kt NH₃ und 0,01 kt SO₂. Im Jahr 2015 ergeben sich Minderungspotenziale von 1,9 kt NO_x, 0,04 kt PM₁₀ und PM_{2.5}, 0,5 kt NMVOC, 0,06 kt NH₃ und 0,01 kt SO₂. Für 2020 ergeben sich Minderungspotenziale von 1,6 kt NO_x, 0,02 kt PM₁₀ und PM_{2.5}, 0,6 kt NMVOC, 0,08 kt NH₃ und 0,02 kt SO₂.		
Ansatz		
Die Definition eines einheitlichen Qualitätsstandards in Deutschland und der Europäischen Union wie beispielsweise der Blaue Engel könnte die breite Nutzung von Leichtlaufölen verbessern [UBA, 2003b].		
Stand der Umsetzung		
Bisher sind keine Schritte zur Umsetzung dieser Maßnahme erfolgt.		
Umsetzungshorizont		
Umsetzung möglich bis: 2010 ☒ 2015 ☐ 2020 ☐		
Kosten		
Es wird abgeschätzt, daß pro Fahrzeug bei jährlicher Laufleistung von 16.000 km [Knörr et al., 2005] einmal im Jahr das Motoröl gewechselt werden muß. Der Mehrpreis von Leichtlaufölen gegenüber konventionellen Motorölen wird mit 11 € ohne Steuern angegeben [Smokers et al., 2006], und da durch die Verwendung von Leichtlaufölen durchschnittlich 1,5 % Kraftstoff eingespart werden, ergibt sich bei einem Durchschnittsverbrauch von 6,6 l/100 km [HBEFA, 2004; Knörr et al., 2005] eine Einsparung von 0,1 l/100 km bzw. $4e^{-04}$ €/Fzgkm (bei einem steuerbereinigten Kraftstoffpreis von 0,41 €/l (unter einem angenommenen Ölpreis von 50€/barrel [Smokers et al., 2006])). Die Annuitäten (A_t) der Maßnahme betragen $2e^{-04}$ €/Fzgkm und Jahr bei angenommenen Investitionskosten (C_0) von $6e^{-04}$ €/Fzgkm [Knörr et al., 2005], laufenden Kosten (OC) von $-4e^{-04}$ €/Fzgkm [HBEFA, 2004; Knörr et al., 2005; Smokers et al., 2006], einer Diskontrate von 3% und einer Lebensdauer (n) der Maßnahme von 1 Jahr [Smokers et al., 2006]. Daraus ergeben sich für 2010 Gesamtkosten der Maßnahme von 2 Mio. € ($A_t \times 1e^{10}$ Fzgkm (2010)), für 2015 Gesamtkosten von 2,5 Mio. € ($A_t \times 1,1e^{10}$ Fzgkm (2015)) und für 2020 Gesamtkosten von 2,6 Mio. € ($A_t \times 1,2e^{10}$ Fzgkm (2020)).		
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz)		
+ Verringerung des Kraftstoffverbrauchs und damit der klimarelevanten CO₂-Emissionen + geringerer Motorverschleiß		

6.11 Förderung der Nutzung von Leichtlaufreifen

	V 011
Kurzbeschreibung Fahrzeugreifen, die durch einen optimierten Rollwiderstand zu einem verminderten Kraftstoffverbrauch führen, werden als Leichtlaufreifen bezeichnet. Sie haben das höchste Reduktionspotenzial im Stadtverkehr und bei mittleren Geschwindigkeiten außerorts und können bei Pkw den CO ₂ -Ausstoß um durchschnittlich 3% senken [UBA, 2003b]. [Smokers et al. 2006] geben eine Bandbreite der potentiell möglichen CO ₂ -Reduktionen durch die Verwendung von Leichtlaufreifen bei Pkw von 1-4% an. Bei schweren Nutzfahrzeugen wird das Reduktionspotenzial für CO ₂ -Emissionen etwas höher eingeschätzt und liegt bei 6%.	
Minderungspotenzial: [Matthes et al. 2008] nehmen für alle Fahrzeugkategorien ein technisch maximales Reduktionspotenzial von 5% des Kraftstoffverbrauchs bzw. der CO ₂ -Emissionen an. Da bereits Leichtreifen auf dem Markt verfügbar sind, wird im Jahr 2005 von einem Umsetzungsgrad von 20% ausgegangen, der sich bis 2020 auf 40% steigern ließe. Das entspricht Minderungspotenzialen von 1% im Jahr 2010, 1,5% im Jahr 2015 und 2% im Jahr 2020. Übertragen auf die im PAREST-Projekt betrachteten Schadstoffe bedeutete dies ein ebenso hohes Minderungspotenzial für das verbrauchsabhängige SO ₂ . Für die verbrennungsbedingten Schadstoffe PM ₁₀ , PM _{2.5} , NO _x , NMVOC und NH ₃ , die vom Betriebszustand des Motors abhängen, wird ein halb so hohes Minderungspotenzial abgeschätzt. Unter diesen Annahmen errechnen sich daraus bezogen auf die Referenz im Jahr 2010 Minderungspotenziale von 2,3 kt NO _x , 0,06 kt PM ₁₀ und PM _{2.5} , 0,4 kt NMVOC, 0,04 kt NH ₃ und 0,01 kt SO ₂ . Im Jahr 2015 ergeben sich Minderungspotenziale von 1,9 kt NO _x , 0,04 kt PM ₁₀ und PM _{2.5} , 0,5 kt NMVOC, 0,06 kt NH ₃ und 0,01 kt SO ₂ . Für 2020 ergeben sich Minderungspotenziale von 1,6 kt NO _x , 0,02 kt PM ₁₀ und PM _{2.5} , 0,6 kt NMVOC, 0,08 kt NH ₃ und 0,02 kt SO ₂ .	
Stand der Umsetzung Die Europäische Kommission hat einen Vorschlag für eine neue Direktive unterbreitet, die durch eine Kennzeichnung von Leichtlaufreifen deren Marktdurchdringung fördern soll. Dabei sollen in die Kennzeichnung nicht nur Informationen zur Kraftstoffersparnis sondern auch zur Haftung der Reifen bei Nässe sowie zum Außenlärm durch Rollgeräusche einfließen [Euractiv, 2008].	
Umsetzungshorizont Umsetzung möglich bis: 2010 ☒ 2015 ☐ 2020 ☐	
Kosten Die Kosten für die Verwendung von Leichtlaufreifen umfassen unter der Berücksichtigung von einer Nutzungsdauer von 2,5 Jahren (nach 40.000 Fzkgm) einen Mehrpreis von € 50 [Smokers et al., 2006]. Da durch die Verwendung von Leichtlaufreifen durchschnittlich 1,5% Kraftstoff eingespart werden, ergeben sich bei einem Durchschnittsverbrauch von 6,6 l/100 km [HBEFA, 2004; Knörr et al., 2005] eine Einsparung von 0,1 l/100 km bzw. $4e^{-04}$ €/Fzkgm (bei einem steuerbereinigten Kraftstoffpreis von 0,41 €/l (bei einem angenommenen Ölpreis von 50€/barrel [Smokers et al., 2006])). Die Annuitäten (A_t) der Maßnahme betragen $6e^{-04}$ €/Fzkgm und Jahr bei angenommenen Investitionskosten (C_0) von $3e^{-03}$ €/Fzkgm (bei 16.000 Fzkgm jährlich, [Knörr et al., 2005]), laufenden Kosten (OC) von $-4e^{-04}$ €/Fzkgm [HBEFA, 2004; Knörr et al., 2005; Smokers et al., 2006], einer Diskontrate von 3% und einer Lebensdauer (n) der Maßnahme von 3 Jahren [Smokers et al., 2006]. Daraus ergeben sich für 2010 Gesamtkosten der Maßnahme von 6,5 Mio. € ($A_t \times 1e^{10}$ Fzkgm (2010)), für 2015 Gesamtkosten von 6,8 Mio. € ($A_t \times 1,1e^{10}$ Fzkgm (2015)) und für 2020 Gesamtkosten von 7 Mio. € ($A_t \times 1,2e^{10}$ Fzkgm (2020)).	
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz) + Verringerung des Kraftstoffverbrauchs und damit der klimarelevanten CO ₂ -Emissionen + Verringerung von Lärmemissionen	

6.12 Nachrüstung von schweren Nutzfahrzeugen mit SCR

	V 012
Kurzbeschreibung Zur Verringerung des Gehalts an Stickoxiden im Abgas wird die selektive katalytische Reduktion (SCR) eingesetzt. Als Reduktionsmittel wird Ammoniak verwendet, das mit NO_x unter der Bildung von N₂ und H₂O in der Gegenwart von Sauerstoff bei 200°C hinreichend schnell reagiert. Das Ammoniak liegt häufig in Form einer 32,5%-igen wässrigen Harnstofflösung vor (Markenname „AdBlue“), die in einem zusätzlichen Tank im Fahrzeug verbaut ist und mittels einer Dosiereinheit in den Abgasstrom eingespritzt wird. Die Menge des eingespritzten Harnstoffs muss je nach Menge anfallender Stickoxide dosiert werden, um eine möglichst stöchiometrische Reaktion zu gewährleisten. Ist dies nicht der Fall, kann es zu einem NH₃-Schlupf kommen. Der Verbrauch an Harnstoff-Wasser-Lösung beträgt abhängig von der Rohemission des Motors etwa 5% des eingesetzten Dieselmotorkraftstoffs [Aral, 2008]. Bisher wird die SCR-Katalyse hauptsächlich bei schweren Nutzfahrzeugen eingesetzt, da diese mehr Platz für den Verbau eines zusätzlichen Tanks mit AdBlue bieten. Es wird angenommen, daß ein SCR-System in näherer Zukunft auch zur Nachrüstung von leichten Nutzfahrzeugen und Bussen eingesetzt werden kann. Da ein zusätzlicher Tank für die wässrige Harnstofflösung benötigt wird, wird aus Platzgründen das Potenzial dieses Systems für Pkw als vernachlässigbar eingeschätzt. Zur Nachrüstung werden aller Voraussicht nach Dieselfahrzeuge < Euro IV in Frage kommen. Minderungspotenzial: Der Umsetzungsgrad einer Nachrüstung von Lkw und Bussen mit SCR wird generell als niedrig eingeschätzt (2010: 5%, 2015: 10%, 2020: 33%). Nur in den Städten, wo eine solche Maßnahme zur Verbesserung der Luftqualität stark erwünscht ist und durch flankierende Maßnahmen wie z.B. Umweltzonen gefördert werden könnte, wird der Nachrüstung von SCRs ein höherer Umsetzungsgrad zugeordnet (2010: 10%, 2015: 33%, 2020: 50%). SCR-Systeme reduzieren NO_x zu ca. 70% [AECC, 2008]. Daraus ergeben sich außerorts die folgenden Minderungspotenziale für NO_x: 2010 3,5%, 2015 7% und 2020 23%. Innerorts sind sie höher und betragen 2010 7%, 2015 23% und 2020 35%. Insgesamt berechnen sich daraus bezogen auf die Referenzemissionen potentielle Minderungen von 8,7 kt (2010), 6,8 kt (2015) und 4,8 kt (2020).	
Ansatz Analog zur Förderung der Nachrüstung von Dieselpartikelfiltern könnte ein Förderprogramm aufgelegt werden, welches durch steuerliche Anreize die Entwicklung und Marktdurchdringung von Nachrüstsystemen unterstützt.	
Stand der Umsetzung Bisher sind keine Schritte zur Umsetzung erfolgt.	
Zuständigkeit Bundesregierung	
Umsetzungshorizont Umsetzung möglich bis: 2010 ☒ 2015 ☐ 2020 ☐	
Kosten Es wird geschätzt, daß durch die Nachrüstung eines solchen Systems Kosten von 15.500 € entstehen [Middendorf, 2007]. Zusätzlich entstehen laufende Kosten für die Nutzung der wässrigen Harnstofflösung, welche momentan bei etwa der Hälfte des Dieselmotorkraftstoffpreises liegen [Findadblue, 2008]. Bei einem Durchschnittskraftstoffverbrauch von 26,8 l/100 km [HBEFA, 2004], einem Verbrauch der wässrigen Harnstofflösung von 5% des Kraftstoffverbrauchs [Aral, 2008], bei einer Laufleistung von 16.000 km/a [Hautzinger et al., 2004b] und einem steuerbereinigten Kraftstoffpreis von 0,41 €/l (unter einem angenommenen Ölpreis von 50€/barrel [Smokers et al., 2006]) ergeben sich damit laufende Kosten für die	

Nutzung der wässrigen Harnstofflösung von 0,3 €/Fzgkm.

Die Annuitäten (A_t) der Maßnahme betragen 0,14 €/Fzgkm und Jahr bei angenommenen Investitionskosten (C_0) von 0,90 €/Fzgkm [Middendorf, 2007], laufenden Kosten (OC) von $3e^{-03}$ €/Fzgkm [Aral, 2008; Findadblue, 2008; HBEFA, 2004; Smokers et al., 2006], einer Diskontrate von 3% und einer Lebensdauer (n) der Maßnahme von 7 Jahren. Daraus ergeben sich für 2010 Gesamtkosten der Maßnahme von 808 Mio. € ($A_t \times 6e^{09}$ Fzgkm (2010, angenommener Umsetzungsgrad 20%)), für 2015 Gesamtkosten von 266 Mio. € ($A_t \times 2e^{09}$ Fzgkm (2015, angenommener Umsetzungsgrad 20%)) und für 2020 Gesamtkosten von 93 Mio. € ($A_t \times 7e^{08}$ Fzgkm (2020, angenommener Umsetzungsgrad 20%)).

Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz)

Bei einem nicht stöchiometrisch eingestellten SCR-System kann es zu zusätzlichen Ammoniakemissionen kommen („NH₃-Schlupf“).

6.13 Zusammenfassung der Ergebnisse für den Straßenverkehr

Die Minderungspotenziale aus den hier betrachteten Maßnahmen im Straßenverkehr sind in Tabelle 65 und Tabelle 66 dargestellt.

Tabelle 65: Quantifizierte Minderungspotenziale für Maßnahmen im Straßenverkehr - NO_x, PM₁₀ und PM_{2.5}

ID	Subsektor	Maßnahme	NO _x (kt)			PM ₁₀ (kt)			PM _{2.5} (kt)		
			2010	2015	2020	2010	2015	2020	2010	2015	2020
V001	MZR	Grenzwert für Verdunstungs-emissionen bei motorisierten Zweirädern	-	-	-	-	-	-	-	-	-
V002	Pkw	Förderung der Nachrüstung von Pkw mit Dieselpartikelfiltern	-	-	-	0,07	0,03	0,01	0,07	0,03	0,01
V003	Pkw AB	Tempolimit 120 km/h auf Bundesautobahnen	7,3	5,8	4,3	0,1	0,05	0,02	0,1	0,05	0,02
V004	Pkw außerorts	Tempolimit von 80 km/h auf Bundesstrassen	2	1,6	1	0,06	0,02	0,01	0,06	0,02	0,01
V005	Pkw	Angleichung der Mineralölsteuersätze von Diesel an Ottokraftstoff	3,8	7,9	6	0,8	1,5	1,6	0,2	0,4	0,4
V006	Pkw, Lnf, Snf innerorts	Gebietsbezogene Verkehrsverbote für bestimmte Fahrzeuggruppen (Umweltzonen)	wird für Ballungsräume in Fallstudie ermittelt								
V007	Pkw, Lnf, Snf innerorts	Tempolimits innerorts	-	-	-	0,6	0,6	0,6	0,2	0,1	0,1
V008	Pkw innerorts	Verlagerung von Pkw-Fahrten innerorts aufs Fahrrad	1,8	1,3	0,9	0,5	0,5	0,5	0,2	0,1	0,1
V009	Pkw, Lnf, Snf	Förderprogramm zum kraftstoffsparenden Fahren	0,2	1	1	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01
V010	Pkw, Lnf, Snf	Förderung der Nutzung von Leichtlaufölen	2,3	1,9	1,6	0,06	0,04	0,02	0,06	0,04	0,02
V011	Pkw, Lnf, Snf	Förderung der Nutzung von Leichtlaufreifen	2,3	1,9	1,6	0,06	0,04	0,02	0,06	0,04	0,02
V012	Snf	Nachrüstung von schweren Nutzfahrzeugen mit SCR	8,7	6,8	4,7	-	-	-	-	-	-

Tabelle 66: Quantifizierte Minderungspotenziale für Maßnahmen im Straßenverkehr - NMVOC, NH₃ und SO₂

Nr	Subsektor	Maßnahme	NMVOC (kt)			NH ₃ (kt)			SO ₂ (kt)		
			2010	2015	2020	2010	2015	2020	2010	2015	2020
V001	MZR	Grenzwert für Verdunstungs-emissionen bei motorisierten Zweirädern	0,5	1,7	2,8	-	-	-	-	-	-
V002	Pkw	Förderung der Nachrüstung von Pkw mit Dieselpartikelfiltern	-	-	-	-	-	-	-0,5	-0,2	-0,1
V003	Pkw AB	Tempolimit 120 km/h auf Bundesautobahnen	0,4	0,3	0,3	-	-	-	0,01	0,01	0,01
V004	Pkw außerorts	Tempolimit von 80 km/h auf Bundesstrassen	0,2	0,1	0,1	-	-	-	0,01	0,01	0,01
V005	Pkw	Angleichung der Mineralölsteuersätze von Diesel an Ottokraftstoff	0,2	1,4	1,5	-	-	-	-	-	-
V006	Pkw, Lnf, Snf innerorts	Gebietsbezogene Verkehrsverbote für bestimmte Fahrzeuggruppen (Umweltzonen)	wird für Ballungsräume in Fallstudie ermittelt								
V007	Pkw, Lnf, Snf innerorts	Tempolimits innerorts	-	-	-	-	-	-	-	-	-
V008	Pkw innerorts	Verlagerung von Pkw-Fahrten innerorts aufs Fahrrad	1,7	1,2	1,1	0,07	0,06	0,06	0,01	0,01	0,01
V009	Pkw, Lnf, Snf	Förderprogramm zum kraftstoffsparenden Fahren	0,03	0,2	0,2	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00
V010	Pkw, Lnf, Snf	Förderung der Nutzung von Leichtlaufölen	0,4	0,5	0,6	0,04	0,06	0,08	0,01	0,01	0,02
V011	Pkw, Lnf, Snf	Förderung der Nutzung von Leichtlaufreifen	0,4	0,5	0,6	0,04	0,06	0,08	0,01	0,01	0,02
V012	Snf	Nachrüstung von schweren Nutzfahrzeugen mit SCR	-	-	-	-	-	-	-	-	-

7 Mobile Maschinen

Die Datengrundlage für die Referenz-Emissionen bildet [UBA, 2007] und [Jörß et al., 2010]. Für den Flugverkehr wurde in [Thiruchittampalam et al., 2010] eine neue Emissionsdatenbasis entwickelt, die aktuelle Flottenzusammensetzungen und Emissionsfaktoren berücksichtigt.

Die Maßnahme „Nutzungsbeschränkung für hochemittierende Baumaschinen in innerstädtischen Gebieten“ wurde neu entwickelt. Es handelt sich hierbei um eine erste Abschätzung des Minderungspotenzials.

Das Minderungspotenzial zur Maßnahme „Kosteninternalisierung im Flugverkehr (Kerosinsteuer und Einbeziehung in den Emissionshandel)“ wurde mit Hilfe des Forschungsvorhabens Politiksznarien für den Klimaschutz IV [Matthes, et al., 2008] entwickelt, indem die dort verwendeten Minderungspotenziale auf [Jörß et al., 2010] angewendet wurden.

7.1 Fortschreibung der Grenzwerte für mobile Maschinen und Geräte (Dieselmotoren)

	MM 001
Kurzbeschreibung Für Dieselmotoren > 18 kW in mobilen Maschinen soll im Jahr 2018 eine Grenzwertstufe V eingeführt werden, die zu einer deutlichen Senkung der spezifischen NO_x- (und PM-) Emissionen führt. Eine frühere Einführung erscheint nicht realistisch, da erst im Jahr 2015 die Grenzwertstufe IV (nach bestehender EU-Richtlinie 2004/26/EG) in Kraft tritt. Minderungspotenzial: Wegen der langen Lebensdauer der Dieselmotoren > 18 kW sind relevante Minderungen erst nach 2020 zu erwarten. 2020 ergibt sich für NO_x ein Minderungspotenzial von 0,8% und für PM₁₀ und PM_{2.5} ein Minderungspotenzial von 0,4% ([Theloke et al., 2007] und [Jörß et al., 2007]). Daraus berechnen sich im Jahr 2020 Minderungspotenziale von 0,3 kt (NO_x) und 0,02 kt (PM₁₀ und PM_{2.5}). Von den Grenzwerten bisher nicht erfaßt sind Dieselmotoren > 560 kW, die im Bereich der Land- und Bauwirtschaft eine zunehmende Rolle spielen. Da diese Leistungsklasse aber in den Statistiken nicht getrennt benannt wird, kann zum jetzigen Zeitpunkt für diese Untergruppe kein Minderungspotenzial ermittelt werden.	
Ansatz Weiterentwicklung der bereits bestehenden europäischen Gesetzgebung. Die Festlegung der Grenzwerte und Einführungszeitpunkte erfolgt auf EU-Ebene und wird dann von der Bundesregierung in nationales Recht überführt.	
Stand der Umsetzung Es existiert bereits eine umfassende Gesetzgebung für mobile Maschinen. Die bestehenden Grenzwerte sollen auf europäischer Ebene weiterentwickelt werden.	
Umsetzungshorizont Umsetzung möglich bis: 2010 ☐ 2015 ☐ 2020 ☒ Wegen bereits festgelegter Grenzwerte ist eine Verschärfung erst nach 2015 realistisch. Die Wirkung der Grenzwerte entfaltet sich daher erst nach 2015 oder gar 2020 (Dieselmotoren).	
Kosten Die Kosten für die Erfüllung der Grenzwerte hängen von der zur Erfüllung der Grenzwerte verwendeten Technologie ab und können daher nicht genau angegeben werden. Als erste Näherung wurde jedoch angenommen, dass zur Erreichung der Grenzwertstufe V mindestens so hohe Kosten anfallen wie bei der Einführung der Euro VI-Normen bei schweren Nutzfahrzeugen. Befragungen der Industrie und Modellrechnungen ergaben hierzu zusätzliche Implementierungskosten von 3.753 - 5.980 €₂₀₁₂ pro Fahrzeug [Gense et al., 2006]. Laufende Kosten für den Verbrauch von wässriger Harnstofflösung (vgl. Maßnahme „Nachrüstung von schweren Nutzfahrzeugen mit SCR“ V012) werden hier nicht genannt. Es wird angenommen, dass sich bei einem durchschnittlichen Dieserverbrauch von 223 g/kWh [Schäffeler und Keller, 2008], einem Verbrauch der wässrigen Harnstofflösung von 5% des Kraftstoffverbrauchs [Aral, 2008], einer durchschnittlichen gewichteten Laufleistung von 26 MWh/a [Lambrecht et al., 2004], einem Preis der wässrigen Harnstofflösung von 50% des Dieselpreises [Findadblue, 2008] und einem steuerbereinigten Kraftstoffpreis von 0,41 €/l (unter einem angenommenen Ölpreis von € 50/barrel [Smokers et al., 2006]) laufende Kosten von 70 €/Fzg ergeben. Die Annuitäten (A_t) der Maßnahme betragen 780 €/Fzg. und Jahr bei angenommenen Investitionskosten (C₀) von 4.400 €/Fzg [Gense et al., 2006], laufenden Kosten (OC) von 71 €/Fzg. [Schäffeler und Keller, 2008; Aral, 2008; Lambrecht et al., 2004; Findadblue, 2008; Smokers et al., 2006], einer Diskontrate von 3% und einer Lebensdauer (n) der Maßnahme von 7 Jahren. Daraus ergeben sich für 2020 Gesamtkosten von 32 Mio. € (A_t x 41.000 Fzg. [Lambrecht et al., 2004]).	
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz) Keine	

7.2 Fortschreibung der Grenzwerte für mobile Maschinen und Geräte (Ottomotoren)

	MM 002
Kurzbeschreibung Für Ottomotoren < 18 kW in mobilen Maschinen soll im Jahr 2015 eine Grenzwertstufe III zur Minderung der NO _x - und NMVOC-Emissionen eingeführt werden. Der NO _x -Grenzwert dieser Grenzwertstufe orientiert sich am UBA-Vorschlag von 2003 zur Anpassung der Lkw-Grenzwerte (Euro V) und wird auf 1 g/kWh festgelegt. Für den NMVOC-Grenzwert wird eine Absenkung um 50% gegenüber der Stufe II angenommen.	
Minderungspotenzial: Bei Ottomotoren < 18 kW in mobilen Maschinen können bei einer Einführung der Grenzwertstufe III ab dem Jahr 2015 im Jahr 2020 Minderungen der NMVOC-Emissionen um 18% und Minderungen der NO _x -Emissionen um 1% erzielt werden [Theloke et al., 2007]. Bezogen auf die Referenz berechnet sich im Jahr 2020 ein Minderungspotenzial von 0,7 kt NO _x und 6,8 kt NMVOC.	
Ansatz Weiterentwicklung der bereits bestehenden europäischen Gesetzgebung. Die Festlegung der Grenzwerte und Einführungszeitpunkte erfolgt auf EU-Ebene und wird dann von der Bundesregierung in nationales Recht überführt.	
Stand der Umsetzung Es existiert bereits eine umfassende Gesetzgebung für mobile Maschinen. Die bestehenden Grenzwerte sollen auf europäischer Ebene weiterentwickelt werden.	
Umsetzungshorizont Umsetzung möglich bis: 2010 ☐ 2015 ☐ 2020 ☒ Wegen bereits festgelegter Grenzwerte ist eine Verschärfung erst ab 2015 realistisch. Die Wirkung der Grenzwerte entfaltet sich daher erst nach 2015 oder gar 2020.	
Kosten Die Kosten für die Erfüllung der Grenzwerte hängen von der zur Erfüllung der Grenzwerte verwendeten Technologie ab und können daher nicht genau angegeben werden. Für Fremdzündungsmotoren < 18kW ist teilweise mit einer Umstellung von 2- auf 4-Takt Motoren zu rechnen. Außerdem ist auch die Einführung eines Katalysators notwendig. Die Investitionskosten liegen für größere Otto-Motoren im Bereich von 250 € bis 300 € [CITEP, 2003], dürften jedoch für kleinere Motoren deutlich geringer sein. Es entstehen voraussichtlich keine erhöhten Betriebskosten. Die Annuitäten (A _t) der Maßnahme betragen 44 €/Fzg. und Jahr bei angenommenen Investitionskosten (C ₀) von 275 €/Fzg [CITEP, 2003], einer Diskontrate von 3% und einer Lebensdauer (n) der Maßnahme von 7 Jahren. Daraus ergeben sich für 2020 Gesamtkosten von 22 Mio. € (A _t x 500.000 Fzg. [Lambrecht et al., 2004]).	
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz) Keine	

7.3 Grenzwerte für Flüssiggasmotoren > 18kW in mobilen Maschinen

	MM 003
Kurzbeschreibung Die Emissionen von Fremdzündungsmotoren in mobilen Maschinen mit einer Nennleistung > 18kW sind bisher nicht gesetzlich reguliert. Zur Beschränkung der spezifischen NO _x - und NMVOC-Emissionen von Neugeräten sollen ab 2010 Grenzwerte ähnlich der bestehenden EU-Gesetzgebung für andere mobile Maschinen eingeführt werden.	
Minderungspotenzial: Der NO _x -Grenzwert, der den Minderungsberechnungen zugrunde gelegt wurde, orientiert sich an der Grenzwertstufe Euro IV für Lkw (NO _x : 3,5 g/kWh) und der Stufe III für Diesellokomotiven (NO _x +HC: 4 g/kWh). Für den NMVOC-Grenzwert wurde eine Absenkung um 50% gegenüber dem bestehenden Emissionsverhalten angenommen. Es ergeben sich folgende Minderungspotenziale [Theloke et al., 2007]: 2015: Minderung der NO _x -Emissionen mobiler Maschinen um 6,5%, der NMVOC-Emissionen um 1,4% 2020: Minderung der NO _x -Emissionen mobiler Maschinen um 16%, der NMVOC-Emissionen um 3%. Die Minderungspotenziale bezogen auf die Referenz betragen unter den getroffenen Annahmen im Jahr 2015 0,6 kt NO _x und 0,02 kt NMVOC sowie im Jahr 2020 1,7 kt NO _x und 0,04 kt NMVOC.	
Ansatz Senkung der spezifischen Emissionen großer Fremdzündungsmotoren durch Einführung eines Grenzwertes auf EU Ebene.	
Stand der Umsetzung Es besteht derzeit keine Regelung	
Umsetzungshorizont Umsetzung möglich bis: 2010 ☐ 2015 ☒ 2020 ☐ Ab 2015 könnten relevante Minderung erreicht werden.	
Kosten Die Kosten für die Erfüllung des Grenzwertes hängen von der zur Erfüllung des Grenzwertes verwendeten Technologie ab und können daher nicht genau angegeben werden. Der Grenzwert erfordert eine Verbesserung am Kraftstoffsystem und die Nutzung eines Katalysators [CITEP, 2003]. Die zusätzlichen Investitionskosten für Verbesserungen am Kraftstoffsystem und für den Katalysator werden für Otto-Motoren auf 800 € und für LPG ¹³ -Motoren auf 560 € geschätzt [CITEP, 2003]. Es entstehen voraussichtlich keine erhöhten Betriebskosten. Die Annuitäten (A _t) der Maßnahme betragen 109 €/Fzg. und Jahr bei angenommenen Investitionskosten (C ₀) von 680 €/Fzg [CITEP, 2003], einer Diskontrate von 3% und einer Lebensdauer (n) der Maßnahme von 7 Jahren. Daraus ergeben sich jeweils für 2015 und 2020 Gesamtkosten von 390.000 € (A _t x 3.600 Fzg. (2015 und 2020 [Lambrecht et al., 2004])).	
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz) Keine	

¹³ LPG = Liquefied petroleum gas

7.4 Grenzwert für Verdunstungsemissionen bei mobilen Maschinen

	MM 004
Kurzbeschreibung Für die NMVOC-Emissionen der mobilen Maschinen und Geräte zeichnen sich vor allem die kleineren Ottomotoren (z.B. Rasenmäher, Motorsägen, etc.) verantwortlich. Ein Teil dieser NMVOC-Emissionen entsteht durch die Verdunstung von Kraftstoffen. Zur Minderung der Verdunstungsemissionen soll ein Grenzwert für Verdunstungsemissionen bei mobilen Maschinen eingeführt werden, der zeitgleich mit der Grenzwertstufe II für Otto-Motoren < 18 kW im Jahr 2011 in Kraft tritt. Minderungspotenzial: Es wird davon ausgegangen, dass dieser Grenzwert den Einsatz eines Aktivkohlefilters bei allen mobilen Maschinen ab der Grenzwertstufe II erfordert. Erfahrungen bei Motorrädern zeigen, dass damit die spezifischen Verdunstungsemissionen um über 80% gemindert werden können. Damit ergibt sich für die NMVOC-Emissionen im Jahr 2015 ein Minderungspotenzial von 9% und im Jahr 2020 von 13% [Theloke et al., 2007]. Bezogen auf die Referenz betragen die Minderungspotenziale im Jahr 2015 5,6 kt und im Jahr 2020 6,7 kt NMVOC.	
Ansatz Senkung der spezifischen Verdunstungsemissionen von Otto-Motoren in mobilen Maschinen durch einen Grenzwert auf EU Ebene.	
Stand der Umsetzung Derzeit existieren keine Grenzwerte für Verdunstungsemissionen bei mobilen Maschinen.	
Umsetzungshorizont Umsetzung möglich bis: 2010 ☐ 2015 ☒ 2020 ☐ Bei einer Einführung zusammen mit der Stufe II für Otto-Motoren < 18 kW (2011) könnten relevante Minderungen bis zum Jahr 2015 erreicht werden.	
Kosten Es wird davon ausgegangen, dass ein Grenzwert für Verdunstungsemissionen zur Nutzung eines Aktivkohlefilters führt. Die Investitionskosten für einen Aktivkohlefilter werden für Motorräder auf 20 € je Fahrzeug geschätzt [UBA, 2003a]. Von ähnlichen Kosten kann auch bei mobilen Maschinen und Geräten ausgegangen werden. Es entstehen voraussichtlich keine erhöhten Betriebskosten. Die Annuitäten (A_t) der Maßnahme betragen 3 €/Maschine und Jahr bei angenommenen Investitionskosten (C_0) von 20 €/Maschine [UBA 2003a], einer Diskontrate von 3% und einer Lebensdauer (n) der Maßnahme von 7 Jahren. Daraus ergeben sich für 2015 und 2020 Gesamtkosten von jeweils 1,6 Mio. € ($A_t \times 513.000$ betroffene Maschinen (jeweils 2015 und 2020 [Lambrecht et al., 2004])).	
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz) Keine	

7.5 Nutzungsbeschränkungen für hoch emittierende Baumaschinen in innerstädtischen Gebieten

	MM 005
Kurzbeschreibung Eine Nutzungsbeschränkung für hoch emittierende Baumaschinen in innerstädtischen Gebieten bewirkt eine lokale Senkung der Schadstoffemissionen. Derartige Nutzungsbeschränkungen werden vor allem im Rahmen der städtischen Luftreinhaltung (Aktionspläne, Luftreinhaltepläne) diskutiert und z. T. auch schon umgesetzt. Eine weitere Möglichkeit ist die Nutzungsbeschränkung analog zu den bereits eingerichteten Umweltzonen für Straßenverkehrs-Kfz. Eine Nutzungsbeschränkung zielt auf eine Flottenverjüngung und auf eine Nachrüstung von älteren dieselbetriebenen Baumaschinen mit Partikelfiltern ab. Bei der Nachrüstung mit Dieselpartikelfiltern sollte allerdings darauf geachtet werden, daß es nicht zu einer Erhöhung der direkten NO₂-Emissionen kommt (z.B. durch einen Partikelkatalysator). Weiterhin kommt es bei einem nachträglichen Einbau eines Partikelfilters zu einer Erhöhung des Kraftstoffverbrauchs. Dieser wird hier konservativ mit 1% abgeschätzt. Minderungspotenzial: Lambrecht et al. [2004] geben eine durchschnittliche Lebensdauer für Baumaschinen von 8 -10 Jahren an. Die Grenzwertstufe IIIB, die ab 2012 gilt, sorgt gegenüber der Grenzwertstufe II für eine 90%-ige Reduktion der Partikelemissionen und wird aller Voraussicht nach Abgasnachbehandlungssysteme wie Partikelfilter notwendig werden lassen. Der größte Effekt ließe sich also bei einer frühzeitigen Umsetzung ab 2010 erzielen. Es wird geschätzt, daß 30% der im Bestand befindlichen Baumaschinen mit einem Partikelfilter nachgerüstet werden können [Mönch, 2009]. Der Wirkungsgrad eines geschlossenen Filters beträgt 95%, diese sind auf dem Markt verfügbar [BUWAL, 2003; BAFU, 2008]. Daraus ergibt sich im Jahr 2010 ein PM10- und PM2.5-Minderungspotenzial von 28,5%. Im Jahr 2015 sind von diesen nachgerüsteten Fahrzeugen noch 45% im Bestand [abgeschätzt aus Lambrecht et al., 2004], daraus ergibt sich 2015 noch ein Minderungspotenzial für PM10/2.5 von 13%. Im Jahr 2020 wird der Effekt vernachlässigbar sein. Durch die Erhöhung des Kraftstoffverbrauchs entstehen Mehremissionen an SO₂ von 1%. Das Minderungspotenzial ist dabei als obere Abschätzung zu sehen, da genauere Angaben zu den Einsatzorten von Baumaschinen (innerorts, außerorts oder an der Autobahn) nicht vorliegen und somit unklar ist, ob diese potenziell nachrüstbaren Baumaschinen auch wirklich alle nachgerüstet werden. Die Minderungspotenziale betragen für PM10 und PM2.5 im Jahr 2010 0,83 kt, im Jahr 2015 0,19 kt und im Jahr 2020 0 kt. Für SO₂ ist mit Mehremissionen von 0,03 t (2010) und 0,02 t (2015) zu rechnen.	
Ansatz Die Kommunen erlassen eine Nutzungsbeschränkung für ältere Baumaschinen. Dies kann z.B. im Rahmen der kommunalen Aktions- und Luftreinhalteplanung geschehen. Um Baumaschinen in die Umweltzonenregelung einzubeziehen, müsste zunächst die sogenannte Kennzeichnungsverordnung (35. BImSchV) [35. BImSchV, 2006] geändert werden, denn mobile Geräte und Maschinen (z.B. Baumaschinen) sind bisher von den Verkehrsverboten ausgenommen (vgl. Anhang 3 der 35. BImSchV).	
Stand der Umsetzung Derzeit gibt es einige lokale Regulierungen im Rahmen der Luftreinhaltung (z.B. in Bremen).	
Umsetzungshorizont Umsetzung möglich bis: 2010 ☒ 2015 ☐ 2020 ☐ Umsetzung und Wirkung können kurzfristig realisiert werden.	
Kosten Für die Nachrüstung eines Partikelfilters entstehen je nach Größe der Baumaschine zwischen 2.770 € und 12.500 € an Investitionskosten. Dazu kommen noch laufende Kosten für Wartung, Regeneration und den Kraftstoffmehrerverbrauch von 0,7 €/Betriebsstunde - 3,7 €/Betriebsstunde [BUWAL, 2003].	

Die Annuitäten (A_t) der Maßnahme betragen 2.105 €/Maschine und Jahr bei angenommenen Investitionskosten (C_0) von 7.635 €/Maschine [BUWAL, 2003], laufenden Kosten (OC) von 880 €/Maschine (bei durchschnittlich 400 Betriebsstunden pro Jahr, [Lambrecht et al., 2004], einer Diskontrate von 3% und einer Lebensdauer (n) der Maßnahme von 7 Jahren. Daraus ergeben sich für 2010 Gesamtkosten der Maßnahme von 234 Mio. € ($A_t \times 111.000$ betroffenen Baumaschinen (2010)) und für 2015 Gesamtkosten von 105 Mio. € ($A_t \times 50.000$ betroffene Baumaschinen (2015)).

Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz)

Bei der Nachrüstung mit Dieselpartikelfiltern kann es zu einer Erhöhung der direkten NO_2 -Emissionen kommen (z.B. durch einen Partikelkatalysator). Weiterhin kommt es durch den zusätzlichen Gegendruck zu einer Erhöhung des Kraftstoffverbrauchs und damit der verbrauchsbedingten CO_2 - und SO_2 -Emissionen.

7.6 Weiterentwicklung der Grenzwerte für Diesellokomotiven

	MM 006
Kurzbeschreibung Die derzeitige Grenzwertgesetzgebung für Emissionen von Diesellokomotiven endet mit der Einführung der Stufe IIIB im Jahr 2012 [Richtlinie, 2004/26/EG]. Die Richtlinie gibt weiterhin eine Grenzwertstufe IV vor, die aber bisher nicht für Lokomotiven, Triebwagen oder Binnenschiffe gilt. Diese tritt ab dem Jahr 2014 in Kraft. Eine Fortschreibung der Grenzwerte für NO_x und Partikel auch für Diesellokomotiven ist emissionsseitig sinnvoll. Motorinterne Maßnahmen würden zur Erreichung dieser fortgeschriebenen Grenzwerte nicht mehr ausreichen, es müssten nachgeschaltete Abgasreinigungssysteme wie Partikelfilter oder SCR zum Einsatz kommen. Minderungspotenzial: Der angenommene NO_x-Grenzwert der erweiterten Grenzwertstufe IV orientiert sich an dem UBA-Vorschlag von 2003 zur Anpassung der Lkw-Grenzwerte Euro V [UBA, 2003c] und wird auf 1 g/kWh festgelegt [Theloke et al., 2007]. Das entspricht einer Absenkung der spezifischen NO_x-Emissionen neuer Diesellokomotiven um 50% gegenüber der Stufe IIIB. Der Partikel-Grenzwert dieser Grenzwertstufe orientiert sich an dem Vorschlag zur Lkw-Grenzwertstufe Euro VI und wird auf 0,005 g/kWh festgelegt. Damit soll der serienmäßige Einsatz von Partikelfiltern bei neuen Diesellokomotiven erreicht werden, bei denen von einer spezifischen PM10- und PM2.5-Emissionsminderung gegenüber dem Flottendurchschnitt von 90% ausgegangen wird [Jörß et al., 2007]. Durch die lange Nutzungsdauer von Lokomotiven (im Mittel 32 Jahre) kann bis 2020 nur eine begrenzte Umschichtung erreicht werden. Zudem lässt sich das Verhalten der Transportunternehmen nur schwer vorhersagen, da Lokomotiven oft nicht kontinuierlich, sondern eher in ganzen Serien ausgetauscht werden. Unter der Annahme, dass bis 2020 ein Anteil von 20% der Diesellokomotiven in Deutschland die neue Grenzwertstufe erfüllt, können demnach die NO_x-Emissionen gegenüber dem Referenzszenario um 10% und die PM10- und PM2.5-Emissionen um 18% reduziert werden [Theloke et al., 2007 und Jörß et al., 2007]. Die Minderungspotenziale betragen für PM10 und PM2.5 im Jahr 2020 0,04 kt, für NO_x betragen sie 1,4 kt.	
Ansatz Verringerung der spezifischen NO_x-Emissionen von Diesellokomotiven durch Weiterentwicklung des bestehenden EU-Grenzwertes für Diesellokomotiven. Die Bundesregierung kann mit Initiativen und Vorschlägen einwirken.	
Umsetzung Es existiert bereits eine Grenzwertgesetzgebung auf EU Ebene. Die Grenzwerte sind bis 2012 festgelegt.	
Umsetzungshorizont Umsetzung möglich bis: 2010 ☐ 2015 ☐ 2020 ☒ Bei Einführung des neuen Grenzwertes bis zum Jahr 2015 wird wegen der langen Lebensdauer der Lokomotiven eine deutliche Wirkung erst nach 2020 erzielt.	
Kosten In der Evaluierung der Richtlinie 2004/26/EG geben [Krasenbrink und Dobranskyte-Niskota 2007] einen Kostenbereich von SCR-Systemen, die voraussichtlich hauptsächlich zur NO_x-Minderung zum Einsatz kommen werden, von 0,07-0,2 €/km für Diesellokomotiven an. Es wird angenommen, dass es sich um die Summe aus Investitionskosten und laufenden Kosten handelt. Zur Minderung der Partikelemissionen müsste die Flotte mit Partikelfiltern ausgestattet werden. [Krasenbrink und Dobranskyte-Niskota 2007] schätzen Investitionskosten für Nachrüstsysteme von 10.000 € für ein 200 kW-Fahrzeug und 70.000 € für ein 1.500 kW-Fahrzeug ab. Die gewichtete durchschnittliche Leistung der Dieselschienenfahrzeuge beträgt 1.900 kW [Knörr und Borken, 2003], damit ergeben sich skalierte	

Nachrüstkosten von 94.000 € pro Fahrzeug. Es wird außerdem geschätzt, dass die Installation von Partikelfiltersystemen in Neufahrzeugen für den Hersteller etwa ein Drittel der Kosten der Nachrüstung beträgt [Krasenbrink und Dobranskyte-Niskota, 2007]. Damit ergeben sich abgeschätzte Investitionskosten in Höhe von 31.000 € pro Fahrzeug bzw 17 €/kW. Laufende Kosten werden nicht angegeben.

Die Aktivitätsrate im ZSE ist für das Jahr 2020 mit 19 PJ angegeben, zur Umrechnung wird ein gewichteter Verbrauchswert von 17,8 kWh/Triebwerkkm angesetzt (errechnet aus [Knörr und Borken, 2003]) und gewichtete mittlere spezifische Betriebsstunden von 931 h pro Fahrzeug und Jahr [Schäffeler und Keller, 2008].

SCR-Systeme: Die Annuitäten (A_t) der Maßnahme betragen 0,01 €/Fzgkm und Jahr bei angenommenen Investitionskosten (C_0) von 0,12 €/Fzgkm [Krasenbrink und Dobranskyte-Niskota, 2007], einer Diskontrate von 3% und einer Lebensdauer (n) der Maßnahme von 30 Jahren (abgeschätzt aus [Knörr und Borken, 2003]). Daraus ergeben sich für 2020 Gesamtkosten der Maßnahme von 1,8 Mio. € ($A_t \times 290$ Mio. Fzgkm (2020)).

Dieselpartikelfilter: Die Annuitäten (A_t) der Maßnahme betragen 0,76 €/kW und Jahr bei angenommenen Investitionskosten (C_0) von 15 €/kW [Krasenbrink und Dobranskyte-Niskota, 2007]; [Knörr und Borken, 2003], einer Diskontrate von 3% und einer Lebensdauer (n) der Maßnahme von 30 Jahren (abgeschätzt aus [Knörr & Borken, 2003]). Daraus ergeben sich für 2020 Gesamtkosten der Maßnahme von 4,2 Mio. € ($A_t \times 6$ Mio. kW (2020)).

Insgesamt ergeben sich damit im Jahr 2020 Gesamtkosten der Maßnahme (SCR-Systeme + Dieselpartikelfilter) von 6 Mio. €

Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz)

Keine

7.7 Differenzierung der Trassenpreise im Schienenverkehr

	MM 007
Kurzbeschreibung Die Differenzierung von Trassenpreisen nach Emissionsstandards führt zu einer beschleunigten Einführung neuer Technologien und senkt damit die spezifischen NO_x- und Partikel-Emissionen im Schienenverkehr. Durch die lange Nutzungsdauer von Lokomotiven (im Mittel 32 Jahre) wirken sich neue Technologien ansonsten nur mit erheblicher Zeitverzögerung in der Flotte aus. Die EU-Richtlinie 2001/14/EG erlaubt ausdrücklich die nach Umweltgesichtspunkten differenzierte Gebührenerhebung, vorausgesetzt eine vergleichbare Gebühr wird auch für konkurrierende Verkehrsträger erhoben. Dies ist in Deutschland durch die Lkw-Maut gegeben. Die neuen EU-Grenzwertstufen IIIA und IIIB für Diesellokomotiven sind dabei ein geeigneter Ansatzpunkt zur Differenzierung der Gebühren. Ein hinreichender Anreiz für die Nutzung emissionsarmer Technologien ist etwa ab einer Gebührendifferenzierung von 0,8 € pro Zug-km gegeben [CE, 2003]. Minderungspotenzial: Die Minderungswirkung der Maßnahme hängt vom Umfang der damit erreichten Flottenverjüngung und -verbesserung (z.B. durch Remotorisierung) ab. Hier lässt sich das Verhalten der Transportunternehmen kaum vorhersagen, da Lokomotiven oft nicht kontinuierlich, sondern eher in ganzen Serien ausgetauscht werden. Der zusätzliche Effekt kann daher nur grob geschätzt werden. Für die Niederlande gibt es eine vereinfachte Abschätzung aus dem Jahr 2003, dass mit dieser Maßnahme, vor allem durch einen Anstieg der Elektrotraktion, bis 2020 die NO_x- und Partikel-Emissionen aus dem Schienenverkehr gegenüber den Emissionen im Einführungsjahr halbiert werden können. Diese vereinfachte Abschätzung wurde in [Theloke et al., 2007] und [Jörß et al., 2007] auf Deutschland übertragen und damit ein Minderungspotenzial durch die Einführung der Maßnahme in Deutschland abgeschätzt. Die Minderungspotenziale betragen für PM10 und PM2.5 im Jahr 2020 0,03 kt, für NO_x betragen sie 4,2 kt.	
Ansatz Differenzierung der Nutzungsgebühren für das Eisenbahnnetz nach NO_x- und Partikel-Emissionen (bzw. nach Grenzwertstufen). Dadurch werden Anreize für die Nutzung emissionsarmer Lokomotiven geschaffen und die spezifischen Emissionen gesenkt.	
Stand der Umsetzung Derzeit werden Trassengebühren vorrangig in Abhängigkeit von Auslastung, Streckenkategorie und Zugtyp erhoben. Es sind derzeit keine Vorschläge für eine Differenzierung von Trassennutzungsgebühren bekannt.	
Umsetzungshorizont Umsetzung möglich bis: 2010 ☐ 2015 ☒ 2020 ☐ Eine relevante Wirkung wird dann allerdings erst nach 2015 erzielt.	
Kosten Eine zusätzliche Senkung der spezifischen NO_x-Emissionen kann durch Neuanschaffung emissionsarmer Lokomotiven oder Nachrüstung erfolgen. Insbesondere aufgrund des langen Zeithorizonts sind Schätzungen von Investitionskosten auf Basis heutiger Daten schwierig. Da die Maßnahme keine Verpflichtung darstellt, sondern Anreize gibt, wird eine Verbesserung des Emissionsverhaltens von den Transportunternehmern nur dann durchgeführt, wenn sich die Maßnahme ökonomisch rechnet.	
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz) Durch die beschleunigte Flottenverjüngung verringern sich auch die Emissionen anderer Luftschadstoffe und klimarelevanter Gase.	

7.8 Weiterentwicklung der Grenzwerte in der Binnenschifffahrt

	MM 008
Kurzbeschreibung Die derzeitige Grenzwertgesetzgebung für Emissionen von Binnenschiffen endet mit der Einführung der Stufe IIIA im Jahr 2009 [Richtlinie, 2004/26/EG]. Die Richtlinie gibt weiterhin die Grenzwertstufen IIIB und IV vor, die aber bisher nicht für Binnenschiffe gelten. Diese treten ab 2012 bzw. ab 2014 in Kraft. Eine Fortschreibung der Grenzwerte für NO_x und Partikel auch für die Binnenschifffahrt ist emissionsseitig sinnvoll. Motorinterne Maßnahmen würden zur Erreichung dieser fortgeschriebenen Grenzwerte nicht mehr ausreichen, es müßten nachgeschaltete Abgasreinigungssysteme wie Partikelfilter oder SCR zum Einsatz kommen. Minderungspotenzial: Der angenommene schärfere NO_x-Grenzwert für Binnenschiffe orientiert sich am Grenzwert Euro IV für Lkw und wird auf 3,5 g/kWh festgelegt. Das entspricht einer Absenkung um ca. 50% gegenüber den Grenzwerten der Stufe IIIA. Der angenommene schärfere PM10- bzw. PM2.5-Grenzwert orientiert sich ebenfalls am Grenzwert Euro IV/V für Lkw und wird auf 0,025 g/kWh festgelegt, das entspricht einer Absenkung gegenüber den Partikel-Grenzwerten der Stufe IIIA um 90-95%. Aufgrund der nicht-kontinuierlichen Umschichtung der Binnenschiff flotte sind differenziertere Annahmen schwierig. Durch die lange Lebensdauer der Binnenschiffe wird bis 2015 kaum eine und bis 2020 nur eine begrenzte Umschichtung der Flotte erreicht. Zur Berechnung der Minderungspotenziale wurde in [Theloke et al., 2007] und [Jörß et al., 2007] die Annahme getroffen, dass im Jahr 2015 5%, im Jahr 2020 20% aller Binnenschiffe die neue Grenzwertstufe einhalten. Daraus ergibt sich für die NO_x-Emissionen im Jahr 2015 ein Minderungspotenzial von 2,5% und im Jahr 2020 von 10%. Für Partikelemissionen ergibt sich 2015 ein Minderungspotenzial von 5% und 2020 von 18%. Das Minderungspotenzial bezogen auf die Referenz beträgt somit für die NO_x-Emissionen 1,2 kt (2015) und 4,2 kt (2020). Für PM10- und PM2.5-Emissionen ergibt sich ein Minderungspotenzial von 0,07 kt (2015) und 0,3 kt (2020).	
Ansatz Verringerung der spezifischen NO_x- und Partikel-Emissionen von Binnenschiffen durch die Weiterentwicklung des bestehenden Grenzwertes. Die Bundesregierung kann mit Initiativen und Vorschlägen einwirken.	
Stand der Umsetzung Es existiert bereits eine Grenzwertgesetzgebung auf EU Ebene. Die Grenzwerte sind bis 2009 festgelegt.	
Umsetzungshorizont Umsetzung möglich bis: 2010 ☐ 2015 ☒ 2020 ☐ Umsetzung bis 2015 möglich. Eine deutliche Wirkung wird wegen der langen Lebensdauer der Binnenschiffe erst nach 2020 erzielt.	
Kosten In der Evaluierung der Richtlinie 2004/26/EG geben [Krasenbrink und Dobranskyte-Niskota 2007] einen Kostenbereich von 60-130 €/kW an Investitionskosten für die Bereitstellung geschlossener Partikelfiltersysteme an, plus 20.000 € für den Einbau im Schiff selbst. Bisher liegen keine Informationen zu Betriebskosten von Partikelfiltersystemen in Binnenschiffen vor. Aus heutiger Sicht ist die Einführung von SCR-Systemen möglich. [Krasenbrink und Dobranskyte-Niskota 2007] geben für SCR-Systeme in Binnenschiffen Investitionskosten in einer Bandbreite von 30-50 €/kW und laufende Kosten in einer Bandbreite von 2-4 €/MWh an. Die wässrige Harnstofflösung wird mit 32-35 €/100 l veranschlagt. Tests zeigten aber, daß die zusätzlichen Kosten durch den Einsatz der Harnstofflösung durch Kraftstoffeinsparungen kompensiert werden können. Es wird folglich angenommen, dass keine laufenden	

Kosten entstehen.

Die Aktivitätsrate in [UBA, 2007] ist für 2015 mit 34 PJ und für 2020 mit 37,5 PJ angegeben, zur Umrechnung in kW werden gewichtete mittlere spezifische Betriebsstunden von 986 h pro Fahrzeug und Jahr angegeben [Schäffeler und Keller, 2008].

Die Annuitäten (A_t) der Maßnahme betragen 6 €/kW und Jahr bei angenommenen Investitionskosten (C_0) von 120 €/kW [Krasenbrink und Dobranskyte-Niskota, 2007], laufenden Kosten (OC) von $3e^{-06}$ €/kW [Krasenbrink und Dobranskyte-Niskota, 2007], einer Diskontrate von 3% und einer Lebensdauer (n) der Maßnahme von 30 Jahren. Daraus ergeben sich für 2015 Gesamtkosten von 60 Mio. € ($A_t \times 10$ Mio. kW (2015)) und für 2020 Gesamtkosten von 65 Mio. € ($A_t \times 11$ Mio. kW (2020)).

Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz)

Viele emissionsmindernde Technologien benötigen schwefelfreien Kraftstoff, so dass auch eine Fortschreibung der Richtlinie [98/70/EG] für die Kraftstoffqualität in der Binnenschifffahrt erforderlich ist. Die EU Kommission schlägt vor, den Schwefelgehalt in Kraftstoffen für die Binnenschifffahrt ab 2011 auf 10 ppm zu senken [MEMO/08/800, 2008]. Seit 2008 darf in Dieselmotoren, die in der Binnenschifffahrt eingesetzt werden, der maximale Schwefelgehalt 1000 ppm nicht überschreiten [Richtlinie, 2003/17/EG].

7.9 Kosteninternalisierung im Flugverkehr (Kerosinsteuer und Einbeziehung in den Emissionshandel)

	MM 009
Kurzbeschreibung Umweltschäden, die durch den Flugverkehr verursacht werden, spiegeln sich bisher nicht in den Kosten des Flugverkehrs wieder. Instrumente, diese externen Kosten zu internalisieren, sind die Einführung einer Kerosinsteuer und die Einbeziehung des Flugverkehrs in den europäischen Emissionshandel [Matthes et al., 2008]. Dies ist durch die prognostizierte weitere Zunahme der Flugverkehrsleistung von hoher Bedeutung: Untersuchungen auf Basis von Vorhersagen durch Eurocontrol sagen eine Verdoppelung bis Verdreifachung der Flugleistung bis 2025 voraus [ESA/D1, 2008]. Minderungspotenzial: [Matthes et al. 2008] schätzen Preiselastizitäten der Nachfrage durch die Maßnahmen Einführung einer Kerosinsteuer und Einbeziehung des Luftverkehrs in den europäischen Emissionshandel ab. Sie unterscheiden dabei zwischen Geschäftsreisen und Flaggen-Fluggesellschaften, die jeweils eine niedrigere Elastizität aufweisen (-0,1 bis -0,9), und touristisch motivierten Flügen sowie den Billigfluggesellschaften, die jeweils eine höhere Elastizität aufweisen (-1,0 bis -2,4). Für die Maßnahme Einbeziehung des Flugverkehrs in den europäischen Emissionshandel wird in [Matthes et al. 2008] ein CO₂-Zertifikate-Preis für 2010 von 16 €/t CO₂, für 2015 von 20 €/t CO₂ und für 2020 von 23 €/t CO₂ angenommen. Für die Maßnahme Einführung einer Kerosinsteuer wird von einer Steuer von 0,302 €/l für alle Jahre ausgegangen. Durch die Maßnahmen geht die Gesamtnachfrage nach Flügen zurück (um ca. 32% durch die Einführung der Kerosinsteuer und um ca. 2% durch den Emissionshandel). Die mindere Anzahl an Flügen geht daher mit einer Minderung aller Schadstoffe im gleichen Ausmaß einher. Die Nachfrageminderung durch die Einführung einer Kerosinsteuer sollte allerdings als obere Abschätzung gesehen werden, kürzlich durchgeführte Berechnungen gehen eher von einer Minderung von maximal 25% aus [Wetzel 2009]. Für die Maßnahme Kosteninternalisierung im Flugverkehr werden die Minderungspotenziale dieser beiden Maßnahmen gebündelt. Die Berechnung des Minderungspotenzials für PM₁₀, PM_{2.5}, NO_x, SO₂ und NMVOC erfolgt auf Basis der abgeschätzten Minderung des Kerosinverbrauchs und des CO₂ aus [Matthes et al. 2008] und wird auf die in PAREST berechneten Aktivitätsdaten für den Flugverkehr angewandt, die sich von den in [Matthes et al., 2008] zugrunde gelegten Referenzemissionen unterscheiden [Jörß und Degel, 2008]. Das Minderungspotenzial für alle betrachteten Emissionen beträgt im Jahr 2015 39% und im Jahr 2020 43%, jeweils 94% davon sind der Einführung der Kerosinsteuer zuzuschreiben. Bezogen auf die Referenz betragen die Minderungspotenziale im Jahr 2015 10 kt (NO_x), 0,1 kt (PM₁₀ und PM_{2.5}), 1,5 kt (NMVOC), 0,2 kt (NH₃) und 0,4 kt (SO₂). Im Jahr 2020 ergeben sich Minderungspotenziale von 11 kt (NO_x), 0,1 kt (PM₁₀ und PM_{2.5}), 1,7 kt (NMVOC), 0,2 kt (NH₃) und 0,4 kt (SO₂). Ansatz Durch die Einführung einer Kerosinsteuer und die Einbeziehung des Flugverkehrs in den europäischen Emissionshandel soll die Flugleistung vor allem für touristisch motivierte Flüge und den Billigflugsektor gesenkt werden, die in den letzten Jahren überproportional gestiegen ist. Die Umweltauswirkung des Flugverkehrs soll damit gemindert werden. Ein weiteres Instrument zur Kosteninternalisierung im Luftverkehr wäre die Erhebung einer Mehrwertsteuer für Auslandsflüge. Bisher sind nur innerdeutsche Flüge der Mehrwertsteuer unterworfen. Stand der Umsetzung Die EG-Energiesteuerrichtlinie [Richtlinie, 2003/96/EG] gibt den Mitgliedsstaaten die rechtliche Möglichkeit, eine Steuer auf kommerzielle Inlandsflüge zu erheben. Eine Umsetzung ist bisher in Deutschland nicht geschehen. Der Einbezug des Luftverkehrs in den europäischen Emissionshandel ab 2012 wurde im Oktober 2008 beschlossen. Die Änderungsrichtlinie trat im Februar 2009 in Kraft.	

Umsetzungshorizont

Umsetzung möglich bis: 2010 ☐ 2015 ☒ 2020 ☐

Eine Einführung der Kosteninternalisierung im Flugverkehr wird erst ab 2015 als realistisch eingeschätzt.

Kosten

Für diese Maßnahme wurden in [Kuhn et al., 2010] Nutzenverluste berechnet.

Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz)

Durch eine Minderung der Flugleistung werden im selben Maße Treibhausgase eingespart. Weiterhin kommt es zu einer Reduktion des Fluglärms.

7.10 Emissionsabhängige Landeentgelte im Flugverkehr

	MM 010
Kurzbeschreibung Emissionsbezogene Landeentgelte, die an Flughäfen erhoben werden, stellen ein weiteres Instrument dar, um die lokale Luftqualität zu verbessern und die Flottenverjüngung zu beschleunigen. Bisher werden sie aufkommensneutral an schwedischen, schweizerischen, englischen und ausgewählten deutschen Flughäfen erhoben. Dazu wird pro Flugzeug- bzw. Triebwerktyp ein Emissionswert festgelegt, der sich nach der Höhe der NO _x - und zum Teil auch noch der VOC-Emissionen (LTO-Zyklus) und des Gewichts des Flugzeugs richtet (z.B. Modell ECAC 27/4 BAZL, 2006)].	
Minderungspotenzial: [Hochfeld et al. 2004] konnten in ihrer Studie für das Umweltbundesamt keinen eindeutigen Zusammenhang zwischen der lärmabhängigen Start- und Lande-Entgeltordnung an den Flughäfen Frankfurt a. M., Köln/Bonn und Zürich und der verkehrlichen Veränderung bzw. der Lärminderung durch eine Flottenmodernisierung nachweisen. Ursache hierfür ist die Verlagerung durch andere Effekte (z.B. Nachtflugverbot). Ein Minderungspotenzial kann zum jetzigen Zeitpunkt daher nicht abgeschätzt werden.	
Ansatz Die Festsetzung der Start- und Landeentgelte erfolgt durch den Flughafen selbst. Durch eine internationale Harmonisierung der Berechnungsgrundlage (z.B. durch das Modell ECAC 27/4) können aktuelle wissenschaftliche Erkenntnisse genutzt werden. Die gesetzliche Grundlage sollte international durch die EU und ICAO ¹⁴ festgelegt werden (beispielweise durch eine Erweiterung der vorgeschlagenen Richtlinie zu Flughafenentgelten [KOM, 2007] bzw. der Luftverkehrs-Zulassungs-Ordnung (LuftVZO)).	
Stand der Umsetzung Der Flughafen Frankfurt erhebt seit 2008 lärm- und emissionsabhängige Lande- und Startgebühren auf Basis von NO _x - und VOC-Emissionen [Fraport, 2011], ebenso wie bspw. der Flughafen München. Das DLR erarbeitet im Auftrag des BMU und des BMVFW momentan ein Verfahren, das deutschlandweit einheitlich eingesetzt werden soll [UBA, 2009b].	
Umsetzungshorizont Umsetzung möglich bis: 2010 ☐ 2015 ☐ 2020 ☐	
Kosten Kosten wurden nicht abgeschätzt, da keine Minderungspotenziale quantifizierbar sind.	
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz) Durch eine Beschleunigung der Flottenumwälzung wird an den jeweiligen Flughäfen die Verwendung emissionsärmerer Flugzeugtypen gefördert. Dies betrifft sowohl Luftschadstoffe als auch Lärmemissionen. Allerdings könnte es durch die Triebwerksoptimierung hinsichtlich NO _x zu einer Erhöhung des Kerosinverbrauchs und damit auch der CO ₂ -Emissionen kommen.	

¹⁴ ICAO = International Civil Aviation Organization

7.11 Zusammenfassung der Ergebnisse für mobile Maschinen

In Tabelle 67 und Tabelle 68 werden die quantifizierten Minderungspotenziale für den Sektor mobile Maschinen zusammengefasst.

Tabelle 67: Minderungspotenziale für Maßnahmen-Sektor mobile Maschinen – NO_x, PM10 und PM2.5

Nr	Subsektor	Maßnahme	NO _x (kt)			PM10 (kt)			PM2.5 (kt)		
			2010	2015	2020	2010	2015	2020	2010	2015	2020
MM001	Off-road Diesel	Fortschreibung der Grenzwerte für mobile Maschinen (Dieselmotoren)	0	0	0,3	0	0	0,02	0	0	0,02
MM002	Off-Road Otto	Fortschreibung der Grenzwerte für mobile Maschinen (Ottomotoren)	0	0	0,7	-	-	-	-	-	-
MM003	Off-Road Flüssiggas	Grenzwerte für Fremdzündungsmotoren > 18kW in mobilen Maschinen	0	0,6	1,7	-	-	-	-	-	-
MM004	Off-Road Otto	Grenzwert für Verdunstungsemissionen bei mobilen Maschinen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MM005	Off-Road Diesel	Nutzungsbeschränkungen für hoch emittierende Baumaschinen in innerstädtischen Gebieten	-	-	-	0,83	0,19	0	0,83	0,19	0
MM006	Schienenverkehr	Weiterentwicklung der Grenzwerte für Diesel-lokomotiven	0	0	1,4	0	0	0,04	0	0	0,04
MM007	Schienenverkehr	Differenzierung Trassenpreise – Schienenverkehr	0	0	4,2	0	0	0,03	0	0	0,03
MM008	Binnenschiff	Weiterentwicklung der Grenzwerte in der Binnenschifffahrt	0	1,2	4,2	0	0,07	0,3	0	0,07	0,3
MM009	Flugverkehr	Kosteninternalisierung im Flugverkehr	0	10	11	0	0,1	0,1	0	0,1	0,1
MM010	Flugverkehr	Emissionsabhängige Landeentgelte im Flugverkehr	n.q.								
Summe			0	11,8	23,5	0,8	0,4	0,5	0,8	0,4	0,5

Tabelle 68: Minderungspotenziale für Maßnahmen- Sektor mobile Maschinen – NMVOC, NH₃, SO₂

Nr	Subsektor	Maßnahme	NMVOC (kt)			NH ₃ (kt)			SO ₂ (kt)		
			2010	2015	2020	2010	2015	2020	2010	2015	2020
M001	Off-road Diesel	Fortschreibung der Grenzwerte für mobile Maschinen (Dieselmotoren)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MM002	Off-Road Otto	Fortschreibung der Grenzwerte für mobile Maschinen (Ottomotoren)	0	0	6,8	-	-	-	-	-	-
MM003	Off-Road Flüssiggas	Grenzwerte für Fremdzündungsmotoren > 18kW in mobilen Maschinen	0	0,02	0,04	-	-	-	-	-	-
MM004	Off-Road Otto	Grenzwert für Verdunstungsemissionen bei mobilen Maschinen	0	5,6	6,7	-	-	-	-	-	-
MM005	Off-Road Diesel	Nutzungsbeschränkungen für hoch emittierende Baumaschinen in innerstädtischen Gebieten	-	-	-	-	-	-	-3,4e ⁻⁰⁵	-1,5e ⁻⁰⁵	-
MM006	Schienenverkehr	Weiterentwicklung der Grenzwerte für Diesel-lokomotiven	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MM007	Schienenverkehr	Differenzierung Trassenpreise Schienenverkehr	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MM008	Binnenschiff	Weiterentwicklung der Grenzwerte in der Binnenschifffahrt	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MM009	Flugverkehr	Kosteninternalisierung im Flugverkehr	0	1,5	1,7	0	0,2	0,2	0	0,4	0,4
MM010	Flugverkehr	Emissionsabhängige Landeentgelte im Flugverkehr	n.q.								
Summe			0	7,1	15,2	0	0,2	0,2	0	0,4	0,4

8 Landwirtschaft

Die folgenden Maßnahmenblätter sind dem Teilbericht zu landwirtschaftlichen Emissionen [Dämmgen et al., 2008] entnommen. Es werden nur die Maßnahmen beschrieben, für die zusätzliche Minderungspotenziale quantifiziert werden konnten. Die Kosten wurden teilweise zusätzlich zu [Dämmgen et al., 2008] geschätzt.

8.1 Anpassung der Milcheiweiß-Gehalte an ein verändertes Verbraucherverhalten

	A 001
Kurzbeschreibung Eine Anpassung der Milcherzeugung an die Anforderungen des Marktes würde die Erhöhung der Milcheiweiß-Gehalte bei gleichzeitiger Verringerung der Milchfett-Gehalte zur Folge haben. Dies würde in den Energie- und Stickstoff-Haushalt der Milchkühe eingreifen und zu einer Verringerung der N-Ausscheidungen je kg Produkt führen. Dies zieht eine Verringerung der Emissionen aller N-Spezies nach sich.	
Minderungspotenzial: Das Minderungspotenzial beläuft sich auf etwa 4,5 kt a-1 NH ₃ je 0,1 % Zunahme der Eiweiß-Gehalte bei gleichzeitiger Abnahme der Fettgehalte um 0,2 %. Eine solche Entwicklung ist über 10 Jahre wahrscheinlich und wird in den Szenarien nicht berücksichtigt. Das Minderungspotenzial wird auf Basis von [Dämmgen et al. 2008] insgesamt auf 2000 t NH ₃ im Jahr 2015 und 5000 t im Jahr 2020 gegenüber dem Referenzszenario [Jörß et al., 2010] abgeschätzt.	
Umsetzung Der Wechsel wird marktbedingt erfolgen.	
Ansatz Die bisherige Entwicklung wird sich wahrscheinlich fortsetzen. Der Milchmarkt ist wegen veränderter Nachfragen zurzeit erheblich in Bewegung.	
Kosten Die Kosten sind nicht quantifizierbar.	
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz) Die Minderung der NH ₃ -Emissionen ist mit einer Minderung der Treibhausgas-Emissionen verknüpft.	

8.2 Verkürzung der Mastdauer bei Mastbullen

	A 002
Kurzbeschreibung Intensitätssteigerungen bei Mastprozessen haben stets eine Verringerung der produktbezogenen Emissionen zur Folge. Dies trifft auch für die Bullenmast zu.	
Minderungspotenzial: Je Änderung der Gewichtszunahme um 100 g pro Tier errechnet sich eine Emissionsminderung von rund 0,8 kt a ⁻¹ NH ₃ .	
Umsetzung Die Änderung der Mastintensität ist vom Verkaufspreis der Bullen und vom Futterpreis abhängig. Die Zahl der produzierten Tiere ist dagegen nur von der Größe der Milchviehherde abhängig. Voraussagen sind kaum möglich.	
Ansatz Eine Änderung der derzeitigen Mastpraxis ist kaum zu beeinflussen.	
Kosten Kosten einer möglichen Maßnahme sind kaum zu quantifizieren.	
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz) Minderungen der NH ₃ -Emissionen sind mit Minderungen der Treibhausgas- und der Staub-Emissionen verknüpft.	

8.3 Verkürzung der Mastdauer bei Mastschweinen

	A 003
Kurzbeschreibung Intensitätssteigerungen bei Mastprozessen haben stets eine Verringerung der produktbezogenen Emissionen zur Folge. Dies trifft auch für die Schweinemast zu.	
Minderungspotenzial: Das realistisch erkennbare Potenzial ist vernachlässigbar klein.	
Umsetzung Entfällt.	
Ansatz Entfällt.	
Kosten Entfällt, da Minderungspotenzial vernachlässigbar klein ist.	
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz) Mit der Minderung von NH ₃ -Emissionen ist eine Minderung der Treibhausgas-Emissionen verbunden. Der bisherige Einsatz von Kupfer (Cu) in der Schweinemast dient der Leistungssteigerung, indem es in die Darmflora eingreift. Dort besteht ein Regelungsbedarf. Der durch die Maßnahme zusätzlich notwendige Einsatz von Kupfer führt voraussichtlich zu stärkerem Kupfereintrag in Böden über den Güllepfad. Ob und inwieweit der Einsatz von Schweinegülle zu Langzeitbelastungen von Böden führt, wäre zu klären. Es ist anzunehmen, dass die Zeit, in der „noch“ Schweinegülle auf bestimmte Flächen ausgebracht werden kann, dann kürzer würde.	

8.4 Verkürzung der Mastdauer bei Masthähnchen und -hühnchen

	A 004
Kurzbeschreibung Intensitätssteigerungen bei Mastprozessen haben stets eine Verringerung der produktbezogenen Emissionen zur Folge. Dies trifft im Prinzip auch die Erzeugung von Masthähnchen und -hühnchen zu.	
Minderungspotenzial: Das Minderungspotenzial hängt sehr stark vom Verbraucherverhalten ab und ist nicht schätzbar.	
Umsetzung Entfällt.	
Ansatz Entfällt.	
Kosten Entfällt, da Minderungspotenzial nicht abschätzbar ist.	
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz) Die Minderung der NH ₃ -Emissionen ist mit einer Minderung der Treibhausgas-Emissionen verknüpft.	

8.5 Verringerter Aufenthalt im Stall - Verlängerung des Weidegangs bei Milchkühen

	A 005
Kurzbeschreibung Weidegang bei Rindern verursacht bei gleich bleibenden N-Ausscheidungen verringerte NH ₃ -Emissionen.	
Minderungspotenzial: Die Kenntnisse zum Weidegang sind zurzeit zu gering, um eine Schätzung vornehmen zu können. Im Szenario wird deutlich, dass 3 bis 4 kt a ⁻¹ NH ₃ erreicht werden können.	
Umsetzung Die Ausweitung des Weidegangs wird durch zusätzlichen Zeitaufwand erschwert. Eine Kontrolle der Futteraufnahme wird schwierig.	
Ansatz Die Ausweitung des Weidegangs hängt von den Kosten ab, mit denen Grundfutter erzeugt werden kann.	
Kosten Nicht abschätzbar.	
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz) Eine Verringerung der NH ₃ -Emissionen ist mit einer Verringerung der Treibhausgas-Emissionen verbunden.	

8.6 Umstellung auf Festmistverfahren

	A 006
Kurzbeschreibung Stroh ist in der Lage, einen Teil des Stickstoffs im Harn so zu binden, dass Emissionen im Stall verringert werden. Dabei ändert sich die gesamte Beschreibung der Stickstoff-Pfade.	
Minderungspotenzial: Minderungspotenziale ergeben sich vor allem in der Rinderhaltung, in der Schweinehaltung kaum. Das Minderungspotenzial wird auf Basis von [Dämmgen et al. 2008] insgesamt auf 3 kt NH ₃ im Jahr 2015 und 6 kt im Jahr 2020 gegenüber dem Referenzszenario [Jörß et al., 2010] abgeschätzt.	
Umsetzung Schätzung nur schwer möglich, u.a. abhängig von der Entwicklung des ökologischen Landbaus.	
Ansatz Festmistverfahren, die meist aerob sind, sind in vielen Bereichen zur Förderung der Tiergesundheit erwünscht. In der Rinderhaltung sind sie ein wirksames Mittel zur Verringerung der NH ₃ - und der THG-Emissionen.	
Kosten Auf Basis von [Beletskaya, 2010] wurden Minderungskosten von 32 € pro kg vermiedener NH ₃ -Emissionsmenge angenommen. Daraus ergeben sich für 2020 Vermeidungskosten in Höhe von insgesamt 192 Mio. €.	
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz) Die Maßnahme führt bei Rindern und Mastschweinen zu einer deutlichen Verringerung der Treibhausgas-Emissionen, jedoch auch zu einer Erhöhung der PM-Emissionen aus dem Stall.	

8.7 Einsatz von Abluftreinigungsanlagen in der Schweinehaltung

	A 007
Kurzbeschreibung Abluftreinigungsanlagen dienen der Verringerung der Geruchsbelästigung und der NH ₃ -Emissionen aus großen Tierhaltungsanlagen. Sie sind außerdem in der Lage, Stäube aus der Stallabluft zu entfernen.	
Minderungspotenzial: NH ₃ : größenordnungsmäßig 20 kt a ⁻¹ im Jahr 2020 sowie (unter den gleichen Bedingungen) PM10: etwa 3 kt a ⁻¹ ; PM2.5: etwa 0,4 kt a ⁻¹ . Im Jahr 2015 etwa 15 kt a ⁻¹ NH ₃ .	
Umsetzung Regional überall dort umsetzbar, wo Genehmigungen zusätzlicher Ställe an Abluftreinigungsanlagen gebunden sind.	
Ansatz Auflagen in den Genehmigungsverfahren für Neubauten und Änderungen.	
Kosten Unter Berücksichtigung der Kostendegression bei größeren Anlagen werden jährliche Gesamtkosten in Höhe von mindestens 13 bis 17 Euro pro Tierplatz (ohne MWSt.) angenommen. Auf Basis von [Dämmgen et al. 2008] ergeben sich im Jahr 2020 Kosten in Höhe von 32 Mio. € unter Berücksichtigung von folgenden Annahmen: • Minderungspotenzial im Jahr 2020: 20 kt a⁻¹ • Mittlere Kosten pro Tierplatz: 15 € pro Tierplatz • Anteil der Ställe mit > 50000 Plätzen, in denen eine Abluftreinigungsanlage (ARA) installiert wird: 50% • Anzahl der Kreise mit 50%-iger ARA-Installation: 71 • Mittlere Tierplätze pro Schweinestall; 60 000	
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz) Die Emissionen von Stäuben (PM2.5 und PM10) werden drastisch reduziert. Keine Beeinflussung der übrigen Emissionen. Geruchs-Emissionen werden reduziert. Der Energieverbrauch der Lüftungen steigt.	

8.8 Abdeckung der Wirtschaftsdünger-Lager

	A 008
Kurzbeschreibung Eine Abdeckung der Wirtschaftsdüngerlager hat dort verringerte NH_3-Emissionen zur Folge. Die Abdeckung kann dann zum Einsatz kommen, wenn sich keine natürliche Schwimmdecke bildet (i. d. R. bei Schweinegülle). Es stehen verschiedene Abdeckungsmaterialien zur Verfügung (Strohhäcksel, Granulate, Schwimmkörper, Folie, feste Abdeckungen wie Zeltdach und Betondecke).	
Minderungspotenzial: Bei Rindern praktisch keine Minderung, da natürliche Schwimmdecken vorhanden sind. Bei Schweinen ist die Zahl der noch nicht abgedeckten Lager gering. Denkbar ist eine Minderung der NH_3-Emissionen um 5 kt a^{-1} im Jahr 2020.	
Umsetzung Die hohe Lebensdauer der Altanlagen erschwert die Umstellung auf emissionsarme Lager.	
Ansatz In Genehmigungsverfahren für Schweinehaltungen sind grundsätzlich Abdeckungen mindestens mit Folie zur Auflage zu machen.	
Kosten Die Gesamtkosten sind nicht schätzbar, da derzeit nicht bekannt ist, welche Güllemengen bereits abgedeckt sind. Im Rahmen einer groben Abschätzung werden jedoch bei einer Anzahl von 21,6 Mio. Mastschweineplätzen [Dämmgen et al., 2008], einer Güllemenge von 3 m^3 pro Tierplatz, die zusätzlich durch die Maßnahme abgedeckt wird und Kosten von $0,2 \text{ € pro m}^3$ Gülle (hier: Annahme, dass mit Strohhäcksel abgedeckt wird) [Dämmgen et al., 2008] für diese Maßnahme Gesamtkosten in der Größenordnung von 13 Mio. € berechnet.	
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz) Durch diese Maßnahmen werden alle Stickstoffspezies gemindert und damit auch klimawirksame N_2O-Emissionen. Trotz einer Minderung der N_2O-Emissionen führen jedoch vermehrte CH_4-Emissionen insgesamt zu einer Erhöhung der THG-Emissionen.	

8.9 Veränderung der Ausbringtechnik und Verringerung der Zeit bis zur Einarbeitung

	A 009
Kurzbeschreibung Das Vermeiden von großen und längerfristig emittierenden Oberflächen ist das Prinzip der emissionsarmen Ausbringung. Durch Techniken, die Gülle bodennah mit geringen Oberflächen oder in den Boden ausbringen (Schleppschlauch, Schleppschuh oder Güllegrubber) sowie durch die direkte Einarbeitung der Wirtschaftsdünger nach Ausbringung werden Emissionen deutlich gemindert.	
Minderungspotenzial: In Abhängigkeit der eingesetzten Technik, Gülleart und Kultur (Acker oder Grünland) können 30 bis 60 % der Emissionen reduziert werden, die direkte Einarbeitung kann im Prinzip eine Emissionsreduktion von bis zu 90 % erzielen.	
Umsetzung Die Umsetzung erfolgt derzeit sehr schleppend, da emissionsärmere Ausbringungstechniken neben höherem technischem Aufwand oft mehr Arbeitszeit erfordern.	
Ansatz Verbot der Herstellung und Anwendung von Ausbringungstechniken mit hohen Emissionsfaktoren; Information der Entscheidungsträger über die Bedeutung vermeidbarer N-Verluste.	
Kosten Gesamtkosten sind nicht schätzbar, da nicht hinreichend bekannt ist, welche Mengen mit welcher Technik ausgebracht werden.	
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz) Geringfügig verringerte Treibhausgas-Emissionen werden modelliert.	

8.10 Anpassung der Düngermengen an den Düngerbedarf

	A 010
Kurzbeschreibung Eine Verringerung der Einsätze von Mineraldüngern hat eine durchgängige Verringerung von NH_3 - und Treibhausgas-Emissionen zur Folge. Der Vermeidung von Überschüssen sollte daher eine besondere Bedeutung zukommen.	
Minderungspotenzial: Die theoretischen Minderungspotenziale sind erheblich. Ihre Ausschöpfung ist in vielen Fällen dennoch unwirtschaftlich. Für die Minderungsszenarien werden als maximale Minderungspotenziale für 2015 etwa 12 kt a^{-1} und für 2020 etwa 25 kt a^{-1} angenommen.	
Umsetzung Die Umsetzung ist wahrscheinlich mit einer Verringerung der Tierzahldichte verbunden.	
Ansatz Durchsetzung der Beschränkung der Düngung auf die Düngeempfehlung und der guten fachlichen Praxis.	
Kosten nicht schätzbar	
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz) Die Minderungsmaßnahme ist mit einer proportionalen Minderung der Emission aller anderen Stickstoff-Spezies verbunden.	

8.11 Verringerter Einsatz von Harnstoffdüngern

	A 011
Kurzbeschreibung Harnstoff-Dünger weisen gegenüber anderen Mineraldüngern erheblich höhere NH_3 -Emissionsfaktoren auf. Der Ersatz von Harnstoff durch N-Dünger mit deutlich niedrigeren Emissionsfaktoren führt zu verringerten NH_3 -Emissionen.	
Minderungspotenzial: Die theoretischen Minderungspotenziale sind sehr groß. Die Anwendungspraxis und wirtschaftliche Gesichtspunkte führen jedoch dazu, dass dieses Potenzial nicht ausgeschöpft wird. Für die Minderungsszenarien werden als maximale Minderungspotenziale für 2015 etwa 15 kt a^{-1} und für 2020 etwa 30 kt a^{-1} angenommen	
Umsetzung Der Einsatz von Harnstoff wird durch den Preis und durch Vorteile bei der Ausbringung gefördert.	
Ansatz Eine Einschränkung der Anwendung von Harnstoff auf besondere Kulturen bzw. in besonderen Regionen wäre denkbar.	
Kosten Auf Basis von [Beletskaya, 2010] wurden Minderungskosten von 0,12 € pro kg vermiedener NH_3 -Emissionsmenge angenommen. Daraus ergeben sich für 2020 Vermeidungskosten in Höhe von insgesamt 3,6 Mio. €.	
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz) Die Minderungen der NH_3 -Emissionen führen nicht zu veränderten Lachgas-Emissionen.	

8.12 Maßnahme: Kombination von Düngung nach Empfehlung und verringertem Einsatz von Harnstoff-Düngern

	A 012
Kurzbeschreibung Die in den Maßnahmen A010 und A011 angeführten Minderungsgründe gelten insbesondere für die Kombination der beiden Minderungsmaßnahmen; hohe Überschüsse werden im Wesentlichen in den gleichen Regionen beobachtet wie hoher Harnstoff-Verbrauch.	
Minderungspotenzial: Die theoretischen Minderungspotenziale sind sehr hoch und belaufen sich auf mehr als 80 % Reduktion. Die unter A010 und A011 gemachten Einschränkungen gelten hier jedoch sinngemäß. Das kombinierte Minderungspotenzial der Maßnahmen A010 und A011 für NH ₃ beträgt nach [Dämmgen et al. 2008] im Jahr 2015 etwa 20 kt und im Jahr 2020 etwa 40 kt.	
Umsetzung siehe A010 und A011	
Ansatz siehe A010 und A011	
Kosten Die Kosten der Maßnahme werden auf Basis der Summe der Maßnahmen A010 und A011 berechnet und werden mit 3,6 Mio. € abgeschätzt.	
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz) Die Minderungen der Lachgas-Emissionen beruhen auf einem Mindereinsatz von N insgesamt.	

8.13 Maßnahme: Einsatz von Leguminosen zur N-Versorgung der Pflanzenbestände

	A 013
Kurzbeschreibung Leguminosen sind in der Lage, atmosphärischen Distickstoff in pflanzenverfügbaren Stickstoff umzuwandeln. Diese biologische N-Fixierung ist nach derzeitigem Stand des Wissens nur mit geringen Verlusten in Form von NH ₃ -Emissionen verbunden.	
Minderungspotenzial: Im Prinzip sind die Minderungspotenziale erheblich.	
Umsetzung Die Umsetzung ist zurzeit praktisch an den ökologischen Landbau gebunden.	
Ansatz Förderung des ökologischen Landbaus	
Kosten Nicht quantifizierbar.	
Synergien/Wechselwirkungen mit anderen Umweltzielen (bspw. Klimaschutz) Minderungen der direkten Lachgas-Emissionen stehen wahrscheinlich erhöhte indirekte Lachgas-Emissionen entgegen. Der Gesamteffekt ist noch nicht schätzbar.	

8.14 Zusammenfassung der Ergebnisse für den Sektor Landwirtschaft

In Tabelle 69 werden die quantifizierten Minderungspotenziale für den Sektor Landwirtschaft zusammengefasst.

Tabelle 69: Minderungspotenziale und Kosten der Einzelmaßnahmen für den Sektor Landwirtschaft
(Die Potenziale sind zum Teil nicht addierbar)

ID	Maßnahmen- Kurzbeschreibung	Minderung 2020 gegenüber dem Referenzszenario [t]					
		NH ₃		PM10		PM2.5	
		[t]					
		2015	2020	2015	2020	2015	2020
A001	Anpassung der Milcheiweißgehalte	2.000	5.000	-	0	-	0
A002	Verkürzung Mastdauer – Mastbullen	0	0	-	0	-	0
A003	Verkürzung Mastdauer – Mastschweine	0	0	-	0	-	0
A004	Verkürzung Mastdauer Masthähnchen + -hühnchen	0	0	-	0	-	0
A005	Verringerter Aufenthalt im Stall-Verlängerung des Weidegangs bei Milchkühen	2.000	4.000	-	Gering	-	Gering
A006	Umstellung auf Festmistverfahren	3.000	6.000	-	-100	-	-50
A007	Abluftreinigungsanlagen-Schweinehaltung	10.000	20.000	-	3.000	-	400
A008	Abdeckung Wirtschaftsdüngerlager	2.000	5.000	-	0	-	0
A009	Veränderung der Ausbringtonik und Verringerung der Zeit bis zur Einarbeitung	10.000	20.000	-	0	-	0
A010	Anpassung der Düngermengen an den Düngerebedarf	12.000	25.000	-	0	-	0
A011	Verringerter Einsatz von Harnstoffdüngern	15.000	30.000	-	0	-	0
A012	Maßnahme: Kombination von A010 und A011	20.000	40.000	-	0	-	0
A013	Einsatz von Leguminosen zur N-Versorgung der Pflanzenbestände	Nicht quantifizierbar		0	0	0	0
Summe (ohne Doppelzählung)		49.000	100.000		2.900		350

9 Zusammenfassung

Ein wesentliches Ziel des PAREST-Projekts war es, kosteneffektive Maßnahmenbündel zur Minderung der PM₁₀- und PM_{2.5}-Konzentrationen in Deutschland zu identifizieren, die über die bisherigen gesetzlichen Maßnahmen ("Current legislation") hinausgehen. Dazu wurden Minderungsmöglichkeiten für die primären Emissionen von PM₁₀ und PM_{2.5} identifiziert und darüber hinaus auch für die sekundären Aerosolvorläufersubstanzen NO_x, SO₂, NMVOC und NH₃.

In einem ersten Schritt wurden Einzelmaßnahmen für folgende Sektoren definiert:

- Kleinf Feuerungsanlagen
- Großfeuerungsanlagen
- Industrieprozesse
- Lösemittelanwendung
- Straßenverkehr
- Andere mobile Maschinen
- Landwirtschaft

Insgesamt wurden in diesem Bericht für die betrachteten Sektoren 75 Maßnahmen identifiziert, beschrieben und bewertet, insbesondere wurden Minderungspotenziale und Kosten quantifiziert. Auf Basis der identifizierten Maßnahmen konnte für jeden der betrachteten Schadstoffe das mögliche Minderungspotenzial (Maximum Feasible Reduction (MFR)) gegenüber dem Referenzfall (Current legislation) für die Jahre 2010, 2015 und 2020 quantifiziert werden.

Die Ergebnisse sind in den folgenden Tabellen dargestellt. Zunächst werden die bewerteten Maßnahmen noch einmal sektorweise aufgelistet. Anschließend werden die quantifizierten Minderungspotenziale und Kosten tabellarisch dargestellt.

Tabelle 70: Identifizierte und bewertete Einzelmaßnahmen für den Sektor Kleinf Feuerungsanlagen

	Sektor	Subsektor	Maßnahmentitel
K001	Kleinf Feuerungsanlagen	Erdgasfeuerungen	Verschärfung der Emissionsgrenzwerte für NO _x bei gasbefeuerten Kleinf Feuerungsanlagen im Rahmen der geplanten Novellierung der 1. BImSchV
K002	Kleinf Feuerungsanlagen	Erdgasfeuerungen	Verschärfung der Emissionsgrenzwerte für NO _x bei gasbefeuerten Kleinf Feuerungsanlagen im Rahmen der geplanten Ökodesign-Richtlinie
K003	Kleinf Feuerungsanlagen	Holzfeuerungen	Verschärfung der Emissionsgrenzwerte für Staub bei Kleinf Feuerungsanlagen mit festen Brennstoffen im Rahmen der geplanten Novellierung der 1. BImSchV
K004	Kleinf Feuerungsanlagen	Ölfeuerungen	Verschärfung der Emissionsgrenzwerte für NO _x bei ölbefeuerten Kleinf Feuerungsanlagen im Rahmen der geplanten Novellierung der 1. BImSchV
K005	Kleinf Feuerungsanlagen	Ölfeuerungen	Verschärfung der Emissionsgrenzwerte für NO _x bei ölbefeuerten Kleinf Feuerungsanlagen im Rahmen der geplanten Ökodesign-Richtlinie

Tabelle 71: Identifizierte und bewertete Einzelmaßnahmen für den Sektor Großfeuerungsanlagen

	Sektor	Subsektor	Maßnahmentitel
G001	Großfeuerungsanlagen	Kohlefeuerungen 50-100 MW	Verschärfung des NO _x -Emissionsgrenzwertes bei kohlegefeuerten Großfeuerungsanlagen 50-100 MW im Rahmen der geplanten IED-Richtlinie (KOM 844 vom 26.05.2009)
G002	Großfeuerungsanlagen	Kohlefeuerungen > 100 MW	Verschärfung des NO _x -Emissionsgrenzwertes bei kohlegefeuerten Großfeuerungsanlagen > 100 MW FWL im Rahmen der geplanten IED-Richtlinie (KOM 844 vom 26.05.2009)
G003	Großfeuerungsanlagen	Kohlefeuerungen > 50-100 MW	Vorschläge des UBA zur Verschärfung des NO _x -Emissionsgrenzwertes bei kohlegefeuerten Großfeuerungsanlagen 50-100 MW im Rahmen der geplanten Novellierung der IED-Richtlinie.
G004	Großfeuerungsanlagen	Kohlefeuerungen > 100 MW	Vorschläge des UBA zur Verschärfung des NO _x -Emissionsgrenzwertes bei kohlegefeuerten Großfeuerungsanlagen > 100 MW im Rahmen der geplanten Novellierung der IED-Richtlinie.
G005	Großfeuerungsanlagen	Kohlefeuerungen > 50-100 MW	Verschärfung des Staub-Emissionsgrenzwertes bei kohlegefeuerten Großfeuerungsanlagen 50-100 MW im Rahmen der geplanten Novellierung der IED-Richtlinie
G006	Großfeuerungsanlagen	Kohlefeuerungen > 100 MW	Verschärfung des Staub-Emissionsgrenzwertes bei kohlegefeuerten Großfeuerungsanlagen > 100 MW im Rahmen der geplanten Novellierung der IED-Richtlinie
G007	Großfeuerungsanlagen	Kohlefeuerungen > 50-100 MW	Vorschläge des UBA zur Verschärfung des Staub-Emissionsgrenzwertes bei kohlegefeuerten Großfeuerungsanlagen 50-100 MW im Rahmen der geplanten Novellierung der IED-Richtlinie.
G008	Großfeuerungsanlagen	Kohlefeuerungen > 100 MW	Vorschläge des UBA zur Verschärfung des Staub-Emissionsgrenzwertes bei kohlegefeuerten Großfeuerungsanlagen > 100 MW im Rahmen der geplanten Novellierung der IED-Richtlinie.
G009	Großfeuerungsanlagen	Kohlefeuerungen > 50 MW	Absenkung des Staub-Emissionsgrenzwertes von 20 mg/Nm ³ auf 10 mg/Nm ³ im Tagesmittel sowohl für bestehende als auch für neue kohlegefeuerte Großfeuerungsanlagen > 50 MW FWL
G010	Großfeuerungsanlagen	Kohlefeuerungen 50-100 MW	Verschärfung des SO ₂ -Emissionsgrenzwertes bei kohlegefeuerten Großfeuerungsanlagen 50-100 MW im Rahmen der geplanten Novellierung der IED-Richtlinie
G011	Großfeuerungsanlagen	Kohlefeuerungen > 100 MW	Verschärfung des SO ₂ -Emissionsgrenzwertes bei kohlegefeuerten Großfeuerungsanlagen > 100 MW im Rahmen der geplanten Novellierung der IED-Richtlinie
G012	Großfeuerungsanlagen	Kohlefeuerungen 50-100 MW	Vorschläge des UBA zur Verschärfung des SO ₂ -Emissionsgrenzwertes bei kohlegefeuerten Großfeuerungsanlagen 50-100 MW im Rahmen der geplanten Novellierung der IED-Richtlinie.
G013	Großfeuerungsanlagen	Kohlefeuerungen > 100 MW	Vorschläge des UBA zur Verschärfung des SO ₂ -Emissionsgrenzwertes bei kohlegefeuerten Großfeuerungsanlagen > 100 MW im Rahmen der geplanten Novellierung der IED-Richtlinie.
G014	Großfeuerungsanlagen	Erdgaskesself Feuerungen > 50 MW	Verschärfung des NO _x -Emissionsgrenzwertes für Erdgaskesself Feuerungen > 50 MW im Rahmen der geplanten Novellierung der IED-Richtlinie
G015	Großfeuerungsanlagen	Erdgaskesself Feuerungen > 50 MW	Absenkung des NO _x -Emissionsgrenzwertes auf 20 mg/Nm ³ im Jahresmittel für Erdgaskesself Feuerungen > 50 MW
G016	Großfeuerungsanlagen	Gasturbinen_Erd gas > 50 MW	Verschärfung des NO _x -Emissionsgrenzwertes für erdgasgefeuerte Gasturbinen > 50 MW im Rahmen der geplanten Novellierung der IED-Richtlinie
G017	Großfeuerungsanlagen	Gasturbinen_Erd gas > 50 MW	Vorschläge des UBA zur Verschärfung des NO _x -Emissionsgrenzwertes für erdgasgefeuerte Gasturbinen > 50 MW im Rahmen der geplanten Novellierung der IED-Richtlinie
G018	Großfeuerungsanlagen	Ölkesself Feuerungen > 50 MW	Verschärfung des SO ₂ -Emissionsgrenzwertes bei Ölkesself Feuerungen > 50 MW im Rahmen der geplanten Novellierung der IED-Richtlinie
G019	Großfeuerungsanlagen	Ölkesself Feuerungen > 50 MW	Vorschläge des UBA zur Verschärfung des SO ₂ -Emissionsgrenzwertes bei Ölkesself Feuerungen > 50 MW im Rahmen der geplanten Novellierung der IED-Richtlinie.

Tabelle 72: Identifizierte und bewertete Einzelmaßnahmen für den Sektor Industrieprozesse

	Sektor	Subsektor	Maßnahmentitel
P001	Industrieprozesse	Zement	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für NO _x auf < 200 mg/Nm ³ für alle Anlagen zur Herstellung von Zement
P002	Industrieprozesse	Glas	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für NO _x auf < 500 mg/Nm ³ für Anlagen zur Herstellung von Glas
P003	Industrieprozesse	Sinter	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für NO _x auf < 100 mg/Nm ³ für Sinteranlagen
P004	Industrieprozesse	Walzstahl	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für NO _x auf < 200 mg/Nm ³ für Anlagen zur Herstellung von Walzstahl
P005	Industrieprozesse	Sinter	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für SO ₂ auf < 100 mg/Nm ³ für Sinteranlagen
P006	Industrieprozesse	Schwefelsäureherstellung	Absenkung der SO ₂ -Emissionsgrenzwertes durch sekundäre Abgasreinigungseinrichtung bei Doppelkontaktanlagen
P007	Industrieprozesse	Zement	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für Staub auf < 10 mg/Nm ³ für alle Anlagen zur Herstellung von Zement
P008	Industrieprozesse	Glas	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für Staub auf < 10 mg/Nm ³ für alle Anlagen zur Glasherstellung
P009	Industrieprozesse	Sinter	Absenkung des Emissionsgrenzwertes für Staub auf < 10 mg/Nm ³ für Sinteranlagen
P0010	Industrieprozesse	Düngemittelproduktion	Absenkung der NH ₃ Emissionsgrenzwertes auf <45 mg/Nm ³ Herstellung stickstoffhaltiger Düngemittel

Tabelle 73: Identifizierte und bewertete Einzelmaßnahmen für den Sektor Lösemittelanwendung

	Sektor	Subsektor	Maßnahmentitel
L001	Lösemittelanwendung	Aerosolsprays	Reduktion der NMVOC-Emissionen aus Aerosolspray-Anwendungen
L002	Lösemittelanwendung	Bogenoffsetdruck	Reduktion der NMVOC-Emissionen aus Bogenoffsetdruck
L003	Lösemittelanwendung	Oberflächenreinigung	Reduktion der NMVOC-Emissionen aus Oberflächenreinigungsprozessen
L004	Lösemittelanwendung	Maschinenbau	Reduktion der NMVOC-Emissionen aus dem Maschinenbau
L005	Lösemittelanwendung	Schreinerhandwerk	Reduktion der NMVOC-Emissionen im Schreinerhandwerk
L006	Lösemittelanwendung	Siebdruck	Reduktion der NMVOC-Emissionen im Siebdruck

Tabelle 74: Identifizierte und bewertete Einzelmaßnahmen für den Sektor Straßenverkehr

	Sektor	Subsektor	Maßnahmentitel
V001	Straßenverkehr	MZR	Grenzwert für Verdunstungsemissionen bei motorisierten Zweirädern
V002	Straßenverkehr	Pkw	Förderung der Nachrüstung von Pkw mit Dieselpartikelfiltern
V003	Straßenverkehr	Pkw AB	Tempolimit 120 km/h auf Bundesautobahnen
V004	Straßenverkehr	Pkw AO	Tempolimit von 80 km/h auf Bundesstraßen
V005	Straßenverkehr	Pkw	Angleichung der Mineralölsteuersätze von Diesel an Ottokraftstoff
V006	Straßenverkehr	Pkw, LNf, SNF io	Gebietsbezogene Verkehrsverbote für bestimmte Fahrzeuggruppen (Umweltzonen)
V007	Straßenverkehr	Pkw, LNf, SNF io	Tempolimits innerorts
V008	Straßenverkehr	Pkw io	Verlagerung von Pkw-Fahrten innerorts aufs Fahrrad
V009	Straßenverkehr	Pkw, LNf, SNF	Förderprogramm zum kraftstoffsparenden Fahren
V010	Straßenverkehr	Pkw, LNf, SNF	Förderung der Nutzung von Leichtlaufölen
V011	Straßenverkehr	Pkw, LNf, SNF	Förderung der Nutzung von Leichtlaufreifen
V012	Straßenverkehr	SNF	Nachrüstung von schweren Nutzfahrzeugen mit SCR

Tabelle 75: Identifizierte und bewertete Einzelmaßnahmen für den Sektor Mobile Maschinen

	Sektor	Subsektor	Maßnahmentitel
MM001	Sonstiger Verkehr	Off-Road Diesel	Fortschreibung der Grenzwerte für mobile Maschinen und Geräte (Dieselmotoren)
MM002	Sonstiger Verkehr	Off-Road Otto	Fortschreibung der Grenzwerte für mobile Maschinen und Geräte (Ottomotoren)
MM003	Sonstiger Verkehr	Off-Road Flüssiggas	Grenzwerte für Fremdzündungsmotoren > 18kW in mobilen Maschinen
MM004	Sonstiger Verkehr	Off-Road Otto	Grenzwert für Verdunstungsemissionen bei mobilen Maschinen
MM005	Sonstiger Verkehr	Off-Road Otto	Nutzungsbeschränkungen für hoch emittierende Baumaschinen in innerstädtischen Gebieten
MM006	Sonstiger Verkehr	Schienenverkehr	Weiterentwicklung der Grenzwerte für Diesellokomotiven
MM007	Sonstiger Verkehr	Schienenverkehr	Differenzierung der Trassenpreise im Schienenverkehr
MM008	Sonstiger Verkehr	Binnenschiff	Weiterentwicklung der Grenzwerte in der Binnenschifffahrt
MM009	Sonstiger Verkehr	Flugverkehr	Kosteninternalisierung im Flugverkehr (Kerosinsteuer und Einbeziehung in den Emissionshandel)
MM010	Sonstiger Verkehr	Flugverkehr	Emissionsabhängige Landeentgelte im Flugverkehr

Tabelle 76: Identifizierte und bewertete Einzelmaßnahmen für den Sektor Landwirtschaft

	Sektor	Subsektor	Maßnahmentitel
A001	Landwirtschaft	Tierhaltung	Anpassung der Milcheiweißgehalte an ein verändertes Verbraucherverhalten
A002	Landwirtschaft	Tierhaltung	Verkürzung der Mastdauer bei Mastbullen
A003	Landwirtschaft	Tierhaltung	Verkürzung der Mastdauer bei Mastschweinen
A004	Landwirtschaft	Tierhaltung	Verkürzung der Mastdauer bei Masthähnchen und -hühnchen
A005	Landwirtschaft	Tierhaltung	Verringerter Aufenthalt im Stall - Verlängerung des Weidegangs bei Milchkühen
A006	Landwirtschaft	Tierhaltung	Umstellung auf Festmistverfahren
A007	Landwirtschaft	Tierhaltung	Einsatz von Abluftreinigungsanlagen in der Schweinehaltung
A008	Landwirtschaft	Tierhaltung	Abdeckung der Wirtschaftsdüngerlager
A009	Landwirtschaft	Tierhaltung	Veränderung der Ausbringtechnik und Verringerung der Zeit bis zur Einarbeitung
A010	Landwirtschaft	Pflanzenbau	Anpassung der Düngermengen an den Düngerbedarf
A011	Landwirtschaft	Pflanzenbau	Verringerter Einsatz von Harnstoffdüngern
A012	Landwirtschaft	Pflanzenbau	Maßnahme: Kombination von Düngung nach Empfehlung und verringertem Einsatz von Harnstoff-Düngern
A013	Landwirtschaft	Pflanzenbau	Einsatz von Leguminosen zur N-Versorgung der Pflanzenbestände

Für die in Tabelle 76 bis Tabelle 75 dargestellten Maßnahmen wurden soweit möglich, Minderungspotenziale für die Jahre 2010, 2015 und 2020 gegenüber dem in [Jörß et al., 2010] beschriebenen PAREST-Referenzszenario quantifiziert. In Tabelle 83 bis Tabelle 82 sind die berechneten Minderungspotenziale und Kosten der betrachteten Maßnahmen für das Referenzjahr 2020 dargestellt, da dieses Bezugsjahr den Fokus der Modellierung darstellte. Insbesondere die abgeschätzten Kosten geben lediglich eine Größenordnung der voraussichtlichen Minderungskosten der Maßnahme wieder und sind mit erheblichen Unsicherheiten behaftet, die im Rahmen des PAREST-Projekts aber nicht abgeschätzt wurden. Die Größenordnung der spezifischen Maßnahmenkosten wird jedoch als plausibel betrachtet. Allerdings ist hierbei zu berücksichtigen, dass die Maßnahmenkosten zum Teil von der Höhe des abgeschätzten Minderungspotenzials abhängig sind. Für die Sektoren Kleinf Feuerungsanlagen, Großfeuerungsanlagen sowie Industrie- und Produktionsprozesse sind für manche Maßnahmen jeweils die Minderungspotenziale („modelliert“) dargestellt, die zur Konzentrationsmodellierung verwendet wurden und zusätzlich Minderungspotenziale auf Grundlage neuerer Erkenntnisse („aktualisiert“). Die angegebenen Maßnahmenkosten beziehen sich jeweils auf die modellierten Minderungspotenziale und berücksichtigen **keine Nutzenverluste** auf Grundlage von [Kuhn et al. 2010].

Tabelle 77: Minderungspotenziale und Kosten der Einzelmaßnahmen für den Sektor
Kleinf Feuerungsanlagen (Die Potenziale sind zum Teil nicht addierbar)

	Maßnahmenkurz- beschreibung	Minderung 2020 gegenüber dem Referenzszenario [t]						Kosten [10 ⁶ Euro ₂₀₀₀]
		NO _x		PM10		PM2.5		
		modelliert	aktualisiert	modelliert	aktualisiert	modelliert	aktualisiert	
K001	Novellierung der 1. BImSchV- Gasfeuerungen	2.855	2.656					158
K002	Ökodesign- Richtlinie- Gasfeuerungen	5.856	5.353					475
K003	Novellierung der 1. BImSchV			9.913	9.066	9.180	8.407	580
K004	Novellierung der 1. BImSchV- Ölfeuerungen	828	3.500					97,2
K005	Ökodesign- Richtlinie- Ölfeuerungen	6.417	9.042					292
Summe		Nicht addierbar		9.913	9.066	9.180	8.407	Nicht addierbar

Tabelle 78: Minderungspotenziale und Kosten der Einzelmaßnahmen für den Sektor
Großfeuerungsanlagen (Die Potenziale sind zum Teil nicht addierbar)

	Maßnahmen- kurzbe- schreibung	Minderung 2020 gegenüber dem Referenzszenario [t]								Kosten [10 ⁶ Euro 2000]
		NO _x		SO ₂		PM10		PM2.5		
		Akt.	Mod.	Akt.	Mod.	Akt.	Mod.	Akt.	Mod.	
G001	NO _x - kohlegefeuert 50-100 MW - IED	349	467							0,3
G002	NO _x - kohlegefeuert > 100 MW - IED	11.100	11.180							49,5
G003	NO _x - kohlegefeuert 50-100 MW - UBA	349	467							0,3
G004	NO _x - kohlegefeuert > 100 MW - UBA	12.300	11.996							49,4
G005	Staub - kohle- gefeuert 50-100 MW - IED					k.M.		k.M.		-
G006	Staub - kohle- gefeuert > 100 MW - IED					47	47	42		-
G007	Staub - kohle- gefeuert 50-100 MW - UBA					k. M.		k.M.		-
G008	Staub - kohle- gefeuert > 100 MW - UBA					51	51	46	46	-
G009	Staub - 10 mg/Nm ³ kohlegefeuert > 50 MW FWL					3.493	3.493	3.105	3.105	7,2
G010	SO ₂ - kohlegefeuert 50-100 MW - IED			827	1.163					2,3
G011	SO ₂ - kohlegefeuert > 100 MW - IED			38.300	83.780					19,8
G012	SO ₂ - kohlegefeuert 50-100 MW - UBA			406	890					2,3
G013	SO ₂ - kohlegefeuert > 100 MW - UBA			41.200	85.773					19,8
G014	NO _x – Erdgas- kesselfeuerungen > 50 MW – IED	2.500	3.169							21,7
G015	NO _x - 20 mg/Nm ³ Erdgaskesselfeuer- ungen > 50 MW	7.202	7.202							96,9
G016	NO _x - erdgasgefeuert Gasturbinen > 50 MW - IED	8.344	9.900							32,3
G017	NO _x - erdgasgefeuert Gasturbinen > 50 MW - UBA	16.690	17.319							144
G018	SO ₂ - Ölkessel- feuerungen > 50 MW - IED			kM	kM					-
G019	SO ₂ - Ölkessel- feuerungen > 50 MW - UBA			1.346	1.346					26,0
Summe		Nicht addierbar								

Tabelle 79: Minderungspotenziale und Kosten der Einzelmaßnahmen für den Sektor
Industrieprozesse

	Maßnahmen- kurz- beschreibung	Minderung 2020 gegenüber dem Referenzszenario [t]										Kosten [10 ⁶ Euro ₂₀₀₀]
		NO _x		SO ₂		NH ₃		PM10		PM25		
		Mod.	Akt.	Mod.	Akt.	Mod.	Akt.	Mod.	Akt.	Mod.	Akt.	
P001	NO _x < 200 mg/Nm ³ - Zement	12.332	12.332									39,7
P002	NO _x < 500 mg/Nm ³ - Glas	4.221	3.956									15,8
P003	NO _x < 100 mg/Nm ³ Sinter- anlagen	7.435	7.435									54,9
P004	NO _x < 200 mg/Nm ³ Walzstahl	6.072	6.072									94,5
P005	SO ₂ < 100 mg/Nm ³ Sinter- anlagen			18.362	18.362							59,9
P006	SO ₂ - Schwefel- säureher- stellung			3.199	3.199							9,5
P007	Staub < 10 mg/Nm ³ Zement							769	769	701	701	44,9
P008	Staub < 10 mg/Nm ³ Glas							266	249	156	146	29,2
P009	Staub < 10 mg/Nm ³ Sinter- anlagen							3.713	3.713	1.228	1.228	48,3
P010	NH ₃ < 45 mg/Nm ³ stickstoff- haltiger Düngemittel					1.103	1.103					-
Summe		30.060	29.795	21.561		1.103		4.748	4.733	2.085	2.075	396,7

Tabelle 80: Minderungspotenziale und Kosten der Einzelmaßnahmen für den Sektor
Lösemittelanwendung

	Maßnahmenkurzbeschreibung	Minderung 2020 gegenüber dem Referenzszenario [t]	Kosten [10 ⁶ Euro ₂₀₀₀]
		NM VOC	
L001	NM VOC-Emissionen aus Aerosolspray-Anwendungen	15.284	7,6
L002	NM VOC-Emissionen aus Bogenoffsetdruck	19.105	191
L003	NM VOC-Emissionen aus Oberflächenreinigung	12.980	0
L004	NM VOC-Emissionen aus dem Maschinenbau	12.768	128
L005	NM VOC-Emissionen im Schreinerhandwerk	7.980	0
L006	NM VOC-Emissionen im Siebdruck	4.585	45,9
Summe		72.702	372,5

Tabelle 81: Minderungspotenziale und Kosten der Einzelmaßnahmen für den Sektor
Straßenverkehr

	Maßnahmen- kurzbeschreibung	Minderung 2020 gegenüber dem Referenzszenario [t]						Kosten [10 ⁶ Euro ₂₀₀₀]
		NMVOC	NO _x	SO ₂	NH ₃	PM10	PM2.5	
V001	Grenzwert für Verdunstungsemissionen motorisierte Zweiräder	2 789	0	0	0	0	0	103
V002	Förderung der Nachrüstung von Pkw mit Dieselpartikelfiltern	0	0	-100	0	8	8	3,8
V003	Tempolimit 120 km/h Bundesautobahnen	317	4.344	14	0	21	21	-490
V004	Tempolimit 80 km/h Bundesstraßen	129	1.156	5	0	9	9	-423
V005	Angleichung der Mineralölsteuersätze von Diesel an Ottokraftstoff	1.460	6.100	0	0	1.540	380	-243
V006	Umweltzonen	Nur für ausgewählte Gebiete berechnet						
V007	Tempolimits innerorts	0	0	0	0	571	134	34,3
V008	Verlagerung von Pkw-Fahrten innerorts aufs Fahrrad	1.013	901	7	59	529	134	-0,2
V009	Förderprogramm zum kraftstoffsparenden Fahren	152	878	4	19	13	13	-93,5
V010	Förderung der Nutzung von Leichtlaufölen	574	1.597	16	75	21	21	2,6
V011	Förderung der Nutzung von Leichtlaufreifen	574	1.597	16	75	21	21	7,0
V012	Nachrüstung von schweren Nutzfahrzeugen mit SCR	0	4.751	0	0	0	0	92,5
Summe		7.008	21.324	-38	228	2.733	741	1006,5¹⁵

¹⁵ Diese Kosten berücksichtigen nicht die in Kuhn et al. [2010] quantifizierten Nutzenverluste aufgrund von Komfort- und Zeitverlusten.

Tabelle 82: Minderungspotenziale und Kosten der Einzelmaßnahmen für den Sektor
Mobile Maschinen

	Maßnahmen- kurzbeschreibung	Minderung 2020 gegenüber dem Referenzszenario [t]						Kosten [10 ⁶ Euro ₂₀₀₀]
		NMVOG	NO _x	SO ₂	NH ₃	PM ₁₀	PM _{2.5}	
MM001	Fortschreibung der Grenzwerte für mobile Maschinen (Dieselmotoren)	0	340	0	0	19	19	32,2
MM002	Fortschreibung der Grenzwerte für mobile Maschinen (Ottomotoren)	6.814	680	0	0	0	0	22,2
MM003	Grenzwerte für Fremdzündungsmotoren > 18kW in mobilen Maschinen	36	1.680	0	0	0	0	0,4
MM004	Grenzwert für Verdunstungsemissionen bei mobilen Maschinen	6.744	0	0	0	0	0	1,7
MM005	Nutzungsbeschränkungen für hoch emittierende Baumaschinen in innerstädtischen Gebieten	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q
MM006	Grenzwerte für Diesellokomotiven	0	1.362	0	0	43	43	6,0
MM007	Differenzierung der Trassenpreise im Schienenverkehr	0	4.191	0	0	32	32	0
MM008	Weiterentwicklung der Grenzwerte in der Binnenschifffahrt	0	4.198	0	0	280	280	64,9
MM009	Kosteninternalisierung im Flugverkehr	1.700	11.000	400	200	100	100	0
MM010	Emissionsabhängige Landeentgelte im Flugverkehr	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q
Summe		15.294	23.451	400	200	474	474	127,4¹⁶

¹⁶ Diese Kosten berücksichtigen nicht die in Kuhn et al. [2010] quantifizierten Nutzenverluste aufgrund von Komfort- und Zeitverlusten.

Tabelle 83: Minderungspotenziale und Kosten der Einzelmaßnahmen für den Sektor Landwirtschaft
(Die Potenziale sind zum Teil nicht addierbar)

	Maßnahmenkurzbeschreibung	Minderung 2020 gegenüber dem Referenzszenario [t]			Kosten [10 ⁶ Euro 2000]
		NH ₃	PM10	PM2.5	
A001	Anpassung der Milcheiweißgehalte	5000	0	0	0
A002	Verkürzung Mastdauer – Mastbullen	0	0	0	0
A003	Verkürzung Mastdauer – Mastschweine	0	0	0	0
A004	Verkürzung Mastdauer Masthähnchen + -hühnchen	0	0	0	0
A005	Verringerter Aufenthalt im Stall - Verlängerung des Weidegangs bei Milchkühen	4000	20	10	0
A006	Umstellung auf Festmistverfahren	6000	-100	-50	192
A007	Abluftreinigungsanlagen- Schweinehaltung	20000	3000	400	32
A008	Abdeckung Wirtschaftsdüngerlager	5000	0	0	13
A009	Veränderung der Ausbringtechnik und Verringerung der Zeit bis zur Einarbeitung	20000	0	0	0
A010	Anpassung der Düngermengen an den Düngerbedarf	25000	0	0	0
A011	Verringerter Einsatz von Harnstoffdüngern	30000	0	0	3,6
A012	Maßnahme: Kombination von A010 und A011	40000	0	0	3,6
A013	Einsatz von Leguminosen zur N- Versorgung der Pflanzenbestände	0	0	0	n.q.
Summe		100.000	2.900	350	242

In Tabelle 84 ist dargestellt, welche Emissionsminderung im Verhältnis zum Referenzszenario im Bezugsjahr 2020 [Jörß et al., 2010] maximal möglich ist. Die angegebenen Mengen wurden von [Stern 2010a] und [Stern 2010b] für die Konzentrationsmodellierung verwendet.

Tabelle 84: Maximal mögliche Emissionsminderung durch die in PAREST charakterisierten Maßnahmen, differenziert nach Sektoren und Schadstoffen

Sektor	Maßnahmen [Anzahl]	NO _x	PM10	PM2.5	NH ₃	SO ₂	NMVOC
Referenzemissionen (2020) [kt] [Jörß et al., 2010]		904	228	101	609	455	1381
Maximale Reduktion	[kt]	124	24	16	102	110	95
	[%]	14	11	16	17	24	7
		Minderungspotenzial [kt]					
Kleinf Feuerungsanlagen	3	12,3	9,9	9,2	-	-	-
Großfeuerungsanlagen	8	37,0	3,5	3,1	-	88,3	-
Industrie- & Produktionsprozesse	10	30,1	4,8	2,1	1,1	21,6	-
Straßenverkehr	12	21,3	2,7	0,7	0,2	-0,04	7,0
Andere mobile Maschinen	10	23,4	0,5	0,5	0,2	0,4	15,3
Lösemittelanwendung	6	-	-	-	-	-	72,7
Landwirtschaft	12	-	2,9	0,4	100	-	-

10 Literatur

- [4.BImSchV, 2010]: Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen-4.BImSchV) vom 24.07.1985 (BGBl. I S. 1586), zuletzt geändert 2010, Bonn, 2010
- [13.BImSchV, 2004]: Dreizehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Großfeuerungs- und Gasturbinenanlagen – 13. BImSchV) vom 20. Juli 2004 (BGBl. I S. 1717, 2847).
- [13.BImSchV, 2009]: Dreizehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Großfeuerungs- und Gasturbinenanlagen – 13. BImSchV) vom 20. Juli 2004 (BGBl. I S. 1717, 2847), zuletzt geändert durch Art. 1 des Gesetzes vom 27. Januar 2009 (BGBl. I Nr. 5 vom 30.01.2009 S. 129)
- [17.BImSchV, 2009]: Siebzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über die Verbrennung und die Mitverbrennung von Abfällen - 17. BImSchV) vom 14. August 2003 (BGBl. I S. 1633), zuletzt geändert durch Artikel 2 der Verordnung vom 27. Januar 2009 (BGBl. I S. 129)
- [31.BImSchV, 2001]: Einunddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung zur Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen bei der Verwendung organischer Lösemittel in bestimmten Anlagen) vom 21. August 2001 (BGBl. I S. 2180), Bonn 2001
- [35.BImSchV, 2006]: Fünfunddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes, Verordnung zur Kennzeichnung der Kraftfahrzeuge mit geringem Beitrag zur Schadstoffbelastung vom 10. Oktober 2006 (BGBl. I S. 2218), die durch Artikel 1 der Verordnung vom 5. Dezember 2007 (BGBl. I S. 2793) geändert worden ist
- [39.BImSchV, 2010]: Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen vom 2. August 2010 (BGBl. I S. 1065)
- [ABMG, 2008]: Gesetz über die Erhebung von streckenbezogenen Gebühren für die Benutzung von Bundesautobahnen mit schweren Nutzfahrzeugen
- [ACEM, 2005]: ACEM position on Evaporative Emissions. Brüssel, http://circa.europa.eu/Public/irc/enterprise/automotive/library?l=/mveg_motorcycles/meeting_september_2005/moto_107pdf/_EN_1.0_&a=d
- [Achtenbosch, M. et al., 2000]: Achtenbosch, M., Bräutigam, K.-R., 2000: Herstellung von Zementklinker – Verfahrensbeschreibung und Analysen zum Einsatz von Sekundärbrennstoffen, Karlsruhe [URL: <http://www.ubka.uni-karlsruhe.de/volltexte/fzk/6508/6508.pdf>, 20.12.09]
- [AECC, 2008]: Selective Catalytic Reduction. Association for Emissions Control by Catalyst, <http://www.aecc.eu/de/Technology/Katalysator.html>
- [Aral, 2008]: AdBlue. Weniger Stickoxide und Partikel im Lkw-Abgas. Aral Forschung, <http://www.aral.de/aral/sectiongenericarticle.do?categoryId=9011608&contentId=7021972>
- [BAFU, 2008]: BAFU-Filterliste. Geprüfte und erprobte Partikelfiltersysteme für die Ausrüstung von Dieselmotoren. Stand: Dezember 2008, Bundesamt für Umwelt, Bern 2008
- [BAT LVIC - AAF, 2007]: Integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (IVU): Merkblatt über die besten verfügbaren Techniken für die Herstellung Anorganischer Grundchemikalien: Ammoniak, Säuren und Düngemittel, European IPPC Bureau, Sevilla 2007
- [BAZL, 2006]: Recommendation ECAC/27-4 - NO_x emission classification scheme. BAZL, Bern, <http://www.bazl.admin.ch/fachleute/01169/02432/02435/index.html?lang=de>
- [BDEW, 2008]: 60 Kraftwerke in Planung oder Bau, Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW), April 2008, Berlin, [http://www.bdew.de/bdew.nsf/id/78B5045581260CC9C125766C0003106A/\\$file/080417%20Liste%2060%20Kraftwerke%20im%20Bau%20oder%20in%20Planung.pdf](http://www.bdew.de/bdew.nsf/id/78B5045581260CC9C125766C0003106A/$file/080417%20Liste%2060%20Kraftwerke%20im%20Bau%20oder%20in%20Planung.pdf)

- [Behnke, 2009]: persönliche Information von Frau Behnke, E-mail vom 27.02.2009, FG III 2.3, Umweltbundesamt Dessau
- [BGBl, 2007]: Viertes Gesetz zur Änderung des Kraftfahrzeugsteuergesetzes vom 24. März 2007, Bundesgesetzblatt Jahrgang 2007, Teil I Nr. 11, Bonn
- [BGBL, 2007]: Verordnung zum Erlass und zur Änderung von Vorschriften über die Kennzeichnung emissionsarmer Kraftfahrzeuge vom 10. Oktober 2006, zuletzt geändert am 05.12.2007
- [Beetskaya, 2010]: Beetskaya, O.: Berechnungen mit Hilfe des des ökonomisch-ökologischen Modells EFEM, Universität Hohenheim, Institut für landwirtschaftliche Betriebslehre, persönliche Mitteilung, 2010
- [BIPRO, 2002]: Screening study to identify reductions in VOC Emissions due to the restrictions in the VOC content of products, BIPRO, AFC Consult, DFIU, DG Environment, Brüssel, 2002
- [BMU, 2002]: Nationales Programm zur Verminderung der Ozonkonzentration und zur Einhaltung der Emissionshöchstmengen vom 23. Mai 2007 Programm gemäß § 8 der 33. BImSchV, 2002
- [BMVBS/BMU, 2007]: Richtlinie zur Förderung der Anschaffung emissionsarmer schwerer Nutzfahrzeuge
- [BREF I&S, 2001]: Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) 2001: Reference Document on Best Available Techniques on the Production of Iron and Steel, European IPPC Bureau. Sevilla
- [BREF Stahlverarbeitung, 2001]: Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) 2001: Best Available Techniques Reference Document on the Ferrous Metals Processing Industry, European IPPC Bureau, Sevilla
- [BREF-GFA, 2006]: Integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (IVU) ,Merkblatt über die besten verfügbaren Techniken für Großfeuerungsanlagen, European IPPC Bureau, Sevilla , Juli 2006, <http://www.bvt.umweltbundesamt.de/sevilla/kurzue.htm>
- [BUWAL, 2000]: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL): Emissionsfaktoren für stationäre Quellen. Ausg. 2000, Bern
- [BUWAL, 2003]: Nachrüstung von Baumaschinen mit Partikelfiltern. Umwelt-Materialien Nr. 148, Luft. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL, Bern, Schweiz
- [BW plus Kolloquium, 2009]: Statuskolloquium Umweltforschung und Umwelttechnik Baden-Württemberg 2009; Vortragsreihe „Betriebliche Umwelttechnik-Feinstaubreduzierung“
- [CE, 2003]: Clean on track – Reducing emissions from diesel locomotives. CE, Delft 2003.
- [Cementeria di Monselice SpA, 2007]: Cementeria di Monselice SpA, 2007: Nuovo catalizzatore SCR, Italy [URL: <http://www.cementeriadimonselice.it /sviluppo02.htm>, 30.03.2009]
- [ChemVOCFarbV, 2004]: Chemikalienrechtliche Verordnung zur Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen (VOC) durch Beschränkung des Inverkehrbringens lösemittelhaltiger Farben und Lacke (Lösemittelhaltige Farben- und Lackverordnung - ChemVOCFarbV) vom 16. Dezember 2004, BGBl. I S. 3508, Bonn, 2004
- [CITEP, 2003]: Off-Road Background Documents. Expert Group on Techno-Economic Issues (EGTEI), http://www.citepa.org/forums/egtei/egtei_index.htm
- [Dämmgen, U. et al., 2008]: Dämmgen, U., Haenel, H.-D., Rösemann, C., Eurich-Menden, B., Grimm, E., Döhler, H., Hahne, J. (2008). Landwirtschaftliche Emissionen. Forschungs-Teilbericht an das Umweltbundesamt, im Rahmen des PAREST-Vorhabens: FKZ 206 43 200/01 „Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung“
- [DENA, 2008]: Annegret-Cl. Agricola, Das energieeffiziente Wärmepumpensystem in Ein- und Zweifamilienhäusern, Essen, März 2008;
www.dena.de/.../Heidrich-Planung_energieeffizienter_Warmepumpensysteme.pdf
- [DFIU, 2002]: Rentz, O.; Gütlings, K.; Karl, U.: Erarbeitung der Grundlagen für das BVT-Merkblatt Großfeuerungsanlagen im Rahmen des Informationsaustausches nach Art. 16(2) IVU-Richtlinie, Forschungsbericht 200 46 317.
- [Draft BREF Glas, 2008]: Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) 2008: Draft Reference Document on Best Available Techniques in the Glass Manufacturing Industries, European IPPC Bureau. Sevilla

- [Draft BREF I&S, 2008]: Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) 2008: Draft Reference Document on Best Available Techniques on the Production of Iron and Steel, European IPPC Bureau. Sevilla
- [DRAFT BREF Large Volume Inorganic Chemicals 2004]: Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) – Draft Reference Document on Best Available Techniques in the Large Volume Inorganic Chemicals, Ammonia, Acids and Fertilisers Industries. European IPPC Bureau – Sevilla, 2004
- [Draft BREF Zement, 2009]: Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) 2009: Draft Reference Document on Best Available Techniques in the Cement and Lime Manufacturing Industries, European IPPC Bureau. Sevilla
- [Drucksache 16/4638, 2007]: Feinstaubemissionen bei Holzverbrennung-Novellierung der 1.BImSchV; Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten der Fraktion der FDP; www.homburger.de/files/2439/1604811.pdf
- [EC, 2008]: DIRECTIVE 2008/50/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe
- [Emissionsdaten, 2007]: Unterrichtung der Öffentlichkeit gemäß § 18 der 17. BImSchV über den Betrieb der Kohlekraftwerke: Fenne, Zolling, Wilhelmshafen, Bremen-Farge und Lünen, 2007
- [Entwurf 1. BImSchV, 2007]: Entwurf zur Novelle der Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen auf Basis der Fassung der Bekanntmachung vom 26. September 2002 (BGBl. I S. 3830), zuletzt geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 18. Dezember 2006 (BGBl. I S. 3180). Stand 2009
- [E-ON, 2007]: Anhörung der Hessischen Landesregierung im Zusammenhang mit geplantem Neubau Kraftwerk Staudinger, Block 6, E-ON Kraftwerke GmbH, 2007
- [ESA/D1, 2008]: Universität Salzburg, "PIAC Analysis Report", ESA/Iris Comms Standard Evolution, Deliverable D1 under ESA/ESTEC Contract 21307/07/NL/AD
- [Euractiv, 2008]: Commission unveils new energy-saving measures. Artikel, 17.11.2008, <http://www.euractiv.com/en/energy-efficiency/commission-unveils-new-energy-saving-measures/article-177190>
- [Findadblue, 2008]: Informationen über AdBlue. <http://www.findadblue.com/default.aspx?tab=IN&sec=&lan=DEU>
- [Forster, K. und D. Hutter, 2008]: Plakettenpflicht kiltt Gebrauchtwagenmarkt. Süddeutsche Zeitung online, Artikel vom 05.08.2008, München
- [Fraport, 2011] Flughafenentgelte Frankfurt Airport – gültig ab 1. April 2011/1. Oktober 2011. Frankfurt Airport, <http://www.fraport.de/cms/default/dok/422/422862.flughafenentgelte.htm>
- [Fraport, 2009] Flughafenentgelte / Entgelte für Zentrale Bodenverkehrsdienst-Infrastruktureinrichtungen. Frankfurt Airport
- [Gense et al., 2006]: Gense, N. L. J., Riemersma, Such, C. and L. Ntziachristos: Euro VI technologies and costs for Heavy Duty vehicles. The expert panels summary of stakeholders responses. TNO report 06.OR.PT.023.2/NG prepared for DG Environment, Delft, The Netherlands
- [Gitzhofer, 2007]: Gitzhofer, K., 2007: Erarbeitung eines deutschen Beitrages zur Revision des BVT Merkblattes für die Glas und Mineralfaserindustrie, Offenbach am Main [UBA]
- [Gohlisch 2009a]: persönliche Information von Herrn Gohlisch, Emails vom 02. und 14.07.2009, FG I 3.1, Umweltbundesamt Dessau
- [Gohlisch 2009b]: persönliche Information von Herrn Gohlisch, Emails vom 06.07.2009, FG I 3.1, Umweltbundesamt Dessau
- [Hautzinger et al., 2004a]: Hautzinger, H., Mayer, K., Helms, M., Kern, C., Wiesenhütter, M., Haag, G., Binder, J., Analyse von Änderungen des Mobilitätsverhaltens – insbesondere der Pkw-Fahrleistung – als Reaktion auf geänderte Kraftstoffpreise. Institut für angewandte Verkehrs- und Tourismusforschung e.V. (IVT) Heilbronn / Mannheim, Heilbronn 2004.
- [Hautzinger et al., 2004b]: Hautzinger, H., Stock, W., Mayer, K., Schmidt, J. und D. Heidemann: Fahrleistungserhebung 2002, Band 2: Inlandsfahrleistung und Unfallrisiko; Untersuchung im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen; Heilbronn/Mannheim

- [HBEFA, 2004]: Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA). Version 2.1. Umweltbundesamt Berlin, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft Bern. Bern, INFRAS AG.
- [Hochfeld et al., 2004]: Hochfeld, C., Arps, H., Hermann, A., Schmied, M., Otten, S., Hopf, R., Ökonomische Maßnahmen zur Reduzierung der Umweltauswirkungen des Flugverkehrs: Lärmabhängige Landegebühren. Im Auftrag des Umweltbundesamtes, FKZ 201 96 107, Berlin
- [Holzenergie Emmental, 2007]: Feinstaub-Partikelabscheider für kleine Holzfeuerungen, Emmental als Test-region, Bern, Langnau, Trub
- [IER, 2008]: UBA-Kraftwerksdatenbank (Kraftwerke in Deutschland, Stand 2008), ergänzt mit den Daten aus der IER -Kraftwerksdatenbank (Stand Jan. 2006, IER, Universität Stuttgart, Abteilung ESA, (unveröffentlicht)
- [Jepsen et al., 1999]: Jepsen, D., Grauer, A., Tebert, C., Ermittlung des Standes der Technik und der Emissionsminderungspotenziale zur Senkung der VOC-Emissionen aus Druckereien, Ökopol GmbH im Auftrag des Umweltbundesamtes, FKZ 297 44 906/01 Berlin, 1999
- [Jörß et al., 2010]: Jörß, W., Kugler, U., Theloke, J., 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“, Institut für Zukunftsstudien und Bewertung, Berlin, 2008
- [Jörß und Degel, 2008]: Emissionen im Klimaschutzszenario. Arbeitsbericht, Stand Oktober 2008, www.parest.de, 2008
- [Jörß, W. et al., 2007]: W. Jörß, V. Handke, U. Lambrecht, F. Dünnebeil. Emissionen und Maßnahmenanalyse Feinstaub 2000-2020. FKZ 204 42 202/2, Forschungsbericht, Berlin 2007
- [KBA, 2008a]: Aktuelle Erhebung der mit einem Partikelminderungssystem nachgerüsteten Diesel-Fahrzeuge. Flensburg, 16.04.2008, http://www.kba.de/Start/info_russpartikel_110408.htm
- [KBA, 2008b]: Fahrzeugzulassungen. Bestand, Emissionen, Kraftstoffe am 01. Januar 2008. Statistische Mitteilungen des Kraftfahrt-Bundesamtes
- [Kemna et al., 2007]: Kemna, R., Elburg, M., Li, W., Holsteijn, R., Preparatory Study on Eco-design of Boilers, Task 7 Report (Final), Delft, 2007; http://www.ecoboiler.org/public/ecoboiler_task7_final.pdf
- [Knörr et al., 2005]: Knörr, W., Dünnebeil, F., Helms, H., Höpfner, U., Lambrecht, U., Patyk, A., Reuter, C., Fortschreibung „Daten- und Rechenmodell“: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2030. Im Auftrag des Umweltbundesamtes, FKZ 204 45 139, Heidelberg
- [Knörr und Borken, 2003]: Knörr, W. und J. Borken: Erarbeitung von Basisemissionsdaten des dieselbetriebenen Schienenverkehrs unter Einbeziehung möglicher Schadstoffminderungstechnologien. Weiterführung und Auswertung des UBA-FuE-Vorhabens 299 43 111. Endbericht im Auftrag der Deutschen Bahn AG, Heidelberg
- [KOM, 2007]: Vorschlag für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates zu Flughafenentgelten. KOM/2006/0820 endg., Brüssel, 24.1.2007
- [KOM 844, 2009]: Vorschlag für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über Industrieemissionen (integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung), Neufassung, 21.12.2008, Brüssel
- [Krasenbrink und Dobranskyte-Niskota, 2007]: 2007 Technical Review of the NRMM Directive 1997/68/EC as amended by Directives 2002/88/EC and 2004/26/EC. Draft Final Report, IES-JRC
- [Kroon, P., 2003]: Kroon, P. 2003: NO_x-uitstoot van kleine bronnen. De uitstoot in 2000 en 2010 (URL: <http://www.ecn.nl/docs/library/report/2003/c03125.pdf>, 04.04.2009)
- [Kugler et al., 2010]: Kugler, U., W. Jörß, J. Theloke (2010). Verkehrsemissionsmodellierung für PAREST – Modellvergleich und Alternative Szenarien. Forschungs-Teilbericht an das Umweltbundesamt, im Rahmen des PAREST-Vorhabens: FKZ 206 43 200/01 „Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung“

- [Kuhn et al., 2010]: Kuhn, A., Theloke, J., Kugler, U., Friedrich, R (2010). Estimation of costs of (behavioural) emission mitigation measures and instruments including estimation of utility costs. Forschungs-Teilbericht an das Umweltbundesamt, im Rahmen des PAREST-Vorhabens: FKZ 206 43 200/01 „Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung“
- [Lambrecht, U., Helms, H., Kullmer, K. und W. Knörr, 2004]: Entwicklung eines Modells zur Berechnung der Luftschadstoffemissionen und des Kraftstoffverbrauchs von Verbrennungsmotoren in mobilen Geräten und Maschinen. Endbericht im Auftrag des Umweltbundesamtes, FKZ 299 45 113, Heidelberg
- [Leibacher et al., 2009]: Leibacher, U., Bellin, C., Linero, A. A.: HighDust SCR Succeeds at Cementeia di Monselice [URL: <http://www.elex.ch/doc/monselice.pdf>, 30.03.2009]
- [Matthes et al., 2008]: Matthes, F., Gores, S., Graichen, V., Harthan, R., Markewitz, P., Hansen, P., Kleemann, M., Krey, V., Martinsen, D., Diekmann, J., Horn, M., Ziesing, H.-J., Eichhammer, W., Doll, C., Helfrich, N., Müller, L., Schade, W., Schlomann, B., Politiksznarien für den Klimaschutz IV. Szenarien bis 2030. FKZ 205 46 434, Forschungsbericht, Umweltbundesamt Dessau-Roßlau
- [MEMO/08/800, 2008]: Fuel Quality Directive. Amendment to Directive 98/70/EC on environmental quality standards for fuel. 17. Dezember 2008, Brüssel
- [Middendorf, 2007]: Nachrüstung EURO III nach EEV durch SCRT® von DES. Vortrag, ÖPNV Kongress Freiburg, 13.-14. März 2007
- [Mineralölsteuergesetz vom 21. Dezember 1992]: (BGBl. I S. 2150, 2185, 1993 I S. 169, 2000 I S. 147), in der Fassung vom 1. Juli 2004.
- [Mönch, 2009]: persönliche Information von Herrn Mönch, Telefonat im Juni 2009, FG I 3.3, Umweltbundesamt Dessau
- [MVEG]: German-Dutch-Swedish proposal for EC amending Directives 97/24/EC, 2002/24/EC and 2003/77/EC of the European Parliament and of the Council which relating to evaporative emission control of two- or three-wheel motor vehicles. MVEG-Dokument Moto102.
- [Ntziachristos et al., 2006]: Ntziachristos, L., Mamakos, A., Samaras, Z., Xanthopoulos, A. and E. Iakovou: Emission control options for power two wheelers in Europe. *Atm. Env.* 40, 4547–4561
- [Ntziachristos et al., 2009]: Ntziachristos, L., Geivanidis, S., Samaras, Z., Xanthopoulos, A., Steven, H., Bugsel, B.: Study on possible new measures concerning motorcycle emissions. Final Report – Revised Version, Report No: 08.RE.0019.V4, Thessaloniki, September 2009
- [NTV, 2007]: Dieselpartikelfilter. Was die Nachrüstung kostet. 18.05.2007, <http://www.ntv.de/ratgeber/steuernrecht/Was-die-Nachruetzung-kostet-article340920.html>
- [Ökodesign, 2007]: Eco Boiler Projekt, Executive Summary, 30.09.2007, www.ebpg.bam.de
- [Ökodesign, 2008]: Working document on possible Ecodesign Energy labelling and Installation requirements for Dedicated Water Heaters, 8.07.2008, www.ebpg.bam.de
- [Paradigma/ReSys AG, 2002]: Solar und Pel:lets-Infozentrum, Paradigma/ReSys AG, Freiburg, 2002
- [Reis, 2005]: Stefan Reis, Costs of Air Pollution Control, Springer, Berlin, 2005
- [Rentz et al., 2002]: Rentz, O.; Karl, U.; Peter, H., Ermittlung und Evaluierung von Emissionsfaktoren für Feuerungsanlagen in Deutschland für die Jahre 1995, 2000 und 2010. UBA-Forschungsbericht 299 43 142
- [Richtlinie 97/24/EG, 1997]: Richtlinie 97/24/EG über bestimmte Bauteile und Merkmale von zweirädrigen oder dreirädrigen Kraftfahrzeugen
- [Richtlinie 98/70/EG, 1998]: Richtlinie 98/70/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Oktober 1998 über die Qualität von Otto- und Dieselmotoren und zur Änderung der Richtlinie 93/12/EWG des Rates
- [Richtlinie 1999/32/EG, 1999]: Richtlinie 1999/32/EG des Rates über eine Verringerung des Schwefelgehalts bestimmter flüssiger Kraft- oder Brennstoffe und zur Änderung der Richtlinie 93/12/EWG
- [Richtlinie 2001/14/EG, 2001]: Richtlinie 2001/14/EG über die Zuweisung von Fahrwegkapazität der Eisenbahn, die Erhebung von Entgelten für die Nutzung von Eisenbahninfrastruktur und die Sicherheitsbescheinigung

- [Richtlinie 2002/51/EG, 2002]: Richtlinie 2002/51/EG zur Verminderung der Schadstoffemissionen von zweirädrigen und dreirädrigen Kraftfahrzeugen und zur Änderung der Richtlinie 97/24/EG
- [Richtlinie 2003/17/EG, 2003]: Richtlinie 2003/17/EG zur Änderung der Richtlinie 98/70/EG über die Qualität von Otto- und Dieselmotoren
- [Richtlinie 2003/96/EG, 2003]: Richtlinie 2003/96/EG zur Restrukturierung der gemeinschaftlichen Rahmenvorschriften zur Besteuerung von Energieerzeugnissen und elektrischem Strom
- [Richtlinie 2004/26/EG, 2004]: Richtlinie 2004/26/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. April 2004 zur Änderung der Richtlinie 97/68/EG zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über Maßnahmen zur Bekämpfung der Emission von gasförmigen Schadstoffen und luftverunreinigenden Partikeln aus Verbrennungsmotoren für mobile Maschinen und Geräte
- [Richtlinie 2006/38/EG, 2006]: Richtlinie 2006/38/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Mai 2006 zur Änderung der Richtlinie 1999/62/EG über die Erhebung von Gebühren für die Benutzung bestimmter Verkehrswege durch schwere Nutzfahrzeuge
- [RUEGG, 2007]: Peter Rüegg, Referat Zumikron, Fachtagung Vorarlberger Pelletstag, April 2007, http://www.energieinstitut.at/HP/Upload/Dateien/Praesentation_Rueegg.pdf
- [Sattler, M., 2007]: Staubabscheider für den Hausbrand (<50 kW), Ökozentrum Langenbruck, Langenbruck/Schweiz; <http://www.so.ch/fileadmin/internet/bjd/bumaa/pdf/luft/staubabscheider.pdf>
- [Schärer et al., 2008]: Bundesweite Maßnahmen zur Feinstaubreduzierung - Anlage zum Bericht. Erlass IG I.3 – 51140-5/5 vom 06.08.08, Bericht an das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
- [Schäffeler und Keller, 2008]: Schäffeler, U. und M. Keller: Treibstoffverbrauch und Schadstoffemissionen des Offroad-Sektors. Studie für die Jahre 1980–2020. Umwelt-Wissen Nr. 0828. Bundesamt für Umwelt, Bern
- [Senatsverwaltung Berlin, 2009]: Untersuchungen zur Wirkung der Berliner Umweltzone. Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz, Referat III D. <http://www.berlin.de/sen/umwelt/luftqualitaet/de/luftreinhalteplan/download/04-15-PK-Umweltzone.pdf>
- [SenterNovem, 2007]: Eco-driving in The Netherlands. Highly cost-effective CO2 emission reductions. Broschüre, http://www.senternovem.nl/english/products_services/towards_a_better_environment/eco-driving_in_the_netherlands.asp
- [Smokers et al., 2006]: Review and analysis of the reduction potential and costs of technological and other measures to reduce CO2-emissions from passenger cars. Endbericht SI2.405212, Europäische Kommission
- [Stern, 2010a]: Stern, R., Bewertung von Emissionsminderungsszenarien mit Hilfe chemischer Transportberechnungen: PM10- und PM2.5-Minderungspotenziale von Maßnahmenpaketen zur weiteren Reduzierung der Immissionen in Deutschland. Forschungs-Teilbericht im Rahmen des PAREST-Vorhabens: FKZ 206 43 200/01 „Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung“. Berlin, Institut für Meteorologie der Freien Universität Berlin, 2010
- [Stern, 2010b]: Stern, R., 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, 2010
- [SRU, 2005]: Sondergutachten Umwelt und Straßenverkehr
- [Struschka et al., 2007]: Struschka, M., Kilgus, D., Springmann, M., Baumbach, G., Effiziente Bereitstellung aktueller Emissionsdaten für die Luftreinhaltung, Universität Stuttgart, Institut für Verfahrenstechnik und Dampfkesselwesen (IVD), FKZ 205 42 322, Stuttgart, 2007
- [TA Luft, 2002]: Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundesimmissionsschutzgesetz, Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft, 1986, neue Fassung 24. Juli 2002

- [Tebert et al., 2007]: Tebert, Ch., Schilling, S., Sander, K. 2007: Umsetzung der TA Luft 2002 und der novellierten 17. BImSchV (2003) für Staub und Stickstoffoxide in der Zementindustrie, Ökopoll, Hamburg
- [Theloke et al., 2007]: Theloke, J., Calaminus, B., Dünnebeil, F., Friedrich, R., Helms, H., Kuhn, A., Lambrecht, U., Niklaß, D., Pregger, T., Reis, S., Wenzel, S., 2007: Maßnahmen zur Einhaltung der Emissionshöchstmengen der NEC- Richtlinie – Maßnahmen zur weiteren Verminderung der Emissionen an NO_x und SO₂ und NMVOC in Deutschland, Hrsg. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau
- [Theloke, 2005]: NMVOC-Emissionen aus der Lösemittelanwendung und Möglichkeiten zu ihrer Minderung. Fortschritt-Berichte VDI Reihe 15 Nr. 252. Düsseldorf: VDI-Verlag 2005
- [UBA, 1999]: Umweltauswirkungen von Geschwindigkeitsbeschränkungen, UBA-Texte 40/1999
- [UBA, 2003a]: Cost effectiveness of evaporative emission control for motorcycles. Reinhard Kolke, Umweltbundesamt.
- [UBA, 2003b]: CO₂-Minderung im Verkehr. Ein Sachstandsbericht des Umweltbundesamtes, Berlin
- [UBA, 2003c]: Future Diesel – Abgasgesetzgebung Pkw, leichte Nutzfahrzeuge und Lkw – Fortschreibung der Grenzwerte bei Dieselfahrzeugen. Umweltbundesamt, Berlin 2003.
- [UBA AT, 2001]: Wiesenberger, H., Kircher, J., 2001: Stand der Technik in der Schwefelsäureherstellung - im Hinblick auf die IPPC-Richtlinie [URL: <http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/M137.pdf>, 20.12.2009]
- [UBA AT, 2003]: Umweltbundesamt GmbH Österreich 2003: Erste katalytische Entstickung in einem Zementwerk [URL: http://www8.umweltbundesamt.at/presse/lastnews/newsarchiv_2003/news030721/, 30.03.2009]
- [UBA AT, 2004]: Szednyi, I., Schindler, I., 2004: Aktuelle Entwicklungen hinsichtlich Abfalleinsatz und Emissionsminderungstechniken in der Zementindustrie, Wien [URL: <http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/BE237.pdf>, 20.12.2009]
- [UBA, 2005]: Umwelt und Verkehr – technische Emissionsminderungsmaßnahmen. <http://www.umweltbundesamt.de/verkehr/techemissmm/technik/scr/scr.htm>
- [UBA, 2007]: Zentrales System Emissionen des Umweltbundesamtes, Emissionsdatenbank des Umweltbundesamtes mit dem Stand vom 08.06.2007
- [UBA, 2009a]: Umweltzonen und Luftreinhaltepläne in Deutschland. Umweltbundesamt, Fachgebiet II 4.1 / II 4.2, <http://gis.uba.de/website/umweltzonen/index.htm>
- [UBA, 2009b]: Möglichkeiten zur Reduzierung der Umweltauswirkungen des Flugverkehrs. <http://www.umweltbundesamt.de/verkehr/publikationen.htm>
- [UBA-GFA, 2010]: Persönliche Mitteilungen des Umweltbundesamtes, E-mail von Herrn Beckers vom 23.02.2010
- [UBA Glas, 2010]: Persönliche Mitteilungen des Umweltbundesamtes, Kommentar von Frau Leuthold vom 19.02.2010
- [VCD, 2011]: Es ist Zeit für Vision Zero. Internetseite, besucht im April 2011, <http://www.vcd.org/visionzero.html>
- [Verordnung EG 715/2007, 2007]: Verordnung (EG) Nr. 715/2007 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. Juni 2007 über die Typgenehmigung von Kraftfahrzeugen hinsichtlich der Emissionen von leichten Personenkraftwagen und Nutzfahrzeugen (Euro 5 und Euro 6) und über den Zugang zu Reparatur- und Wartungsinformationen für Fahrzeuge.
- [VDI-Nachrichten, 2008]: Verein Deutscher Zementwerke e.V.: Kompendium Zement – Zementherstellung [URL: <http://www.vdz-online.de/415.html>, 12.03.2009]
- [VDZ Jahresbericht, 2007/2008]: Verein Deutscher Zementwerke e.V. 2008: Zement - Jahresbericht 2007-2008, Verlag Bau+Technik GmbH, Düsseldorf [URL: http://www.bdzement.de/fileadmin/gruppen/bdz/1Presse_Veranstaltung/Jahresberichte/BDZ-JAHRESBERICHT_07_08.pdf, 22.03.2009]
- [Wermuth et al., 2002]: Kraftfahrzeugverkehr in Deutschland. Kontinuierliche Befragung des Wirtschaftsverkehrs in unterschiedlichen Siedlungsräumen, IVS
- [Wetzel, F., 2009]: persönliche Mitteilung, Umweltbundesamt