

Umweltforschungsplan des
Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit

Forschungskennzahl FKZ 3714122220
UBA-FB-00 [trägt die UBA-Bibliothek ein]

Daten zu Emissionen aus diffusen Quellen im deutschen Schadstoffregister PRTR - www.thru.de - Fortschreibung bestehender und Erschließung neuer Datensätze

von

Sybille Wursthorn, Witold-Roger Poganietz, Tamara Spies
Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS)
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Hinrich Helms, Christoph Heidt, Frank Dünnebeil
Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (ifeu) GmbH

Christian Schieberle, Sophia Bruttel, Rainer Friedrich
Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER)
Universität Stuttgart

Stephan Fuchs, Snezhina Toshovski, Steffen Kittlaus, Ramona Wander
Institut für Wasser und Gewässerentwicklung (IWG) –
Bereich Siedlungswasserwirtschaft und Wassergütewirtschaft,
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS)
Kaiserstraße 12
76131 Karlsruhe

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Abschlussdatum März 2017

Berichtskennblatt

Berichtsnummer	UBA-FB 00
Titel des Berichts	Daten zu Emissionen aus diffusen Quellen im deutschen Schadstoffregister PRTR - www.thru.de - Fortschreibung bestehender und Erschließung neuer Datensätze
Autor(en) (Name, Vorname)	Wursthorn, Sibylle Poganietz, Witold-Roger Spies, Tamara Helms, Hinrich Heidt, Christoph Dünnebeil, Frank Schieberle, Christian Bruttel, Sophia Friedrich, Rainer Fuchs, Stephan Toshovski, Snezhina Kittlaus, Steffen Wander, Ramona
Durchführende Institution (Name, Anschrift)	Karlsruher Institut für Technologie (KIT) Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) Kaiserstraße 12 76131 Karlsruhe
Fördernde Institution	Umweltbundesamt Postfach 14 06 06813 Dessau-Roßlau
Abschlussdatum	März 2017
Forschungskennzahl (FKZ)	3714122220
Seitenzahl des Berichts	130
Zusätzliche Angaben	---
Schlagwörter	Emissionen, Diffuse Quellen, Schadstoffeinträge in Gewässer, PRTR

Report Cover Sheet

Report No.	UBA-FB 00
Report Title	Data on emissions from diffuse sources in the German pollutant register PRTR – www.thru.de – Updating existing and developing new data sets
Author(s) (Family Name, First Name)	Wursthorn, Sibylle Poganietz, Witold-Roger Spies, Tamara Helms, Hinrich Heidt, Christoph Dünnebeil, Frank Schieberle, Christian Bruttel, Sophia Friedrich, Rainer Fuchs, Stephan Toshovski, Snezhina Kittlaus, Steffen Wander, Ramona
Performing Organisation (Name, Address)	Karlsruher Institut für Technologie (KIT) Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) Kaiserstraße 12 76131 Karlsruhe
Funding Agency	Umweltbundesamt Postfach 14 06 06813 Dessau-Roßlau
Report Date (Year)	March 2017
Project No. (FKZ)	3714122220
No. of Pages	130
Supplementary Notes	---
Keywords	Emissions, diffuse sources, discharges to water, PRTR

Kurzbeschreibung

Mit der internationalen Implementierung des Schadstofffreisetzung- und -verbringungsregisters (PRTR) wurde für interessierte Bürger eine Möglichkeit geschaffen, sich über Emissionen von Schadstoffen vor Ort zu informieren. Im Zentrum des Projektes steht nun die Erfassung und Validierung von Emissionen aus diffusen Quellen, die anfänglich im Register nicht berücksichtigt wurden.

Nicht nur das UBA, sondern auch die Bundesländer ermitteln und veröffentlichen Emissionen aus diffusen Quellen. Auch wenn sowohl das UBA als auch die Bundesländer darauf abzielen, die relevanten Informationen über Emissionen für den interessierten Bürger bereitzustellen, führen die unterschiedlichen Vorgehensweisen zu abweichenden Ergebnissen. Der vom UBA gewählte top-down Ansatz ermöglicht es bundesweit vergleichbare Emissionsmengen prinzipiell jährlich aktualisiert zu veröffentlichen. Die Bundesländer berichten i.A. mehr Schadstoffe als das UBA, was aber mit einem höheren Aufwand verbunden ist und bei einer kontinuierlichen Berichterstattung berücksichtigt werden muss. Durch die unterschiedlichen Vorgehensweisen in den Bundesländern ist ein bundesweiter Vergleich der Resultate nicht gegeben.

Darüber hinaus wurden die Emissionen in die Luft und die Schadstoffeinträge in Gewässer aktualisiert sowie mit den mobilen Maschinen eine weitere Emissionsquelle erfasst. Die regionalisierten Emissionsmengen in die Luft des Verkehrssektors und der Landwirtschaft liegen nun für die Jahre 2008, 2010 und 2012, teilweise auch für das Jahr 2014 vor; für Schadstoffeinträge in Gewässer für die Jahre 2008 und 2011.

Abstract

With the international implementation of the Pollutant Release and Transfer (PRTR) an opportunity was created for interested citizens to get information on local emissions of pollutants. The focus of the project is on the collection and validation of emissions from diffuse sources, which were not initially taken into account in the register.

Not only the German Environmental Protection Agency, i.e. UBA, but also the German Bundesländer are investigating and publishing emissions from diffuse sources. Although both UBA and the Bundesländer aimed at providing the relevant information on emissions for the interested citizens different practices lead to different results. The top-down approach chosen by the UBA makes it possible to publish comparable emissions in Germany every year. However, the Bundesländer report generally more pollutants than the UBA, but this is associated with a higher effort which must be taken into account when an annual reporting is considered. Due to the different approaches in the Bundesländer, a nationwide comparison of the results is not possible.

In addition, the emissions into air and the pollutant inputs into water bodies were updated. Additionally with the mobile machines a further source of emissions is recorded. The regionalized emissions into air of the transport sector and agriculture are now available for the years 2008, 2010 and 2012, partly also for the year 2014; for pollutant inputs into water bodies for the years 2008 and 2011.

Danksagung

Die Arbeiten insbesondere zum Vergleich der Vorgehensweisen in den Bundesländern mit denen des Umweltbundesamtes konnten nur Mithilfe der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW), der Senatsverwaltung des Landes Berlin sowie des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) gelingen.

Die Autoren bedanken sich bei den beteiligten Mitarbeitern der Länderbehörden. Weiterhin möchten sich die Autoren bei dem Beirat des Projektes bedanken, in dem die zuständigen Verantwortlichen der zuständigen Landesämter sowie des Umweltbundesamtes durch ihre Anregungen und wichtigen Hinweise zum Gelingen des Projektes beigetragen haben.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	9
Tabellenverzeichnis	10
Abkürzungsverzeichnis	12
Zusammenfassung.....	17
Summary.....	25
1 Einleitung	33
2 Vergleich der Vorgehensweise zur Ermittlung der Emissionen in die Luft mit denen in ausgewählten Bundesländern	34
2.1 Einleitung	34
2.2 Ansatz zum Vergleich der Vorgehensweisen.....	35
3 Die Vorgehensweise des Umweltbundesamtes	37
3.1 Definition „Diffuse Quellen“	37
3.2 Zielgruppe bzw. Nutzergruppen	37
3.3 Generelle Vorgehensweise	38
3.4 Emissionsquellenbezogene Vorgehensweise	40
3.4.1 Straßenverkehr.....	40
3.4.2 Schienenverkehr.....	42
3.4.3 Flugverkehr.....	43
3.4.4 Binnenschifffahrt.....	44
3.4.5 Landwirtschaft.....	45
3.4.6 Haushalte	46
3.5 Erfasste Schadstoffe	47
4 Die Vorgehensweise in ausgewählten Bundesländern.....	49
4.1 Baden-Württemberg.....	49
4.1.1 Definition „Diffuse Quellen“	49
4.1.2 Zielgruppe bzw. Nutzergruppen.....	49
4.1.3 Generelle Vorgehensweise	49
4.1.4 Emissionsquellenbezogene Vorgehensweise.....	50
4.1.4.1 Straßenverkehr	50
4.1.4.2 Schienenverkehr	50
4.1.4.3 Flugverkehr	50
4.1.4.4 Binnenschifffahrt	50
4.1.4.5 Landwirtschaft	51

4.1.4.6	Haushalte	51
4.1.5	Erfasste Schadstoffe	51
4.1.6	Quantitativer Vergleich für ausgewählte Kreise	53
4.2	Berlin	54
4.2.1	Definition „Diffuse Quellen“	54
4.2.2	Zielgruppe bzw. Nutzergruppen.....	54
4.2.3	Generelle Vorgehensweise	54
4.2.4	Emissionsquellenbezogene Vorgehensweise.....	55
4.2.4.1	Straßenverkehr	55
4.2.4.2	Schienenverkehr	55
4.2.4.3	Flugverkehr	55
4.2.4.4	Binnenschiffsverkehr	55
4.2.4.5	Landwirtschaft	56
4.2.4.6	Haushalte	56
4.2.5	Erfasste Schadstoffe	56
4.3	Nordrhein-Westfalen	57
4.3.1	Definition „Diffuse Quellen“	58
4.3.2	Zielgruppe bzw. Nutzergruppen.....	58
4.3.3	Generelle Vorgehensweise	58
4.3.4	Emissionsquellenbezogene Vorgehensweise.....	58
4.3.4.1	Straßenverkehr	58
4.3.4.2	Schienenverkehr	59
4.3.4.3	Flugverkehr	59
4.3.4.4	Binnenschiffsverkehr	59
4.3.4.5	Landwirtschaft	59
4.3.4.6	Haushalte	59
4.3.5	Erfasste Schadstoffe	60
5	Tabellarischer Vergleich der Vorgehensweisen.....	62
5.1	Straßenverkehr	64
5.2	Schienenverkehr	68
5.3	Binnenschiffsverkehr	71
5.4	Flugverkehr	73
5.5	Landwirtschaft	77
5.6	Haushalte	79
5.7	Emissionsfaktoren von Feuerungsanlagen	83

6	Erarbeitung und Aufbereitung von Emissionsdaten im Bereich der mobilen Maschinen	87
6.1	Einleitung	87
6.2	TREMOMM	88
6.3	Datengrundlage für mobile Maschinen	89
6.4	Methodik der Regionalisierung der Emissionen von mobilen Maschinen	93
6.5	Ergebnisse	94
7	Aktualisierung der Emissionen in die Luft	95
7.1	Verkehrsbedingte Emissionen	96
7.1.1	Aktualisierung Straßenverkehr	96
7.1.2	Aktualisierung Schienenverkehr	96
7.1.3	Aktualisierung Binnenschifffahrt	96
7.1.4	Aktualisierung Luftverkehr	96
7.2	Emissionen der Landwirtschaft	97
7.3	Emissionen der Haushalte	97
8	Ermittlung von regionalisierten Einträgen von Schadstoffen in Wasser	97
8.1	Datenbasis und Methodik	97
8.2	Stoffeinträge in Gewässer	99
8.3	Qualitätsprüfung der Aktualisierung mit MoRE gegenüber der Aktualisierung mit Aktivitätsraten	103
9	Zusammenfassung und Ausblick	107
10	Quellenverzeichnis	110
	Gesetzliche Grundlagen	110
	Literaturverzeichnis	110
	Anhang – Ausgewählte Emissionsfaktoren von Feuerungsanlagen	115
	Anlagen	130

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Schematische Darstellung der räumlichen Auflösung von Emissionen in die Luft	39
Abbildung 2:	Datenmodell der räumlichen Auflösung von Emissionen auf das Zielgitter von 3km x 3km	40
Abbildung 3:	Methodik der räumlichen Verteilung des Straßenverkehrs	41
Abbildung 4:	Identifizierung des Nicht-DB AG Anteils des Schienenverkehrs und Vervollständigung des Schienennetzes in Deutschland	43
Abbildung 5:	Güterbinnenschiffahrtverkehr	44
Abbildung 6:	Verteilung des Endenergieverbrauchs und der Emissionen auf unterschiedliche Sektoren in 2014	88
Abbildung 7:	Schema der Emissionsberechnung in TREMOD-MM.....	89
Abbildung 8:	Regionalisierte Kohlenstoffdioxidemissionen für die fünf Untersektoren der mobilen Maschinen in Deutschland im Jahr 2014, in Tonnen.....	94
Abbildung 9:	Regionalisierte NMVOC-Emissionen für die fünf Untersektoren der mobilen Maschinen in Deutschland im Jahr 2014, in Tonnen.....	95
Abbildung 10:	Stoffquellen und Eintragspfade der Gewässerverschmutzung	99
Abbildung 11:	Relative Bedeutung der Eintragsbereiche für Nährstoffe	99
Abbildung 12:	Relative Bedeutung der Eintragsbereiche für Schwermetalle.....	100
Abbildung 13:	Relative Bedeutung der Eintragsbereiche für PAK ₁₆	101
Abbildung 14:	Flächenspezifische Stickstoffeinträge über atmosphärische Deposition auf die Gewässeroberfläche in die Oberflächengewässer Deutschlands im Jahr 2011	102
Abbildung 15:	Flächenspezifische Chromeinträge aus dem landwirtschaftlichen Bereich in die Oberflächengewässer Deutschlands im Jahr 2011	102
Abbildung 16:	Flächenspezifische PAK ₁₆ -Einträge aus dem urbanen Bereich in die Oberflächen-gewässer Deutschlands im Jahr 2011.....	103
Abbildung 17:	Prozentuale Änderung der berechneten Einträge über Emissionsfaktoren gegenüber der modellierten Einträge mit der Methodik der Regionalisierten Pfadanalyse für Zink und Kupfer.....	106

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Landwirtschaftliche Landnutzungsklassen in Deutschland, Stand 2006	45
Tabelle 2:	Durch das UBA erfasste Luftschadstoffe	48
Tabelle 3:	Übersicht über die im Summenparameter PAK enthaltenen Einzelstoffe bei Emissionen in Luft (Haushalte)	48
Tabelle 4:	Durch das LUBW erfasste Luftschadstoffe	52
Tabelle 5:	Vergleich der durch das UBA und durch die LUBW ausgewiesenen Emissionen in ausgewählten Kreisen und für ausgewählte Emissionsquellen für das Jahr 2008.....	53
Tabelle 6:	Durch die Senatsverwaltung erfasste Luftschadstoffe.....	57
Tabelle 7:	Durch das LANUV erfasste Luftschadstoffe	62
Tabelle 8:	Synoptischer Vergleich der Vorgehen in den ausgewählten Bundesländern mit dem des UBA: Straßenverkehr.....	64
Tabelle 9:	Synoptischer Vergleich der Vorgehen in den ausgewählten Bundesländern mit dem des UBA: Schienenverkehr.....	68
Tabelle 10:	Synoptischer Vergleich der Vorgehen in den ausgewählten Bundesländern mit dem des UBA: Binnenschiffsverkehr.....	71
Tabelle 11:	Synoptischer Vergleich der Vorgehen in den ausgewählten Bundesländern mit dem des UBA: Flugverkehr.....	73
Tabelle 12:	Synoptischer Vergleich der Vorgehen in den ausgewählten Bundesländern mit dem des UBA: Landwirtschaft.....	77
Tabelle 13:	Synoptischer Vergleich der Vorgehen in den ausgewählten Bundesländern mit dem des UBA: Haushalte	79
Tabelle 14:	Ausgewählte Emissionsfaktoren für Kohlenstoffdioxid, in kg/TJ	83
Tabelle 15:	Ausgewählte Emissionsfaktoren für Kohlenstoffmonoxid, in kg/TJ	84
Tabelle 16:	Ausgewählte Emissionsfaktoren für Stickoxide, in kg/TJ.....	85
Tabelle 17:	Ausgewählte Emissionsfaktoren für Schwefeldioxid, in kg/TJ.....	85
Tabelle 18:	Ausgewählte Emissionsfaktoren für PM ₁₀ , in kg/TJ.....	86
Tabelle 19:	Ausgewählte Emissionsfaktoren für Partikel (Gesamtstaub), in kg/TJ.....	86
Tabelle 20:	Übersicht über Datenquellen für die Bilanzierung mit TREMOD-MM	90
Tabelle 21:	Übersicht der Maschinentypen in der Bauwirtschaft.....	91
Tabelle 22:	Vergleich der Datenlage zwischen Straßenverkehr und mobilen Maschinen	92
Tabelle 23:	Aggregationsschema der einzelnen Eintragspfade zu den Eintragsbereichen in Abhängigkeit von der Stoffgruppe	98
Tabelle 24:	Vergleich zwischen den Ergebnissen der Aktualisierung anhand Emissionsfaktoren und der Regionalisierten Pfadanalyse mit MoRE.....	104
Tabelle 25:	Emissionsfaktoren von Feuerungsanlagen: Kohlenstoffdioxid.....	115

Tabelle 26:	Emissionsfaktoren von Feuerungsanlagen: Kohlenstoffmonoxid	116
Tabelle 27:	Emissionsfaktoren von Feuerungsanlagen: Stickoxide.....	119
Tabelle 28:	Emissionsfaktoren von Feuerungsanlagen: Schwefeldioxid.....	122
Tabelle 29:	Emissionsfaktoren von Feuerungsanlagen: Partikel (Gesamtstaub).....	124
Tabelle 30:	Emissionsfaktoren von Feuerungsanlagen: NMVOC und organische Gase	127

Abkürzungsverzeichnis

(S)	Schwefelarm
Abs.	Absatz
AGEB	AG Energiebilanzen
Anm.	Anmerkung
Art.	Artikel
As	Arsen
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BAP	Benzylaminopurin oder Benzyladenin
Ba-Wü	Baden-Württemberg
BImSchV	Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetz
BKB	Braunkohlebriketts
bspw.	Beispielsweise
BVG	Berliner Verkehrsbetriebe
bzw.	Beziehungsweise
ca.	circa
Cd	Cadmium
CH₄	Methan
CLC	Corine Land Cover
CO	Kohlenstoffmonoxid
CO₂	Kohlenstoffdioxid
Cr	Chrom
CRF	Common Reporting Format
Cu	Kupfer
d.h.	das heißt
DB AG	Deutsche Bahn AG
DEPV	Deutscher Energieholz- und Pellet-Verband e.V.
dt.	Deutsch
e.V.	eingetragener Verein
EF	Emissionsfaktor
EG	Europäische Gemeinschaft
EL	extra leicht
EPA	Environmental Protection Agency

E-PRTR VO	Verordnung (EG) Nr. 166/2006 über die Schaffung eines Europäischen Schadstofffrei- setzungs- und -verbringungsregisters und zur Änderung der Richtlinien 91/689/EWG und 96/61/EG
et al.	und andere
etc.	et cetera
EU	Europäische Union
EW	Einwohner
F	Fluor
Fa.	Firma
FE-Vorhaben	Forschungs- und Entwicklungsvorhaben
FKZ	Förderkennzeichen
ft.	Feet bzw. Fuss
g	Gramm
GASAG	Berliner Gaswerke Aktiengesellschaft
GAS-EM	Gaseous Emissions
ggf.	Gegebenenfalls
h	Stunde
ha	Hektar
HBEFA	Handbook Emission Factors for Road Transport; dt.: Handbuch Emissionsfaktoren für den Straßenverkehr
HCl	Chlorwasserstoff
HF	Fluorwasserstoff
Hg	Quecksilber
HH	Haushalt
HKI	Industrieverband Haus-, Heiz- und Küchentechnik e.V.
i.A.	im Allgemeinen
ID	Identitätsnummer
IER	Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Universität Stuttgart
Ifeu	Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IWG	Institut für Wasser und Gewässerentwicklung, Karlsruhe Institut für Technologie
IWO	Instituts für wirtschaftliche Ölheizung
k.A.	keine Angabe
KBA	Kraftfahrt-Bundesamt
KFZ	Kraftfahrzeug
kg	Kilogramm

km	Kilometer
km²	Quadratkilometer
kW	Kilowatt
KWF	Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik (KWF) e.V.
kWh	Kilowattstunde
L	Liter
lfd.	Laufend
LKW	Lastkraftwagen
LNFZ	Leichte Nutzfahrzeuge
LPG	Liquefied Petroleum Gas (Autogas)
lt.	Laut
LTO	Landing and Take Off; dt.: Lande- und Startphase
LUBW	Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg
LzSz	Lastzug / Sattelzug
m³	Kubikmeter
MoRE	Modeling of Regionalized Emissions
MS SQL	Microsoft SQL
MW	Megawatt
N	Stickstoff
n.d.	nicht datiert
N₂O	Distickstoffoxid (Lachgas)
NFR	New Format for Reporting
NH₃	Ammoniak
Ni	Nickel
NM VOC	flüchtige organische Verbindungen ohne Methan
NO₂	Stickstoffdioxid
NO_x	Stickoxide
Nr.	Nummer
NRW	Nordrhein-Westfalen
NUTS	Nomenclature des unités territoriales statistiques; dt.: Systematik zur Klassifizierung der räumlichen Bezugseinheiten der Amtlichen Statistik in der EU
o.g.	oben genannt
o.O.	ohne Ort
P	Phosphor
PAK	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe

Pb	Blei
PCDD	Dioxine
PCDF	Furane
PJ	Petajoule
PKW	Personenkraftwagen
PM	Staub
PRTR	Pollutant Release and Transfer Register; dt.: Schadstofffreisetzungs- und -verbringungsregister
Pt	Platin
RPA	Regionalisierte Pfadanalyse
s.	Siehe
s.a.	siehe auch
SchadRegProtAG	Gesetz zur Ausführung des Protokolls über Schadstofffreisetzungs- und -verbringungsregister vom 21. Mai 2003 sowie zur Durchführung der Verordnung (EG) Nr. 166/2006
SNFZ	schwere Nutzfahrzeuge
sNoB	schwere Nutzfahrzeuge ohne Busse
SO₂	Schwefeldioxid
SO_x	Schwefeloxide
SQL	Structured Query Language
StaLa	Statistisches Landesamt
SVPB	sozialversicherungspflichtig Beschäftigter
t	Tonne
Te	Tellur
TJ	Terrajoule
TREMOD	Transport Emission Model
TREMOD-MM	TREMOD-Mobile Machinery
u.a.	unter anderem
u.ä.	und ähnliches
UBA	Umweltbundesamt
US-EPA	US Environmental Protection Agency
v.a.	vor allem
vgl.	Vergleiche
VO	Verordnung
VOC	Volatile Organic Compounds; dt.: flüchtige organische Verbindungen

vs.	Versus
z.B.	zum Beispiel
z.T.	zum Teil
ZIV	Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks-Zentralinnungsverband
Zn	Zink
ZSE	Zentrales System Emissionen
μ	Mikrometer

Zusammenfassung

Einleitung

Mit der internationalen Implementierung des Schadstofffreisetzung- und -verbringungsregisters (PRTR) wurde für interessierte Bürger eine Möglichkeit geschaffen, sich über Emissionen von Schadstoffen vor Ort zu informieren. Die Bundesrepublik Deutschland hat das PRTR-Protokoll im August 2007 ratifiziert; in Kraft getreten ist das Protokoll im Oktober 2009. Während die Erfassung von Emissionen durch Punktquellen bereits seit 2004 erfolgt – zunächst im Rahmen des Europäischen Schadstoffregisters, welches 2007 durch das PRTR ersetzt wurde –, wurden Emissionen aus diffusen Quellen anfänglich nicht berücksichtigt. Dies lag im Wesentlichen an der Schwierigkeit, Emissionen aus diffusen Quellen systematisch zu erfassen. Ein Charakteristikum von diffusen Quellen ist es, dass es praktische Schwierigkeiten bereitet, Meldungen von jeder einzelnen Quelle einzuholen, wie z. B. von jedem Auto, auch wenn die kombinierten Wirkungen der Emissionen auf die Medien Boden, Luft oder Wasser erheblich sein können. Deutschland stellt bislang unter www.thru.de die Emissionsdaten von einzelnen Produktionsstandorten bereit.

Im Rahmen des Vorläufervorhabens „Datenvalidierung/Methodenentwicklung zur verbesserten Erfassung und Darstellung der Emissionssituation im PRTR“ (FKZ 37 10 91 244) wurde eine Vorgehensweise zur Erstellung eines Datenmodells entwickelt, auf deren Basis der allgemeinen Öffentlichkeit in geeigneter und verständlicher Form Emissionsdaten diffuser Quellen regionalisiert bereitgestellt werden können. Als diffuse Emissionsquellen wurden im Rahmen des Projekts Verkehr, Landwirtschaft und private Haushalte berücksichtigt. Neben den Emissionen in die Luft wurden ebenso Schadstoffeinträge in Gewässer ermittelt.

Nicht nur das Umweltbundesamt (UBA), sondern auch die Bundesländer ermitteln und veröffentlichen Emissionen aus diffusen Quellen. Ein erster Vergleich im o.g. Vorläuferprojekt zeigte Unterschiede zwischen den ermittelten Emissionsmengen in ausgewählten Bundesländern und des UBA auf. Eine weitere Studie im Rahmen dieses Projekts hat dieses Ergebnis bestätigt. Hieraus ergab sich die Notwendigkeit, die Gründe für die Unterschiede bei der Ausweisung von Emissionen aus diffusen Quellen aufzuzeigen. Daher liegt ein Schwerpunkt des vorliegenden Projekts „Daten zu Emissionen aus diffusen Quellen im deutschen Schadstoffregister PRTR – www.thru.de – Fortschreibung bestehender und Erschließung neuer Datensätze“ auf einem Vergleich der Vorgehensweisen des UBA mit denen ausgewählter Bundesländer.

Im Rahmen des aktuellen Forschungsprojektes wird weiterhin zum einen mit „Mobilen Maschinen“ eine weitere Emissionsquelle erfasst. Zum anderen werden, ausgehend von dem Ansatz aus dem Vorgängerprojekt, die Emissionen des Verkehrssektors und der Landwirtschaft sowie die Schadstoffeinträge in Gewässer fortgeschrieben.

Ermittlung der Emissionen in die Luft durch das UBA und in ausgewählten Bundesländern

Für die Ermittlung regionalisierter Emissionsdaten kann grundsätzlich zwischen zwei Vorgehensweisen differenziert werden:

- Bottom-up Ansatz: Emissionen werden auf einer geografisch oder administrativ vorgegebenen Raumeinheit mit ggf. unterschiedlichen Methoden erfasst und dann auf das gewünschte Referenzgebiet aggregiert.
- Top-down Ansatz: Emissionen werden auf einer geografisch oder administrativ relativ großen Raumeinheit, z.B. Deutschland, ermittelt und dann auf das gewünschte Referenzgebiet disaggregiert.

Methodisch betrachtet weist der Bottom-up Ansatz den prinzipiellen Vorteil auf, Emissionen im Idealfall auf der kleinstmöglichen Raumeinheit, also vor Ort, erfassen und abbilden zu können. Werden zur

Erhebung der Emissionen durch bestimmte Emissionsquellen und -stoffe in allen räumlichen Bezugsgrößen in Deutschland identische Verfahren eingesetzt, dann ist ein raumübergreifender Vergleich zwischen den einzelnen Raumeinheiten zulässig und möglich.

Kann die Forderung eines für alle Raumeinheiten identischen Verfahrens zur Datenerhebung nicht erfüllt werden, kann sich der Top-down Ansatz als vorteilhaft und einzig zu realisierender Ansatz erweisen. Der Grundgedanke des Top-down Ansatzes besteht darin, auf nationaler Ebene vorhandene Daten zu Emissionsstoffen nach einem einheitlichen Verfahren auf eine vorher festgelegte Raumeinheit zu disaggregieren. Da für alle Raumeinheiten ein identisches Regionalisierungsverfahren gewählt wird, sind die Daten auf der gewählten Raumeinheit überregional vergleichbar.

Die Belastbarkeit des Regionalisierungsverfahrens wird nennenswert durch die Qualität der vorhandenen Daten zur regionalen Verteilung der gewählten Bezugsgrößen bestimmt. Je genauer die regionale Verteilung in der angestrebten Raumeinheit bekannt ist, desto besser ist das Ergebnis des Regionalisierungsverfahrens.

Beide Ansätze ergänzen sich prinzipiell und könnten daher gegenseitig zur Validierung der jeweiligen Berechnungen dienen. Im Idealfall müssten beide Ansätze zu identischen Ergebnissen führen, d.h. die ermittelten regionalen Emissionen müssten bei beiden Verfahren gleich sein.

Um eine überregional vergleichbare Darstellung der Emissionen zu erreichen, wurde daher im Rahmen des Vorgängerprojekts ein Ansatz zur Ermittlung regionalisierter Emissionsdaten entwickelt, der auf einem Top-down Ansatz basiert [Wursthorn et al. 2013].

Im Rahmen zweier Studien zeigte sich aber eine Diskrepanz in den durch das UBA sowie durch die ausgewählten Bundesländer ausgewiesenen Emissionswerten. Die Ursachen für die Unterschiede in den ermittelten regionalisierten Emissionsdaten des Umweltbundesamtes und der einzelnen Bundesländer können vielfältig sein und können bedingt sein durch unterschiedliche

- Zielgruppen bzw. Nutzergruppen sowie
- technische Umsetzungen bei der Ermittlung der Emissionswerte, wobei hier zwischen
 - Systemgrenzen und der
 - Vorgehensweise bei der Erhebung der Emissionen und deren Fortschreibungunterschieden werden kann.

Bei den möglichen Zielgruppen bzw. Nutzergruppen kann man vereinfacht zwischen interessierten Bürgern, Nutzern aus der Wissenschaft und behördlichen Einrichtungen unterscheiden. Jede der Gruppen hat unterschiedliche Anforderungen an die Daten. Bei der technischen Umsetzung muss zwischen den Systemgrenzen und der Vorgehensweise bei der Erhebung der Emissionen und deren Fortschreibung unterschieden werden.

Die Einteilung der Einflussgrößen ist nicht trennscharf. Das heißt beispielsweise, dass die grundsätzliche Vorgehensweise und Fragestellung Einfluss auf die definierten Systemgrenzen haben können (und umgekehrt). Ebenso kann bzw. hat die Systemgrenze üblicherweise Einfluss auf die ermittelten Emissionsfaktoren.

Aus den oben genannten Punkten ergibt sich für den Vergleich folgende Struktur:

1. Definition des Begriffs „diffuse Quellen“
2. Zielgruppe bzw. Nutzergruppe
3. Generelle Vorgehensweise bei der Erhebung der Emissionen und deren Fortschreibung
4. Emissionsquellenbezogene Darstellung der gewählten Vorgehensweise

5. Erfasste Schadstoffe

Dem Wunsch des UBA entsprechend werden in dem vorliegenden Vergleich nur Emissionen in die Luft berücksichtigt.

Für den Vergleich werden drei Bundesländer berücksichtigt: Berlin, Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen.

Die Vorgehensweise des Umweltbundesamtes

Das UBA möchte die Emissionen aus diffusen Quellen in dem PRTR abbilden. Gemäß Art. 2 Nr. 9 PRTR-Protokoll sind unter diffusen Quellen „die vielen kleinen oder verteilten Quellen [zu verstehen], aus denen Schadstoffe in Boden, Luft oder Wasser freigesetzt werden können, deren kombinierte Wirkung auf diese Medien erheblich sein kann und bei denen es praktische Schwierigkeiten bereitet, Meldungen von jeder einzelnen Quelle einzuholen“. Diese sind nach § 2 Abs. 2 Nr. 5 SchadRegProtAG vom Umweltbundesamt in das Register einzustellen.

In Anlehnung an das bisher bestehende System der Ausweisung von Punktquellen im Rahmen des PRTR ist die Bereitstellung von Informationen für den interessierten Bürger primäres Ziel der Datenbereitstellung. Die Ergebnisse des Projekts – Erläuterungen zu der Vorgehensweise sowie die ermittelten Emissionswerte – sollen daher in das PRTR-Portal des UBA, Thru.de (www.thru.de), integriert werden. Die generierten Informationen und Daten sollen zusätzlich anderen Akteuren (z.B. der Wissenschaft oder Behörden) zur Verfügung gestellt werden.

Durch die Festlegung der Zielgruppe ergibt sich eine spezifische Anforderung an die Bereitstellung der im Projekt generierten Informationen. Neben den auch in der Wissenschaft geforderten Anforderungen, wie konsistente Systematik der Informationen und Transparenz hinsichtlich der Vorgehensweise und entsprechende Dokumentationen, müssen die Informationen akteursgerecht dargestellt werden.

Für die Regionalisierung von Emissionen in die Luft verwendet das Umweltbundesamt den Top-down Ansatz. Das heißt, ausgehend von national oder regional verfügbaren Emissionswerten werden mit Hilfe von Parametern diese Emissionswerte 3 km x 3 km-Gitterzellen zugeordnet. Im Fall des Verkehrs und der Haushalte sind die Emissionswerte für Deutschland vorhanden; im Fall der Landwirtschaft liegen die relevanten Ausgangsdaten auf der Ebene der Landkreise vor. Die räumliche Verteilung der nationalen oder landkreisbezogenen Daten findet im Wesentlichen in vier Schritten statt:

1. Ermittlung der Ausgangswerte;
2. Verteilung auf administrative Einheiten auf NUTS-3 Ebene; hierbei werden sektorenspezifische Indikatoren auf der regionalen Ebene herangezogen;
3. Verteilung der für administrative Einheiten berechnete Emissionswerte auf 1 km x 1 km-Zellen mit Hilfe georeferenzierter Parameter; hierbei werden die regionalisierten sektoralen Emissionen innerhalb der administrativen oder kleineren räumlichen Einheit mit georeferenzierten Parametern (z.B. Verkehrszählraten) auf die Gitterzellen aufgelöst;
4. Aggregation der Werte aus 3. auf 3 km x 3 km-Zellen (im Ergebnis 40.910 Gitterzellen).

Bei der Regionalisierung der einzelnen Emissionsquellen sind aber quellenspezifische Besonderheiten zu beachten.

Das aktuell gewählte Bezugsjahr ist 2012. Aufgrund des gewählten Vorgehens bei der Ermittlung der regionalisierten Daten ist eine kontinuierliche Aktualisierung der Emissionswerte bzw. der Schadstoffeinträge in den nächsten Jahren möglich [Wursthorn et al. 2013].

Das Modellierungsgebiet umfasst Deutschland ohne internationale Gewässer oder die Küstenbereiche, wobei Binnenwasserstraßen explizit berücksichtigt werden.

Aus der Liste der Schadstoffe des PRTR-Protokolls (Anhang II PRTR-Protokoll) werden nicht zu allen Stoffen Daten und Informationen bereitgestellt. Bei der Auswahl der Stoffe werden gemäß des PRTR-Protokolls die Stoffe berücksichtigt, deren Auswirkungen von diffusen Quellen „erheblich“ sind. Weitere Kriterien bei der Auswahl der zu berichtenden Schadstoffe sind vorliegende Regulierungen sowie Qualität und Umfang der Datengrundlage.

Die Vorgehensweise in ausgewählten Bundesländern

Baden-Württemberg

Das Land Baden-Württemberg erfasst die Emissionen aus diffusen Quellen über die Luftschadstoff-Emissionskataster (das aktuellste Kataster liegt für 2014 vor). Das Emissionskataster hat grundsätzlich eine andere Zielstellung als die Berichterstattung des UBA und kennt tatsächlich den Begriff „diffuse Quellen“ nicht. Es werden jedoch vergleichbare Emittenten abgebildet, wie im System des Umweltbundesamtes, auch wenn diese sich im Detail unterscheiden. Konkret werden Emissionen aus den Bereichen Verkehr, Kleinf Feuerungsanlagen für Kleingewerbe und Haushalte, sonstige technische Einrichtungen sowie Landwirtschaft erfasst.

Die Zielstellung des Emissionskatasters ist es eine Informations- und Datengrundlage für notwendige Maßnahmen zur Reduzierung regional bzw. weiträumig auftretender Immissionsbelastungen, bspw. in der Luftreinhalteplanung, zu schaffen. Analog zum Umweltbundesamt zielt das Vorgehen des Landes Baden-Württembergs aber ebenfalls auf die Bereitstellung von Informationen für den interessierten Bürger. Die im Rahmen verschiedener interner Projekte hergeleiteten Emissionsdaten werden daher über das landeseigene Web-Portal <http://www4.lubw.baden-wuerttemberg.de/> bereitgestellt.

Baden-Württemberg ermittelt die Emissionen für das Emissionskataster seit 1998 in einem Zweijahres-Rhythmus. Die Datengrundlagen und Berechnungen werden hierbei für einige Quellengruppen nicht bei jeder Erhebung vollständig aktualisiert. Es werden Daten für Baden-Württemberg gesamt, Landkreise und für die Kommunen bereitgestellt. Dabei werden, sofern die Schadstoffemissionen nicht direkt durch Messungen ermittelt werden, für die Bestimmung der Emission eines Schadstoffes diese durch die Multiplikation von Aktivitätsrate mit dem Emissionsfaktor ermittelt.

Im Vergleich zum Ansatz des Umweltbundesamtes erfasst das Land Baden-Württemberg eine größere Anzahl an Schadstoffen.

Berlin

Das Land Berlin erfasst die Emissionen aus diffusen Quellen, analog zum Land Baden-Württemberg, über die Emissionskataster. Hierbei zeichnet die Senatsverwaltung Emissionen aus den Bereichen Hausbrand, Kleingewerbe, KFZ-Verkehr, sonstiger Verkehr und sonstige Quellen auf, die gemäß PRTR-Protokoll nicht als Punktquellen zu verstehen sind; seit 2012 werden auch Emissionen aus biogenen Quellen berücksichtigt. Ergänzend dazu wurde eine Studie zur Fragestellung „klimaneutrales Berlin“ durchgeführt. Zielstellung war es u.a. die Quellen der Schadstoffbelastung zu ermitteln und Fragestellungen im Zusammenhang mit der Wärmedämmung von Gebäuden mit Daten zu hinterlegen.

Die Zielstellung des Emissionskatasters ist es eine Informations- und Datengrundlage für notwendige Maßnahmen, bspw. in der Luftreinhalteplanung, zu schaffen. Analog zum Umweltbundesamt zielt das Vorgehen des Landes Berlin zusätzlich auf die Bereitstellung von Informationen für den interessierten Bürger. Die im Rahmen von verschiedenen internen Projekten hergeleiteten Emissionsdaten werden daher über das Web-Portal der Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz bereitgestellt [<http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/iinhalt.htm>].

Das Land Berlin verfolgt grundsätzlich einen Bottom-up Ansatz. Emissionen, soweit sie gemessen werden, und relevante Bezugsgrößen, wie z.B. Verkehrsbewegungen, werden je nach Emissionsquelle linien-, flächen- oder punktspezifisch erfasst. Die relevanten Eingangsdaten wie z.B. Verkehrszählun-

gen, Endenergieeinsätze, etc., liegen hierbei in der entsprechenden Form regionalisiert vor. Die ermittelten Emissionswerte werden einem 1km x 1km-Giterraster zugeordnet.

Die Senatsverwaltung ermittelt für ausgesuchte Referenzjahre die Emissionen. Aktuell liegen Berechnungen für die Jahre 1999/2000 sowie das Jahr 2009 vor. Für das Jahr 2012 ist eine Aktualisierung des Katasters für die Quellen Hausbrand, Kleingewerbe, sonstiger Verkehr und sonstige Quellen durchgeführt worden. Für das Jahr 2015 ist eine Aktualisierung des Emissionskatasters KFZ-Verkehr vorgesehen. Dieses Vorgehen erlaubt es mögliche Optionen zur Minderung der Emissionen seit 2000 aufzuzeigen, um dem Berliner Luftreinhalteplan gerecht zu werden. Der Luftreinhalteplan muss dabei spätestens ab 2017 fortgeschrieben werden, da Grenzwerte weiterhin überschritten wurden.

Im Vergleich zum Umweltbundesamt erfasst die Senatsverwaltung eine größere Anzahl an Schadstoffen.

Nordrhein-Westfalen

Vom Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) werden im Rahmen des Emissionskatasters Emissionen aus den Bereichen Haushalte, Landwirtschaft und Verkehr erfasst, die gemäß PRTR-Protokoll nicht als Punktquellen zu verstehen sind.

Analog zu dem Vorgehen in den anderen Bundesländern und des UBA zielt das Vorgehen des Landes Nordrhein-Westfalens auch auf die Bereitstellung von Informationen für den interessierten Bürger. Die im Rahmen von internen Projekten hergeleiteten Emissionsdaten werden daher über das landeseigene Web-Portal [<http://www.uvo.nrw.de/>] bereitgestellt.

Das LANUV verwendet bei der Generierung von Emissionsdaten je nach Emissionsquelle sowohl den Bottom-up Ansatz (überwiegend) als auch der Top-down Ansatz (vereinzelt). Weiterhin werden Emissionsdaten nur für ausgewählte Referenzjahre ermittelt.

Emissionen, soweit sie gemessen werden, sowie relevante Bezugsgrößen, wie z.B. Verkehrsbewegungen, werden je nach Emissionsquelle linien-, flächen- oder punktspezifisch erfasst. Die relevanten Eingangsdaten wie z.B. Verkehrszählungen, Endenergieeinsätze, etc., liegen hierbei in der entsprechenden Form regionalisiert vor. Die ermittelten Emissionswerte werden einem 1km x 1km-Giterraster zugeordnet.

Es wird mit Ausnahme der Emissionen durch Feuerungsanlagen (Haushalte) bisher keine kontinuierliche Erfassung und Berichterstattung von Emissionsdaten angestrebt. In unregelmäßigen Zeitabständen werden die Emissionswerte für die jeweiligen Emissionsquellen aktualisiert. Hierbei wird zum einen angestrebt, für alle Emissionsquellen identische Bezugsjahre zu verwenden, was aber nicht immer umgesetzt wird. Weiterhin wird zu Beginn jeder Aktualisierungskampagne die Erhebungsmethode zu jeder Emissionsquelle reflektiert und – auf Basis eigener Erfahrungen aus vorherigen Kampagnen und unter Nutzung von neuen Erkenntnissen aus der Literatur – entsprechend angepasst. Weiterhin werden Emissionsfaktoren entsprechend neuer Daten aktualisiert. Aus diesem Grund sind die Emissionswerte zwischen unterschiedlichen Kampagnen nur bedingt vergleichbar.

Zum Zeitpunkt der Erstellung des Berichtes werden die Emissionswerte für das Jahr 2013 erhoben. Öffentlich zugänglich sind die Emissionswerte für das Jahr 2007. Vereinzelt stehen auch Daten aus der gegenwärtigen Kampagne zur Verfügung.

Das Land NRW berichtet im Vergleich zum UBA über eine größere Anzahl an Schadstoffen.

Resümee

Das Ziel des Vergleichs der Vorgehensweisen der Bundesländer zur Erstellung eines Emissionskatasters mit der des Umweltbundesamtes war es Gründe aufzuzeigen, mit denen die Unterschiede bei der Ausweisung von Emissionen aus diffusen Quellen erklärt werden können. Grundsätzlich zielen das UBA als auch die Bundesländer auf die Bereitstellung von Informationen über Emissionen aus diffusen

Quellen für den interessierten Bürger. Die Emissionskataster der Länder haben auch das Ziel eine Informations- und Datengrundlage für notwendige Maßnahmen in den einzelnen Ländern zu schaffen. Bei der Umsetzung dieser Ziele setzen sowohl das UBA als auch die Bundesländer unterschiedliche Schwerpunkte, die durch die jeweiligen Randbedingungen beeinflusst werden. Die abweichenden Schwerpunkte führen zu Unterschieden in den methodischen Vorgehensweisen, den verwendeten Daten bei Ermittlung der Emissionsfaktoren als auch bei den verwendeten Literaturquellen.

Der vom UBA gewählte Ansatz ermöglicht es bundesweit vergleichbare Emissionswerte jährlich aktualisiert zu veröffentlichen. Dadurch kann das UBA auch für diffuse Quellen Informationen zur Verfügung stellen, die hinsichtlich der Vergleichbarkeit der Daten als auch hinsichtlich der Zeitreihe mit denen für Punktquellen vergleichbar ist. Dieses Vorgehen kann im Einzelfall aber auch bedeuten, dass bestimmte Schadstoffe nicht erfasst werden, weil sie bspw. nur regional relevant sind und der gewählte Top-down Ansatz keine verlässlichen Ergebnisse sicherstellt.

Die Bundesländer berichten i.A. mehr Emissionsstoffe als das UBA, was mit einem höheren Aufwand verbunden ist und bei einer kontinuierlichen Berichterstattung berücksichtigt werden muss. Das jeweilige länderspezifische Vorgehen wird durch die Bedingungen in den einzelnen Bundesländern bestimmt. So ist das Vorgehen in Berlin aus dem Kontext der Fragestellung einer Millionenstadt zu verstehen, während NRW als großes Flächenland mit einer hohen Bevölkerungsdichte andere Rahmenbedingungen beachtet. Durch die unterschiedlichen Vorgehensweisen in den Bundesländern ist ein bundesweiter Vergleich der Resultate nicht gegeben.

Emissionsfaktoren von Kleinf Feuerungsanlagen

In Ergänzung zu dem qualitativen Vergleich der unterschiedlichen Vorgehensweisen in den ausgewählten Bundesländern und des UBA wurden auch die Emissionsfaktoren exemplarisch für Kleinf Feuerungsanlagen verglichen.

Die Grundlage zur Berechnung von Emissionen durch Kleinf Feuerungsanlagen bilden vergleichsweise häufig auf Brennstoffe bezogene Emissionsfaktoren. Grundsätzlich können die brennstoffbezogenen Emissionsfaktoren nach Typ der Feuerungsanlage und Leistungsbereich differenziert werden. Weiterhin kann die Herkunft des Energieträgers berücksichtigt werden. So unterscheidet sich das Emissionsverhalten der rheinischen Braunkohle von der Lausitzer Braunkohle. Diese Differenzierungen kommen aber nicht für alle Emissionsstoffe und Brennstoffe zum Tragen.

Hinsichtlich Kohlenstoffdioxidemissionen werden die Emissionsfaktoren sowohl durch das UBA als auch in den Bundesländern mit einer Ausnahme nur bezüglich der verwendeten Brennstoffe unterschieden. Bei Braunkohlebriketts wird zusätzlich die Herkunft beachtet. In Summe sind die Unterschiede zwischen den Emissionsfaktoren eher gering und erreichen eine maximale Abweichung von ca. 4% (Lausitzer Braunkohlebriketts). Festzuhalten ist ebenso, dass die Abweichungen zwischen den Bundesländern und dem UBA nicht systematisch sind.

Hinsichtlich Kohlenstoffmonoxid, Stickoxide, Schwefeldioxid und Partikel differenziert das Umweltbundesamt bei den Emissionsfaktoren zwischen Energieträgern, Feuerungsanlagentyp und Leistungsbereich. Die Bundesländer unterscheiden nach Energieträgern. Unter Beachtung dieser unterschiedlichen Vorgehensweisen zeigt sich, dass sich die Emissionsfaktoren zwischen dem Umweltbundesamt und den Bundesländern teilweise signifikant unterscheiden. Dies gilt insbesondere für Feuerungsanlagentypen und Leistungsbereiche für die Emissionsfaktoren abgeleitet wurden, die deutlich von den mittleren Emissionsfaktoren abweichen. Für einige Emissionsfaktoren, so bspw. für Schwefeldioxid- und Partikelemissionsfaktoren für Erdgas, werden identische Werte angenommen. Die Emissionsfaktoren für PM₁₀ sind bei zahlreichen Energieträgern beim UBA und den Bundesländern gleich oder nur gering abweichend.

Anzumerken bleibt, dass die Bundesländer Emissionsfaktoren für die Energieträger Pellets, stückiges Holz und Stroh ausweisen, während das UBA naturbelassenes Holz berücksichtigt und hierbei nach Feuerungsarten, wie Pelletöfen oder Heizkessel für Pellets, unterscheidet.

Erarbeitung und Aufbereitung von Emissionsdaten im Bereich der mobilen Maschinen

Der Begriff der „Mobilen Maschinen“ erfasst Maschinen, die typischerweise nicht im regulären Straßenverkehr eingesetzt werden. Die Gruppe der mobilen Maschinen ist sehr heterogen und umfasst sowohl große Maschinen wie Vollernter in der Land- oder Forstwirtschaft, als auch Kleingeräte, wie Handrasenmäher, die zur Grünpflege im Garten eingesetzt werden. Damit werden nicht nur Maschinen und Geräte, die gewerblich eingesetzt werden, berücksichtigt, sondern auch solche für Freizeitaktivitäten bzw. Aktivitäten im privaten Bereich.

Die Analysen zeigen, dass die Emissionen, die durch mobile Maschinen verursacht werden, durchaus nennenswert sind. Generell gilt, dass der Anteil der betrachteten, durch mobile Maschinen verursachten Emissionen größer ist, als die durch die Binnenschifffahrt und durch den Schienenverkehr. Weiterhin ergeben sich aber erhebliche Unterschiede zwischen den einzelnen Schadstoffen. Bei den direkten Kohlenstoffdioxidemissionen liegt der Anteil der Emissionen, die durch mobile Maschinen verursacht werden, bei unter 10%, bei Kohlenstoffmonoxid, NMHC und Stickoxide zwischen 17% und 24%, während mehr als die Hälfte der Abgaspartikelemissionen (sowohl PM₁₀ als auch PM_{2,5}) in den betrachteten Sektoren durch mobile Maschinen verursacht werden. Die Emissionen sind besonders für die Innenstädte relevant, die stärker belastet sind als ländliche Regionen.

Die Berechnung der Emissionen der mobilen Geräte erfolgt im Rahmen von TREMOD-MM nach einer einheitlichen Methode, der sog. „Bestandsmethode“. Diese ist international anerkannt und wird im Grundsatz u.a. in der Non-road-Datenbank der Schweiz [INFRAS 2015] und bei dem EPA NONROAD Modell [EPA 2013] angewendet. Die Berechnung der Emissionen und des Kraftstoffverbrauchs in TREMOD-MM erfolgt für jedes einzelne Maschinensegment, das sich aus Sektor, Maschinenkategorie, Größen-, Altersklasse und Emissionsstandard sowie der verwendeten Kraftstoffart zusammensetzt. Die Daten werden nach Subsektoren und Kraftstoffarten differenziert. Das Vorgehen ist damit kompatibel zur Systematik im Zentralen System Emissionen (ZSE) des UBA bzw. zur nationalen Emissionsberichterstattung (s. z.B. UBA [2015]). Die Sektoren umfassen mobile Arbeitsmaschinen aus den folgenden fünf Kategorien. In den Klammern ist die Nomenklatur des UBA-ZSE abgebildet:

- Bauwirtschaft (1 A 2 g vii),
- Landwirtschaft (1 A 4 c ii (i)),
- Forstwirtschaft (1 A 4 c ii (ii)),
- Industrie und sonstige (1 A 4 a ii), sowie
- Haushalt und Garten (1 A 4 b ii).

Die Auswahl der Emissionsstoffe entspricht derjenigen für die anderen Quellengruppen von verkehrsbedingten Emissionen und umfasst daher die Stoffe Kohlenstoffmonoxid, Kohlenstoffdioxid, NMVOC, Stickoxide und PM₁₀.

Die Heterogenität der zu erfassenden mobilen Maschinen sowie die in vielen Fällen fehlende Notwendigkeit den Besitz von mobilen Maschinen amtlich registrieren zu müssen – letzteres gilt insbesondere für Kleingeräte in der nicht-gewerblichen Nutzung – erfordert die Auswertung unterschiedlicher Datenquellen. Dazu gehören neben amtlichen Statistiken und regelmäßig erhobenen Verbandstatistiken auch Marktstudien sowie die Auswertung von Gebrauchtbörsen.

Insgesamt ist die Datenlage im Vergleich zu der bspw. für den Straßenverkehr relativ unsicher. Es liegen keine differenzierten amtlichen Daten vor. Die Eingangsdaten beruhen für mobile Maschinen in weiten Teilen auf wenigen Untersuchungen, Hochrechnungen und plausiblen Abschätzungen. Dar-

über hinaus liegen nur wenige Informationen über die tatsächlichen Nutzungsprofile von mobilen Maschinen vor.

Die grundsätzliche Vorgehensweise zur Regionalisierung der durch mobile Maschinen bedingten Emissionen entspricht dem Verfahren wie es für verkehrsbedingte Emissionen verwendet wird (s.a. Wursthorn et al. [2013] sowie Thiruchittampalam [2014]).

Aktualisierung der Emissionen in die Luft

Bei der Aktualisierung der Emissionen in die Luft wurde im Wesentlichen das im Vorgängerprojekt entwickelte Vorgehen, mit der Ausnahme der Haushalte angewendet. Aufgrund der Aktualisierung der Datengrundlagen konnten die Emissionsfaktoren im Bereich Verkehr aktualisiert werden; dahingegen wurden die regionalen Verteilparameter nicht verändert. Zukünftig wird eine Fortschreibung der regionalen Verteilparameter als wünschenswert angesehen, da diese für das Jahr 2008 kalibriert wurden. Die regionalisierten Emissionswerte liegen für die Jahre 2008, 2010 und 2012, teilweise für 2014 vor.

Dahingegen wurden im Bereich der Landwirtschaft gegenüber dem Vorgängerprojekt nur die Emissionen in den entsprechenden Kreisen in den berücksichtigten Jahren fortgeschrieben. Die Verteilparameter zur Regionalisierung der Emissionen, die im Vorgängerprojekt ermittelt wurden, wurden nicht angepasst. Die regionalisierten Emissionswerte liegen für die Jahre 2008, 2010 und 2012 vor.

Emissionen die durch private Haushalte verursacht werden, wurde nicht fortgeschrieben. Die relevanten Vorarbeiten in der Literatur waren zum Zeitpunkt der Beendigung des Projektes noch nicht abgeschlossen, so dass diese nicht mehr berücksichtigt werden konnten.

Ermittlung von regionalisierten Einträgen von Schadstoffen in Wasser

Ebenso wie die Emissionen in die Luft wurden auch die Schadstoffeinträge in Gewässer aktualisiert. Im Gegensatz zu den Emissionen in die Luft erfolgte die Fortschreibung der Daten nur für das Jahr 2011. Der Grund liegt hier in der Datenverfügbarkeit.

Die Basis der Berechnungen bildete das Modell MoRE Version 2.0 (Modeling of Regionalized Emissions; <https://isww.iwg.kit.edu/MoRE.php>). Die Eintragsmodellierung der ausgewählten Stoffe erfolgt hierbei mit der Methode der Regionalisierten Pfadanalyse (RPA).

Um eine zukünftige Aktualisierung der Datensätze zu vereinfachen, wurde untersucht, ob geeignete Aktivitätsraten (d.h. einfach zu aktualisierende Größen wie statistische Daten oder die Landnutzung) und stoffspezifische Emissionsfaktoren abgeleitet werden können, mit welchen zukünftig die Einträge berechnet werden können, ohne dass eine aufwendige Aktualisierung der Eingangsdaten des Modells zwingend notwendig ist. Hierzu wurden die auf Basis des MoRE-System über die RPA ermittelten Schadstoffeinträge mit denen durch eine Fortschreibung der Aktivitätsraten ermittelten verglichen.

Die Ergebnisse zeigen, dass zum gegenwärtigen Zeitpunkt der Ansatz zur Fortschreibung der Emissionswerte, wie er auch für die Ermittlung der Luftschadstoffemissionen verwendet wird, für die Ermittlung von Schadstoffeinträgen noch nicht geeignet ist. Der Stand des Wissens in Bezug auf Modellierungsansätze anhand der RPA sowie zeitlich und räumlich höher aufgelöste, allgemeine und stoffspezifische Eingangsdaten, die zu einer realitätsnäheren Abbildung der Eintragsituation beitragen, werden durch eine Aktualisierung anhand von Emissionsfaktoren nicht berücksichtigt.

Summary

Introduction

The international implementation of the Pollutant Release and Transfer Register (PRTR) has enabled interested citizens to become informed about emissions of pollutants on the ground. The Federal Republic of Germany has ratified the PRTR Protocol in August 2007; the Protocol came into force in October 2009. While emissions from point sources have been recorded since 2004 – initially within the framework of the European Pollutant Register, which was replaced by the PRTR in 2007 – emissions from diffuse sources were not taken into account at the beginning. This was mainly due to the difficulty of systematically recording emissions from diffuse sources. A characteristic of diffuse sources is that there are practical difficulties in obtaining data on each individual source, e.g. on each car, even if the combined effects of the emissions on the media ground, air or water can be significant. Germany has so far reported emission data for individual production sites at www.thru.de.

Within the framework of the predecessor project "Datenvalidierung/Methodenentwicklung zur verbesserten Erfassung und Darstellung der Emissionssituation im PRTR" (Data validation/development of methods for improved mapping and presentation of the emissions situation in the PRTR) (FKZ 37 10 91 244), an approach was developed to create a data model on the basis of which data on emissions from diffuse sources can be made available to the general public in a suitable and comprehensible form. The diffuse sources of emissions considered in the project are transport, agriculture and private households. In addition to emissions into the air, pollutant inputs into water bodies were also determined.

Not only the Federal Environment Agency (Umweltbundesamt – UBA), but also the federal states investigate and publish emissions from diffuse sources. A first comparison in the predecessor project mentioned above showed differences between the emission levels determined in selected federal states and by the UBA. A further study in this project has confirmed this result. Hence, it was necessary to identify the reasons for the differences in the reported emissions from diffuse sources. Therefore, a focus of the present project "Daten zu Emissionen aus diffusen Quellen im deutschen Schadstoffregister PRTR – www.thru.de – Fortschreibung bestehender und Erschließung neuer Datensätze" (Data on emissions from diffuse sources in the German pollutant register PRTR – www.thru.de – Updating existing and developing new data sets) is on a comparison of the procedures of the UBA with those of selected federal states.

Within the framework of the current research project, "mobile machinery" is recorded as a further emission source. In addition, emissions from the transport sector and agriculture as well as pollutant inputs into water bodies are updated based on the approach from the predecessor project.

Determination of emissions into the air by the UBA and in selected federal states

Two different approaches can be used to collect regionalized emission data:

- Bottom-up approach: emissions are recorded for a geographically or administratively determined spatial unit, possibly using different methods, and are then aggregated to the desired reference area.
- Top-down approach: emissions are determined for a geographically or administratively relatively large spatial unit, e.g. Germany, and then disaggregated to the desired reference area.

From a methodological point of view, the fundamental advantage of the bottom-up approach is that, in the ideal case, it allows to measure and map emissions for the smallest possible spatial unit, i.e. on the spot. If identical methods for determining the emissions from certain sources and substances are used for all spatial reference units in Germany, then a cross-space comparison between the individual spatial units becomes possible.

If the requirement of identical data collection methods for all spatial units cannot be fulfilled, the top-down approach can prove to be advantageous and the only feasible approach. The basic idea of the top-down approach is to disaggregate existing data on emissions at national level to a predefined spatial unit according to a uniform procedure. Since an identical regionalization method is used for all spatial units, the data on the selected spatial unit are comparable at a trans-regional level.

The validity of the regionalization procedure is substantially determined by the quality of the existing data on the regional distribution of the selected reference units. The more precisely the regional distribution in the desired spatial unit is known, the better the result of the regionalization procedure.

In principle, both approaches complement each other and could therefore be used to validate their calculations. Ideally, both approaches should lead to identical results, i.e. the regional emissions determined should be the same for both procedures.

In order to provide a comparable representation of emissions across regions, an approach to determining regionalized emission data based on a top-down approach was therefore developed within the predecessor project [Wursthorn et al. 2013].

In two studies, however, there was a discrepancy in the emission values reported by the UBA and by the selected federal states. The reasons for the differences in the regionalized emission data of the UBA and of the individual federal states can be varied and result from different

- target or user groups as well as
- technical implementations in the determination of emission values, with a differentiation between
 - system boundaries and the
 - procedure for collecting and updating emission data.

Among the possible target or user groups, one can roughly differentiate between interested citizens, users from science and governmental bodies. Each of the groups places different demands on the data. With regard to technical implementation, a distinction must be made between system limits and the procedure for collecting and updating emission data.

The influencing factors cannot be separated clearly. This means, for example, that the basic question and procedure can have an impact on the defined system limits (and vice versa). Likewise, the system limit has or may have an influence on the determined emission factors.

From the above points, the following structure was derived for the comparison:

1. Definition of the term “diffuse sources”
2. Target or user group
3. General approach to the collection and updating of emission data
4. Emissions source-specific representation of the chosen approach
5. Pollutants covered

As requested by the UBA, only airborne emissions are taken into account in this comparison.

Three states are included: Berlin, Baden-Württemberg and North-Rhine Westphalia.

The approach used by the Federal Environment Agency

The UBA wants to record emissions from diffuse sources in the PRTR. According to Article 2 (9) of the PRTR Protocol, diffuse sources shall be understood as “the many smaller or scattered sources from which pollutants may be released to land, air or water, whose combined impact on those media may be

significant and for which it is impractical to collect reports from each individual source.” These shall be entered into the register by the UBA in accordance with § 2 (2) no. 5 SchadRegProtAG.

In line with the existing system of recording point sources in the PRTR, the provision of information to interested citizens is the primary objective. The results of the project – description of the process and emission values determined – will therefore be integrated into the PRTR portal of the UBA, Thru.de (www.thru.de). The information and data generated will also be made available to other actors (e.g. the scientific community or governmental bodies).

The definition of the target group leads to specific requirements as to the provision of the information generated in the project. Besides scientific requirements such as a consistent information system and transparency with respect to the procedures and documentation, the information must be presented in a manner appropriate to the target group.

The UBA uses a top-down approach to regionalize emissions into the air. This means that, based on nationally or regionally available emission data, values are assigned to 3 km x 3 km grid cells by means of parameters. In the case of transport and households, emission values are available for Germany; in the case of agriculture, relevant raw data are available at the county (Landkreis) level. The spatial allocation of national or county data essentially takes place in four steps:

1. Determination of the initial values
2. Allocation to administrative units at NUTS 3 level, drawing on sector-specific indicators at the regional level
3. Allocation of emission values of administrative units to 1 km x 1 km cells using georeferenced parameters: regionalized sectoral emissions in the administrative or smaller spatial unit are disaggregated to the grid cells, using georeferenced parameters (e.g. traffic count data)
4. Aggregation of the values from step 3. to 3 km x 3 km cells (in total, 40,910 grid cells).

However, when regionalizing the individual sources of emissions, source-specific characteristics have to be considered.

The current reference year is 2012. The chosen approach to determining the regionalized data allows continuous updating of the emission values or pollutant entries in the coming years [Wursthorn et al. 2013].

The modeling area includes Germany without international waters and coastal areas, while explicitly taking into account inland waterways.

The PRTR Protocol does not provide data and information on the all substances included in the list of pollutants in Annex II of the PRTR Protocol. According to the PRTR Protocol, only those substances emitted from diffuse sources are considered which have “significant” effects. Further criteria for the selection of pollutants to be considered are the current regulations and the quality and scope of the data base.

The approach used in selected federal states

Baden-Württemberg

The federal state of Baden-Württemberg records emissions from diffuse sources via the air pollutant emission inventory (the most recent version is for 2014). In principle, the emission inventory has a different objective than the reporting by the UBA and does not actually use the term “diffuse sources”. However, the emission sources listed are comparable to those in the system of the Federal Environment Agency, although they differ in detail. Specifically, emissions from transport, small combustion plants for small businesses and households, other technical systems, and agriculture are recorded.

The aim of the emission inventory is to provide an information and data base for taking the necessary measures to reduce regional or long-range pollution, e.g. in air pollution control programs. Similar to the UBA, the state of Baden-Württemberg also aims to provide information for interested citizens. The emission data derived from various internal projects are provided via the state's web portal <http://www4.lubw.baden-wuerttemberg.de/>.

Baden-Württemberg has been determining emissions for the emission inventory since 1998 in a two-year cycle. For some groups of sources, the data bases and calculations are not completely updated every second year. Emission data are provided for Baden-Württemberg as a whole, counties and municipalities. If pollutant emissions are not directly determined by measurements, the emission rate of a pollutant is determined by multiplying the activity rate by the emission factor.

Compared to the approach of the Federal Environment Agency, the state of Baden-Württemberg covers a wider range of pollutants.

Berlin

Similar to the state of Baden-Württemberg, the state of Berlin records emissions from diffuse sources via emission inventories. The Senate Department collects emission data from the sectors of domestic heating, small businesses, motor vehicle traffic, other traffic, and other sources, which according to the PRTR Protocol are not considered as point sources; since 2012, emissions from biogenic sources have also been taken into account. In addition, a study was conducted on the issue of a "climate-neutral Berlin". One of the aims was to identify sources of pollutants and to provide a data base for questions relating to the thermal insulation of buildings.

The aim of the emission inventory is to provide an information and data base for necessary measures, e.g. in air pollution control programs. Similar to the UBA, the approach of the state of Berlin also aims to inform interested citizens. The emission data derived from various internal projects are made available via the web portal of the Senate Department for the Environment, Transport and Climate Protection [<http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/iinhalt.htm>].

In principle, the state of Berlin pursues a bottom-up approach. Emissions, as far as they are measured, and relevant reference values, e.g. traffic flows, are recorded in the form of line-, area- or point-specific data, depending on the emission source. The relevant input data, e.g., traffic counts, final energy consumption, are available in a regionalized form. The emission values determined are assigned to 1km x 1km grid cells.

The Senate Department determines emissions for selected reference years. Currently, calculations are available for the years 1999/2000 and 2009. For 2012, the inventory was updated for the sectors of domestic heating, small businesses, other traffic and other sources. The emission inventory for motor vehicle traffic is planned to be updated for the year 2015. This approach allows identifying possible options to reduce emissions since 2000 in order to comply with Berlin's air pollution control program. The air pollution control program must be updated no later than 2017, since limit values have continued to be exceeded.

Compared to the UBA, the Senate Department reports a larger number of pollutants.

North Rhine-Westphalia

The State Office for Nature, Environment and Consumer Protection (LANUV) of North Rhine-Westphalia records emissions from the household, agriculture and transport sectors, which according to the PRTR Protocol are not considered as point sources.

Similar to the approaches of the other federal states and the UBA, the state of North Rhine-Westphalia also aims to provide information for interested citizens. The emission data derived from internal projects are provided via the state's web portal [<http://www.uvo.nrw.de/>].

In generating emission data, the LANUV uses either the bottom-up approach (predominantly) or the top-down approach (occasionally), depending on the emission source. Emission data are only determined for selected reference years.

Emissions, as far as they are measured, as well as relevant reference variables, e.g. traffic flows, are recorded in the form of line-, area- or point-specific data, depending on the emission source. The relevant input data, e.g., traffic counts, final energy consumption, are available in a regionalized form. The emission values determined are assigned to 1 km x 1 km grid cells.

Apart from emissions from combustion plants (households), so far no attempts have been made to continuously collect and report emission data. The emission values for the respective sources of emissions are updated at irregular intervals. Here efforts are being made to use identical reference years for all emission sources, but this is not always implemented. Furthermore, at the beginning of each updating campaign, the calculation method for each source of emissions is reviewed and adapted – based on own experience from previous campaigns and using new findings from the literature. In addition, emission factors are updated for new data. For this reason, the emission data from different campaigns are only partially comparable.

At the time the report was prepared, the emission values for 2013 were being collected. The emission values for the year 2007 are publicly accessible. In a few cases, data from the current campaign are also available.

Compared to the UBA, the state of NRW reports a larger number of pollutants.

Summary

The purpose of the comparison between the approaches of the federal states and of the UBA to developing an emission inventory was to identify reasons for the differences in the recorded emissions from diffuse sources. In principle, both the UBA and the federal states aim to provide information on emissions from diffuse sources for interested citizens. The emission inventories of the federal states also aim to create an information and data base for necessary measures in the individual countries. In implementing the objectives, the UBA and the federal states focus on different aspects depending on the respective conditions. Because of the different focuses, there are differences in the methodological approaches, in the data used to determine the emission factors, and in the literature sources used.

The approach adopted by the UBA allows publishing comparable nationwide emission data which is updated every year. It also allows the UBA to provide data for diffuse sources that are comparable to those for point sources, both in terms of the comparability of data and the time series. However, this approach can also mean that certain pollutants are not recorded, for example, because they are only of regional importance and the selected top-down approach does not provide reliable results.

The federal states capture more emissions than the UBA, which requires more effort and needs to be taken into account in continuous reporting. The state-specific procedures are determined by the conditions in the individual federal states. The approach in Berlin, for example, must be understood in the context of the problems of a megacity, while NRW as a large territorial state with a high population density needs to take account of other conditions. Due to the different approaches in the federal states, a nationwide comparison of the results is not possible.

Emission factors of small combustion plants

In addition to the qualitative comparison of the different approaches in the selected federal states and the UBA, the emission factors were compared for small combustion plants as an example.

The calculation of emissions from small combustion plants is based in many cases on fuel-related emission factors. In principle, fuel-related emission factors can be differentiated by type of combustion plant and capacity range. Furthermore, the origin of the energy source can be considered. For example,

the emission behavior of Rhenish lignite is different than that of Lusatian lignite. However, these differentiations do not apply to all emission substances and fuels.

With respect to carbon dioxide emissions, both the UBA and the federal states distinguish emission factors only by the fuels used – with one exception. In the case of lignite briquettes, also the origin is taken into account. On the whole, the differences between the emission factors are rather small, with a maximum deviation of about 4% (Lusatian lignite briquettes). It should also be noted that the differences between the federal states and the UBA are not systematic.

With regard to carbon monoxide, nitrogen oxides, sulfur dioxide, and particulates, the UBA distinguishes between three types of emission factors: energy sources, type of combustion plant, and capacity range. The federal states differentiate between energy sources. Taking these differences between the approaches into account, it becomes clear that the emission factors differ significantly between the UBA and the federal states. This is especially true for combustion plant types and capacity ranges for which the derived emission factors deviate significantly from the mean emission factors. For some emission factors, e.g., sulfur dioxide and particulate emission factors for natural gas, identical values are assumed. For numerous energy sources, the emission factors for PM10 derived by the UBA and the federal states are the same or only slightly different.

It should be noted that the federal states report emission factors for the energy sources pellets, lump wood and straw, while the UBA accounts for natural wood, distinguishing between types of combustion system, such as pellet stoves or pellet boilers.

Development and preparation of emission data in the field of mobile machinery

The term “mobile machinery” covers machines which are typically not used in conventional road transport. The group of mobile machinery is very heterogeneous and includes both large machines such as harvesters in agriculture or forestry and small equipment such as manual lawn mowers used for garden maintenance. This means that not only machines and equipment used for commercial purposes are considered but also those used for recreational or private activities.

The analyze show that the emissions caused by mobile machinery are quite significant. In general, the share of emissions caused by mobile machinery is larger than that of inland waterway and rail transport. Furthermore, there are considerable differences between the individual pollutants. In the case of direct carbon dioxide emissions, the share of emissions caused by mobile machinery is below 10%, for carbon monoxide, NMHCs and nitrogen oxides the share is between 17% and 24%, while more than half of the exhaust particulate emissions (both PM10 and PM2.5) in the sectors considered are caused by mobile machines. These emissions are particularly relevant to inner cities, which have higher pollution levels than rural regions.

In the context of the TREMOD-MM model, emissions of mobile machinery are calculated according to a uniform method, the so-called “inventory method”. This internationally recognized method is in principle used, e.g., in the Swiss non-road database [INFRAS 2015] and in the EPA NONROAD model [EPA 2013]. In TREMOD-MM, emissions and fuel consumption are calculated for each machine segment, including sector, machine category, size, age class and emission standard, as well as the type of fuel used. The data is broken down by subsectors and fuel types. The procedure is therefore compatible with the classification in the Central System of Emissions (ZSE – Zentrales System Emissionen) of the UBA or the national emissions reporting (s. e.g. UBA [2015]). The sectors include mobile work machines from the following five categories. The nomenclature of the UBA-ZSE is put in parentheses:

- Construction industry (1 A 2 g vii),
- Agriculture (1 A 4 c ii (i)),
- Forestry (1 A 4 c ii (ii)),

- Industry and others (1 A 4 a ii), and
- Households and gardening (1 A 4 b ii).

The selection of pollutants is the same as for other groups of transport-related emission sources and therefore includes carbon monoxide, carbon dioxide, NMVOCs, nitrogen oxides, and PM10.

Due to the heterogeneity of the mobile machinery to be recorded and because of the fact that in many cases there is no need to register ownership of mobile machinery – the latter particularly applies to small equipment for non-commercial use – an analysis of different data sources is needed. Besides official statistics and regular association statistics, this also includes market studies as well as the evaluation of second-hand auctions.

Overall, the data situation is relatively uncertain compared, for example, to that of road transport. No differentiated official data are available. The input data for mobile machinery are largely based on a few studies, calculations and plausible estimates. In addition, there is little information on the actual usage profiles for mobile machinery.

The basic approach to the regionalization of emissions from mobile machinery is the same as that used for transport-related emissions (see Wursthorn et al. [2013] and Thiruchittampalam [2014]).

Updating of emissions into the air

When updating emissions to the air, the approach developed in the previous project was applied, with the exception of households. Due to the updating of the data base, the emission factors in the transport sector could be updated. However, the regional distribution parameters were not changed. An updating of the regional distribution parameters is considered desirable in the future, as these were calibrated for 2008. Regionalized emission values are available for the years 2008, 2010 and 2012, partly for 2014.

In the field of agriculture, only emissions in the counties in the years considered were updated from the previous project. The distribution parameters for the regionalization of emissions that were determined in the predecessor project were not adapted. Regionalized emission values are available for 2008, 2010 and 2012.

Emissions from households were not updated. Relevant studies in the literature had not been finalized on completion of the project and could therefore not be considered.

Determination of regionalized inputs of pollutants into water

Just as with emissions into the air, the pollutant inputs into water bodies were also updated. In contrast to emissions into the air, the data were updated only for the year 2011. This was due to a lack of data.

The calculations were based on the MoRE version 2.0 model (Modeling of Regionalized Emissions, <https://isww.iwg.kit.edu/MoRE.php>). The inputs of the selected substances were modeled using the method of regionalized path analysis (RPA).

In order to simplify future updating of the data sets, it was analyzed whether suitable activity rates (i.e., easy-to-update variables such as statistical data or land use) and substance-specific emission factors can be derived, which can be used in the future to calculate the inputs, without an extensive updating of the input data of the model being necessary. For this purpose the pollutants calculated by adapting the RPA method to the MoRE system were compared with the pollutants estimated by updating only the activity rate.

The results show that the approach to updating the emission values, as also used for determining air pollutant emissions, is not yet suitable for determining pollutant inputs. The state of knowledge regarding modeling approaches based on RPA as well as temporally and spatially higher resolved gen-

eral and substance-specific input data which contribute to a more realistic mapping of the input situation are not taken into account by an updating based on emission factors.

1 Einleitung

Mit der Ratifizierung des PRTR-Protokolls im August 2007 und dem in Kraft treten des Protokolls im Oktober 2009 hat sich die Bundesrepublik Deutschland dazu verpflichtet, ein nationales Schadstofffreisetzung- und -verbringungsregister (PRTR) aufzubauen, in das neben einzelbetrieblichen Daten auch Emissionen aus diffusen Quellen aufgenommen werden müssen. Deutschland berichtet bislang unter www.thru.de die Daten von einzelnen Anlagen. Unter diffusen Quellen werden hierbei „die vielen kleinen oder verteilten Quellen [verstanden], aus denen Schadstoffe in Boden, Luft oder Wasser freigesetzt werden können, deren kombinierte Wirkung auf diese Medien erheblich sein kann und bei denen es praktische Schwierigkeiten bereitet, Meldungen von jeder einzelnen Quelle einzuholen“ (Art. 2 Nr. 9 PRTR-Protokoll).

Im Rahmen des FE-Vorhabens „Datenvalidierung/Methodenentwicklung zur verbesserten Erfassung und Darstellung der Emissionssituation im PRTR“ (FKZ 37 10 91 244; im Folgenden Wursthorn et al. 2013) wurde eine Vorgehensweise zur Erstellung eines Datenmodells entwickelt, auf deren Basis der allgemeinen Öffentlichkeit in geeigneter und verständlicher Form Emissionsdaten dieser diffusen Quellen regionalisiert bereitgestellt werden können. Im Rahmen des Datenmodells wurde ebenfalls ein Verfahren implementiert, das eine jährliche Aktualisierung der Emissionsdaten zulässt, wobei das Jahr 2008 als Bezugsjahr festgelegt wurde und nun fortgeschrieben werden kann. Als Emissionsquellen wurden im Rahmen des Projektes Verkehr, Landwirtschaft und private Haushalte berücksichtigt.

Im Rahmen des aktuellen Forschungsprojektes „Daten zu Emissionen aus diffusen Quellen im deutschen Schadstoffregister PRTR - www.thru.de - Fortschreibung bestehender und Erschließung neuer Datensätze“ werden bestehende Datensätze aktualisiert und fortgeschrieben, sowie die erarbeiteten Datensätze validiert. Weiterhin werden Datenquellen für neue Datensätze aus neuen Bereichen evaluiert und erschlossen, die im Vorläuferprojekt nicht Teil des Projektes waren. Es wird dabei im Wesentlichen Daten zu Emissionen aus mobilen Maschinen ermittelt und für das PRTR aufbereitet.

Aufbauend auf den Erkenntnissen des o.g. FE-Vorhabens werden im vorliegenden FE-Vorhaben mehrere Ziele verfolgt:

1. Im Vorläuferprojekt zeigten sich in einem vorläufigen Vergleich zwischen den Emissionswerten, die für das Umweltbundesamt ermittelt wurden, und denjenigen, die einzelne Bundesländer ausweisen, relevante Unterschiede. Ein wesentliches Ziel des Projektes ist es daher, die möglichen Ursachen für die unterschiedlichen Emissionswerte qualifiziert zu identifizieren und zu erläutern.
2. Mit mobilen Maschinen wurde bisher eine vermutlich wichtige Emissionsquelle nicht erfasst. Das Projekt zielt darauf ab, eine Vorgehensweise darzustellen, die regionalisiert Emissionen mobiler Maschinen ermittelt (s.a. Wursthorn et al. 2013).
3. Ein weiteres Ziel ist die Aktualisierung der im Vorläuferprojekt ermittelten Emissionen.
4. Als letztes Ziel ist die Fortschreibung der Daten zu Schadstoffeinträgen in Gewässer zu nennen.

Im folgenden Bericht werden die Ergebnisse des Projektes vorgestellt: In den Kapiteln 2 bis 5 werden die unterschiedlichen Vorgehensweisen beim Umweltbundesamt und in ausgewählten Bundesländern beschrieben und analysiert. Hierbei wird zunächst die grundsätzliche Methodik des Vergleichs (Kapitel 2) erläutert, um dann auf die einzelnen Vorgehensweisen beim Umweltbundesamt (Kapitel 3) und den ausgewählten Bundesländern (Kapitel 4) einzugehen. In Kapitel 5 werden die unterschiedlichen Vorgehensweisen tabellarisch zusammengefasst. Ergänzt werden die Untersuchungen durch einen Vergleich der Emissionsfaktoren für Kleinf Feuerungsanlagen. In Kapitel 6 Erarbeitung und Aufbereitung von Emissionsdaten im Bereich der mobilen Maschinen wird für den Bereich der mobilen Maschinen die Vorgehensweise zur Ermittlung der Emissionswerte dargestellt. Kapitel 7 wiederum zielt auf die Aktualisierung der im Vorgängerprojekt ermittelten Emissionswerte in die Luft. Kapitel 8 fo-

kussiert auf die Aktualisierung von Schadstoffeinträgen in Gewässer. Kapitel 9 fasst die wesentlichen Erkenntnisse der Studie zusammen und gibt einen kurzen Ausblick.

Die im Rahmen des Projektes erstellten Projektberichte sind als Anlagen zum Bericht zu finden.

2 Vergleich der Vorgehensweise zur Ermittlung der Emissionen in die Luft mit denen in ausgewählten Bundesländern

2.1 Einleitung

Für die Ermittlung regionalisierter Emissionsdaten kann grundsätzlich zwischen zwei Vorgehensweisen differenziert werden:

- Bottom-up Ansatz: Emissionen werden auf einer geographisch oder administrativ vorgegebenen Raumeinheit mit ggf. unterschiedlichen Methoden erfasst und dann auf das gewünschte Referenzgebiet aggregiert;
- Top-down Ansatz: Emissionen werden auf einer geographisch oder administrativ relativ großen Raumeinheit, bspw. Deutschland, ermittelt und dann auf das gewünschte Referenzgebiet disaggregiert.

Methodisch betrachtet weist der Bottom-up Ansatz den prinzipiellen Vorteil auf, Emissionen im Idealfall auf der kleinstmöglichen Raumeinheit, also vor Ort, zu erfassen und abzubilden. Werden zur Erhebung der Emissionen durch bestimmte Emissionsquellen und -stoffe in allen räumlichen Bezugsgrößen in Deutschland identische Verfahren eingesetzt, dann ist ein raumübergreifender Vergleich zwischen den einzelnen Raumeinheiten zulässig und möglich. Auch die Aggregation zu übergeordneten Raumeinheiten ist dann i.A. relativ einfach. Wenn sich eine übergeordnete Raumeinheit überschneidungsfrei aus kleineren Raumeinheiten zusammensetzt, reicht eine einfache Addition.

Kann die Forderung eines für alle Raumeinheiten identischen Verfahrens zur Datenerhebung nicht erfüllt werden, dann ist eine einheitliche regionalisierte Darstellung der Emissionen basierend auf dieser Vorgehensweise nicht möglich. Gründe hierfür können bspw. fehlende finanzielle und technische Ressourcen bei den für die Erhebung zuständigen Organisationen sein. Daraus resultiert bezogen auf die gesamte geographische Einheit eine lückenhafte Erhebung der Emissionsdaten.

In diesem Fall kann sich der Top-down Ansatz als vorteilhaft und einzig zu realisierender Ansatz erweisen. Der Grundgedanke des Top-down Ansatzes besteht darin, auf nationaler Ebene vorhandene Daten zu Emissionsstoffen nach einem einheitlichen Verfahren auf eine vorher festgelegte Raumeinheit zu disaggregieren. Da für alle Raumeinheiten ein identisches Regionalisierungsverfahren gewählt wird, sind die Daten auf der gewählten Raumeinheit überregional vergleichbar.

Die Belastbarkeit des Regionalisierungsverfahrens wird nennenswert durch die Qualität der vorhandenen Daten zur regionalen Verteilung der gewählten Bezugsgrößen bestimmt. Um bspw. die regionalen Emissionen holzbefuerter Anlagen zu erheben, müsste die regionale Verteilung dieser Anlagen bekannt sein. Je genauer die regionale Verteilung in der angestrebten Raumeinheit bekannt ist, desto besser ist das Ergebnis des Regionalisierungsverfahrens. Im Umkehrschluss bedeutet dies, wenn nur eine recht ungenaue Verteilung der relevanten Bezugsgrößen bekannt ist, so können sich auf regionaler Ebene nennenswerte Abweichungen der ausgewiesenen Emissionen zu den tatsächlichen ergeben. Dies würde den Wert der Informationen für den Nutzer vermindern.

Auf das grundsätzliche Problem und die hierfür entwickelte Vorgehensweise, wie Emissionsdaten auf nationaler Ebene ermittelt werden, sei hier nur hingewiesen (Wursthorn et al. 2013). Eine weitere Herausforderung ergibt sich aus der Nutzung von Bezugsgrößen bei der Ermittlung der regionalisierten Emissionen, solange diese nicht tatsächlich gemessen werden. Dieses Problem kann auch dem Bottom-up Verfahren zu Eigen sein.

Beide Ansätze ergänzen sich prinzipiell und könnten daher gegenseitig zur Validierung der jeweiligen Berechnungen dienen. Im Idealfall müssten beide Ansätze zu identischen Ergebnissen führen, d.h. die ermittelten regionalen Emissionen müssten bei beiden Verfahren gleich sein. Wenn die vorhandenen technischen und finanziellen Ressourcen und die Datenlage beim Umweltbundesamt und in den Bundesländern sich nennenswert unterscheiden, so sind bei den ermittelten Emissionswerten ebenfalls Diskrepanzen zu erwarten.

Um eine überregional vergleichbare Darstellung der Emissionen zu erreichen, wurde daher im Rahmen des Projektes „Datenvalidierung/ Methodenentwicklung zur verbesserten Erfassung und Darstellung der Emissionssituation im PRTR“ ein Ansatz zur Ermittlung regionalisierter Emissionsdaten entwickelt, der auf einem Top-down Ansatz basiert (Wursthorn et al. 2013).

Bei einem ersten Vergleich der in dem o.g. Projekt ermittelten Emissionsdaten mit den Emissionsdaten in drei ausgewählten Bundesländern zeigte sich aber, dass eine Diskrepanz in den ausgewiesenen Emissionswerten besteht. Die Vergleichsergebnisse weisen hinsichtlich Emissionsstoffe, Emissionsquellen und Bundesländer keine systematischen Abweichungsmuster auf (Wursthorn und Poganietz 2013).

Aufgrund dieser Abweichungen wurde ein vertiefter Vergleich der Vorgehensweisen in den Bundesländern und beim Umweltbundesamt durchgeführt. Auf Basis des Vergleichs zielt der vorliegende Bericht auf die Darstellung der Gemeinsamkeiten und der Unterschiede. Hierbei wird der Schwerpunkt auf einer qualitativen Beschreibung liegen. Auf eine quantifizierende Gewichtung der Gründe für die unterschiedlichen Ergebnisse wird aufgrund der Komplexität der Ursachen und des Fehlens eines robusten Bewertungsverfahrens verzichtet.

2.2 Ansatz zum Vergleich der Vorgehensweisen

Die Ursachen für die Unterschiede in den ermittelten regionalisierten Emissionsdaten des Umweltbundesamtes und der einzelnen Bundesländer können vielfältig sein und können bedingt sein durch unterschiedliche

- Zielgruppen bzw. Nutzergruppen sowie
- technische Umsetzungen bei der Ermittlung der Emissionswerte, wobei hier zwischen
 - Systemgrenzen und der
 - Vorgehensweise bei der Erhebung der Emissionen und deren Fortschreibungunterschieden werden kann.

Bei den möglichen Zielgruppen bzw. Nutzergruppen kann man kategorisiert zwischen den interessierten Bürgern, Nutzern aus der Wissenschaft und behördlichen Einrichtungen unterscheiden. Jede der Gruppen hat unterschiedliche Anforderungen an die Daten. Das Interesse von Bürgern ist i.A. auf die Information der in der jeweiligen Region relevanten Emissionsstoffe gerichtet, verbunden mit Hintergrundinformationen, die eine Einordnung dieser Informationen ermöglichen, d.h. bspw. das Gefährdungspotenzial solcher Emissionsstoffe. Ebenso besteht vielfach ein Interesse an der Kumulation der unterschiedlichen diffusen und Punkt-Quellen um eine Gesamtbelastung ermitteln zu können. Für den Nutzer aus dem wissenschaftlichen Umfeld steht vermehrt die wissenschaftliche Grundlage der veröffentlichten Daten im Vordergrund: Beispielsweise ist die Frage von Relevanz, wie welche Emissionswerte ermittelt und regionalisiert wurden bzw. ob das Vorgehen valide ist. Behördliche Einrichtungen benötigen verlässliche und akzeptierte Daten, um basierend auf diesen Daten politische und gesellschaftlich relevante Entscheidungen treffen zu können.

Bei der technischen Umsetzung muss zwischen den Systemgrenzen und der Vorgehensweise bei der Erhebung der Emissionen und deren Fortschreibung unterschieden werden.

Mit Hilfe von Systemgrenzen wird der definitorische, stoffliche, geographische, technische und der zeitliche Bezug der ermittelten Emissionsdaten festgelegt.

Die Definition von diffusen Quellen in Bezug auf Emissionen kann unterschiedlich ausfallen. Dies wiederum kann Konsequenzen auf die erfassten Emissionsquellen haben, d.h. dass bestimmte Emissionsquellen nicht erfasst werden.

Der stoffliche Bezug beschreibt die in den Erhebungen zu berücksichtigende Emissionsstoffe. Das PRTR-Protokoll macht eine Vorgabe welche Emissionsstoffe für die Punktquellen erfasst werden sollen. Für Emissionen aus diffusen Quellen zeigt sich im Projekt eine Auswahl als notwendig. So können nicht zu allen Stoffen aus diffusen Quellen Daten und Informationen bereitgestellt werden (s.a. Wursthorn et al. 2013). Bei der Auswahl der Stoffe wurden gemäß des PRTR-Protokolls die Stoffe berücksichtigt, deren Auswirkungen von diffusen Quellen „erheblich“ sind. Aus dem Wortlaut des PRTR-Protokolls (Art. 2 Nr. 9) geht hervor, dass diese durch deren kombinierte Wirkung auf diese Medien erheblich sein können. Im Rahmen des Projektes wurde diese Definition so interpretiert, dass die kombinierte Wirkung die Summenwirkungen einer Vielzahl von diffusen Quellen umfasst. Im Rahmen des Projektes wird „erheblich“ mit „sinnvolle Information für den Nutzer“ gleichgesetzt, d.h. unter anderem:

- Relevanz von diffusen Quellen bei einzelnen Schadstoffen im Vergleich zu Punktquellen,
- Relevanz der einzelnen Schadstoffe in Bezug auf die Menge der Freisetzung,
- Relevanz der einzelnen Schadstoffe in Bezug auf die Umweltrelevanz des Stoffes.

Bei der geographischen Systemgrenze geht es um die Zuordnung von Emissionswerten zu administrativen oder geographischen Raumeinheiten, die sich in der Größe und in dem geographischen Referenzsystem unterscheiden können. Zum Beispiel können die Emissionen für die aktuell geltenden Landkreisgrenzen ermittelt werden. Werden die Emissionen einzelnen Gitterzellen zugeordnet, so kann die ausgewählte Größe zwischen den erhebenden Institutionen variieren.

Die technische Systemgrenze zielt auf die genaue Festlegung der Emissionsquellen. Beispielsweise können für die Emissionsquelle Straßenverkehr mobile Maschinen berücksichtigt werden; je nach Systemgrenze und Fragestellung kann auch darauf verzichtet werden.

Weiterhin kann die Ermittlung der Emissionen für unterschiedliche Referenzjahre und in unterschiedlichen Zeitabständen erfolgen, worauf sich die zeitliche Systemgrenze bezieht.

Oben wurden die zwei grundsätzlich unterschiedlichen Vorgehensweisen und die sich ergebenden Herausforderungen – Top-down vs. Bottom-up Ansatz – skizziert. Daher wird an dieser Stelle nicht weiter darauf eingegangen.

Unterschiede können sich ebenso in der Fortschreibung der Emissionswerte ergeben. Zum einen sind hierbei abweichende Erhebungsperioden zu nennen. Zum anderen kann man zwischen einer (regel- oder unregelmäßigen) vollständigen Aktualisierung und einer Teilaktualisierung unterscheiden. Im ersten Fall werden die relevanten Emissionswerte zu einem bestimmten Zeitpunkt vollständig erhoben. Typischerweise werden hierbei immer die jeweils neusten Erkenntnisse bezüglich bspw. der Erhebungsmethoden genutzt, so dass eine zeitliche Vergleichbarkeit der Ergebnisse vielfach nur bedingt möglich ist. Bei einer Teilaktualisierung wiederum werden nur bestimmte Werte, wie bspw. die Aktivitätsrate, aktualisiert. Die Aktualisierung der vollständigen Datenbasis erfolgt dann in relativ großen Abständen. Hierdurch ist ein zeitlicher Vergleich zwischen einzelnen Jahresdaten möglich, jedoch könnten die ermittelten Emissionswerte nicht mehr auf aktuellen Daten basieren und dadurch potenziell verzerrt sein.

Die oben beschriebene Einteilung der Gründe ist nicht trennscharf. Das heißt bspw., dass die grundsätzliche Vorgehensweise und Fragestellung Einfluss auf die definierten Systemgrenzen haben können

(und umgekehrt). Ebenso kann bzw. hat die Systemgrenze üblicherweise Einfluss auf die ermittelten Emissionsfaktoren.

Aus dem oben genannten Punkten ergibt sich für den Vergleich folgende Struktur:

1. Definition des Begriffs „diffuse Quellen“,
2. Zielgruppe bzw. Nutzergruppe,
3. generelle Vorgehensweise bei der Erhebung der Emissionen und deren Fortschreibung,
4. emissionsquellenbezogene Darstellung der gewählten Vorgehensweise,
5. erfasste Schadstoffe.

Dem Wunsch des UBA entsprechend werden in dem vorliegenden Vergleich nur Emissionen in die Luft berücksichtigt.

Für den Vergleich ist es aus verschiedenen Gründen nicht möglich alle Bundesländer aufzunehmen. So ist eine Voraussetzung, dass ein Bundesland eine systematische Erfassung von diffusen Emissionsquellen durchführt. Zusätzlich werden bei der Auswahl sowohl Flächenbundesländer als auch Stadtstaaten berücksichtigt. Es wurden letztendlich drei Bundesländer berücksichtigt: Berlin, Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen.

Nach Erstellung der dokumentenbasierten Auswertung von offiziellen Informationsquellen wurden mit allen Bundesländern Gespräche geführt. Die folgenden Ausführungen zu den ausgewählten Ländern basieren damit auf den dokumentenbasierten Auswertungen und den Gesprächen. Die veröffentlichten Dokumente im Erhebungszeitraum entsprachen nicht immer dem aktuellen Stand der Vorgehensweisen in den befragten Behörden. Dadurch erhielten die Gespräche eine zusätzliche Relevanz.

3 Die Vorgehensweise des Umweltbundesamtes

Die folgenden Ausführungen basieren auf dem Endbericht des Projektes „Datenvalidierung/ Methodenentwicklung zur verbesserten Erfassung und Darstellung der Emissionssituation im PRTR“ (Wursthorn et al. 2013).

3.1 Definition „Diffuse Quellen“

Das Projekt zielt auf die Abbildung von Emissionen aus diffusen Quellen in das PRTR. Gemäß Art. 2 Nr. 9 PRTR-Protokoll sind unter diffusen Quellen „die vielen kleinen oder verteilten Quellen [zu verstehen], aus denen Schadstoffe in Boden, Luft oder Wasser freigesetzt werden können, deren kombinierte Wirkung auf diese Medien erheblich sein kann und bei denen es praktische Schwierigkeiten bereitet, Meldungen von jeder einzelnen Quelle einzuholen“. Diese sind nach § 2 Abs. 2 Nr. 5 SchadRegProtAG vom Umweltbundesamt in das Register einzustellen.

3.2 Zielgruppe bzw. Nutzergruppen

In Anlehnung an das bisher bestehende System der Ausweisung von Punktquellen im Rahmen des PRTR ist die Bereitstellung von Informationen für den interessierten Bürger primäres Ziel der Datenbereitstellung. Der im Rahmen des Projektes „Datenvalidierung/ Methodenentwicklung zur verbesserten Erfassung und Darstellung der Emissionssituation im PRTR“ entwickelte Prototyp zur Darstellung der Emissionsdaten wurde daher als Web-Portal für die Öffentlichkeit entwickelt und soll in das PRTR-Portal des UBA, Thru.de (www.thru.de), integriert werden.

Die generierten Informationen und Daten sollen zusätzlich anderen Akteuren (bspw. der Wissenschaft oder Behörden) zur Verfügung gestellt werden.

Durch die Festlegung der Zielgruppe ergibt sich eine spezifische Anforderung an die Bereitstellung der im Projekt generierten Informationen. Neben den auch in der Wissenschaft geforderten Anforderun-

gen, wie konsistente Systematik der Informationen und Transparenz hinsichtlich Vorgehensweise und entsprechende Dokumentationen, müssen die Informationen akteursgerecht dargestellt werden.

3.3 Generelle Vorgehensweise

Für die Regionalisierung von Emissionen in die Luft verwendet das Umweltbundesamt den Top-down Ansatz. Das heißt, ausgehend von national oder regional verfügbaren Emissionswerten werden mit Hilfe von Parametern diese Emissionswerte 3km x 3km Gitterzellen zugeordnet. Den Ausgangspunkt für die räumliche Verteilung der Emissionen auf die Gitterzellen bilden die regional oder national ermittelten Emissionswerte. Im Fall des Verkehrs und der Haushalte sind es Emissionswerte für Gesamtdeutschland; im Fall der Landwirtschaft liegen die relevanten Ausgangsdaten auf der Ebene der Landkreise vor.

Die räumliche Verteilung der nationalen oder landkreisbezogenen Daten findet im Wesentlichen in vier¹ Schritten statt:

1. Ermittlung der Ausgangswerte,
2. Verteilung auf administrative Einheiten auf NUTS-3 Ebene; hierbei werden sektorenspezifische Indikatoren auf der regionalen Ebene herangezogen,
3. Verteilung der für administrative Einheiten berechnete Emissionswerte auf 1km x 1km Zellen mit Hilfe georeferenzierter Parameter; hierbei werden die regionalisierten sektoralen Emissionen innerhalb der administrativen oder kleineren räumlichen Einheit mit georeferenzierten Parametern (z.B. Verkehrszählungen) auf die Gitterzellen aufgelöst,
4. Aggregation der Werte aus 3. auf 3km x 3km Zellen (im Ergebnis 40.910 Gitterzellen).

Abbildung 1 zeigt schematisch das quellengruppenbezogene Vorgehen für den Top-down Ansatz beginnend mit nationalen bzw. landkreisbezogenen Emissionswerten.

Die Regionalisierung der Emissionen auf die Ebene der administrativen oder kleineren räumlichen Einheiten kann entweder auf Kreis- oder Gemeindeebene durchgeführt werden. Der Schritt der Regionalisierung auf administrative Ebenen ergibt sich aus der Notwendigkeit, dass bestimmte Parameter, insbesondere sozioökonomische Statistiken, nur für administrative Einheiten vorhanden sind (bspw. Beschäftigtenzahlen auf der Kreisebene).

Die quellengruppenbezogene Kombination der Regionalisierung und der Gitterverteilung des Emissionsmodells kann allgemein anhand folgender Gleichung beschrieben werden (s.a. Thiruchittampalam 2013):

$$(1) \quad E_{s,z} = \sum_{f=1}^n \sum_{u=1}^n E_{s,u,f} \frac{x_{s,u,f,k}}{\sum_{k=1}^n x_{s,u,f,k}} \frac{y_{s,z,u,k}}{\sum_{i=1}^n y_{s,z,u,k}}$$

wobei:

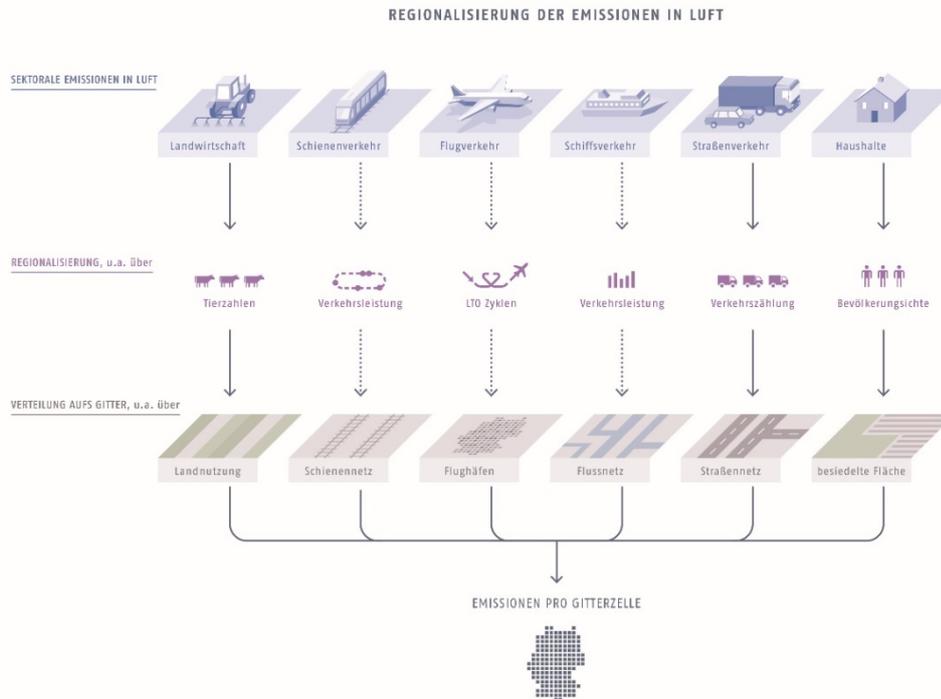
- $E_{s,z}$ = Emissionen des Schadstoffs s in Zelle z ,
- $E_{s,u,f}$ = Emissionen des Schadstoffs s im Subsektor u , bedingt durch den Energieträger f ,
- $x_{s,u,f,k}$ = kreisbezogener Verteilparameter für den Schadstoff s ,
- $y_{s,z,u,k}$ = zellenbezogener Verteilparameter für den Schadstoff s .

Für den Fall, dass die Emissionen nicht durch den Einsatz eines Energieträgers bedingt sind, erfolgt eine entsprechende Anpassung der obigen Formel (1).

¹ Das Vorgehen entspricht dem Vorgehen aus dem Projekt „Datenvalidierung/ Methodenentwicklung zur verbesserten Erfassung und Darstellung der Emissionssituation im PRTR“ und wird hier detaillierter dargestellt.

Die geographische Einteilung der Land- und Stadtkreise folgt der Systematik von Eurostat (2012), d.h. die Grundlage bildet die NUTS-3 Ebene.

Abbildung 1: Schematische Darstellung der räumlichen Auflösung von Emissionen in die Luft



Quelle: Wursthorn et al. (2013)

Die Formel (1) beschreibt die räumliche Verteilung der Emissionen mit den zugehörigen Modellierungsparametern für Deutschland. Die Regionalisierung findet auf der Grundlage von subsektor-, energieträger- und schadstoffspezifischen Anteilen der jeweiligen Verteilparameter auf der administrativen Ebene (Kreis- oder Gemeinde) statt. Als Verteilparameter werden Parameter herangezogen, welche die quellengruppenabhängige Aktivität wiedergeben (z.B. Bevölkerungsdichte je Kreis). Der zweite Teil der Gleichung beschreibt die Verteilung der regionalisierten Daten auf das Gitter innerhalb der jeweiligen administrativen Einheit. Je nach Quellengruppe, Subsektor, Energieträger – falls relevant – und Schadstoff unterscheiden sich die Parameter für die Gitterverteilung.

Das aktuell gewählte Bezugsjahr ist 2012. Aufgrund des gewählten Vorgehens bei der Ermittlung der regionalisierten Daten ist eine kontinuierliche Aktualisierung der Emissionswerte bzw. der Schadstofffeinträge in den nächsten Jahren möglich (Wursthorn et al. 2013).

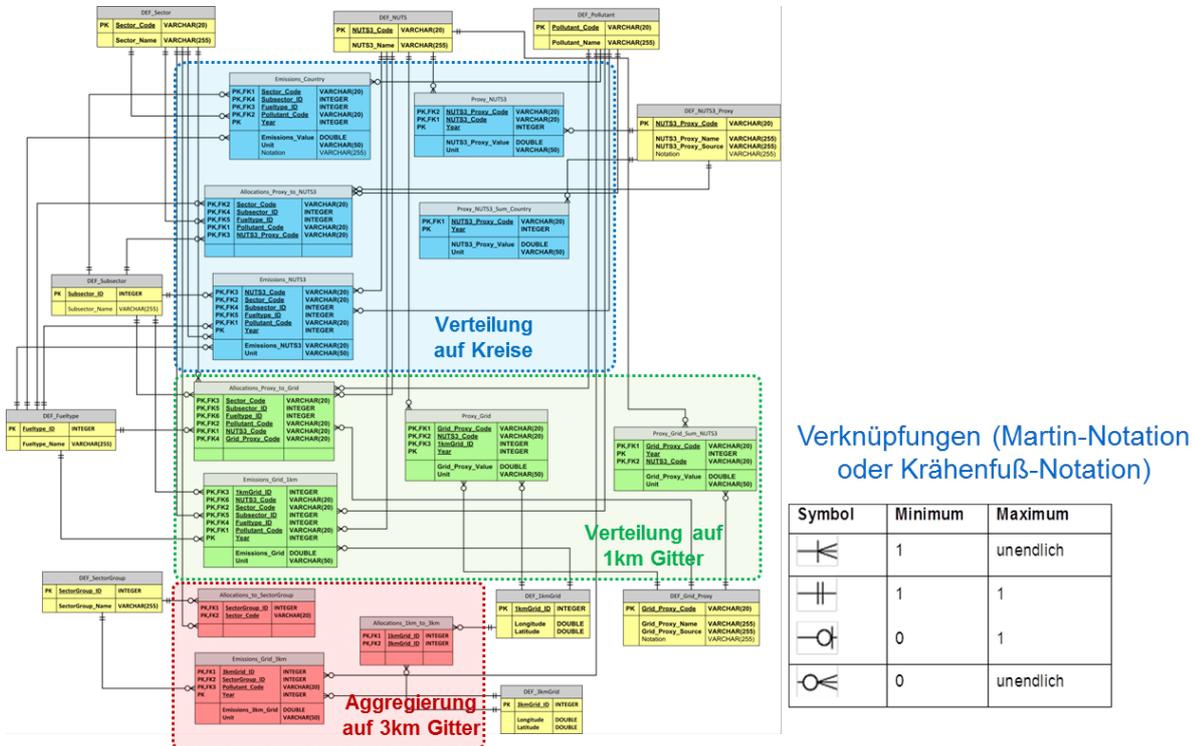
Die räumliche Verteilung der nationalen Emissionen wurde technisch mit einem SQL-Server Datenbanksystem (MS-SQL Server2008/2012) umgesetzt.

Ein wichtiger Schritt zur technischen Umsetzung der räumlichen Verteilung in einem Datenbanksystem ist die Datenmodellierung. Bei der Datenmodellierung werden alle für die räumliche Verteilung benötigten Daten spezifiziert und zueinander in Bezug gesetzt. Solch ein relationales Datenmodell ist die Grundlage für die Datenhaltung und Verarbeitung. Das relationale Datenmodell der räumlichen Verteilung für die Regionalisierung der diffusen Emissionen in PRTR ist in Abbildung 2 zu sehen.

Das Modellierungsgebiet umfasst Deutschland ohne internationale Gewässer oder die Küstenbereiche, wobei Binnenwasserstraßen explizit berücksichtigt werden.

Das Datenmodell wurde von der Universität Stuttgart, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), entwickelt und ist nicht allgemein verfügbar.

Abbildung 2: Datenmodell der räumlichen Auflösung von Emissionen auf das Zielgitter von 3km x 3km



Quelle: Wursthorn et al. (2013)

3.4 Emissionsquellenbezogene Vorgehensweise

3.4.1 Straßenverkehr

Die Emissionsquelle Straßenverkehr erfasst den gesamten straßengebundenen Verkehr im öffentlichen Verkehrsraum. Emissionen von mobilen Maschinen, die überwiegend im privaten Verkehrsraum oder anderweitig in der öffentlichen Nutzung im eingeschränktem Verkehrsraum eingesetzt werden, wie Baumaschinen und land- und forstwirtschaftliche Maschinen, werden gesondert erfasst und ausgewiesen (s. hierzu Kapitel 6).

Das Modell TREMOD bildet die Grundlage für die Ermittlung der Emissionsfaktoren und der Emissionen des Verkehrssektors auf nationaler Ebene. Grundlagen der Emissionsberechnungen für alle Verkehrsträger in TREMOD sind umfangreiche nationale und internationale Datenquellen zu den Aktivitätsdaten (Fahrzeugbestände, Fahr- und Verkehrsleistungen, Kraftstoffabsatz) und spezifische Verbrauchs- und Emissionsfaktoren. TREMOD ist eng verknüpft mit dem "Handbuch Emissionsfaktoren für den Straßenverkehr" (HBEFA) (INFRAS 2014), welches die europaweite Datenbasis der KFZ-Emissionsmessungen aufbereitet und repräsentative Emissionsfaktoren für alle Fahrzeugkategorien in hoher Auflösung für relevante Fahrzeugschichten und Verkehrssituationen, sowie aggregiert (z.B. mittlerer Emissionsfaktor für PKW in Deutschland) bereitstellt.

Die Grundlage für die Regionalisierung der Emissionen im Straßenverkehr bilden die nationalen Emissionen, die nach Straßen- und Fahrzeugkategorien differenziert sind. Während die Fahrzeugkategorie als Quellengruppe analog der NFR-Nomenklatur verwendet wird, geht die Straßenklasse als Subsektor in die Berechnung der Emissionen auf der Gitterebene ein.

Zur räumlichen Auflösung des Straßenverkehrs wird zwischen Linien- und Flächenquellen differenziert (s. Abbildung 3).

Abbildung 3: Methodik der räumlichen Verteilung des Straßenverkehrs



Quelle: Wursthorn et al. (2013)

Autobahnen und Bundesstraßen werden aufgrund der sehr guten Datenverfügbarkeit ausschließlich als Linienquelle verortet. Die übrigen Straßenklassen wie Landes-, Kreis-, Gemeinde- und Innerortsstraßen werden aufgrund der fehlenden Informationen als eine Kombination aus Linien- und Flächenquelle bevölkerungsgewichtet auf das Gitter verteilt.

Die Georeferenzierung der Verkehrszählraten aus Fitschen und Nordmann (2010) wird anhand der Standorte der automatischen Verkehrszählstellen und des digitalen Straßennetzes (GISCO 2010) durchgeführt.

Bei den übrigen Straßenklassen wird angenommen, dass diese nicht ausnahmslos durch ein digitales Straßennetz abgebildet werden können und manche, speziell kleinere städtische Straßen, aufgrund der hohen Straßendichte als Flächenquelle erfasst werden müssen. Darüber hinaus werden Verkehrszählraten nicht vollständig für Deutschland für die Landes-, Kreis-, Gemeinde- und Innerortsstraßen erhoben. Zur räumlichen Verteilung der Emissionen aus dem Straßenverkehr auf den Straßenklassen ohne automatische Verkehrsflusserfassung werden deshalb Annahmen zur weiteren Einteilung der Emissionen in Linien- und Flächen aus Theloke et al. (2011) verwendet. Zur Auflösung der Emissionen des Straßenverkehrs auf den Landes-, Kreis-, Gemeinde- und Innerortsstraßen werden auch Bevölkerungsinformationen aus Regionalstatistik (2012) und Gallego (2010) herangezogen (s.a. Thiruchittampalam et al. 2010, Theloke et al. 2011 und Thiruchittampalam 2013).

Die regionalisierten Emissionswerte werden wie folgt berechnet:

$$(2) \quad E_{v,s,z,t} = E_{v,s,t} * VP_{v,s,z,t}$$

wobei:

v = Straßenverkehr,

$E_{v,s,z,t}$ = Emissionen des Schadstoffs s in der Zelle z verursacht durch den Verkehrsträger v (Straßenverkehr) im Jahr t ,

$E_{v,s,t}$ = nationale Emissionen des Schadstoffs s verursacht durch den Verkehrsträger v (Straßenverkehr) im Jahr t ,

$VP_{v,s,z,t}$ = Verteilparameter für den Schadstoff s für die Zelle z verursacht durch den Verkehrsträger v (Straßenverkehr) im Jahr t .

Die relevanten Emissionsstoffe sind Kohlenstoffmonoxid, Kohlenstoffdioxid, NMVOC (bzw. NMHC), Stickoxide und PM_{10} .

Da $E_{v,s,t}$ durch TREMOD bereitgestellt wird, kann sie jährlich angepasst werden. Sie beinhaltet die Aktivitätsrate. Die Aktualisierung der Verteilparameter erfolgt in größeren Zeitabständen.

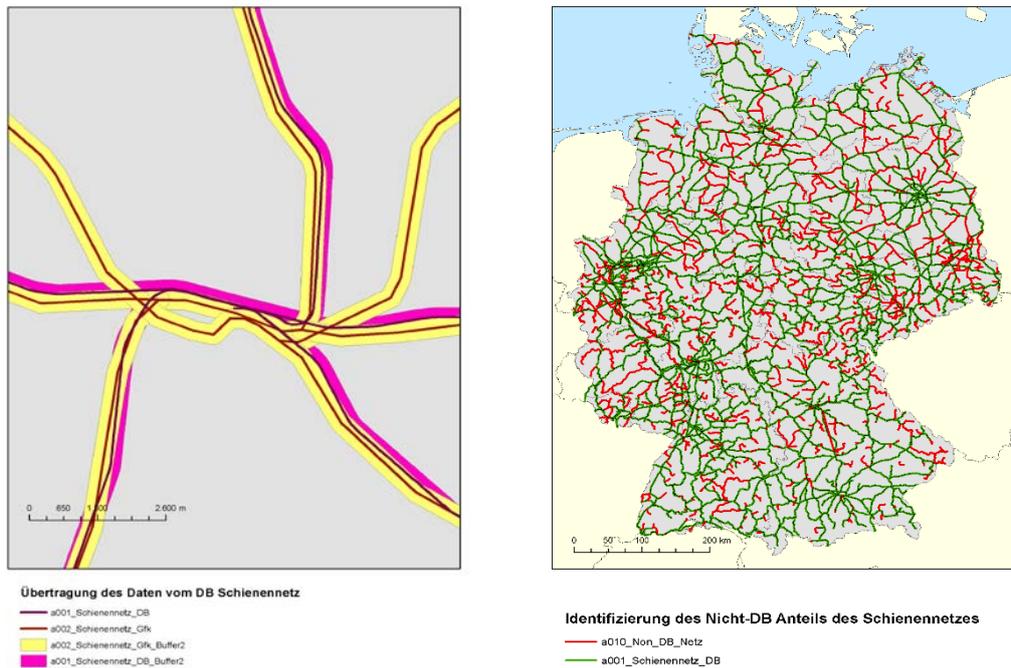
3.4.2 Schienenverkehr

Emissionen aus dem Schienenverkehr werden ausschließlich als Linienquelle behandelt. Die Emissionen aus dem Rangiervorgang werden gleichmäßig über die Gesamtlänge verteilt.

Die nationalen Emissionen aus dem Schienenverkehr werden nach Betreibern unterschieden. Aufgrund der schlechten Datenverfügbarkeit bezogen auf die regionale Aktivität von dieselbetriebenen Schienenfahrzeugen basieren die ermittelten Emissionswerte auf einen Datensatz der Deutschen Bahn AG (Löchter 2012). Es handelt sich dabei um die von der Deutschen Bahn AG (ohne Dritte sowie ohne Differenzierung nach Güter- und Personenverkehr) verursachten direkten verbrennungsbedingten Luftschadstoffemissionen der Dieseltraktion (Stickoxide, NMVOC, Kohlenstoffmonoxid, Kohlenstoffdioxid, Schwefeldioxid und Dieselpartikel) inklusive dem Rangieren (gleichmäßig verteilt über alle Güterverkehrszüge) gemäß Fahrplan 2008.

Die Emissionen von weiteren Bahnbetreibern müssen mittels Annahmen abgeschätzt werden. Hierbei werden Informationen von Löchter (2012) auf GfK (2007) mittels sogenannter Pufferpolygone mit der Breite von 300m übertragen, da die Verläufe des Schienennetzes von GfK (2007) und Löchter (2012) voneinander abweichen (s. Abbildung 4 links).

Abbildung 4: Identifizierung des Nicht-DB AG Anteils des Schienenverkehrs und Vervollständigung des Schienennetzes in Deutschland



Quelle: Wursthorn et al. (2013)

In der Abbildung 4 rechts ist das Ergebnis der Übertragung auf das ganze Schienennetz zu sehen. Die regionalisierten Emissionswerte werden wie folgt berechnet:

$$(3) \quad E_{v,s,z,t} = E_{v,s,t} * VP_{v,s,z,t}$$

wobei:

v = Schienenverkehr,

$E_{v,s,z,t}$ = Emissionen des Schadstoffs s in der Zelle z verursacht durch den Verkehrsträger v (Schienenverkehr) im Jahr t ,

$E_{v,s,t}$ = nationale Emissionen des Schadstoffs s verursacht durch den Verkehrsträger v (Schienenverkehr) im Jahr t ,

$VP_{v,s,z,t}$ = Verteilparameter für den Schadstoff s für die Zelle z verursacht durch den Verkehrsträger v (Schienenverkehr) im Jahr t .

Die relevanten Emissionsstoffe sind Kohlenstoffmonoxid, Kohlenstoffdioxid, NMVOC (bzw. NMHC), Stickoxide und PM₁₀.

Da $E_{v,s,t}$ durch TREMOD bereitgestellt wird, kann sie jährlich angepasst werden. Sie beinhaltet die Aktivitätsrate. Die Aktualisierung der Verteilparameter erfolgt in größeren Zeitabständen.

3.4.3 Flugverkehr

Die räumliche Verteilung des Flugverkehrs beschränkt sich auf die Verteilung der Emissionen aus Start und Landungen (LTO). Emissionen aus dem Reiseflugverkehr wurden nicht betrachtet. Definitionsgemäß werden nur Emissionen bis zu einer Höhe von 914m berücksichtigt (s.a. EMEP/EEA 2009).

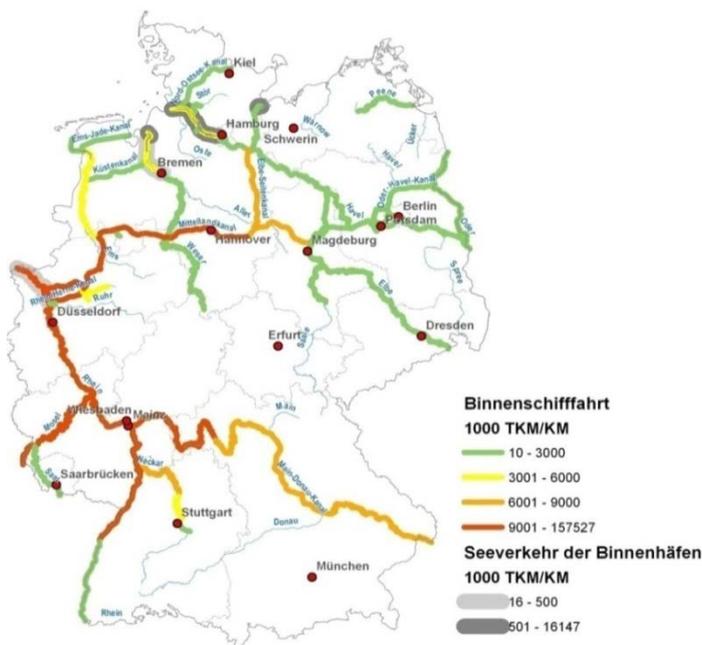
Die räumliche Verteilung der LTO-bedingten Emissionen beinhaltet in der Regel auch die Gewichtung der national verfügbaren Emissionen mit der Anzahl der Starts und Landungen der betrachteten Flughäfen. Die räumliche Auflösung der Emissionen aus dem Flugverkehr wurde anhand von Koordinaten aus GISCO (2010) für 27 Flughäfen durchgeführt. Zu beachten ist aber, dass die Emissionsdaten grundsätzlich standortgebunden zur Verfügung gestellt werden, so dass diese den jeweiligen Zellen nur zugeordnet werden müssen.

3.4.4 Binnenschifffahrt

Bei der Ermittlung der Emissionswerte durch die Binnenschifffahrt werden alle befahrbaren Binnengewässer berücksichtigt; Schifffahrtsverkehr in der Nord- und Ostsee innerhalb der deutschen Hoheitsgebiete wird daher nicht erfasst. Aufgrund der vorliegenden Daten werden nur die Emissionen, die durch den Güterverkehr verursacht werden, ermittelt.

Für die räumliche Verteilung des Binnenschiffsverkehrs als Linienquelle werden im Wesentlichen die Informationen zu der Lage der Flüsse und der Schiffsaktivität auf Flussabschnitten genutzt. Die Lage des Flussnetzes wird von GfK (2007) bezogen. Die Daten für die Verkehrsflüsse auf den Flussabschnitten stammen aus der Fachserie für Güterverkehrsstatistik der Binnenschifffahrt des Statistischen Bundesamtes für das Jahr 2008 (Statistisches Bundesamt 2008). Abbildung 5 veranschaulicht die georeferenzierte tonnenkilometrische Leistung des Güterbinnenschiffsverkehrs.

Abbildung 5: Güterbinnenschifffahrtverkehr



Quelle: Wursthorn et al. (2013)

Die regionalisierten Emissionswerte werden wie folgt berechnet:

$$(4) \quad E_{v,s,z,t} = E_{v,s,t} * VP_{v,s,z,t}$$

wobei:

v = Binnenschifffahrtsverkehr,

$E_{v,s,z,t}$ = Emissionen des Schadstoffs s in der Zelle z verursacht durch den Verkehrsträger v (Binnenschifffahrt) im Jahr t ,

$E_{v,s,t}$ = nationale Emissionen des Schadstoffs s verursacht durch den Verkehrsträger v (Binnenschifffahrt) im Jahr t ,

$VP_{v,s,z,t}$ = Verteilparameter für den Schadstoff s für die Zelle z verursacht durch den Verkehrsträger v (Binnenschifffahrt) im Jahr t .

Die relevanten Emissionsstoffe sind: Kohlenstoffmonoxid, Kohlenstoffdioxid, NMVOC (bzw. NMHC), Stickoxide und PM₁₀.

Da $E_{v,s,t}$ durch TREMOD bereitgestellt wird, kann sie jährlich angepasst werden. Sie beinhaltet die Aktivitätsrate. Die Aktualisierung der Verteilparameter erfolgt in größeren Zeitabständen.

3.4.5 Landwirtschaft

Die Grundlage der Berechnung der Emissionen aus der Landwirtschaft bildet die Emissionsberichterstattung 2012 für das Jahr 2008, die mit dem Emissionsinventarmodell GAS-EM (Gaseous Emissions) ermittelt wurden. Die Emissionen werden hierbei auf Landkreisebene ausgewiesen. Im Bereich der Landwirtschaft werden die Gesamtemissionen dargestellt, d.h. es kann nicht zwischen Emissionen aus Punktquellen und diffusen Quellen unterschieden werden.

Eine Verteilung der landwirtschaftlichen Emissionen auf die NUTS-3 Verwaltungseinheiten ist nicht notwendig, da die Emissionen entsprechend regionalisiert zur Verfügung stehen. Es erfolgt die räumliche Auflösung der Emissionen aus der Landwirtschaft im Schritt der Gitterauflösung. Die Gitterverteilung der kreisbezogenen Emissionen wird flächengewichtet mit den landwirtschaftlichen Landnutzungsklassen von Corine (EEA 2011) durchgeführt. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die verwendeten Landnutzungsklassen in Deutschland mit den zugehörigen Anteilen an der Gesamtfläche.

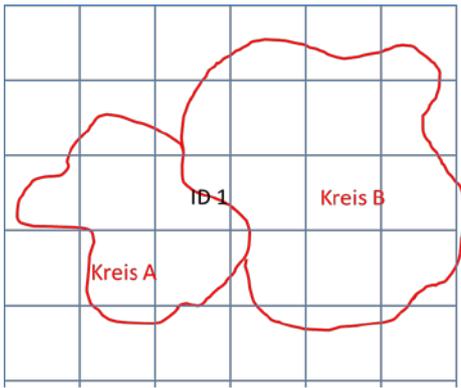
Tabelle 1: Landwirtschaftliche Landnutzungsklassen in Deutschland, Stand 2006

CLC-Code	Bedeckungsart	Fläche [km ²]	Anteil [%]
211	Nicht bewässertes Ackerland	143.009	36,94
221	Weinbaufläche	1.278	0,33
222	Obst- und Beerenobstbestände	1.305	0,34
231	Wiesen und Weiden	43.326	11,19
242	Komplexe Parzellenstrukturen	20.591	5,32
243	Landwirtschaftlich genutztes Land mit Flächennatürlicher Bodenbedeckung von signifikanter Größe	7.502	1,94
	Gesamtfläche Deutschland	387.105	100,00

Quelle: Keil et al. (2010)

Die Verteilung wird mit der Summe aller landwirtschaftlichen Landnutzungsklassen durchgeführt, ohne Gewichtung der unterschiedlichen Landnutzungsklassen.

Bei der Zuweisung der Landkreise auf die Gitterzellen muss beachtet werden, dass diese unabhängig von den administrativen Kreisgrenzen festgelegt werden. Daher können einzelne Zellen in mehreren Kreise verortet sein und damit werden die zellenbezogenen ID in einer Liste mit kreisbezogenen Emissionswerten mehrfach vorkommen.



Im obigen Beispiel erfasst die Zelle ID 1 Teile des Kreises A und des Kreises B.

Der Emissionswert eines Schadstoffs s in einer bestimmten Zelle z wird wie folgt berechnet:

$$(5) \quad E_{s,z,t} = \sum_{z_k=1}^n E_{s,k,t} * VP_{s,z_k,k,t}, \text{ mit } z_k \in k, z,$$

wobei:

$E_{s,z,t}$ = Emissionen des Schadstoffs s in der Zelle z im Jahr t ,

$E_{s,k,t}$ = Emissionen des Schadstoffs s in Kreis k im Jahr t ,

$VP_{s,z_k,k,t}$ = Verteilparameter für den Schadstoff s für die Zelle z_k des Kreises k im Jahr t .

Die relevanten Emissionsstoffe sind Methan, Distickstoffoxid und Ammoniak.

Da $E_{v,s,t}$ durch TREMOD bereitgestellt wird, kann sie jährlich angepasst werden. Sie beinhaltet die Aktivitätsrate. Die Aktualisierung der Verteilparameter erfolgt in größeren Zeitabständen.

3.4.6 Haushalte

Für die Ermittlung der betrachteten Schadstoffe werden Emissionsfaktoren mit einem hohen Differenzierungsgrad ermittelt (s. Wursthorn et al. 2013 sowie Anhang). Die Strukturierung der Emissionsfaktoren richtet sich nach den in Deutschland am Endenergieverbrauch relevant beteiligten Brennstoffen, der Gerätebauart, der Altersstufe, dem Leistungsbereich und der typischen Betriebsweise der Feuerungsanlagen. Bei den Brennstoffen werden Heizöl EL und Heizöl EL schwefelarm, gasförmige Brennstoffe (Erdgas, Flüssiggas), Braunkohlebriketts (Importe sowie aus dem Lausitzer und Rheinischen Revier), Steinkohlebrennstoffe (Steinkohle, Steinkohlenkoks, Steinkohlenbriketts) und Holzbrennstoffe (naturbelassenes Holz in Form von Stückholz und Pellets) berücksichtigt.

Die Grundlagen für die Ermittlungen der Daten wurden in den UBA-Projekten „Effiziente Bereitstellung aktueller Emissionsdaten für die Luftreinhaltung“ (Bezugsjahr 2005) (Struschka et al. 2007) und „Ermittlung der mittleren Emissionsfaktoren zur Darstellung der Emissionsentwicklung aus Feuerungsanlagen im Bereich Haushalte und Kleinverbraucher“ (Bezugsjahr 1995) (Pfeiffer et al. 2000) erarbeitet.

Die ermittelten aktualisierten Emissionsfaktoren gelten für Deutschland für Feuerungsanlagen privater Haushalte bzw. in Wohngebäuden. Private und gewerbliche Mischnutzungen werden dem Sektor Gewerbe, Dienstleistungen und Handel zugeordnet und werden hier nicht weiter berücksichtigt.

Bei der Ermittlung der Emissionsfaktoren und des Emissionsaufkommens für die betrachteten Abgasbestandteile aus Feuerungsanlagen im Bereich Haushalte wird im Grundsatz auf den Arbeiten Pfeiffer et al. (2000), Struschka et al. (2003), Struschka et al. (2007) sowie Greiselis-Bailer und Kemper (2006) aufgebaut. Die bestehenden Emissionsdaten werden durch aktuelle Literaturwerte ergänzt.

Die räumliche Auflösung der Emissionen aus Haushalten wird in mehreren Schritten durchgeführt, analog zu dem in Kapitel 3.3 beschriebenen Vorgehen. Zunächst werden die nationalen Emissionen auf

die NUTS-3 Verwaltungseinheiten verteilt. Hierzu wird bei den Haushalten die Bevölkerungsdichte auf Kreisebene benötigt, d.h. die pro Zelle vorliegenden Informationen werden zu Informationen auf der Kreisebene zusammengefasst. Als Datenquelle für die Bevölkerung auf der Kreisebene dienen Informationen aus der Regionalstatistik Deutschland (Regionalstatistik 2012). Das Ergebnis dieses Schrittes liefert Emissionen auf Kreisebene unterschieden nach Schadstoff und Energieträger.

Im weiteren Schritt werden die kreisbezogenen Ergebnisse 3km x 3km-Gitterzellen zugeordnet. Die gerasterte Bevölkerungsdichte für das Jahr 2006 wurde auf Basis einer landnutzungsklassengewichteten Methode abgeleitet (Gallego 2010).

Der Emissionswert eines Schadstoffs s in der Zelle z wird wie folgt berechnet:

$$(6) \quad E_{s,z,t} = EF_{s,t} * AR_t * VP_{s,z,t}$$

wobei:

$E_{s,z,t}$ = Emissionen des Schadstoffs s in der Zelle z im Jahr t ,

$EF_{s,t}$ = nationaler Emissionsfaktor des Schadstoffs s im Jahr t ,

AR_t = nationaler Endenergieverbrauch in TJ im Jahr t ,

$VP_{s,z,t}$ = Verteilparameter für den Schadstoff s für die Zelle z im Jahr t .

Die relevanten Emissionsstoffe sind: Kohlenstoffmonoxid, Kohlenstoffdioxid, NMVOC (als C), Stickoxide (als NO₂), PAH, PCDD/F und PM₁₀.

Die Aktualisierung erfolgt durch eine jährliche Anpassung des Endenergieverbrauchs in Deutschland. Die zur Berechnung des Endenergieverbrauchs benötigten Informationen, d.h. Endenergieverbrauch in Deutschland, gegliedert nach Brennstoffen, können der jährlich aktualisierten Energiebilanz der AGEB (www.ag-energiebilanzen.de) direkt entnommen werden. Unter Zuhilfenahme der Emissionsfaktoren können die gesamtdeutschen Emissionen des Haushaltssektors berechnet werden.

Eine Aktualisierung der Emissionsfaktoren und Verteilparameter erfolgt nur in größeren Zeitabständen.

3.5 Erfasste Schadstoffe

Aus der Liste der Schadstoffe des PRTR-Protokolls (Anhang II PRTR-Protokoll) werden nicht zu allen Stoffen Daten und Informationen bereitgestellt. Bei der Auswahl der Stoffe werden gemäß des PRTR-Protokolls die Stoffe berücksichtigt, deren Auswirkungen von diffusen Quellen „erheblich“ sind. Aus dem Wortlaut des PRTR-Protokolls (Art. 2 Nr. 9) geht hervor, dass diese durch deren kombinierte Wirkung auf diese Medien erheblich sein können. Diese Definition wird so interpretiert, dass die kombinierte Wirkung die Summenwirkung einer Vielzahl von diffusen Quellen meint. Damit wird „erheblich“ mit „sinnvolle Information für den Nutzer“ gleichgesetzt, d.h. unter anderem:

- Relevanz von diffusen Quellen bei einzelnen Schadstoffen im Vergleich zu Punktquellen,
- Relevanz der einzelnen Schadstoffe in Bezug auf die Menge der Freisetzung,
- Relevanz der einzelnen Schadstoffe in Bezug auf die Umweltrelevanz des Stoffes.

Weitere Kriterien bei der Auswahl der zu berichtenden Schadstoffe sind vorliegende Regulierungen sowie Qualität und Umfang der Datengrundlage.

Die zu berücksichtigenden Schadstoffe werden jeweils für Haushalte, Landwirtschaft und Verkehr und jeweils für Emissionen in Luft definiert. Es besteht keine einheitliche Liste für alle Quellen und alle Kompartimente, da die Datenlage und die Relevanz einzelner Schadstoffe für die Quellen und Kompartimente unterschiedlich ist und damit eine einheitliche Liste für alle Quellen und alle Kompartimente nicht sinnvoll wäre.

Tabelle 2 gibt einen Überblick über die für die einzelnen Bereiche ausgewählten Schadstoffe. Tabelle 3 zeigt die im Summenparameter PAK enthaltenen Einzelschadstoffe bei Emissionen in Luft (Haushalte). Die Details zur Auswahl der Schadstoffe sind im Endbericht des Projektes „Datenvalidierung/ Methodenentwicklung zur verbesserten Erfassung und Darstellung der Emissionssituation im PRTR“ (Wursthorn et al. 2013) beschrieben.

Tabelle 2: Durch das UBA erfasste Luftschadstoffe

Schadstoff	Verkehr	Landwirtschaft	Haushalte
Methan (CH ₄)		X	
Kohlenstoffmonoxid (CO)	X		X
Kohlenstoffdioxid (CO ₂)	X		X
Distickstoffoxid (N ₂ O)		X	
Ammoniak (NH ₃)		X	
Flüchtige organische Verbindungen ohne Methan (NMVOC)	X		X
Stickoxide (NO _x / NO ₂)	X		X
Schwefeloxide (SO _x / SO ₂)			X
Dioxine und Furane (PCDD und PCDF; als Teq)			X
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) ¹			X
Feinstaub (PM ₁₀)	X		X

Anm.: 1 gemäß PRTR-Protokoll sind PAKs als Benzo[a]pyren (50-32-8), Benzo[b]fluoranthen (205-99-2), Benzo[k]fluoranthen (207-08-9), Indeno[1,2,3-cd]pyren (193-39-5) zu messen.

Quelle: Wursthorn et al. (2013)

Tabelle 3: Übersicht über die im Summenparameter PAK enthaltenen Einzelstoffe bei Emissionen in Luft (Haushalte)

Anthracen
Chrysen
Triphenylen
Benzo[a]pyren
Dibenz[a,h]anthracen
Benz[a]anthracen
Benzo[j]fluoranthen
Indeno[1,2,3-cd]pyren
Benzo[g,h,i]perylene
Benzo[b]fluoranthen
Fluoranthen

Quelle: Wursthorn et al. (2013)

4 Die Vorgehensweise in ausgewählten Bundesländern

4.1 Baden-Württemberg

Die Beschreibung basiert im Wesentlichen auf den Luftschadstoff-Emissionskatastern (das aktuellste liegt für 2014 vor), den Angaben, die für die Erhebungen zu den Katasterberichten für das Jahr 2000 für jede Quellengruppe detailliert zusammengestellt wurden, sowie auf einem Gespräch mit den hierfür verantwortlichen Mitarbeitern bei der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW). Die Emissionskataster und die Beschreibung der verwendeten Methodik sind auf der Internetseite des LUBW veröffentlicht (www.lubw.baden-wuerttemberg.de/lubw).

Die folgende Beschreibung bezieht sich auf die Vorgehensweise die für das Emissionskataster des Jahres 2014 zugrunde gelegt wurde, da hierbei die aktuellste Vorgehensweise beschrieben wird.

4.1.1 Definition „Diffuse Quellen“

Für das Emissionskataster werden Emissionen aus den Bereichen Verkehr, Kleinf Feuerungsanlagen für Kleingewerbe und Haushalte, sonstige technische Einrichtungen sowie Landwirtschaft erfasst.

Das Emissionskataster hat eine andere Zielstellung als die Berichterstattung des UBA und kennt den Begriff „diffuse Quellen“ nicht. Es werden jedoch vergleichbare Emittenten abgebildet, wie im System des Umweltbundesamtes, auch wenn diese sich im Detail unterscheiden (s. nachfolgende Kapitel).

4.1.2 Zielgruppe bzw. Nutzergruppen

Die Zielstellung des Emissionskatasters ist es eine Informations- und Datengrundlage für notwendige Maßnahmen zur Reduzierung regional bzw. weiträumig auftretender Immissionsbelastungen, bspw. in der Luftreinhalteplanung, zu schaffen. Analog zum Umweltbundesamt zielt das Vorgehen ebenfalls auf die Bereitstellung von Informationen für den interessierten Bürger. Die im Rahmen verschiedener interner Projekte hergeleiteten Emissionsdaten werden daher über das landeseigene Web-Portal <http://www4.lubw.baden-wuerttemberg.de/> bereitgestellt.

4.1.3 Generelle Vorgehensweise

Baden-Württemberg ermittelt die Emissionen für das Emissionskataster in einem Zweijahres-Rhythmus. Damit liegen Daten für die Jahre 1995, 1998, 2000, 2002, 2004, 2006, 2008, 2010 und 2012, sowie aktuell für das Jahr 2014 vor. Die Datengrundlagen und Berechnungen werden hierbei für einige Quellengruppen nicht jedes Jahr vollständig aktualisiert. So wurden auch Daten der Quellengruppe sonstige technische Einrichtungen für das Jahr 2014 ermittelt, die auf den Berechnungen für die Jahre 1999/2000 beruhen.

Hinsichtlich der regionalen Darstellung und der Berücksichtigung des regionalen Bezugsraumes werden Daten für Baden-Württemberg gesamt, Landkreise und für die Kommunen bereitgestellt.

Damit werden, sofern die Schadstoffemissionen nicht direkt durch Messungen ermittelt werden, für die Bestimmung der Emission eines Schadstoffes diese durch die Multiplikation von Aktivitätsrate mit dem Emissionsfaktor ermittelt.

Die Emissionen werden für die verschiedenen Sektoren und Emissionsquellen, wie z.B. im KFZ-Verkehr für die verschiedenen Fahrzeugarten oder im Hausbrand für die unterschiedlichen Brennstoffe ausgewiesen. Insgesamt werden Biogene Systeme (Landwirtschaftliche Tätigkeiten, Natürliche Vegetation, Rest), Kleine und Mittlere Feuerungsanlagen nach der 1. BImSchV (Brenngase, Festbrennstoffe, Heizöl), Industrie und Gewerbe (erklärspflichtige Anlagen gemäß der 11. BImSchV, berichtspflichtige Betriebe gemäß der E-PRTR VO und sonstige emissionsrelevante Gewerbebetriebe), Sonstige Technische Einrichtungen (z. B. Abfallwirtschaft, privater Verbrauch lösemittelhaltiger Produkte, Verluste aus der Gasverteilung, Biogasanlagen, mobile Geräte und Maschinen) sowie Verkehr (Straßen-, Schiffs-, Schienenverkehr, Motorsport und Flughäfen) ausgewiesen. Straßenverkehr wird wieder-

rum in Unterklassen unterteilt. Dabei werden die Emissionen für die verschiedenen Schadstoffe unterteilt dargestellt.

In Baden-Württemberg wurden ebenfalls Erhebungen zu mobilen Maschinen durchgeführt. Diese wurden u.a. auch von AVISO GmbH durchgeführt und vom ifeu im Jahr 2012 aktualisiert. Diese sind im Emissionskataster ab dem Jahr 2012 enthalten.

4.1.4 Emissionsquellenbezogene Vorgehensweise

4.1.4.1 Straßenverkehr

Die Emissionen im Straßenverkehr werden hinsichtlich der Verkehrsbewegungen im Wesentlichen auf der Grundlage der Bundesverkehrszählung des Jahres 2010 ermittelt, die anhand prognostischer Daten zur Verkehrsentwicklung für 2014 fortgeschrieben wurden. Diese Daten liegen bereits mit einer regionalen Zuordnung vor und dienen damit als Grundlage für die Zuweisung der Emissionen auf Kommunen bzw. Landkreise. Die Daten zu den Fahrleistungen werden für die Berechnungen der Emissionen des Straßenverkehrs mit den jeweils spezifischen Emissionsfaktoren des „Handbuchs Emissionsfaktoren Version 3.2“ (INFRAS 2014) multipliziert.

Bei der Berechnung der Emissionen beinhalten die Staubemissionen (Gesamtstaub-, PM_{10} -, $PM_{2,5}$ -Feinstaub) die Stäube der Aufwirbelung sowie den entsprechenden Straßen-, Kupplungs-, Reifen- und Bremsenabrieb des Straßenverkehrs.

Im Jahre 2014 wurden die Aufwirbelung sowie die Heiß-/ Kaltstartemissionen berücksichtigt.

Im Bereich des Straßenverkehrs wird zwischen den Fahrzeugarten PKW (Personenkraftwagen), LNFZ (leichte Nutzfahrzeuge bis zu 3,5 t zul. Gesamtgewicht), SNFZ (schwere Nutzfahrzeuge mit mehr als 3,5 t zul. Gesamtgewicht) und KRAD (MOTORRÄDER) in Abhängigkeit von den Straßenarten unterschieden.

Hinsichtlich der Vorgehensweise ist der vom UBA gewählte Ansatz mit dem baden-württembergischen Ansatz vergleichbar.

4.1.4.2 Schienenverkehr

Im Bereich des Schienenverkehrs wird aufgrund der Datenverfügbarkeit zwischen dem Ansatz der Deutschen Bahn AG und den nicht-bundeseigenen Eisenbahnverkehrsunternehmen unterschieden. Die Berechnung der abgas- und abriebsbedingten Emissionen von Schienenfahrzeugen der Deutschen Bahn AG erfolgt mit Hilfe des Modellsystems des Umweltzentrums der Deutschen Bahn AG und den in diesem Modell hinterlegten spezifischen Emissionsfaktoren. Die Beiträge der nicht bundeseigenen Eisenbahnverkehrsunternehmen werden anhand von Fahrplanauswertungen ermittelt. Hierbei wurden für das Emissionskataster 2014 Daten mittels Prognosen vom Bezugsjahr 2012 fortgeschrieben. Die Entwicklung der Verkehrsleistungen wird dabei aus dem Generalverkehrsplan Baden-Württemberg 2005 und den Geschäftsberichten der Deutschen Bahn AG von 2004 bis 2009 abgeleitet.

4.1.4.3 Flugverkehr

Beim Luftverkehr werden im Emissionskataster Baden-Württembergs die Flughäfen Stuttgart, Baden-Airport, Lahr, Friedrichshafen sowie 116 Flug- und Segelflugplätze und 30 Hubschrauberlandeplätze berücksichtigt. Hierbei werden die Emissionen der Starts und Landungen bis zu einer Höhe von 1000 m über Grund einbezogen, die auf Grundlage spezifischer Emissionswerte ermittelt werden. Für den Flughafen Stuttgart wurden für das Jahr 2014 aktuelle Daten durch Flughafenbetreiber erhoben und in das Emissionskataster übernommen.

4.1.4.4 Binnenschifffahrt

Im Emissionskataster wird neben dem Gütertransport auch der Personenschiffsverkehr berücksichtigt. Für die Emissionsberechnung werden dabei veröffentlichte Emissionsfaktoren für Güterschiffe

und Fahrgastschiffe (Schweizer Offroad-Datenbank 2008) berücksichtigt. Letzteres ergibt sich aus dem Wunsch auch die Emissionen der Schiffe auf dem Bodensee zu berechnen.

Die Aktivitätsraten werden auf der Grundlage von Informationen und Daten zum Verkehrsaufkommen des Statistischen Landesamtes, dem Verkehrsbericht 2005 (WSD 2006), Auswertungen der Bezirkshauptmannschaft Bregenz zum Bodenseeverkehr, Daten der Schifffahrtsbetreiber, dem Generalverkehrsplan Baden-Württemberg 2005 und der Güterverkehrsstatistik der Binnenschifffahrt des Statistischen Bundesamtes ermittelt.

Bei den Emissionen des Schiffsverkehrs werden die Beiträge der Schifffahrt auf den Flüssen Rhein und Neckar sowie der gesamte Bodenseeschifffahrt berücksichtigt.

4.1.4.5 Landwirtschaft

Im Emissionskataster von Baden-Württemberg ist die Landwirtschaft Teil der Quellengruppe „Biogene Systeme“. Hierbei werden aus der Landwirtschaft Nutztierhaltung und Landwirtschaft, inkl. Böden und Pflanzen, die Emissionen Ammoniak, Methan, Distickstoffoxid, Stäube und NO erfasst.

Darüber hinaus beinhaltet die Quellengruppe „Biogene Systeme“ auch den Bereich der naturbelassenen Quellen (Vegetation, Böden, Gewässer, Wildtiere, Feuchtgebiete) sowie Abwasserkanäle.

Die Emissionen werden auf Grundlage der Tierzahlen des Statistischen Landesamtes ermittelt. Die Emissionsfaktoren sind tierartspezifisch, die selbst ermittelt werden und aus Literaturquellen stammen.

Unterschiede hinsichtlich der Emissionen zwischen den Daten des Umweltbundesamtes und des Emissionskatasters aus Baden-Württemberg können aus Unterschieden bei den Tierzahlen beim Statistischen Landesamt und dem Statistisches Bundesamt resultieren (v.a. bei Distickstoffoxid und Ammoniak).

4.1.4.6 Haushalte

Im Unterschied zum Ansatz des Umweltbundesamtes beinhaltet das baden-württembergische Emissionskataster neben den Emissionen aus Haushalten auch die Emissionen von Kleinverbrauchern, d.h. Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, die der 1. BImSchV unterliegen. Durch Änderung der 4. BImSchV unterliegen mittlere Öl- und Gasfeuerungsanlagen von 10 MW bis 20 MW nun dem Geltungsbereich der 1. BImSchV.

Es werden die Emissionen aus Gebäudeheizung einschließlich der Warmwasseraufbereitung und der Erzeugung von Prozesswärme im gewerblichen Bereich (soweit die entsprechenden Feuerungsanlagen keine immissionsschutzrechtliche Genehmigung benötigen) berücksichtigt, die wiederum durch den Einsatz von Brenngasen (Erdgas, Flüssiggas, Biogasen), Heizöl EL und Festbrennstoffen (Stückholz, Holzpellets, Restholz, Stroh, Energiepflanzen, Braunkohle, Steinkohle) entstehen. Erneuerbare Energieträger wie Solarthermie und die Nutzung der Umweltwärme (Luft, Grundwasser, oberflächennahe Geothermie) durch Wärmepumpen zum Endenergieeinsatz der Haushalte und Kleinverbraucher werden ebenfalls betrachtet.

Die Ermittlung des Energieeinsatzes erfolgte (sowohl im Jahr 2012 als auch im Jahr 2014) auf Grundlage von wohnungs- und branchenbezogenen Strukturgrößen, Zensusdaten, Verbrauchsdaten und Wärmebedarfsfaktoren. Diese werden auf Grundlage des Energieeinsatzes und der Anzahl der Feuerungsanlagen aus dem Jahr 2007 ermittelt. Zukünftig wird die kleinräumige Erhebung des Endenergieeinsatzes unter Berücksichtigung von Daten der Schornsteinfeger durchgeführt.

4.1.5 Erfasste Schadstoffe

Im Vergleich zum Ansatz des Umweltbundesamtes erfasst das Land Baden-Württemberg eine größere Anzahl an Schadstoffen. Tabelle 4 gibt einen Überblick über die für die einzelnen Bereiche berichteten

Schadstoffe. Überschneidungen mit den Schadstoffen, die durch das Umweltbundesamt berücksichtigt werden, werden ebenfalls gekennzeichnet. Dabei werden je nach Quellengruppe unterschiedliche Schadstoffe berichtet (s. Tabelle 4).

Tabelle 4: Durch das LUBW erfasste Luftschadstoffe

Schadstoff	Verkehr	Landwirtschaft ¹	Haushalte ²
Methan (CH ₄)	O	O X	O
Kohlenstoffmonoxid (CO)	O X		O X
Kohlenstoffdioxid (CO ₂)	O X		O X
Distickstoffoxid (N ₂ O)	O	O X	O
Ammoniak (NH ₃)	O	O X	
Flüchtige organische Verbindungen ohne Methan (NMVOC)	O X	O	O X
Stickoxide (NO _x / NO ₂)	O X		O X
Schwefeloxide (SO _x / SO ₂)	O		O X
Dioxine und Furane (PCDD und PCDF; als Teq)	O		O X
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) ³	O		O X
Feinstaub (PM ₁₀)	O X	O	O X
Feinstaub (PM _{2,5})	O	O	
Gesamtstaub	O	O	O
Benzol	O		O
Benzo[a]pyren (BAP)	O		O
Platin	O		
Gasförmige anorganische Fluorverbindungen (HF)			O
Chlorwasserstoff (HCl)			O
Arsen	O		O
Cadmium (Cd)	O		O
Blei (Pb)	O		O
Chrom (Cr)			O
Kupfer (Cu)			O
Nickel (Ni)			O

Anm.: 1 im Emissionskataster Baden-Württemberg ist die Landwirtschaft in der Kategorie der Biogenen Systeme enthalten.

2 Baden-Württemberg erfasst hier nur kleine und mittlere Feuerungsanlagen.

3 gemäß PRTR-Protokoll sind PAKs als Benzo[a]pyren (50-32-8), Benzo[b]fluoranthren (205-99-2), Benzo[k]fluoranthren (207-08-9), Indeno[1,2,3-cd]pyren (193-39-5) zu messen.

O werden durch das Emissionskataster von Baden-Württemberg bereitgestellt.

X werden durch das UBA bereitgestellt.

Quelle: eigene Erhebung

4.1.6 Quantitativer Vergleich für ausgewählte Kreise

Für die Landkreise Karlsruhe, Reutlingen und dem Stadtkreis Stuttgart wurde für das Jahr 2008 ein Vergleich der baden-württembergischen Daten und der UBA-Daten durchgeführt. Eine zusammenfassende Darstellung ist in Tabelle 5 zu finden. In der Tabelle werden die Unterschiede zwischen den von der LUBW ausgewiesenen Emissionen und den vom UBA ausgewiesenen Emissionen prozentual erfasst. Die Abweichungen fallen für die Kreise unterschiedlich aus, so dass in der Tabelle nur Spannbreiten angegeben werden.

Tabelle 5: Vergleich der durch das UBA und durch die LUBW ausgewiesenen Emissionen in ausgewählten Kreisen und für ausgewählte Emissionsquellen für das Jahr 2008

Schadstoff	Straßenverkehr	Schienenverkehr	Landwirtschaft	Binnenschifffahrt	Haushalte
Methan (CH ₄)	k.A.	k.A.	29-73%	k.A.	k.A.
Kohlenstoffmonoxid (CO)	18-37%	23-83%	k.A.	27-125%	21-54%
Kohlenstoffdioxid (CO ₂)	11-24%	35-76%	k.A.	42-221%	2-15%
Distickstoffoxid (N ₂ O)	k.A.	k.A.	46-336%	k.A.	k.A.
Ammoniak (NH ₃)	k.A.	k.A.	21-71%	k.A.	k.A.
Flüchtige organische Verbindungen ohne Methan (NMVOC)	33-48%	¹	k.A.	40-161%	10-58%
Stickoxide (NO _x / NO ₂)	16-36%	37-79%	k.A.	12-129%	k.A.
Dioxine und Furane (PCDD und PCDF; als Teq)	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	2-81%
Feinstaub (PM ₁₀)	6-13%	28-175%	k.A.	24-58%	38-51%

Anm.: in der Tabelle werden die Abweichungen der von der LUBW ausgewiesenen Emissionen im Vergleich zu den vom UBA ausgewiesenen Emissionen prozentual erfasst. Die Abweichungen fallen für die Kreise unterschiedlich aus, so dass nur Spannbreiten angegeben werden.

k.A. keine Angabe.

¹ kein Vergleich möglich, da LUBW VOC erfasst.

Quelle: In Zusammenarbeit mit dem LUBW erfolgte Erhebung

Grundsätzlich verdeutlicht die Tabelle 5, dass zwischen den von der LUBW und dem UBA ermittelten Emissionswerte teilweise Unterschiede festzustellen sind.

Die Abweichungen im Straßenverkehr bewegen sich für alle Kreise mit einer Ausnahme im Bereich von 6% bis 37% und weisen damit eine relativ hohe Übereinstimmung auf. Allein die NMVOC-Emissionen weichen deutlicher ab: 33%-48%.

Im Schienenverkehr ist der Unterschied zwischen den ermittelten Emissionswerten relativ zu den Emissionswerten für den Straßenverkehr ausgeprägter. Sie bewegen sich zwischen 23% und 175%. Besonders auffallend sind die Werte vom Landkreis Reutlingen. Für diesen Landkreis liegen die Unterschiede für alle Schadstoffe bei ca. 80%.

Bei einem Vergleich der Emissionen aus dem Schiffsverkehr für die Landkreise Karlsruhe und den Stadtkreis Stuttgart variiert die Übereinstimmung zwischen beiden Kreisen. Für den Landkreis Karlsruhe liegt eine vergleichsweise hohe Übereinstimmung für alle Schadstoffe vor (zwischen 12%-42%), während für den Stadtkreis Stuttgart die Abweichung für alle Schadstoffe – außer bei PM₁₀ – zwischen 129% und 220% liegt.

Für die von der Landwirtschaft verursachten Emissionen liegt eine gute Übereinstimmung der Werte der LUBW im Vergleich zum UBA vor. Die einzige Ausnahme bildet eine auffallend große Abweichung im Landkreis Karlsruhe und im Landkreis Reutlingen beim Luftschadstoff Distickstoffoxid in der Landwirtschaft: von 139% bis 336%.

Für die Emissionen aus den Haushalten für die Landkreise Karlsruhe und Reutlingen sowie den Stadtkreis Stuttgart liegt generell eine hohe Übereinstimmung vor. Hierbei ist aber zu beachten, dass sich die erfassten Sektoren zwischen dem UBA (nur Kleinf Feuerungsanlagen im Sektor Haushalte) und der LUBW (zusätzlich wird u.a. auch das Kleingewerbe erfasst) nennenswert unterscheiden.

Für den Flugverkehr wurde kein Vergleich der Emissionen vorgenommen, da in den berücksichtigten Gitterzellen kein Flughafen vorhanden ist.

4.2 Berlin

Die Ausführungen basieren im Wesentlichen auf den Berichten der Internetseite der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt (<http://www.stadtentwicklung.berlin.de/>) sowie einem persönlichen Gespräch mit dem verantwortlichen Mitarbeiter.

4.2.1 Definition „Diffuse Quellen“

Für das Emissionskataster 2009 werden von der Senatsverwaltung Emissionen aus den Bereichen Hausbrand, Kleingewerbe, KFZ-Verkehr, sonstiger Verkehr und sonstige Quellen erfasst, die gemäß PRTR-Protokoll nicht als Punktquellen zu verstehen sind. Emissionen aus dem Bereich Landwirtschaft werden bisher aufgrund der geringen Relevanz für Berlin nicht ermittelt. Im neusten Emissionskataster 2012, welches aktuell für das Jahr 2012 erhoben worden ist, werden Emissionen aus biogenen Quellen berücksichtigt.

Ergänzend dazu wurde eine Studie zur Fragestellung „klimaneutrales Berlin“ durchgeführt. Es wurden u.a. die Schadstoffe Kohlenstoffdioxid, Methan etc. berücksichtigt. Zielstellung war es u.a. die Quellen der Schadstoffbelastung zu ermitteln und Fragestellungen im Zusammenhang mit der Wärmedämmung von Gebäuden mit Daten zu hinterlegen.

4.2.2 Zielgruppe bzw. Nutzergruppen

Die Zielstellung des Emissionskatasters ist es eine Informations- und Datengrundlage für notwendige Maßnahmen, bspw. in der Luftreinhalteplanung, zu schaffen. Analog zum Umweltbundesamt zielt das Vorgehen des Landes Berlin unter anderem auf die Bereitstellung von Informationen für den interessierten Bürger. Die im Rahmen von verschiedenen internen Projekten hergeleiteten Emissionsdaten werden daher über das Web-Portal der Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz bereitgestellt (<http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/iinhalt.htm>).

4.2.3 Generelle Vorgehensweise

Das Land Berlin verfolgt grundsätzlich einen Bottom-up Ansatz. Emissionen, soweit sie gemessen werden, und relevante Bezugsgrößen, wie z.B. Verkehrsbewegungen, werden je nach Emissionsquelle linien-, flächen- oder punktspezifisch erfasst. Die relevanten Eingangsdaten wie z.B. Verkehrszählungen, Endenergieeinsätze, etc., liegen hierbei in der entsprechenden Form regionalisiert vor.

In einem zweiten Schritt werden die Emissionswerte einem 1km x 1km-Giterraster zugeordnet.

Die Senatsverwaltung ermittelt für ausgesuchte Referenzjahre die Emissionen. Aktuell liegen Berechnungen für die Jahre 1999/2000 sowie das Jahr 2009 vor. Für das Jahr 2012 ist eine Aktualisierung des Katasters für die Quellen Hausbrand, Kleingewerbe, sonstiger Verkehr und sonstige Quellen durchgeführt worden. Für das Jahr 2015 ist eine Aktualisierung des Emissionskatasters KFZ-Verkehr vorgesehen. Dieses Vorgehen erlaubt es mögliche Quellen zur Minderung der Emissionen seit 2000

aufzuzeigen, um dem Berliner Luftreinhalteplan gerecht zu werden. Der Luftreinhalteplan muss dabei spätestens ab 2017 fortgeschrieben werden, da Grenzwerte weiterhin überschritten wurden.

4.2.4 Emissionsquellenbezogene Vorgehensweise

4.2.4.1 Straßenverkehr

Die Emissionen des Straßenverkehrs werden mit dem Modell IMMIS^{em} berechnet. Eingangsdaten sind hierbei die Flottenzusammensetzung, Fahrleistungen und Verkehrszustände (flüssiger, dichter, gesätigter und stop-and-go-Verkehr). Die Flottenzusammensetzung auf den Hauptstraßen wird mit Hilfe von Verkehrszählungen, automatischen Zählrichtungen (300 Messpunkte in der Stadt) sowie der KBA-Statistik erhoben. Aus den Informationen an automatischen Zählstellen (die u.a. an Ampeln eingerichtet sind) wird die Reisegeschwindigkeit ermittelt und der Stauanteil modelliert. Für die Aktualisierung des KFZ-Verkehrsemissionskatasters 2015 werden erstmals auch Informationen des Anbieters TomTom zur Bestimmung der Verkehrszustände verwendet. Die Verkehrszählungen werden dabei möglichst automatisiert durchgeführt, um eine zeitliche Abfolge darstellen zu können, u.a. da in Berlin die Umweltzone gilt. Die Verkehrsmengen werden dabei für Berlin alle 3-4 Jahre aktualisiert.

Die Berechnung der Fahrleistung auf den Nebenstraßen, welche nicht über Verkehrszählungen erfasst werden, erfolgt über das Verkehrsumlegungsprogramm VISUM.

Das Modell wird durch ein Kaltstartmodell sowie das LOS-Modell zur Abbildung der Verkehrszustände ergänzt. Zur Berechnung der Emissionen werden im Modell die Eingangsdaten mit den Emissionsfaktoren aus dem Handbuch für Emissionsfaktoren (HBEFA, jeweils aktuellste Version) multipliziert. Weitere Faktoren, die zur Berechnung miteingehen, sind Emissionen durch Aufwirbelung, Reifen- und Bremsabrieb, die Berücksichtigung von Umweltzonen und Klimateanlagen und die Berechnung von elementarem Kohlenstoff und Benzo[a]pyren. Die Emissionen der Nebenstraßen werden über die Emissionsfaktoren aus HBEFA berechnet.

Die Emissionen des Hauptstraßennetzes werden als Linienquellen zu den jeweiligen Rastern zugeordnet. Jene der Nebenstraßen werden als Flächenquellen festgehalten und so zu den Rastern zugeordnet.

Das Verkehrskataster wird von der erstellenden Behörde als belastbar eingeordnet.

4.2.4.2 Schienenverkehr

Zur Berechnung der Emissionen aus dem Schienenverkehr wird der Energieverbrauch mit Emissionsfaktoren multipliziert. Der Schienenverkehr besteht aus dem DB-Fahrbetrieb, dem Betrieb der Privatbahnen sowie dem der Berliner Verkehrsbetrieb (BVG). Für die Daten der BVG werden nur die oberirdischen Abriebe und Aufwirbelungen betrachtet.

Die Emissionen des Schienenverkehrs werden als Linienquellen den Rastern zugeordnet.

Für das Emissionskataster 2012 wird zusätzlich der Rangier- und Industriebetrieb betrachtet.

4.2.4.3 Flugverkehr

Die betrachteten Flughäfen in Berlin sind Tegel, Schönefeld und Tempelhof. Inzwischen ist Tempelhof geschlossen worden. Basisdaten der Emissionsberechnung bilden die LTO-Daten der Flughafen Berlin Brandenburg GmbH. Neben den Emissionen durch den LTO-Zyklus werden auch jene durch das Rollen der Flugzeuge auf dem Boden sowie der Vorfeld-Betrieb betrachtet. Es wird der Energieverbrauch der LTO-Zyklen und des Rollens mit Emissionsfaktoren multipliziert, um die Emissionen zu erhalten.

Die Emissionen des Flugverkehrs werden als Flächenquellen den jeweiligen Rastern zugeordnet.

4.2.4.4 Binnenschiffsverkehr

Als Datengrundlage für die Abbildung des Schiffsverkehrs dient die Flottenanzahl der vier wichtigsten Schiffsunternehmen Berlins. Die Daten werden in Personen- und Güterverkehr unterteilt. Hierzu die-

nen Daten der Statistik der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes. Ebenso werden die Schleusendaten aus der Statistik der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes herangezogen.

Mit den Basisdaten und den Emissionsfaktoren werden die Emissionen für die Binnengewässer berechnet und punktuell bzw. als Linien zugeordnet. Anschließend findet eine Aufteilung auf Rasterebene statt.

Die Emissionen des Binnenschiffverkehrs werden als Linienquellen den Rastern zugeordnet.

4.2.4.5 Landwirtschaft

Die Landwirtschaft wurde bis 2009 nicht ins Emissionskataster aufgenommen. Für das Emissionskataster 2012 ist eine Aufnahme der Emissionen durch biogene Quellen durchgeführt worden.

4.2.4.6 Haushalte

Die Emissionen der Haushalte werden auf Grundlage der verbrauchten Brennstoffmengen der Haushalte ermittelt. Diese werden disaggregiert für Häuserblocks ermittelt. Es werden hierbei Informationen von Schornsteinfegern, der Berliner Gaswerke AG (GASAG) bzw. der NBB Netzgesellschaft Berlin-Brandenburg mbH & Co. KG und von Fernwärmekundendateien herangezogen. Die Daten der Schornsteinfeger beziehen sich u.a. auf den Festbrennstoff Holz und Kohle.

Es wird der Endenergieeinsatz berechnet; hierfür wird der Wärmebedarf, der sich aus der Gebäudeart ergibt, die Verkaufszahlen, sowie der Anzahl und Art der Öfen aus den Daten von Schornsteinfegern ermittelt. Dies betrifft v.a. die Holzfeuerung.

Die Emissionen der Haushalte umfassen jene der kleineren und mittleren Feuerungsanlagen gemäß der 1. BImSchV. Hierunter fällt die Gebäudeheizung einschließlich der Warmwasseraufbereitung. Der Brennstoffverbrauch wird für die Energieträger Erdgas, Heizöl und Festbrennstoffe differenziert festgehalten. Mittels Emissionsfaktoren, welche differenziert für Schadstoffe und Energieträger vorliegen, werden die Emissionen der einzelnen Schadstoffe berechnet.

Die punktuell berechneten Emissionen der Haushalte werden den Rastern zugeordnet.

4.2.5 Erfasste Schadstoffe

Im Vergleich zum Umweltbundesamt erfasst die Senatsverwaltung eine größere Anzahl an Schadstoffen. Tabelle 6 gibt einen Überblick über die für die einzelnen Bereiche berichteten Schadstoffe. Überschneidungen mit den Schadstoffen, die durch das UBA berücksichtigt werden, sind gesondert gekennzeichnet.

Tabelle 6: Durch die Senatsverwaltung erfasste Luftschadstoffe

Schadstoff	Verkehr	Landwirtschaft	Haushalte
Methan (CH ₄)	O	O X	O
Kohlenstoffmonoxid (CO)	O X		O X
Kohlenstoffdioxid (CO ₂)	O X	O	O X
Distickstoffoxid (N ₂ O)		O X	O
Ammoniak (NH ₃)		O X	
Kohlenstoff (C)	O		
Flüchtige organische Verbindungen ohne Methan (NMVOC)	O X	O	O X
Stickoxide (NO _x / NO ₂)	O X	O	O X
Schwefeloxide (SO _x / SO ₂)	O		O X
Dioxine und Furane (PCDD und PCDF; als Teq)			O X
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) ¹			O X
Feinstaub (PM ₁₀)	O X	O	O X
Gesamtstaub			O
Benzol	O		O
Partikel	O		
Organische Gase			O
Benzo-a-Pyren (B(a)P)			O
BTX			O
Fluor (F)			O
Chlor (Cl)			O
Blei (Pb)			O
Cadmium (Cd)			O
Arsen (As)			O
Nickel (Ni)			O
Zink (Zn)			O
Kupfer (Cu)			O

Anm.: 1 gemäß PRTR-Protokoll sind PAKs als Benzo[a]pyren (50-32-8), Benzo[b]fluoranthen (205-99-2), Benzo[k]fluoranthen (207-08-9), Indeno[1,2,3-cd]pyren (193-39-5) zu messen.

O werden durch die Senatsverwaltung bereitgestellt.

X werden durch das UBA bereitgestellt.

Quelle: eigene Erhebung

4.3 Nordrhein-Westfalen

Die Ausführungen basieren im Wesentlichen auf den Berichten auf der Internetseite des zuständigen Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) [<http://www.lanuv.nrw.de/>] sowie einem persönlichen Gespräch mit den hierfür verantwortlichen Mitarbeitern.

4.3.1 Definition „Diffuse Quellen“

Vom LANUV werden im Rahmen des Emissionskatasters Emissionen aus den Bereichen Haushalte, Landwirtschaft und Verkehr erfasst, die gemäß PRTR-Protokoll nicht als Punktquellen zu verstehen sind.

4.3.2 Zielgruppe bzw. Nutzergruppen

Analog zu dem Vorgehen in den anderen Bundesländern und des UBA zielt das Vorgehen des Landes Nordrhein-Westfalens auch auf die Bereitstellung von Informationen für den interessierten Bürger. Die im Rahmen von internen Projekten hergeleiteten Emissionsdaten werden daher über das landeseigene Web-Portal (<http://www.uvo.nrw.de/>) bereitgestellt.

4.3.3 Generelle Vorgehensweise

Das LANUV verwendet bei der Generierung von Emissionsdaten je nach Emissionsquelle sowohl den Bottom-up Ansatz (überwiegend) als auch der Top-down Ansatz (vereinzelt). Weiterhin werden Emissionsdaten nur für ausgewählte Referenzjahre ermittelt.

Emissionen, soweit sie gemessen werden, sowie relevante Bezugsgrößen, wie z.B. Verkehrsbewegungen, werden je nach Emissionsquelle linien-, flächen- oder punktspezifisch erfasst. Die relevanten Eingangsdaten wie z.B. Verkehrszählungen, Endenergieeinsätze, etc., liegen hierbei in der entsprechenden Form regionalisiert vor.

In einem zweiten Schritt werden die Emissionswerte einem 1km x 1km-Giterraster zugeordnet.

Es wird mit Ausnahme der Emissionen durch Feuerungsanlagen (Haushalte) bisher keine kontinuierliche Erfassung und Berichterstellung von Emissionsdaten angestrebt. In unregelmäßigen Zeitabständen werden die Emissionswerte für die jeweiligen Emissionsquellen aktualisiert. Hierbei wird zum einen angestrebt, für alle Emissionsquellen identische Bezugsjahre zu verwenden, was aber nicht immer umgesetzt wird. Weiterhin wird zu Beginn jeder Aktualisierungskampagne die Erhebungsmethode zu jeder Emissionsquelle reflektiert und – auf Basis eigener Erfahrungen aus vorherigen Kampagnen und unter Nutzung von Erkenntnissen aus der Literatur – entsprechend angepasst. Weiterhin werden Emissionsfaktoren entsprechend neuer Daten aktualisiert. Aus diesem Grund sind die Emissionswerte zwischen unterschiedlichen Kampagnen nur bedingt vergleichbar. Beispielsweise basiert die aktuelle Ermittlung der Emissionen im Straßenverkehr auf einer umfassenderen und verbesserten Erhebung der Verkehrsströme.

Zum Zeitpunkt der Erstellung des Berichtes werden die Emissionswerte für das Jahr 2013 erhoben – sie sind noch nicht vollständig veröffentlicht. Es sind jedoch Werte öffentlich zugänglich, die für das Jahr 2007 ermittelt wurden, sowie vereinzelt auch Daten aus der gegenwärtigen Kampagne.

4.3.4 Emissionsquellenbezogene Vorgehensweise

4.3.4.1 Straßenverkehr

Die Emissionen des Straßenverkehrs werden mit dem Modell roadTEM berechnet. Eingangsdaten sind hierbei u.a. die Flottenzusammensetzung. Die Flottenzusammensetzung auf den Hauptstraßen wird durch Verkehrszählungen, automatische Zählrichtungen und die KBA-Statistik erhoben. Zur Berechnung der Emissionen werden im Modell die Eingangsdaten mit den warmen Emissionsfaktoren aus dem Handbuch für Emissionsfaktoren (HBEFA 3.2) multipliziert. Weitere Faktoren, die zur Berechnung mit eingehen, sind Emissionen durch Aufwirbelung, Reifen- und Bremsabrieb sowie bei Kupplung.

Die Emissionen des Hauptstraßennetzes werden als Linienquellen zu den jeweiligen Rastern zugeordnet. Jene der Nebenstraßen werden als Flächenquellen festgehalten und so den Rastern zugeordnet.

Das aktuelle Bezugsjahr ist 2013.

4.3.4.2 Schienenverkehr

Die Emissionen des Schienenverkehrs werden mit dem Modell des DB AG Umweltzentrum berechnet. Zur Berechnung wird im Modell der Energieverbrauch mit Emissionsfaktoren aus HBEFA multipliziert. Der Schienenverkehr besteht aus dem DB-Fahrbetrieb und dem Betrieb der Privatbahnen auf dem DB-Netz. Privatbahnen auf eigenen Netzen werden nicht erfasst. Berücksichtigt werden weiterhin Schienen-, Brems- und Oberleitungsabriebe.

Die Emissionen des Schienenverkehrs werden als Linienquellen den Rastern zugeordnet. Rangierbahnhöfe bzw. -betrieb werden als Flächenquelle berücksichtigt und den jeweiligen Gitterzellen zugewiesen.

Das aktuelle Bezugsjahr ist 2013.

4.3.4.3 Flugverkehr

Zur Emissionsberechnung wird das Programm airTEIM3D der Firma AVISO GmbH herangezogen. Die betrachteten Flughäfen in NRW sind alle internationalen und regionalen Flughäfen sowie Verkehrslandeplätze. Als Basisdaten für die Emissionsberechnung werden die LTO-Daten herangezogen. Neben den Emissionen durch den LTO-Zyklus werden auch die Verdunstungsemissionen (Tanklagerumschlag, Betankung der Flugzeuge) betrachtet.

Der Energieverbrauch der LTO-Zyklen und des Rollens wird mit Emissionsfaktoren aus verschiedenen Datenbanken und Literaturangaben multipliziert, um die Emissionen zu erhalten. Die Verdunstungsemissionen werden auf Basis des von den Flughafenbetreibern genannten Kraftstoffumschlags berechnet.

Die Emissionen des Flugverkehrs auf den Lande- und Startbahnen werden als Linienflächen, die An- und Abflugtrichter als trapezförmige Flächenquellen und die restlichen genutzten Flächen als Flächenquellen den jeweiligen Gitterzellen zugeordnet.

Das aktuelle Bezugsjahr ist 2013.

4.3.4.4 Binnenschiffsverkehr

Die Emissionsberechnung der Binnenschifffahrt wird über LuWas erzielt. Als Datengrundlage dient die Statistik der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes modifiziert mit den Angaben der Firma Planco. Die Daten werden in Personenlinien- und Güterverkehr unterteilt.

Die Emissionsfaktoren stammen aus dem Atmospheric Emission Inventory Guidebook, mit durch das LANUV vorgenommen Fortschreibungen, HBEFA 3.1 sowie eigenen Berechnungen. Mit den statistischen Daten zum Verkehrsaufkommen und den Emissionsfaktoren werden die Emissionen für die Binnengewässer berechnet und punktuell bzw. als Linien zugeordnet. Anschließend findet eine Aufteilung auf die Gitterzellen statt.

Die Emissionen des Binnenschiffverkehrs werden als Linienquellen den Gitterzellen zugeordnet.

Das aktuelle Bezugsjahr ist 2012.

4.3.4.5 Landwirtschaft

Das Vorgehen zur Ermittlung der Emissionswerte entspricht dem Verfahren des Umweltbundesamtes.

Das aktuelle Bezugsjahr ist 2007.

4.3.4.6 Haushalte

Die Emissionen der Feuerungsanlagen, die unter den Anwendungsbereich der 1. BImSchV fallen, berechnet das LANUV mithilfe der vom Landesfachverband des Schornsteinfegerhandwerks erhaltenen Datentabellen für die Kreise und kreisfreien Städte. Diese enthalten die Anzahl der Kleinf Feuerungsan-

lagen differenziert nach Brennstoffen (Gas, Öl, Feststoffe – Feststoffe sind nicht weiter differenziert), Zentralheizung, Brennwertkessel oder Einzelraumfeuerung, Nennwärmlistungsbereichen und z.T. Art der Feuerungsanlage (LIV 2014). Die Ausgangsdaten sind nicht georeferenziert und werden nicht in private oder gewerbliche Feuerungsanlagen, Neu- und Altanlagen unterschieden.

Den Berechnungen liegen hierbei folgende vereinfachende Annahmen zugrunde:

- Für die Feststofffeuerungen wird nur Scheitholz eingesetzt, weil die Feststoffe in dem vorliegenden Datensatz nicht unterschieden werden.
- Gasfeuerungen werden nicht nach Erdgas- und Flüssiggaseinsatz differenziert. Der Anteil der Flüssiggasfeuerungen wird vom Landesfachverband deutlich kleiner als 10% geschätzt. Es wird daher auf die weitere Unterscheidung verzichtet und generell von Erdgasfeuerungen ausgegangen.
- Der Endenergieverbrauch wird aus der mittleren Nennwärmeleistung und der Anzahl der Vollbenutzungsstunden pro Jahr ermittelt. Basis dieser Berechnung sind UBA (2008) und AVISO GmbH (2011). Grundlage für die Emissionsberechnungen ist LUBW (2013).

Der so berechnete Endenergieverbrauch bzw. die ermittelten Emissionen wurden auf Grundlage der Energiebilanz 2012 (Statistische Berichte 2012) korrigiert. Der Endenergieverbrauch der Verbrauchergruppe Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher in NRW wird dabei mithilfe der Daten des Schornsteinfegerhandwerks auf die Kreise und kreisfreien Städte verteilt. Diese Verfahrensweise berücksichtigt den jährlichen Endenergieverbrauch, d.h. indirekt damit auch das Wetter und den erforderlichen, jährlich schwankenden Energiebedarf zum Heizen. Zum Abschluss werden die Daten auf Gemeindeebene sowie auf 1km x 1km-Rasterquadratebene auf Basis statistischer Methoden umgelegt.

Die Aufteilung der Emissionen nach einzelnen Emissionsstoffen erfolgt durch Nutzung der bundesweiten Daten der AG Energiebilanzen über die Verteilung der Energieträger auf die Haushalte und Kleinverbraucher. Mit Division der Emissionen der Haushalte durch die Zahl der Einwohner (EW) bzw. der Emissionen der Kleinverbraucher durch die Zahl der sozialversicherungspflichtigen Beschäftigten (SVPB) in NRW werden separate Emissionsfaktoren ermittelt. Damit können die Emissionen der Haushalte und Kleinverbraucher auf Kreisebene berechnet werden. Auch für die Haushalte und Kleinverbraucher auf Kreisebene werden Emissionsfaktoren gebildet. Multipliziert mit der Zahl der EW bzw. SVPB pro Gemeinde werden die Emissionen der Haushalte und Kleinverbraucher auf Gemeindeebene ermittelt. Die erforderlichen Angaben für die EW und SVPB liefert IT-NRW (<https://www.landesdatenbank.nrw.de/ldb NRW/online>).

Bei der Verteilung der Emissionen auf 1km x 1km-Gitterzellen werden in einem Zwischenschritt die Emissionen mittels statistischer Verfahren auf Nutzungsarten des Atkis-Objektarten-Katalogs (AdV 2008) umgelegt und die Emissionen dieser Nutzungsarten entsprechend ihres Anteils in den 1km x 1km-Gitterzellen summiert.

4.3.5 Erfasste Schadstoffe

Das Land NRW berichtet im Vergleich zum UBA über eine größere Anzahl an Schadstoffen.

Tabelle 7 gibt einen Überblick über die für die einzelnen Bereiche ausgewählten Schadstoffe. Überschneidungen mit den Schadstoffen, die durch das UBA berücksichtigt werden, sind gesondert gekennzeichnet.

Tabelle 7: Durch das LANUV erfasste Luftschadstoffe

Schadstoff	Verkehr	Landwirtschaft	Haushalte
Methan (CH ₄)	O	O X	O
Kohlenstoffmonoxid (CO)	O X		O X
Kohlenstoffdioxid (CO ₂)	O X		O X
Distickstoffoxid (N ₂ O)	O	O X	O
Ammoniak (NH ₃)	O	O X	O
Flüchtige organische Verbindungen ohne Methan (NMVOC)	X		O X
Stickoxide (NO _x / NO ₂)	O X		O X
Schwefeloxide (SO _x / SO ₂)	O		O X
Dioxine und Furane (PCDD und PCDF; als Teq)			O X
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) ¹	O (PAH)		O (BaP)X
Feinstaub (PM ₁₀)	O X		O X
Feinstaub (PM _{2,5})	O		O
Benzol	O		O
Xylol	O		
Organische Gase und Dämpfe	O		
Partikel/Staub	O		
Palladium	O		
Platin	O		
Rhodium	O		
Ruß	O		
Tellur	O		
Toluol	O		
Flüchtige organische Verbindungen (VOC)	O		O

Anm.: 1 gemäß PRTR-Protokoll sind PAKs als Benzo[a]pyren (50-32-8), Benzo[b]fluoranthren (205-99-2), Benzo[k]fluoranthren (207-08-9), Indeno[1,2,3-cd]pyren (193-39-5) zu messen.

O werden durch LANUV bereitgestellt.

X werden durch das UBA bereitgestellt.

Quelle: eigene Erhebung

5 Tabellarischer Vergleich der Vorgehensweisen

Die beschreibende Darstellung der einzelnen Vorgehensweisen in den Kapiteln 3 und 4 wird in diesem Kapitel durch einen tabellarischen Vergleich zwischen dem Vorgehen in den einzelnen Bundesländern und dem Umweltbundesamt ergänzt.

Für die Vergleiche wurde nach Möglichkeit das jeweils aktuellste Jahr gewählt, zu dem zum Zeitpunkt des Vergleichs belastbare Informationen vorlagen.

Die Eintragungen in der Tabelle wurden mit der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW), der Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz von

Berlin und mit dem Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) abgestimmt und zum Zeitpunkt der Abstimmung von den Verantwortlichen als stimmig erachtet.

5.1 Straßenverkehr

Tabelle 8: Synoptischer Vergleich der Vorgehen in den ausgewählten Bundesländern mit dem des UBA: Straßenverkehr

	Baden-Württemberg	Berlin	Nordrhein-Westfalen	UBA
Bezugsjahr ¹	2014 ²	2015	2013	2014
Rasterung	1km x 1km ³	1km x 1km	1km x 1km ⁴	3km x 3km
Räumliche Auflösung				
Linienquellen	kontinuierliche automatische Erhebung durch Dauerzählstellen, Bundesverkehrszählung (alle 5 Jahre), in Stadtkreisen: Netzverdichtung auf Basis kleinräumigerer Emissionskataster	Amtliche Verkehrszählung	Bundesautobahnen, Bundes-, Land-, Kreis- und Gemeindestraßen (Straßen von überörtlicher Bedeutung)	Fahrleistungsgewichtete und bevölkerungsgewichtete Zuordnung der Emissionen
Flächenquellen	funktionale Abhängigkeiten zwischen Fahrleistung und verkehrserzeugenden Faktoren (Abschätzung der Verkehrsleistung z.B. PKW-Bestand, Bevölkerung)	für Nebenstraßen: Verkehrsumlegungsprogramm VISUM (mit statistischen Kenngrößen, u.a. Bevölkerungszahlen), verteilt nach Art des Verkehrs	Verkehr der nicht auf den Linienquellen erfasst ist	bevölkerungsgewichtete Zuordnung der Emissionen
Emissionsquellen				
Emittenten	Straßenverkehr, Motorsport (separat ausgewiesen, ca. 30 Anlagen)	Straßenverkehr	Straßenverkehr	Straßenverkehr

	Baden-Württemberg	Berlin	Nordrhein-Westfalen	UBA
Flotte	gemeldete Fahrzeuge (Bundesverkehrs-zählung 2010), aktuelle Verkehrsdaten, Prognose zur Verkehrsentwicklung	Verkehrszählung (2014), automatische Zählleinrichtungen, KBA-Statistik zu Haltern (EURO-Klassen), Kommunale Flotte: Daten der BVG	KBA-Statistik des Jahres 2013 daraus abgeleitet Trendprognose der Flotte 2015	KBA, Modell aus Zugängen und Abgängen
Fahrzeugklassen	Motorisierte Zweiräder (Kraft), Personenkraftwagen, leichte Nutzfahrzeuge ≤ 3,5t, schwere Nutzfahrzeuge einschl. Busse	Motorisierte Zweiräder (Kraft), Personenkraftwagen einschl. Kombi, leichte Nutzfahrzeuge ≤ 3,5t, Lastkraftwagen > 3,5t, Busse	Motorisierte Zweiräder (Kraft), Personenkraftwagen einschl. Kombi, leichte Nutzfahrzeuge ≤ 3,5t, Lastkraftwagen > 3,5t, Lastzug/Sattelzug > 3,5t (LzSz), Linien- und Reisebusse (Bus), schwere Nutzfahrzeuge ohne Busse (LKW+LzSz) (sNoB), schwere Nutzfahrzeuge (LKW+LzSz+Bus) (sNfz)	Motorisierte Zweiräder (Kraft), Personenkraftwagen, leichte Nutzfahrzeuge ≤ 3,5t, Lastkraftwagen > 3,5t, Busse
Straßenart	Autobahnen, Bundes-, Land-, Kreis-, Gemeinde-, Innerortsstraßen	Autobahnen, Bundesstraßen, sonstige Hauptstraßen, Nebenstraßen ⁵	Autobahnen, Bundes-, Land-, Kreis- und Gemeindestraßen von überörtlicher Bedeutung	Autobahnen, Bundes-, Land-, Kreis-, Gemeinde-, Innerortsstraßen
Abrieb	Aufwirbelungen ⁶ , Kupplung, Reifen, Bremsen	Aufwirbelungen, Auspuff, Reifen, Bremsen	Aufwirbelung, Straßen, Reifen, Bremsen, Kupplung	Reifen, Bremsen
sonstige Emissionen	Abstellen, Tankatmung	Verdunstung, Tankatmung, Abstellen	Tankatmung, Heiß- / Warmabstellvorgänge	Abstellen, Tankatmung, running losses
Startzuschläge	Ja	Ja	Ja, für Diesel-/Ottomotoren	Ja
Frostmittel	Nein ⁷	k.A.	Nein	Nein
Neigung	Neigung (0, +/-2%, +/-4%, +/-6%)	wird vernachlässigt	Ja	Flachland, hügelig, bergig

	Baden-Württemberg	Berlin	Nordrhein-Westfalen	UBA
Schadstoffe	CO, CO ₂ , NMVOC, NO _x , PM ₁₀ , SO ₂ , CH ₄ , Benzol, Partikel, Ruß, NH ₃ , N ₂ O, PAK, BAP, Platin, PCDD/PCDF	CO, CO ₂ , NO _x , PM ₁₀ , SO ₂ , CH ₄ , Benzol, Partikel, C	CO, CO ₂ , NO _x (ausgewiesen als NO ₂), PM ₁₀ , BaP, Benzol, CO _{2fossil} , m/p-Xylol, CH ₄ , N ₂ O, NH ₃ , NO (ausgewiesen als NO ₂), NO ₂ , o-Xylol, organische Gase und Dämpfe, PAK, Partikel, Palladium, PM ₂₅ , Pt, Rd, Ruß, SO ₂ , Te, Toluol, Xylol,	CO, CO ₂ , NMVOC, NO _x , PM ₁₀
Emissionsfaktor				
Quelle	HBEFA 3.2, TREMOD	HBEFA 3.2 oder neuere Literaturinformationen	HBEFA 3.2	HBEFA 3.2
Differenzierung	Fahrleistung der Fahrzeuge in Abhängigkeit von der Verkehrsmischung, Fahrleistungsgewichte, regionsspezifische Emissionsfaktoren	Straßenbreite, Gebäudehöhe der Randbebauung, Länge und Richtung der Straße, Anteil der bebauten zur unbebauten Umrandung des Straßenabschnittes (Porosität), Anzahl der Fahrspuren, Angabe über Einbahnstraße	pro Fahrzeugkategorie für jede einzelne Fahrzeugschicht – differenziert nach Motorkonzept, Euronormstufe, Hubraum, Gewichtsklasse, etc. – pro Verkehrssituation sogenannte Schichtemissionsfaktoren für verschiedene Abgaskomponenten.	Bestandsverteilung nach Fahrzeugschichten, spezifische Fahrzeugleistungen der Fahrzeugschichten, Abstellvorgänge, Fahrtweitenverteilungen, Aufteilung der Fahrleistungen nach Straßenkategorien und Verkehrssituation, spezifischer Energieverbrauch je Fahrzeugkilometer, u.a.
Aktivitätsraten	Gesamtfahrleistung	Fahrleistung pro Fahrzeugtyp pro Straßenabschnitt	Durchschnittlich tägliche Verkehrsstärke (DTV) und die Anteilswerte je Fahrzeugkategorie pro Linien-/Flächenquelle	Gesamtfahrleistung
Berechnung der Emissionen: Modell	TREMOD	IMMIS ^{em}	roadTEIM	TREMOD 5.3

Anm.: 1 bezieht sich auf das Jahr der letztmaligen Aktualisierung der Daten.

2 basiert auf das Emissionskataster des Jahres 2012.

- 3 seit 2014; Veröffentlichung von Emissionsdaten auch auf Gemeindeebene.
- 4 UTM/ETRS89- Koordinatensystem.
- 5 Berechnung mittels VISUM: Quell-Ziel-Relation.
- 6 wird separat ausgewiesen.
- 7 in sonstigen technischen Einrichtungen ausgewiesen.
- k.A. keine Angabe.

Quelle: eigene Erhebung in Abstimmung mit der LUBW, der Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz von Berlin und mit dem LANUV

5.2 Schienenverkehr

Tabelle 9: Synoptischer Vergleich der Vorgehen in den ausgewählten Bundesländern mit dem des UBA: Schienenverkehr

	Baden-Württemberg	Berlin	Nordrhein-Westfalen	UBA
Bezugsjahr ¹	2014 ²	2012	2013	2008
Datengrundlage	Modellsystem des Umweltzentrums der DB AG, spezifische Emissionsfaktoren (ifeu 2008)	Modellsystem des Umweltzentrums der DB AG, Betriebsdaten der DB AG inklusive Berliner S-Bahn, sonstige Eisenbahnverkehrsunternehmen auf dem DB-Schiennetz, Werks- oder Privatbahnen, Straßenbahnen und U-Bahn der BVG	DB AG Umweltzentrum	Modellsystem des Umweltzentrums der DB AG, Betriebsdaten der DB AG und motorisierte Emissionsfaktoren
Rasterung	keine ³	1km x 1km	1km x 1km ⁴	3km x 3km
Räumliche Verteilung				
Linienquellen	Schiennetz lt. Generalsverkehrsplan Baden-Württemberg 2005, Geschäftsberichte der DB AG von 2004-2009	Schiennetz der in der Datengrundlage berücksichtigten Betreiber	Schiennetz der DB AG	Schiennetz gemäß Löcher (2012) und GfK (2007)
Flächenquellen	Rangierbahnhöfe	keine	Rangierbahnhöfe der DB AG	keine
Emissionsquellen				
Emittenten	Dieseltraktion, Rangierbetrieb	Dieseltraktion, Rangierbetrieb, Werksverkehr, Abrieb	Diesel-/Elektrotraktion, Rangierbetrieb	Dieseltraktion, Rangierbetrieb, Werkverkehr, Abrieb

Daten zu Emissionen aus diffusen Quellen im deutschen Schadstoffregister PRTR

	Baden-Württemberg	Berlin	Nordrhein-Westfalen	UBA
Nicht-DB AG-Bahnen	Auswertungen anhand von Fahrplänen lt. Generalverkehrsplan Baden-Württemberg 2005	k.A.	nur bei Nutzung des Netzes der DB AG	Abschätzung mittels Annahmen
Abrieb	k.A.	Schiene (oberirdisch)	Schienen, Bremsen, Oberleitung ⁵	Schienen, Oberleitung
Rangiervorgang	47 Rangierbahnhöfe	Streckenabschnitte, die weder im DB-Schienennetz noch im BVG-Netz enthalten sind und sich auf Betriebsgelände befinden	Rangierbahnhöfe	gleichmäßige Verteilung auf das Güterverkehrsnetz
Schadstoffe	CO, CO ₂ , VOC, NO _x , PM ₁₀ , PM _{2,5} , Gesamtstaub	CO, CH ₄ , N ₂ O, SO ₂ , NO _x , NH ₃ , NMVOC, PM ₁₀ , PM _{2,5} , BaP, PCDD/F, Schwermetalle	CO, CO ₂ , NO _x (ausgewiesen als NO ₂), PM ₁₀ SO ₂ , Organische Gase und Dämpfe, CH ₄ , N ₂ O, CO ₂ Äquivalent	CO, CO ₂ , NMVOC, NO _x , PM ₁₀
Emissionsfaktor				
Quelle	AVISO GmbH	DB AG, EMEP/EEA (2013), UBA (2015), INFRAS (2007)	DB AG Umweltzentrum	DB AG
Differenzierung	k.A.	Zuggattung, Motoren, Personennah-/Fern-/Güterverkehr, Rangiervorgang	k.A.	Zuggattung, Baureihen, Motoren, Personennah-/Fern-/Güterverkehr, Rangiervorgang
Aktivitätsraten	Energieverbrauch	Energieverbrauch, Fahrleistungen	k.A.	Energieverbrauch
Berechnung der Emissionen: Modell	AVISO	anhand der in den Quellen genannten Emissionsfaktoren	DB AG Umweltzentrum	TREMODO 5.3

- Anm.: 1 bezieht sich auf das Jahr der letztmaligen Aktualisierung der Daten.
 2 basiert auf das Emissionskataster des Jahres 2000.
 3 Veröffentlichung von Emissionsdaten nur auf Gemeindeebene.
 4 UTM/ETRS89- Koordinatensystem.

5 Abriebe werden als ein Wert ausgewiesen.

k.A. keine Angabe.

Quelle: eigene Erhebung in Abstimmung mit der LUBW, der Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz von Berlin und mit dem LANUV

5.3 Binnenschiffsverkehr

Tabelle 10: Synoptischer Vergleich der Vorgehen in den ausgewählten Bundesländern mit dem des UBA: Binnenschiffsverkehr

	Baden-Württemberg	Berlin	Nordrhein-Westfalen	UBA
Bezugsjahr ¹	2014 ²	2012	2012	2014
Basisdaten	StaLA, Verkehrsbericht; WSD (2006), Auswertungen der Bezirkshauptmannschaft Bregenz zum Bodenseeverkehr, Daten der Schifffahrtbetreiber (gesamter Bodensee, inkl. Schweiz/Österreich)	Wasser- und Schifffahrtsamt Berlin (Schiffs- und Güterstrombewegungen auf Bundeswasserstraßen), Fahrpläne der Reedereien, Berliner Personenschiffahrt e.V., Elektronisches Wasserstraßeninformationssystem ELWIS (Fahrgastschiffsbewegungen), Sportboote, Schiffsbewegungen in Häfen und Schleusen	Statistik der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes modifiziert mit den Angaben von Fa. Planco	Statistisches Bundesamt Fachserie 8 Reihe 4 (Ifd. Jgg.)
Rasterung	keine ³	1km x 1km	1km x 1km	3km x 3km
Emissionsquellen				
Emittenten	Güterverkehr, Fahrgastverkehr	Güterverkehr, Fahrgastverkehr, private Schiffe	Güterverkehr, Passagierlinienverkehr	Güterverkehr
Gewässer	Binnengewässer (Flüsse, Bodensee ⁴), Rheinseitenkanal	Binnengewässer	Binnengewässer (Flüsse, Kanäle, Schleusen, Häfen)	Binnengewässer (Flüsse), Rhein, soweit Grenzfluss, halb zu Frankreich
Schadstoffe	CO, CO ₂ , NMVOC, NO _x , PM ₁₀ , VOC, NH ₃ , CH ₄ , N ₂ O, SO ₂ , PM _{2,5} , Gesamtstaub	CO, NMVOC, NO _x , PM ₁₀ , CH ₄ , N ₂ O, SO ₂ , NH ₃ , PM _{2,5} , BaP, PCDD/F, Schwermetalle	CO, CO ₂ , NMVOC, NO _x , PM ₁₀ , N ₂ O, CH ₄ , NH ₃ , NMVO, SO ₂ , SO _x , NO ₂ , organische Gase und Dämpfe, BaP, PAK, Dieselruß	CO, CO ₂ , NMVOC, NO _x , PM ₁₀

	Baden-Württemberg	Berlin	Nordrhein-Westfalen	UBA
Emissionsfaktor				
Quelle	AVISO GmbH, Schweizer Off-road-Datenbank (2008) (Fahrgastschiffe)	Ifeu/INFRAS (2013), BAFU (2010), EMEP/EEA (2013)	NO _x , NMVOC, PM ₁₀ : EMEP/EEA (2013), Bezugsjahr 2005, eigene Fortschreibung unter Berücksichtigung des durchschnittlichen Motorenalters und der gültigen Grenzwerte, organische Gase und Dämpfe, CO ₂ : Ableitung aus HBEFA 3.1, SO ₂ : Ableitung aus dem mittleren Schwefelgehalt des Kraftstoffs, BaP, NH ₃ , N ₂ O: EMEP/EEA (2013)	HBEFA 3.2
Weitere Kennzahlen	Energieverbrauch	Spezifischer Energieverbrauch je 1000 Kilometer	Motorenleistung, Geometrie der Wasserstraße, Fahrverhalten, Güterumschlagmenge	Spezifischer Energieverbrauch je Tonnenkilometer
Aktivitätsraten	Kraftstoffverbrauch	Verkehrsleistung ⁵ , Energieverbrauch ⁵	Verkehrsleistung	Verkehrsleistung, Energieverbrauch
Berechnung der Emissionen: Modell	AVISO / TREMOD	anhand der in den Quellen genannten Emissionsfaktoren	LuWas	TREMOD 5.3

Anm.: 1 bezieht sich auf das Jahr der letztmaligen Aktualisierung der Daten.

2 basiert auf das Emissionskataster des Jahres 2000.

3 Veröffentlichung von Emissionsdaten nur auf Gemeindeebene.

4 separat ausgewiesen.

5 Transportleistungen im Güterverkehr und Schiffsbewegungen der Personen-, Freizeitschifffahrt und Schubboote, Hafen- und Schleusenaktivitäten.

Quelle: eigene Erhebung in Abstimmung mit der LUBW, der Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz von Berlin und mit dem LANUV

5.4 Flugverkehr

Tabelle 11: Synoptischer Vergleich der Vorgehen in den ausgewählten Bundesländern mit dem des UBA: Flugverkehr

	Baden-Württemberg	Berlin	Nordrhein-Westfalen	UBA
Bezugsjahr ¹	2014 ²	2012	2013 ³	2014
Rasterung	keine ⁴	1km x 1km	1 km x 1 km ⁵	3km x 3km
Räumliche Verteilung	Verteilung der Emissionen auf Gemeindeebene	k.A.	Linienquelle: Start- und Landebahnen Trapezförmige Flächenquellen: auf Erdoberfläche projizierte An- und Abflugtrichter, Separate Flächenquellen: Rollwege, Abfertigungsplätze, Tanklager ⁶	Verteilung der LTO-Emissionen auf Gitter
Emissionsquellen				
Emittenten	LTO, Zufahrtstraßen, etc.	Flugzeuge, Vorfeld-Fahrzeuge und Maschinen ⁷	LTO-Zyklus: - Landeanflug (Approach < 3000 ft. (Sinkwinkel 3 Grad konstant), - Rollen nach der Landung (Taxi In), - Rollen vor dem Start (Taxi Out), - Startbeschleunigung bis Abhebung (Take off), - Steigflug bis 3000 ft. (Steigwinkel nach Startmassenklassen für 0-1500 ft. und 1500-3000 ft.), Tanklagerumschlag, Betankung der Flugzeuge, Verdunstung aus Betankung	LTO

	Baden-Württemberg	Berlin	Nordrhein-Westfalen	UBA
Flughäfen	Stuttgart, Baden-Airport, Lahr, Friedrichshafen 116 Flug- und Segelflugplätze 30 Hubschrauberlandeplätze	Tegel, Schönefeld	Düsseldorf, Köln-Bonn, Münster-Osnabrück, Dortmund, Paderborn-Lippstadt, Siegerland, Niederrhein, Verkehrslandeplätze	Stuttgart, Baden Airport, Friedrichshafen; Tegel, Schönefeld; Düsseldorf, Köln-Bonn, Münster-Osnabrück, Dortmund, Paderborn-Lippstadt, Niederrhein
Flughöhe/Rollen	1000m	bis 914m	914 m, Rollen	914m
Enteisungsanlagen	Ja (für Stuttgart)	k.A.	k.A.	Nein
Schadstoffe	CO, CO ₂ , NO _x , PM ₁₀ , VOC, PM _{2,5} , Gesamtstaub	CO, NMVOC, NO _x , PM ₁₀ , CH ₄ , N ₂ O, SO ₂ , NH ₃ , PM _{2,5} , BaP, PCDD/F, Schwermetalle	CO, CO ₂ , NO _x VOC, SO ₂ , Partikel, Ruß, N ₂ O, B(a)P, PAK, CH ₄ , Benzol, Toluol, m-Xylol, o-Xylol	CO, CO ₂ , NMVOC, NO _x , PM ₁₀
Emissionsfaktor				
Quelle	AVISO GmbH, Prognosehorizonte (ifeu), Flughafenbetreiber Stuttgart	ICAO (n.d.), ifeu/INFRAS (2013), UBA (2015), EMEP/EEA (2013), AVISO GmbH und avireal (2003)	Triebwerksbezogene Verbrauchs- und Emissionskennwerte ⁹ je LTO-Zyklus für NO _x , VOC und CO: ICAO-Triebwerksdatenbank bzw. EPA, weitere Emissionskennwerte zu weiteren Triebwerken: TAPPE/TÜV (1998) Übrige Stoffe ¹⁰ : Öko (2010), ifeu (2012a, b), UBA (2012)	HBEFA 3.2

	Baden-Württemberg	Berlin	Nordrhein-Westfalen	UBA
Differenzierung	Flugzeugtyp, Flugzyklen, Entfernungsstufen (für Stuttgart)	Flugzeugtyp, Flugzyklen nach ICAO (n.d.) (Approach, Taxi in, Taxi out, Take off, Climb out), Vorfeld-Bewegungen	nach Flugzeugmodellen unter Zuordnung von möglichst flughafenspezifischen Triebwerken (JP Airline Fleets International-Datenbank). Flughafen Düsseldorf: nahezu exakte Triebwerksbestückung der Flugzeugmodelle für 2013 ¹¹	Flugzeugtyp, Flugzyklen, Entfernungsstufen
Weitere Kennzahlen	spezifischer Energieverbrauch je Start-/ Landezyklus (LTO) (für Stuttgart)	spezifischer Energieverbrauch je Start-/ Landezyklus (LTO)	k.A.	spezifischer Energieverbrauch je Start-/ Landezyklus (LTO)
Aktivitätsraten	Kraftstoffverbrauch	Kraftstoffverbrauch bei LTO; Kraftstoffverbrauch der Vorfeld-Bewegungen	Flugbewegungszahlen ¹² , Kraftstoffverbrauch ¹³ , Verdunstungsemissionen bei Kraftstoffumschlag ¹⁴	Kraftstoffverbrauch
Berechnung der Emissionen: Modell	AVISO / TREMOD	anhand der in den Quellen genannten Emissionsfaktoren	airTEIM3D	TREMOD 5.3

- Anm.: 1 bezieht sich auf das Jahr der letztmaligen Aktualisierung der Daten.
 2 basiert auf das Emissionskataster des Jahres 2000; für den Flughafen Stuttgart liegt für 2014 eine neue Erhebung vor.
 3 Fortschreibung und Aktualisierung (Entwurf des Berichtes der AVISO GmbH).
 4 Veröffentlichung von Emissionsdaten nur auf Gemeindeebene.
 5 für Flughafen Düsseldorf liegen gerastete Stunden-, Tages- und Monatswerte für NOx vor.
 6 auf Basis der Geometrien der dem Flughafen zugeordneten Quellen sowie An- und Abflugtrichter werden die Jahresemissionen gerastert. Die Ergebnisse der auf die Erdoberfläche projizierten dreidimensionalen Emissionen sind für ein 1 km x 1 km-Raster dargestellt.
 7 LTO für Tegel und Schönefeld, differenziert nach Luftfahrtklassen sowie Flugbewegungen für den sonstigen Flugverkehr aus Daten des Statistischen Bundesamts. Zusätzliche Daten aus Flugtagebüchern der Flughafen-Berlin-Brandenburg-GmbH; Vorfeld-Verkehr (Crew-, Passagierbusse, Gepäckwagen, Förderbänder).
 8 nur in Baden-Württemberg, Berlin und Nordrhein-Westfalen erfasste Flughäfen.
 9 berechnet als mittlerer sekundlicher Kraftstofffluss und mittlere kraftstoffverbrauchsbezogene Emissionsfaktoren.

- 10 berechnet auf Basis kraftstoffbezogener Kennwerte oder Anteilswerte an Stoffgruppen.
- 11 Bereitstellung der Daten durch den Flughafenbetreiber.
- 12 s. Flugtagebücher der Flughäfen und Regionalflughäfen. Insbesondere für Verkehrslandeplätze und Sonderlandeplätze: Daten aus Statistisches Bundesamt Fachserie 8 Reihe 6 (lfd. Jgg.) und AdV (2008).
- 13 basierend auf Flugzeugmodellen bzw. Triebwerken.
- 14 Betreiber der Flughäfen Düsseldorf, Köln-Bonn, Münster-Osnabrück, Dortmund, Paderborn-Lippstadt, Siegerland, Niederrhein.
- k.A. keine Angabe.

Quelle: eigene Erhebung in Abstimmung mit der LUBW, der Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz von Berlin und mit dem LANUV

5.5 Landwirtschaft

Tabelle 12: Synoptischer Vergleich der Vorgehen in den ausgewählten Bundesländern mit dem des UBA: Landwirtschaft

	Baden-Württemberg	Berlin	Nordrhein-Westfalen	UBA
Bezugsjahr ¹	2014	2012	2007	2012
Rasterung	keine ²	1km x 1km	1km x 1km	3km x 3km
Emissionsquellen				
Emittenten	Tierhaltung, Landwirtschaft, zusätzlich: Wildtiere, natürliche Vegetation, Bevölkerung / Abwasserkanäle, Gewässer / Feuchtgebiete	Tierhaltung, Landwirtschaft, Wald (Waldfläche innerhalb der Stadtgrenzen)	Tierhaltung, Dünger, Lagerung	Tierhaltung, Dünger
Vieh	Rinder, Schweine, Pferde, Geflügel, Schafe	Rinder, Schweine, Pferde, Geflügel, Schafe, Ziegen	Rinder, Schweine, Pferde, Maultiere, Esel, Geflügel, Schafe, Ziegen	Rinder, Schweine, Pferde, Maultiere, Esel, Geflügel, Schafe, Ziegen
Dünger	Wirtschaftsdünger, mineralischer Dünger, organischer Dünger	Wirtschaftsdünger	Wirtschaftsdünger, mineralischer Dünger, organischer Dünger	Wirtschaftsdünger, mineralischer Dünger
Systemgrenze	Gesamtemissionen ohne berichtspflichtige Betriebe ³	bei Viehbeständen nur landwirtschaftliche Betriebe ab einer bestimmten Mindestgröße (nur Rinderbestand vollständig)	Gesamtemissionen	Gesamtemissionen
Schadstoffe	CH ₄ , N ₂ O, NH ₃ , NMVOC, PM _{2,5} , PM ₁₀ , Gesamtstaub	CH ₄ , N ₂ O, NH ₃ , CO ₂ , VOC, PM ₁₀ , NO _x	CH ₄ , N ₂ O, NH ₃	CH ₄ , N ₂ O, NH ₃

Daten zu Emissionen aus diffusen Quellen im deutschen Schadstoffregister PRTR

	Baden-Württemberg	Berlin	Nordrhein-Westfalen	UBA
Emissionsfaktor				
Quelle	Thünen-Institut	Thünen-Institut, Amt für Statistik (2014)	Thünen-Institut	Thünen-Institut
Aktivitätsraten	Viehbestände 2009, Düngermengen (StaLA 2010)	Viehbestände 2013 (nur landwirtschaftliche Betriebe ab einer bestimmten Mindestgröße, nur Rinderbestand vollständig), Düngermengen	Viehbestände, Düngermengen StaLA, Statistisches Bundesamt Fachserie 3 Reihe 4.1 (Ifd. Jgg.)	Viehbestände, Düngermengen Statistisches Bundesamt Fachserie 3 Reihe 4.1 (Ifd. Jgg.)
Berechnung der Emissionen: Modell	GAS-EM	GAS-EM	GAS-EM	GAS-EM

Anm.: 1 bezieht sich auf das Jahr der letztmaligen Aktualisierung der Daten.

2 Veröffentlichung von Emissionsdaten nur auf Kreisebene.

3 berichtspflichtige Betriebe werden bei der Wirtschaftsdüngerausbringung berücksichtigt. Anzahl der berichtspflichtigen Betriebe: 12.

Quelle: eigene Erhebung in Abstimmung mit dem LUBW und der Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz von Berlin sowie Einträge des LANUV

5.6 Haushalte

Tabelle 13: Synoptischer Vergleich der Vorgehen in den ausgewählten Bundesländern mit dem des UBA: Haushalte

	Baden-Württemberg	Berlin	Nordrhein-Westfalen	UBA
Bezugsjahr ¹	2014	2012	2012 ²	2008
Rasterung	1km x1km ³	1km x 1km	1km x 1km ⁴	3km x 3km
Räumliche Verteilung	Endenergieeinsatz wird pro Gemeinde ermittelt, wird nach Energieträger differenziert	Ermittlung des Brennstoffverbrauchs disaggregiert für Haushalte	AtKIS 2015 Objektartenkatalog basierend auf Objektartengruppe „Siedlung“, Kennung „41000“, daraus insb. die Objektarten „Wohnfläche“, „Industrie- und Gewerbefläche“	Einsatz von Feuerungsanlagen direkt proportional zur Bevölkerungsdichte; Einsatz von Holz regionale und zellenbezogene Daten wie Waldfläche, Einwohnerdichte und Ortgrößenklassen
Emissionsquellen				
Emittenten	kleine und mittlere Feuerungsanlagen gemäß der 1. BImSchV	kleinere und mittlere Feuerungsanlagen gemäß der 1. BImSchV (nach Altersklassen differenziert)	kleinere und mittlere Feuerungsanlagen gemäß der 1. BImSchV	kleinere und mittlere Feuerungsanlagen gemäß der 1. BImSchV (nach Altersklassen differenziert)
Datenquellen zu Emittenten	Struschka et al. (2007)	GASAG (zu Anschlüssen pro Haus), Fernwärmekarten (z.B. Vattenfall, Fernheizwerk Märkisches Viertel, Fernheizwerk Neukölln AG, Heizwerk Gropiusstadt), Schornsteinfegerdaten	k.A.	Schornsteinfegerhandbuch, IWO (2012), Rheinbraun Brennstoff GmbH (2008), HKI (2011), DEPV (2005, 2011), Biomasseatlas (2012), ZIV (2012), 3N (2010)

Daten zu Emissionen aus diffusen Quellen im deutschen Schadstoffregister PRTR

	Baden-Württemberg	Berlin	Nordrhein-Westfalen	UBA
Sektoren	Gebäudeheizung einschließlich der Warmwasseraufbereitung, Erzeugung von Prozesswärme im gewerblichen Bereich	Gebäudeheizung einschließlich der Warmwasseraufbereitung	Haushalte: Gebäudeheizung und Warmwasser, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen: Gebäudeheizung, Warmwasser, Prozesswärme	Gebäudeheizung einschließlich der Warmwasseraufbereitung
Energieträger	Brenngase (Erdgas, Flüssiggas, Biogase, Klärgas, Deponiegas), Heizöl EL (mittlerer Schwefelgehalt), Festbrennstoffe (Steinkohle, Braunkohle, Holz, Biomasse, regenerative Festbrennstoffe (Strohballen, Getreideganzpflanzen, Getreide(bruch)körner, Pellets aus Getreidekörnern u.ä.))	Braunkohlebriketts, Koks, Steinkohle, Heizöl, Erdgas, Holz	Gas, Heizöl leicht, Feststoffe (nicht weiter differenziert)	Heizöl EL, Heizöl schwefelarm, Erdgas, Steinkohle, Steinkohlenkoks, Steinkohlenbriketts, Braunkohle (Rheinische, Lausitzer, Böhmisches), naturbelassenes Holz
Schadstoffe	CO, CO ₂ , NMVOC, NO _x /NO ₂ , SO _x /SO ₂ , PCDD/PCDF, PAK, PM ₁₀ , HF, HCl, Benzol, VOC, CH ₄ , N ₂ O, Gesamtstaub, As, Cd, Pb, Cr, Cu, Ni, BaP	CO, CO ₂ , NMVOC, NO _x , SO ₂ , PCDD/PCDF, PAK, PM ₁₀ , organische Gase, Staub, Benzol, CH ₄ , Benz-a-Pyren, BTX, N ₂ O, Fluor, Chlor, Blei, Cadmium, Arsen, Nickel, Zink, Kupfer, Dioxine, Furane	NO _x , Staub, PM ₁₀ , PM _{2,5} , CO ₂ , SO ₂ , N ₂ O, HF, HCl, VOC, CH ₄ , NMVOC, Benzol, BaP, As, Cd, PB, Cr, Cu, Ni, Hg, PCDD/F ⁴	CO, CO ₂ , NMVOC, NO _x /NO ₂ , SO _x /SO ₂ , PCDD/PCDF, PAK, PM ₁₀
Emissionsfaktor				
Differenzierung	Energieträger	Energieträger	Energieträger	Energieträger, Feuerungsanlagen nach Leistungsbereichen

	Baden-Württemberg	Berlin	Nordrhein-Westfalen	UBA
Besonderheiten	k.A.	k.A.	Annahmen: Alle Feststofffeuerungen sind Holzfeuerungen, wobei nur Scheitholz eingesetzt wird, Keine Differenzierung der Gasfeuerungen nach Erdgas- und Flüssiggaseinsatz	k.A.
Quelle	k.A.	LAI (2013), Struschka (2015)	LUBW (2013)	s. Wursthorn et al. (2013)
Aktivitätsraten	Brenngase basierend auf Strukturdaten Gebäude, Zensusdaten, Versorgungs- und Verbrauchsdaten, Heizöl EL basierend auf Strukturdaten Gebäude, Zensusdaten, Versorgungsdaten, Festbrennstoffe basierend auf Strukturdaten Gebäude, Zensusdaten	Endenergieeinsatz Festbrennstoffe, insbes. Holzfeuerung, basierend auf Wärmebedarf der Gebäudeart, Verkaufszahlen, Anzahl und Art der Öfen in Kombination mit Verkaufszahlen Wärmedämmung und Zuordnung der Energieträger zu Wohnungsblöcken	Endenergieeinsatz	Endenergieeinsatz
Datenquellen	Abschätzungen (Baumärkte), Forstwirtschaft, Landesumweltverbände, Befragungen von Schornsteinfeger (960 bevollmächtigte Schornsteinfeger, relevant v.a. beim Holz)	u.a. Schornsteinfeger ⁵ , Mikrozensus ⁶	k.A.	AGEB (2015)

- Anm.: 1 bezieht sich auf das Jahr der letztmaligen Aktualisierung der Daten.
 2 Energiebilanz NRW (2012) und Schornsteinfegerdaten auf Kreisebene aus 2014.
 3 seit 2014; Veröffentlichung von Emissionsdaten auch auf Gemeindeebene.
 4 Daten werden auf Kreis- und Gemeindeebene berechnet.
 5 Daten zu Kehrschächten, Anzahl der Schornsteine, Anzahl der Feuerungsanlagen pro Schornsteine.
 6 Daten zur Wärmedämmung und Energieträger.

k.A. keine Angabe.

Quelle: eigene Erhebung in Abstimmung mit der LUBW, der Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz von Berlin und mit dem LANUV

5.7 Emissionsfaktoren von Feuerungsanlagen

In Ergänzung zu dem qualitativen Vergleich der unterschiedlichen Vorgehensweisen in den ausgewählten Bundesländern und des UBA wurden auch die Emissionsfaktoren exemplarisch für Kleinfeuerungsanlagen verglichen.

Die Grundlage zur Berechnung von Emissionen bilden je nach Emissionsquelle, jedoch vergleichsweise häufig, auf Brennstoffe bezogene Emissionsfaktoren. Grundsätzlich können die brennstoffbezogenen Emissionsfaktoren nach Typ der Feuerungsanlage und Leistungsbereich differenziert werden. Weiterhin kann die Herkunft des Energieträgers berücksichtigt werden. So unterscheidet sich das Emissionsverhalten der rheinischen Braunkohle von der Lausitzer Braunkohle. Diese Differenzierungen kommen nicht für alle Emissionsstoffe und Brennstoffe zum Tragen (s. hierzu Anhang).

In den folgenden Tabelle 14 bis Tabelle 19 werden die von den Bundesländern und vom UBA angenommenen Emissionsfaktoren für Kleinfeuerungsanlagen dargestellt, wobei über den Brennstoff hinausgehende Differenzierungen nur in Spannbreiten angegeben werden. Eine detaillierte Darstellung ist im Anhang zu finden. Anzumerken bleibt, dass die Bundesländer einheitliche Emissionsfaktoren verwenden.²

Tabelle 14: Ausgewählte Emissionsfaktoren für Kohlenstoffdioxid, in kg/TJ

Energieträger	UBA	Ba-Wü Berlin NRW
Heizöl EL	73.344	74.000
Erdgas	55.796	55.000
Flüssiggas	k.A.	65.000
Steinkohle	95.930	98.000
Steinkohlenkoks	106.167	105.000
Steinkohlenbriketts	95.457	93.000
Mitteldeutsche, Böhmisches BKB	k.A.	97.000
Rheinische BKB	97.010	99.000
Lausitzer BKB	97.010	101.000
naturbelassenes Holz	102.108	102.000

Anm.: k.A. keine Angabe.

BKB Braunkohlebrikett.

Quellen: AVISO GmbH (2016), LUBW (2013), Wursthorn et al. (2013)

Hinsichtlich Kohlenstoffdioxidemissionen werden die Emissionsfaktoren mit einer Ausnahme nur bezüglich der verwendeten Brennstoffe unterschieden. Bei Braunkohlebriketts wird zusätzlich die Herkunft beachtet. In Summe sind die Unterschiede zwischen den Emissionsfaktoren eher gering und erreichen eine maximale Abweichung von ca. 4% (Lausitzer Braunkohlebriketts). Festzuhalten ist ebenso, dass die Abweichungen zwischen den Bundesländern und dem UBA nicht systematisch sind.

² Ende 2015 veröffentlichten die berücksichtigten Bundesländer noch unterschiedliche Emissionsfaktoren.

Hinsichtlich Kohlenstoffmonoxid, Stickoxide, Schwefeldioxid und Partikel differenziert das Umweltbundesamt bei den Emissionsfaktoren zwischen Energieträgern, Feuerungsanlagentyp und Leistungsbereich. Die Bundesländer unterscheiden nach Energieträgern. Unter Beachtung dieser Voraussetzungen zeigt sich, dass sich die Emissionsfaktoren zwischen dem Umweltbundesamt und den Bundesländern, teilweise signifikant unterscheiden. Dies gilt insbesondere für Feuerungsanlagentypen und Leistungsbereiche für die Emissionsfaktoren abgeleitet wurden, die deutlich von den mittleren Emissionsfaktoren abweichen. Für einige Emissionsfaktoren, so bspw. für Schwefeldioxid- und Partikelemissionsfaktoren für Erdgas werden identische Werte angenommen. Die Emissionsfaktoren für PM₁₀ sind bei zahlreichen Energieträgern beim UBA und den Bundesländern gleich oder nur gering abweichend (s. Tabelle 15 bis Tabelle 19).

Tabelle 15: Ausgewählte Emissionsfaktoren für Kohlenstoffmonoxid, in kg/TJ

Energieträger	UBA	Ba-Wü, Berlin NRW
Heizöl EL	7,0-106,0	14,0
Erdgas	6,4-22,0	14,0
Flüssiggas	k.A.	13,0
Steinkohle	2.990,0-3.452,0	3.386,0
Steinkohlenkoks	809,0-7.220,0	6.768,0
Steinkohlenbriketts	4.875,0	4.875,0
Lausitzer BKB	1.712,0-6.225,0	2.435,0
Mitteldeutsche BKB	k.A.	3.504,0
Böhmische BKB	k.A.	3.800,0
Rheinische BKB	1.311,0-5.779,0	2.280,0
Holzpellets	95,0-652,0	317,0
naturbelassenes Holz	611,0-3.895,0	2.871,0

Anm.: k.A. keine Angabe.

BKB Braunkohlebrikett.

Quellen: AVISO GmbH (2016), LUBW (2013), Wursthorn et al. (2013)

Tabelle 16: Ausgewählte Emissionsfaktoren für Stickoxide, in kg/TJ

Energieträger	UBA	Ba-Wü Berlin NRW
Heizöl EL	34,0-42,0	43,0
Erdgas	5,1-54,0	24,0
Flüssiggas	k.A.	36,0
Steinkohle	59,0-88,0	63,0
Steinkohlenkoks	29,0-72,0	41,0
Steinkohlenbriketts	k.A.	50,0
Lausitzer BKB	42,0-130,0	89,0
Mitteldeutsche BKB	k.A.	72,0
Böhmische BKB	k.A.	86,0
Rheinische BKB	67,0-129,0	85,0
Holzpellets	80,0-182,0	114,0
naturbelassenes Holz	55,0-124,0	74,0

Anm.: k.A. keine Angabe.

BKB Braunkohlebrikett.

Quellen: AVISO GmbH (2016), LUBW (2013), Wursthorn et al. (2013)

Tabelle 17: Ausgewählte Emissionsfaktoren für Schwefeldioxid, in kg/TJ

Energieträger	UBA	Ba-Wü Berlin NRW
Heizöl EL	32,1	2,3
Erdgas	0,5	0,5
Flüssiggas	k.A.	0,5
Steinkohle	129,0-408,0	375,0
Steinkohlenkoks	435,0-488,0	450,0
Steinkohlenbriketts	563,0	563,0
Lausitzer BKB	68,0-325,0	121,0
Mitteldeutsche BKB	k.A.	719,0
Böhmische BKB	k.A.	267,0
Rheinische BKB	61,0-114,0	70,0
Holzpellets	5,1	5,1
naturbelassenes Holz	1,3-9,2	7,7

Anm.: k.A. keine Angabe.

BKB Braunkohlebrikett.

Quellen: AVISO GmbH (2016), LUBW (2013), Wursthorn et al. (2013)

Tabelle 18: Ausgewählte Emissionsfaktoren für PM₁₀, in kg/TJ

Energieträger	UBA	Ba-Wü Berlin NRW
Heizöl EL	0,46	1,0
Erdgas	0,03	0,03
Flüssiggas	0,03	0,03
Steinkohle	18,0	18,0
Steinkohlenkoks	16,0	16,0
Steinkohlenbriketts	253,0	253,0
Lausitzer BKB	45,0	48,0
Mitteldeutsche BKB	k.A.	113,0
Böhmische BKB	320,0	319,0
Rheinische BKB	64,0	71,0
Holzpellets	k.A.	33,0
naturbelassenes Holz	97,0	99,0

Anm.: k.A. keine Angabe.
BKB Braunkohlebrikett.

Quellen: AVISO GmbH (2016), LUBW (2013), Wursthorn et al. (2013)

Tabelle 19: Ausgewählte Emissionsfaktoren für Partikel (Gesamtstaub), in kg/TJ

Energieträger	UBA	Ba-Wü Berlin NRW
Heizöl EL	0,04-1,10	1,0
Erdgas	0,03	0,03
Flüssiggas	k.A.	0,03
Steinkohle	18,0	18,0
Steinkohlenkoks	15,0-17,0	16,0
Steinkohlenbriketts	265,0	265,0
Lausitzer BKB	11,0-125,0	51,0
Mitteldeutsche BKB	k.A.	120,0
Böhmische BKB	111,0-385,0	336,0
Rheinische BKB	29,0-239,0	75,0
Holzpellets	13,0-55,0	33,0
naturbelassenes Holz	52,0-149,0	102,0

Anm.: k.A. keine Angabe.
BKB Braunkohlebrikett.

Quellen: AVISO GmbH (2016), LUBW (2013), Wursthorn et al. (2013)

Die obigen Tabellen zeigen, dass sich die Emissionsfaktoren im Wert und im Detaillierungsgrad unterscheiden. Die Abweichungen können für einzelne Schadstoffe je nach Energieträger signifikant sein und sind bedeutsamer, je höher der Differenzierungsgrad der Emissionsfaktoren bei den vom UBA unterstellten Werten ist. Bei den Emissionsfaktoren der Länder werden mittlere Emissionsfaktoren für unterschiedliche Feuerungsarten herangezogen. Diese mittleren Emissionsfaktoren sind bei verschiedenen Schadstoffen mit den mittleren Emissionsfaktoren des UBA vergleichbar; dies gilt jedoch nicht bei allen Schadstoffen.

Anzumerken bleibt, dass die Bundesländer Emissionsfaktoren für die Energieträger Pellets, stückiges Holz und Stroh ausweisen, während das UBA naturbelassenes Holz berücksichtigt und hierbei nach Feuerungsarten, wie Pelletöfen oder Heizkessel für Pellets, unterscheidet.

6 Erarbeitung und Aufbereitung von Emissionsdaten im Bereich der mobilen Maschinen

6.1 Einleitung

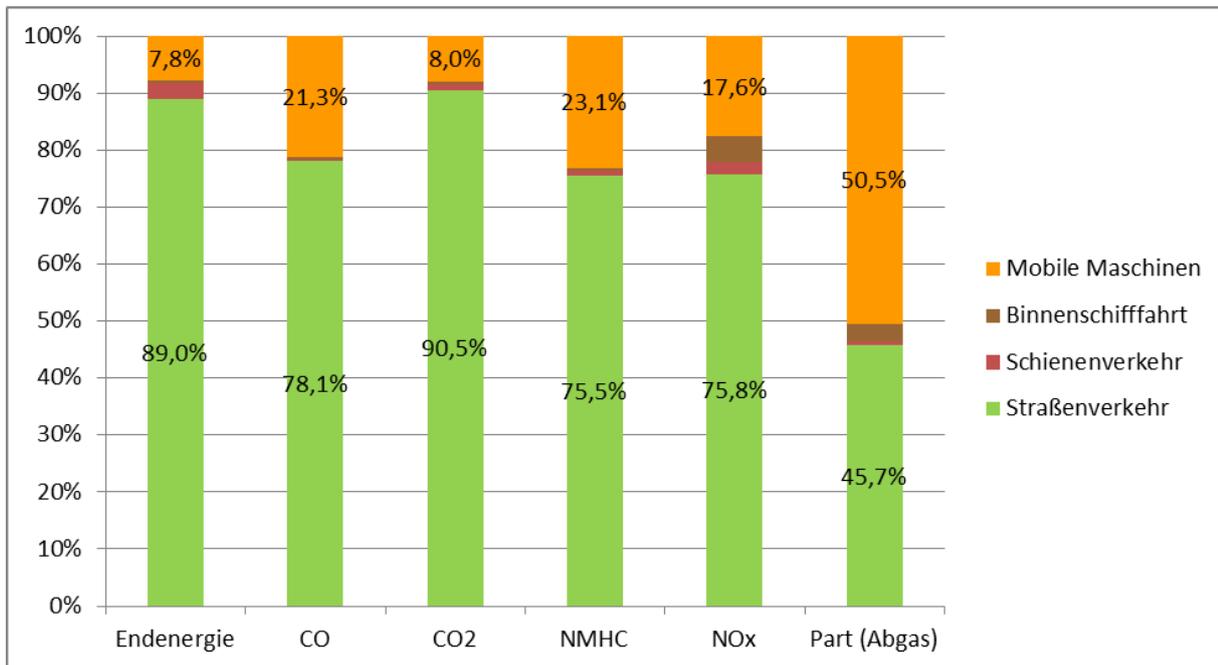
Der Begriff der mobilen Maschinen erfasst Maschinen, die typischerweise nicht im regulären Straßenverkehr eingesetzt werden. Die Gruppe der mobilen Maschinen ist sehr heterogen und umfasst sowohl große Maschinen wie Vollernter in der Land- oder Forstwirtschaft, als auch Kleingeräte, wie Handrasenmäher, die zur Grünpflege im Garten eingesetzt werden. Damit werden nicht nur Maschinen und Geräte, die gewerblich eingesetzt werden, berücksichtigt, sondern auch solche für Freizeitaktivitäten bzw. Aktivitäten im privaten Bereich.

Die Analysen zeigen, dass die Emissionen, die durch mobile Maschinen verursacht werden, durchaus nennenswert sind (s. Abbildung 6). Generell gilt, dass der Anteil der betrachteten, durch mobile Maschinen verursachten Emissionen generell größer ist, als die durch die Binnenschifffahrt und durch den Schienenverkehr. Weiterhin ergeben sich aber erhebliche Unterschiede zwischen den einzelnen Schadstoffen. Bei den direkten Kohlenstoffdioxidemissionen liegt der Anteil der Emissionen, die durch mobile Maschinen verursacht werden, bei unter 10%, bei Kohlenstoffmonoxid, NMHC und Stickoxide zwischen 17% und 24%, während mehr als die Hälfte der Abgaspartikelemissionen (sowohl PM₁₀ als auch PM_{2,5}) in den betrachteten Sektoren durch mobile Maschinen verursacht werden.

Die Emissionen sind besonders für die Innenstädte relevant, die stärker belastet sind als ländliche Regionen. Laut UBA (n.d.) wurden in den letzten Jahren hinsichtlich der zulässigen PM₁₀- und NO₂-Konzentration in Deutschland an vielen Messstationen Überschreitungen des Grenzwertes nach Richtlinie 2008/50/EG festgestellt.

Für die Ermittlung der regionalisierten Emissionen von mobilen Maschinen wird ein analoges Verfahren wie bspw. beim Straßenverkehr vorgenommen. Im Folgenden wird die Vorgehensweise erläutert mit der zunächst die bundesweiten Emissionen mit Hilfe des Modells TREMOD-Mobile Machinery (TREMOD-MM; s. Kapitel 6.2) ermittelt werden, um diese dann zu regionalisieren (s. Kapitel 6.4). Die Ausführungen basieren auf den Studien vom ifeu (2016) und IER (2016), die beide für dieses Projekt angefertigt wurden. Die Studien sind in der Anlage zu diesem Bericht zu finden.

Abbildung 6: Verteilung des Endenergieverbrauchs und der Emissionen auf unterschiedliche Sektoren im Jahr 2014



Quelle: ifeu (2016)

6.2 TREMOD-MM

Die Berechnung der Emissionen der mobilen Geräte erfolgt im Rahmen von TREMOD-MM nach einer einheitlichen Methode, der sog. „Bestandsmethode“. Diese ist international anerkannt und wird im Grundsatz u. a. in der Non-road-Datenbank der Schweiz (INFRAS 2015) und bei dem EPA NONROAD Modell (EPA 2013) angewendet:

$$(7) \quad E_A = Anz * P * Z * LF * EF,$$

wobei:

E_A = Emissionen der Schicht (z.B. 37-75 kW; Baujahr 1990 in Bezugsjahr 2000),

Anz = Anzahl/Bestand von Geräten/Maschinen/Fahrzeugen,

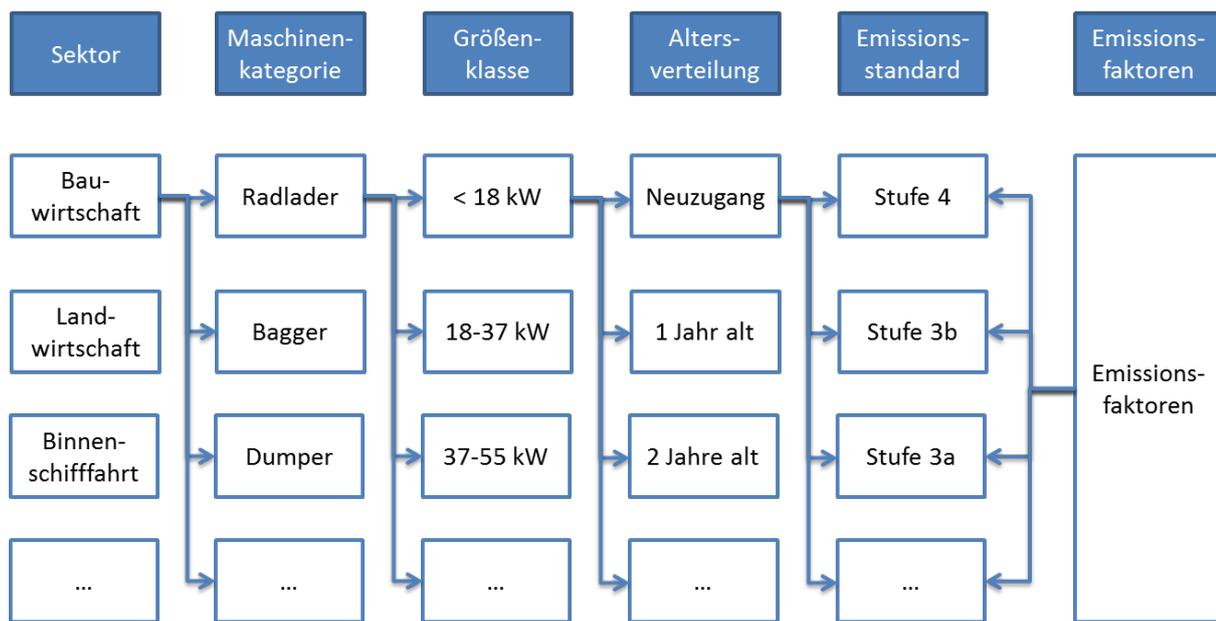
P = mittlere Nennleistung (für diese Schicht),

Z = Zahl der spezifischen Betriebsstunden,

LF = typischer mittlerer Lastfaktor (< 1),

EF = Emissionsfaktor (g/kWh).

Abbildung 7: Schema der Emissionsberechnung in TREMOD-MM



Quelle: ifeu (2016)

Die Berechnung der Emissionen und des Kraftstoffverbrauchs in TREMOD-MM erfolgt für jedes einzelne Maschinensegment, das sich aus Sektor, Maschinenkategorie, Größen-, Altersklasse und Emissionsstandard sowie der verwendeten Kraftstoffart zusammensetzt (s. Abbildung 7).

Die Daten werden nach Subsektoren und Kraftstoffarten differenziert. Das Vorgehen ist damit kompatibel zur Systematik im Zentralen System Emissionen (ZSE) des UBA bzw. zur nationalen Emissionsberichterstattung (s. z.B. UBA 2015).

Die Sektoren umfassen mobile Arbeitsmaschinen aus den folgenden fünf Kategorien. In den Klammern ist die Nomenklatur des UBA-ZSE abgebildet:

- Bauwirtschaft (1 A 2 g vii),
- Landwirtschaft (1 A 4 c ii (i)),
- Forstwirtschaft (1 A 4 c ii (ii)),
- Industrie und sonstige (1 A 4 a ii), sowie
- Haushalt und Garten (1 A 4 b ii).

Die Auswahl der Emissionsstoffe entspricht derjenigen für die anderen Quellengruppen von verkehrsbedingten Emissionen und umfasst daher die Stoffe Kohlenstoffmonoxid, Kohlenstoffdioxid, NMVOC, Stickoxide und PM₁₀.

6.3 Datengrundlage für mobile Maschinen

Die Heterogenität der zu erfassenden mobilen Maschinen sowie die in vielen Fällen fehlende Notwendigkeit den Besitz von mobilen Maschinen amtlich registrieren zu müssen – letzteres gilt insbesondere für Kleingeräte in der nicht-gewerblichen Nutzung – erfordert die Auswertung unterschiedlicher Datenquellen. Dazu gehören neben amtlichen Statistiken und regelmäßig erhobenen Verbandstatistiken auch Marktstudien sowie die Auswertung von Gebrauchtbörsen. Die verschiedenen Datenquellen sind in ifeu (2004), ifeu (2009) und ifeu (2014b) ausführlich dokumentiert.

Tabelle 20: Übersicht über Datenquellen für die Bilanzierung mit TREMOD-MM

Sektor	Bestände	Betriebsstunden	Emissionsfaktoren
Landwirtschaft	KBA für Zugmaschinen	Literatur- und Gebrauchtbörsendaten	sektorenunabhängige Faktoren nach Größenklassen und Antriebsart. Dieselmotoren: bis Stufe II Messdaten und Literatur; Stufe IIIA-IV Expertenabschätzungen und Emissionsgrenzwerte Ottomotoren (Benzin 2- / 4-Takter, Gas): bis Stufe 1 Messdaten und Literatur; für Stufen 1-2 Grenzwertvorschläge und Zertifizierungsdaten EPA
Forstwirtschaft	Angaben des Kuratoriums für Wald- und Forsttechnik	Literatur- und Gebrauchtbörsendaten	
Bauwirtschaft	bis 1996 offizielle Statistiken; seit 1997 Marktstudien	Literatur- und Gebrauchtbörsendaten; Industriedaten	
Industrie / Sonstige	Verkaufszahlen, Produktionsstatistiken, Industriedaten	Literatur- und Gebrauchtbörsendaten; Industriedaten	
Haushalt und Garten, Grünpflege	Verkaufszahlen	Literatur- und Industriedaten	

Quelle: ifeu (2016)

In der Bauwirtschaft werden Maschinen im Straßen-, Hoch- und Tiefbau eingesetzt und variieren je nach Einsatzgebiet stark in ihrer Größe und Leistung. Zum größten Teil werden dieselebetriebene Maschinen eingesetzt und nur wenige elektrisch-, benzin- oder gasbetriebene Maschinen. In der Bauwirtschaft genutzte LKWs werden im Straßenverkehr berücksichtigt. Kräne, Pumpen, Schweißgeräte und Kühleinheiten besitzen zum größten Teil einen Elektroantrieb und tragen daher nicht direkt zu Luftschadstoffemissionen bei. Generatoren und Stapler werden im Bereich Industrie/Sonstiges berücksichtigt. Eine genaue Aufstellung ist in Tabelle 21 zu finden.

Die Bestandsdaten für Baumaschinen basieren bis 1996 auf Daten der statistischen Jahrbücher der Bundesrepublik Deutschland bzw. der DDR. Der geschätzten Bestandsentwicklung bis zum Jahr 2010 liegen von dem britischen Consulting Unternehmen „Off Highway Research“ veröffentlichten Populationszahlen zu einzelnen Gerätetypen (Off-Highway Research 2011) und die Entwicklung der Produktions- und Außenhandelsstatistik des Statistischen Bundesamtes (Statistisches Bundesamt 2011) zugrunde. Zusätzlich müssen die Abgänge über Verschrottung mit einberechnet werden. Diese wurden auf Basis der durchschnittlichen mittleren Lebenszeit abgeschätzt. Für die Jahre nach 2010 wurde aufgrund fehlender Daten eine auslaufende Fortschreibung angenommen.

Zur Abschätzung der jährlichen Betriebsstunden wurden aktuelle empirische Quellen (ifeu 2014b) genutzt. Weiterhin wurden für die Auswertung Gebrauchtbörsen herangezogen (GB 2011), wobei darauf geachtet wurde, nur Maschinenangebote mit Deutschland als Standort einzubeziehen. Weiterhin stellten verschiedentlich Firmen Daten zur Verfügung. Insgesamt konnte eine Stichprobe von über 10.000 Maschinen verwendet werden. Da die Daten sich nur auf ein Jahr – 2011 – beziehen, wurde der preisbereinigte Index des baugewerblichen Umsatzes im Tiefbau verwendet, um die durch die Konjunktur bedingten Nutzungsschwankungen in den anderen Jahren zu erfassen. Die Anteile der Nennleistungsklassen am Gesamtbestand sowie die mittlere Leistung pro Klasse basiert ebenfalls auf Firmendaten (ifeu 2014b).

In der Landwirtschaft werden hauptsächlich dieselebetriebene Zugmaschinen (Ackerschlepper) und Mähdrescher als motorisierte Maschinen eingesetzt. Die Leistungsbandbreite der eingesetzten Moto-

Tabelle 21: Übersicht der Maschinentypen in der Bauwirtschaft

Maschinentyp	Untertyp
Betonmischer	--
Mobil- und Autokrane	--
Betonpumpen	--
Dumper / Muldenkipper	Muldenkipper Minidumper / Raupendumper
Universalbagger	Minibagger Raupenbagger Mobilbagger
Baggerlader	--
Planiertrauben	
Kader	Radlader Raupenlader Kompaktlader Teleskoplader
Grader / Straßenhobel	--
Rambären	--
Verdichtungsmaschinen	Stampfer / Rüttler Walzen
Straßenfertiger	Straßenfertiger Kleinfertiger
Kompressoren	--

Quelle: ifeu (2016)

ren ist dabei groß und reicht von sehr kleinen Ackerschleppern mit einer Leistung < 18 kW bis zu großen Zugmaschinen und Mähdreschern mit über 130 kW. Das KBA erhebt regelmäßig Bestandsdaten für Zugmaschinen, die nach Zulassungsjahr und Leistungsklasse differenziert sind. Auf diesen Daten basiert der in TREMOD-MM berücksichtigte Bestand, wobei aktuell Realdaten bis einschließlich 2014 vorliegen.

Analog zu den Baumaschinen wird der Bestand an Mähdreschern seit 1994 nicht mehr amtlich erfasst. Ausgehend von 1994 wurde der Bestand analog zur Bestandsmodellierung bei Zugmaschinen auf Basis der Neuzugänge (BLE 2008) fortgeschrieben. Problematisch erscheint, dass ein Teil der Mähdrescher faktisch nicht mehr eingesetzt werden. Dies wird über die altersabhängige Nutzungsdauer berücksichtigt.

Zur Bestimmung der Nutzungsstunden werden wiederum, analog zu den Baumaschinen, Informationen von Gebrauchtbörsen ausgewertet. Hierbei erfolgt eine Differenzierung nach kW-Klassen. Die Lastfaktoren orientieren sich an den Daten des BAFU für die Schweiz (BAFU 2008).

Die Forstwirtschaft beinhaltet neben der klassischen Holzwirtschaft auch die Aufforstung und Pflege des Waldes sowie die Instandhaltung von Wegen und andere Aufgaben. Die Maschinen die dabei zum Einsatz kommen, sind handgehaltene Motor- bzw. Kettensägen und große Forstmaschinen zur Holzernie. Kleinere Arbeiten wie Transport und Pflege im Wald werden meistens durch Schlepper ausgeführt. Hierbei gibt es speziell ausgerüstete Forstschlepper sowie gewöhnliche Ackerschlepper. Die

Datenlage konnte durch eine Forstmaschinenerhebung des Kuratoriums für Waldarbeit und Forsttechnik (KWF) e.V. verbessert werden (Nick 2003). Die großen Maschinen sind ausschließlich dieselbetrieben; zusätzlich gibt es eine große Anzahl handgehaltener Motorsägen mit Otto-Motor.

Daten zum Maschinenbestand in der Forstwirtschaft beruhen auf Daten des KWF. Die im Bereich Forstwirtschaft berücksichtigten Zugmaschinen werden dabei zur besseren Zuordnung der Emissionen zu den verschiedenen Sektoren im Bereich der Landwirtschaft herausgerechnet. Die Nutzungsstunden und Lastfaktoren orientieren sich an den Daten des BUWAL für die Schweiz (BAFU 2008).

Im Bereich Haushalt und Garten (Grünpflege) werden überwiegend benzin- und elektrisch betriebene Geräte eingesetzt. Als Maschinentypen werden Rasenmäher, Aufsitzmäher, Motorsägen, Trimmer/Freischneider und sonstige Geräte berücksichtigt. Diese Geräte haben im Allgemeinen eine kleinere Leistung als die Geräte in den anderen Kategorien. Aus der hohen Anzahl der Gärten ergibt sich jedoch ein hoher Gerätebestand. Weiterhin gibt es hier auch viele professionell genutzte Geräte mit einer deutlich höheren jährlichen Nutzungsdauer. Private Bestände und verschiedene Arten professioneller Nutzung des gleichen Maschinentyps werden daher als unterschiedliche Maschinenkategorien behandelt.

Die Bestände im Bereich Haushalt und Garten (Grünpflege) werden vor allem auf der Basis von Verkaufszahlen und der Lebensdauer der Maschinen abgeleitet und wurden mit europäischen Bestandsstatistiken abgeglichen (JRC 2008). Die Nutzungsstunden und Lastfaktoren orientieren sich an den Daten des BAFU für die Schweiz (BAFU 2008).

Im Bereich Industrie/Sonstige werden Generatoren und Stapler zusammengefasst, die in der Regel mit Dieselkraftstoff und bei Staplern teilweise auch mit LPG betrieben werden. Der Staplerbestand wurde auf Basis von Industriedaten abgeschätzt. Der Bestand an Generatoren wurde mangels weiterer Informationen alleine über die Produktionszahlen, sowie die Ein- und Ausfuhr und Verschrottung von Maschinen modelliert.

Insgesamt ist die Datenlage im Vergleich zu der bspw. für den Straßenverkehr relativ unsicher (s. Tabelle 22).

Tabelle 22: Vergleich der Datenlage zwischen Straßenverkehr und mobilen Maschinen

Eingangsdaten	TREMODO Straßenverkehr	TREMODO Mobile Maschinen
Bestandsdaten	differenzierte Erfassung durch die Zulassungs- und Bestandsstatistik des KBA	Erfassung durch das KBA nur bei Zugmaschinen; Statistik bei Baumaschinen veraltet; sonst grobe Hochrechnungen auf Basis von Verkaufszahlen
Fahrzeug- / Maschinennutzung	regelmäßige Straßenverkehrszählungen und Fahrleistungserhebungen	Daten zu Betriebsstunden liegen nur aus Stichproben vor; zahlreiche Plausibilisierungen und Abschätzungen
Nutzungsprofil	Aufzeichnungen von realem Fahrverhalten in verschiedenen Verkehrssituationen und Bündelung zu Fahrmustern	über die reale Nutzung ist wenig bekannt; vereinfachende Beschreibung der Motornutzung über einen Lastfaktor; Anpassung an dynamischen Betrieb auf Basis weniger Untersuchungen
Emissionsfaktoren	umfangreiche Messprogramme und Simulation des Emissionsverhaltens in den aufgezeichneten realen Verkehrssituationen	abgeleitet auf Basis von Typprüfungen in stationären Zyklen; keine repräsentativen Messdaten zur dynamischen Nutzung; Problem des „cycle beating“

Quelle: ifeu (2016)

Es liegen keine differenzierten amtlichen Daten vor. Die Eingangsdaten beruhen für mobile Maschinen in weiten Teilen auf wenigen Untersuchungen, Hochrechnungen und plausiblen Abschätzungen. Darüber hinaus liegen nur wenige Informationen über die tatsächlichen Nutzungsprofile von mobilen Maschinen vor.

6.4 Methodik der Regionalisierung der Emissionen von mobilen Maschinen

Die grundsätzliche Vorgehensweise zur Regionalisierung der durch mobile Maschinen bedingten Emissionen entspricht dem Verfahren, wie es in Kapitel 3.3 skizziert wurde (s.a. Wursthorn et al. 2013 sowie Thiruchittampalam 2014).

Ein klarer Vorteil des flexiblen Vorgehens bei der Regionalisierung ist, dass Informationen auf unterschiedlichen Ebenen miteinander kombiniert werden können. Das Modell zur räumlichen Verteilung arbeitet intern mit Regionen nach NUTS-2006. Mittlerweile sind die Klassifizierungen NUTS-2010 (seit 2012) und NUTS-2013 (seit 2015) gültig. In diesem Projekt wurden für Deutschland neben Umbenennungen einzelner Regionen insbesondere die Zusammenfassungen im Rahmen der Kreisreform in Sachsen in 2008, sowie die Kreisgebietsreform Mecklenburg-Vorpommern in 2011 berücksichtigt. Bei ersterer wurden Gebiete zusammengefasst, während bei der letzteren auch administrative Grenzen verschoben wurden. Hierbei kann es zu (geringer) Unschärfe bei der Zuordnung neuerer statistischer Daten zu den ursprünglichen Regionen kommen.

Für die Regionalisierung der durch mobile Maschinen bedingten Emissionen empfiehlt die Europäische Umweltagentur folgende Allokationsverfahren (EMEP/EEA 2013):

- Landwirtschaftliche und forstwirtschaftliche Emissionen sollten mittels Landnutzungsdaten verteilt werden,
- Emissionen aus der Industrie, sowie aus Haushalten und Gärten sollten mittels Bevölkerungsdichte verteilt werden.

Für Baumaschinen liegt keine Empfehlung vor.

Die Verteilung der Emissionen von Baumaschinen orientiert sich im ersten Schritt nach den Beschäftigungszahlen im Bauhauptgewerbe, die mit wenigen Ausnahmen auf Stadt- und Landkreisebene für das Jahr 2014 vorliegen. Sollten für das gewählte Jahr keine Daten verfügbar sein, wurde das neueste Jahr verwendet, für das Daten verfügbar sind. Für die Länder Brandenburg, Bremen, Saarland und Sachsen-Anhalt lagen diese Daten nur auf Bundeslandebene vor. Hier erfolgte eine bevölkerungsgewichtete Zuordnung der Daten. Im zweiten Schritt wurden die Daten mittels Bevölkerungsdichte von NUTS-3 Ebene auf Gitterebene verteilt.

Für landwirtschaftlich genutzte mobile Maschinen liegen auf regionaler Ebene (NUTS-3) keine Daten vor. Aus diesem Grund wird die landwirtschaftlich genutzte Fläche basierend auf Landnutzungsdaten als Indikator für die erste Phase der räumlichen Verteilung herangezogen (vgl. hierzu auch EMEP/EEA 2013).

Zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichts (April 2016) waren die Landnutzungsdaten CLC2012 von Corine Landcover noch nicht vollständig validiert. Daher wurde noch die Vorgängerversion CLC2006 genutzt. Ein Test mit den aktuellen CLC2012-Daten (Version 18.5 vom 19. Februar 2016) hat ergeben, dass für die relevante Kategorie für Deutschland keine relevanten Unterschiede erkennbar sind. In der zweiten Phase der räumlichen Verteilung werden die landwirtschaftlichen Emissionen anhand der genutzten Fläche verteilt.

Für die Forstwirtschaft liegen keine Daten zu den Jahresarbeitseinheiten in der Wald- und Forstwirtschaft und keine Beschäftigtenzahlen in der Forstwirtschaft und holzverarbeitenden Industrie auf der NUT3-Ebene vor. Da der Anteil der Forstwirtschaft an den Gesamtemissionen der mobilen Maschinen insgesamt gering ist (Partikel: etwa 1%; NOx: < 2%; CO₂: 2-3%; NMVOC: < 6%; CO: < 4%), erfolgt die

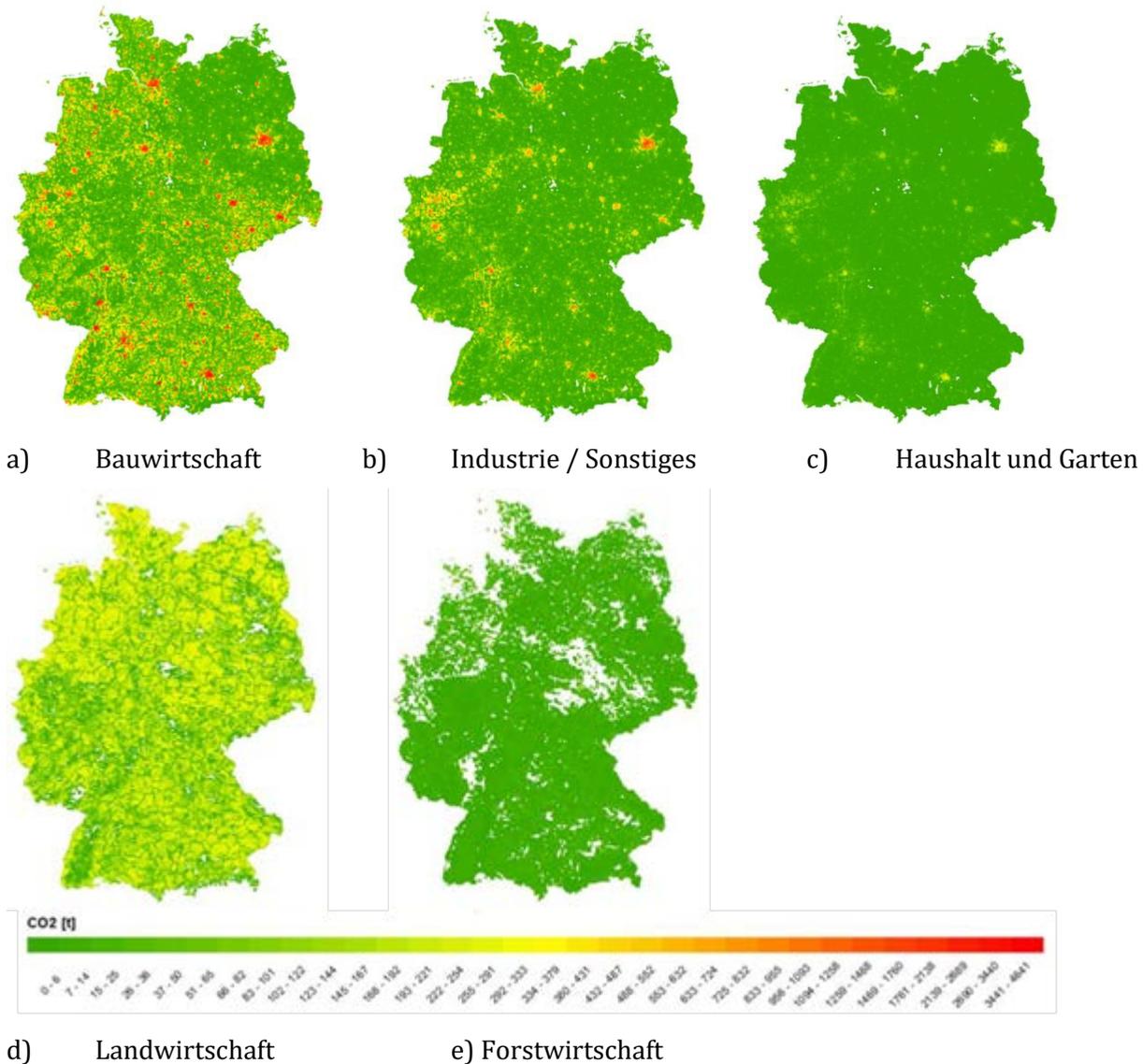
Verteilung auf die Gitterzellen mittels der Landnutzungsclassen für Waldfläche. Den kreisfreien Städten Straubing (NUTS-3 Code: DE223) und Stralsund (NUTS-3 Code: DE805) konnten keine Waldfläche zugeordnet werden. Daher sind diese stattdessen mit der landwirtschaftlichen Nutzfläche insgesamt verteilt. Auf die zwei Landkreise entfallen nur etwas weniger als 0,03% der deutschlandweiten Emissionen aus den forstwirtschaftlich genutzten mobilen Maschinen.

Entsprechend der Empfehlung der Europäischen Umweltagentur (EMEP/EEA 2013) werden die Emissionen von Industrie/Sonstiges sowie Haushalt und Garten (Grünpflege) anhand der Bevölkerung verteilt. Zunächst werden die Emissionen den Stadt-/Landkreisen zugeordnet. Die Verteilung auf die Gitterebene erfolgt anschließend unter Zuhilfenahme der Bevölkerungsdichte.

6.5 Ergebnisse

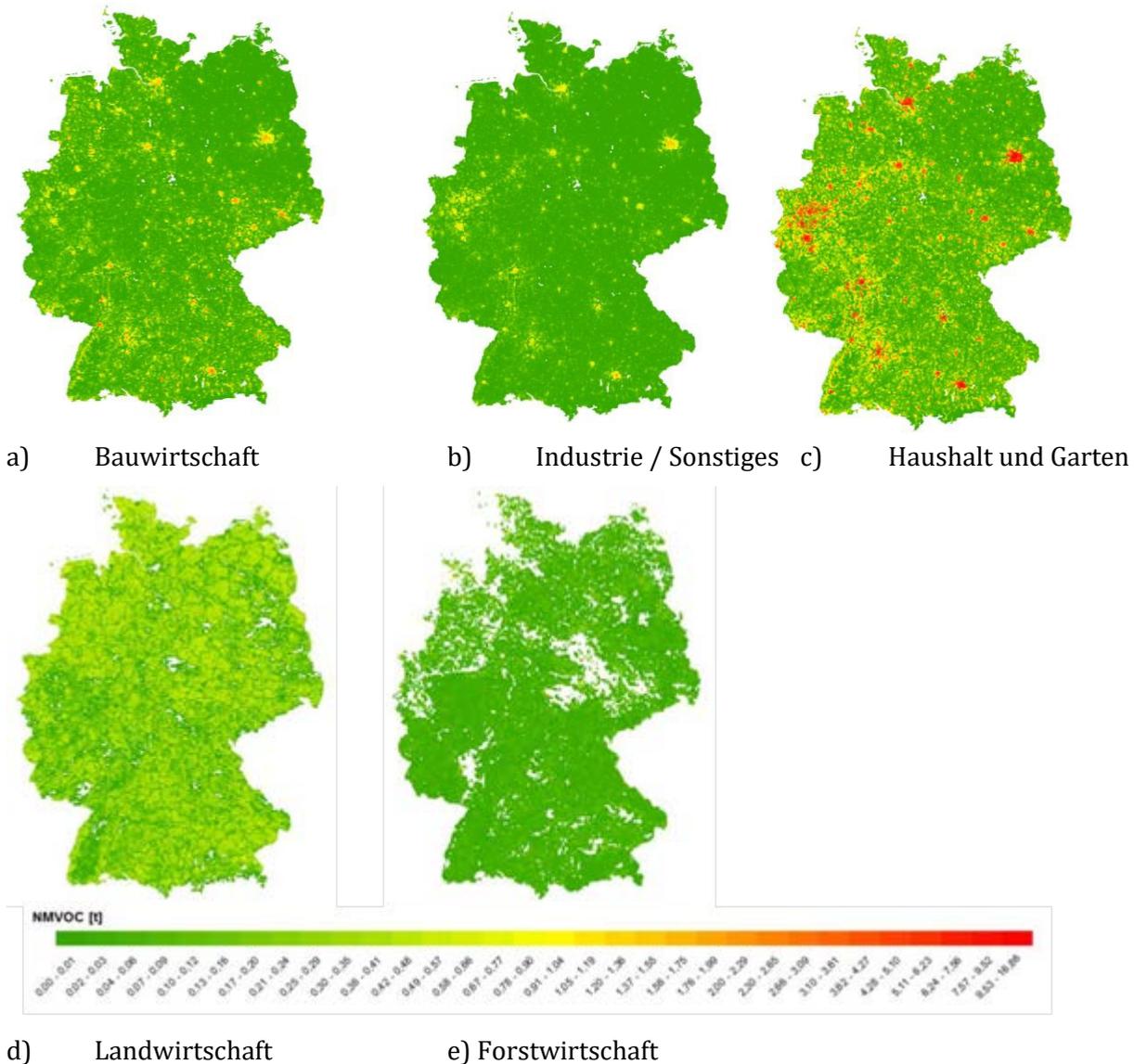
Die räumliche Verteilung unterscheidet sich für die Sektoren, aber nicht für die betrachteten Schadstoffe innerhalb der Sektoren. Exemplarisch werden daher nur Kohlenstoffdioxid und NMVOC dargestellt (s. Abbildung 8 und Abbildung 9).

Abbildung 8: Regionalisierte Kohlenstoffdioxidemissionen für die fünf Untersektoren der mobilen Maschinen in Deutschland im Jahr 2014, in Tonnen



Quelle: IER (2016)

Abbildung 9: Regionalisierte NMVOC-Emissionen für die fünf Untersektoren der mobilen Maschinen in Deutschland im Jahr 2014, in Tonnen



Quelle: IER (2016)

Die Unterschiede in den Beiträgen zur Gesamtemissionsmenge der fünf betrachteten Sektoren können als repräsentativ angesehen werden.

So stammt für Kohlenstoffdioxid der höchste Beitrag im Bereich der mobilen Maschinen aus der Bau- und Landwirtschaft, während Haushalte und Industrie hier nur eine geringe Rolle spielen. Ähnlich verhält es sich mit den Stickoxid- und Partikelemissionen. Bei den Emissionen von NMVOCs kommt ein relativ großer Anteil aus den Haushalt/Gartenemissionen, gefolgt von Emissionen aus der Land- und Bauwirtschaft. Die Zusammensetzung ist ähnlich der von Kohlenstoffmonoxidemissionen.

7 Aktualisierung der Emissionen in die Luft

Im Folgenden wird nur die Aktualisierung der Datengrundlage gegenüber dem Vorgängerprojekt „Datenvalidierung/ Methodenentwicklung zur verbesserten Erfassung und Darstellung der Emissionssituation im PRTR“ (Wursthorn et al. 2013) beschrieben.

7.1 Verkehrsbedingte Emissionen

Die Grundlage der Emissionsberechnungen bildet, wie bisher, dass am ifeu entwickelte TRansport-EMissions-MODEll TREMOD (s. ifeu 2012a, 2014a, b).

7.1.1 Aktualisierung Straßenverkehr

Gegenüber dem Vorgängerprojekt erfolgte eine Aktualisierung im HBEFA von der Version 3.1 auf die Version 3.2, welche auch in TREMOD übernommen wurde. HBEFA 3.2 ist im Wesentlichen eine Aktualisierung der Vorversion 3.1 und keine grundlegende methodische Überarbeitung. So beinhaltet dies bspw. die Einführung neuer Emissionsstandards für u.a. PKW, d.h. von Euro 5/V und Euro 6/VI.

Die aktualisierte Datenbasis wird genutzt, um die regionalisierten Emissionswerte gegenüber dem Vorgängerprojekt anzupassen. Die Verteilparameter zur Regionalisierung der Emissionen, die im Vorgängerprojekt ermittelt wurden, wurden nicht aktualisiert.

7.1.2 Aktualisierung Schienenverkehr

Gegenüber dem Vorgängerprojekt wurden nur die Transportleistungen entsprechend dem Aufkommen in den berücksichtigten Jahren aktualisiert. Die Verteilparameter zur Regionalisierung der Emissionen, die im Vorgängerprojekt ermittelt wurden, wurden nicht aktualisiert.

7.1.3 Aktualisierung Binnenschifffahrt

Gegenüber dem Vorgängerprojekt wird für die Emissionsberechnung für die Binnenschifffahrt eine aktualisierte und deutlich detailliertere Datengrundlage verwendet. Die Aktualisierungen beziehen sich hierbei auf die Transportleistungen, spezifischen Energieverbräuche und Emissionsfaktoren. Details hierzu sowie zu dem neu entwickelten Tool (TREMOD-NA für „Navigation“) sind in ifeu/INFRAS (2013) zu finden.

Für die Berechnung des Energieverbrauchs der Binnenschifffahrt wurde ein Bottom-up Ansatz entwickelt, der spezifische Energieverbrauchswerte mit dem ermittelten Verkehrsmengengerüst verknüpft. Die spezifischen Energieverbrauchswerte werden dabei mittels einer Berechnungsformel abgeleitet, die eine Berücksichtigung des Einflusses verschiedener Schiffstypen, der Tragfähigkeit der Schiffe, des Beladungszustandes sowie des Gewässertyps erlaubt. Die verwendeten Verbrauchswerte wurden mit Hilfe von Literatur- und Einzelmesswerten plausibilisiert.

Spezifische Emissionsfaktoren für regulierte Schadstoffe wurden anhand einer breiten Basis von Messwerten und Literaturangaben abgeleitet. Differenziert wurden diese über das Alter der eingesetzten Hauptantriebsmotoren.

Die aktualisierte Datenbasis wird genutzt, um die regionalisierten Emissionswerte gegenüber dem Vorgängerprojekt anzupassen. Die Verteilparameter zur Regionalisierung der Emissionen, die im Vorgängerprojekt ermittelt wurden, wurden nicht aktualisiert.

7.1.4 Aktualisierung Luftverkehr

Die Emissionsberechnung des Flugverkehrs in TREMOD wurde gegenüber dem letzten Datenstand für das PRTR 2008 aktualisiert. Hierbei wurden einerseits die Emissionsfaktoren der einzelnen Flugzeugtypen, welche das europäische Emission Inventory Guidebook bereitstellt, von der Version 2009 (EMEP/EEA 2009) auf die Version 2013 (EMEP/EEA 2013) aktualisiert. Die Version 2013 enthält zum einen neue Verbrauchs- und Emissionsfaktoren, welche in Abstimmung mit aktuellen Daten der ICAO und Eurocontrol abgeleitet wurden. Zusätzlich umfassen deren Emissionsfaktoren deutlich mehr Flugzeugtypen als die Version 2009, so dass eine genauere Emissionsberechnung möglich ist.

Die Aktualisierung führte zu einer nennenswerten Reduktion der Partikelemissionen. Der Kraftstoffverbrauch und die Stickoxidemissionen steigen durch die neuen Emissionsfaktoren hingegen leicht an (ifeu 2016).

Gegenüber dem Vorgängerprojekt werden die Emissionen des Flughafens Berlin Tempelhof nicht mehr berücksichtigt, da dieser am 30.09.2008 geschlossen wurde. Dahingegen werden ab 2010 die Emissionen, die am Flughafen Sylt emittiert werden, erfasst.

Die aktualisierte Datenbasis wird genutzt, um die regionalisierten Emissionswerte gegenüber dem Vorgängerprojekt anzupassen.

7.2 Emissionen der Landwirtschaft

Gegenüber dem Vorgängerprojekt wurden die Emissionen in den entsprechenden Kreisen in den berücksichtigten Jahren aktualisiert. Die Verteilparameter zur Regionalisierung der Emissionen, die im Vorgängerprojekt ermittelt wurden, wurden nicht aktualisiert.

7.3 Emissionen der Haushalte

Sowohl das Berechnungsmodell als auch die Daten wurden gegenüber dem Vorgängerprojekt nicht angepasst. Die für die Aktualisierung relevanten Vorarbeiten in der Literatur bzw. aus anderen Projekten waren zum Zeitpunkt der Beendigung des Projektes noch nicht abgeschlossen.

8 Ermittlung von regionalisierten Einträgen von Schadstoffen in Wasser

8.1 Datenbasis und Methodik

Für die Darstellung von Stoffeinträgen ins Wasser wurden im PRTR folgende Stoffe bzw. Stoffgruppen ausgewählt: Nährstoffe (Stickstoff und Phosphor), Schwermetalle (Cadmium, Kupfer, Chrom, Blei, Quecksilber, Nickel und Zink), polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) als Summe der 16 PAK nach US-EPA (Wursthorn et al. 2013).

Die Modellierung der direkten Emissionen in das Kompartiment Wasser wird mit dem Modell MoRE (Modeling of Regionalized Emissions; <https://isww.iwg.kit.edu/MoRE.php>) durchgeführt. Entsprechend der Landnutzung wird der Stoffeintrag in MoRE für unterschiedliche Herkunftsbereiche berechnet. Prozesse, die zu einer Veränderung der Massenflüsse während des Transportes führen, werden durch empirische Ansätze abgebildet.

Im Modellsystem sind folgende Eintragspfade in das Modellsystem implementiert:

- Eintragspfade mit punktförmigen Quellen:
 - kommunale Kläranlagen,
 - industrielle Direkteinleiter und
 - Altbergbau sowie
- Eintragspfade mit diffusen Quellen:
 - Kanalisationssysteme,
 - Oberflächenabfluss,
 - Erosion,
 - Abdrift,
 - Grundwasser,
 - Drainagen,
 - direkte atmosphärische Deposition auf die Gewässeroberfläche und
 - Binnenschifffahrt.

Nach Anhang I des PRTR-Protokolls sind kommunale Abwasserbehandlungsanlagen ab einer Kapazitätsschwelle von 100.000 Einwohnergleichwerten als Punktquellen definiert.

In Abhängigkeit von dem jeweiligen Stoff werden die Eintragungspfade auf die folgenden Bereiche aggregiert (s. Tabelle 23):

- direkter Eintrag über atmosphärische Deposition auf die Gewässeroberfläche,
- Eintrag über die Landwirtschaft,
- Eintrag aus dem urbanen Bereich und
- Sonstiges.

Die Eintragsmodellierung der ausgewählten Stoffe erfolgt mit der Methode der Regionalisierten Pfadanalyse (RPA) (Abbildung 10). Einzelheiten zu der Methode sind in European Commission (2012) zu finden. Die Eintragsberechnung erfolgt für einzelne Eintragungspfade und die Ergebnisse werden anschließend zu Eintragsbereichen entsprechend Tabelle 23 (Fuchs et al. 2013) zusammengefasst. Die Modellierung wird hierbei mit dem Modell MoRE durchgeführt.

Tabelle 23: Aggregierungsschema der einzelnen Eintragungspfade zu den Eintragsbereichen in Abhängigkeit von der Stoffgruppe

Bereich	Nährstoffe	Schwermetalle	PAK ₁₆
Atmosphärische Deposition	AD	AD	AD
Landwirtschaft	GW, TD, ER, SR	TD, ER, SR	TD, ER, SR
Urban	US, WWTP, ID	US, WWTP, ID	US, WWTP, ID
Sonstiges	-	GW, AM	GW, IN
Gesamt	Alle	alle	alle

Anm.:

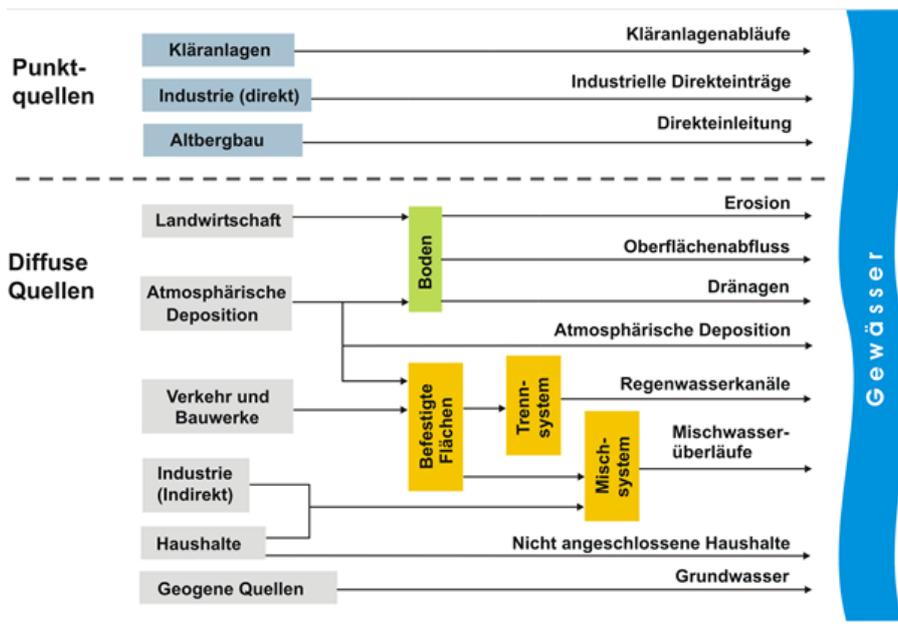
AD	Atmosphärische Deposition auf die Gewässeroberflächen
IN	Binnenschifffahrt und Stahlwasserbau
AM	Altbergbau
GW	Grundwasser
TD	Dränagen
ER	Erosion
SR	Oberflächenabfluss
US	Kanalisationssysteme
WWTP	Kläranlagen
ID	Industrielle Direkteinleiter

Quelle: Fuchs et al. (2010)

Der Bilanzraum ist Deutschland und das Bilanzierungsjahr 2011. Das gewählte Jahr entspricht dem Stand der vorliegenden Eingangsdaten im MoRE-System.

Die im Rahmen dieses Vorhabens erzeugten Ergebnisse basieren auf der MoRE-Version 2.0, die im Rahmen des Projektes „Maßnahmeneffizienz“ entstanden ist (s.a. Fuchs et al. 2016) und aktualisierte und angepasste Eingangsdatensätze sowie Modellierungsansätze enthält (s.a. Fuchs et al. 2014).

Abbildung 10: Stoffquellen und Eintragspfade der Gewässerverschmutzung

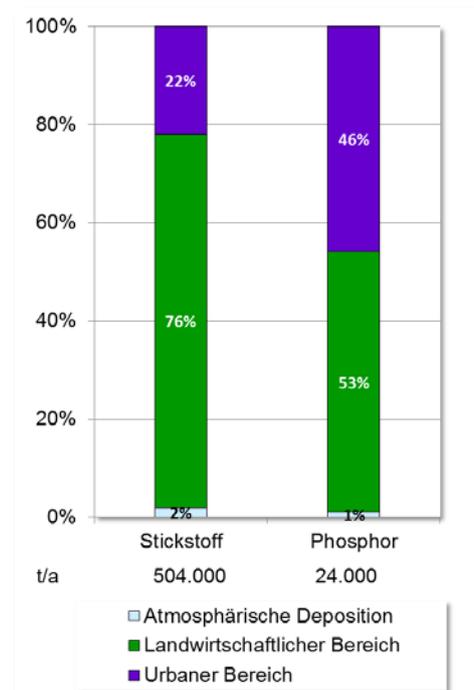


Quelle: Fuchs et al. (2010)

8.2 Stoffeinträge in Gewässer

Gemäß den Berechnungen mit MoRE ergeben sich für das Jahr 2011 im Eintragsbereich für die Nährstoffe ein Eintrag von 504.000 t Stickstoff und 24.000 t Phosphor in die Gewässer. Hierbei dominiert für beide Stoffe die Landwirtschaft mit 76% (N) bzw. 53% (P); daneben ist noch der urbane Bereich (Stickstoff mit 22% bzw. Phosphor mit 46% zu nennen (Sonstiges; s. Abbildung 11).

Abbildung 11: Relative Bedeutung der Eintragsbereiche für Nährstoffe



Quelle: IWG (2016)

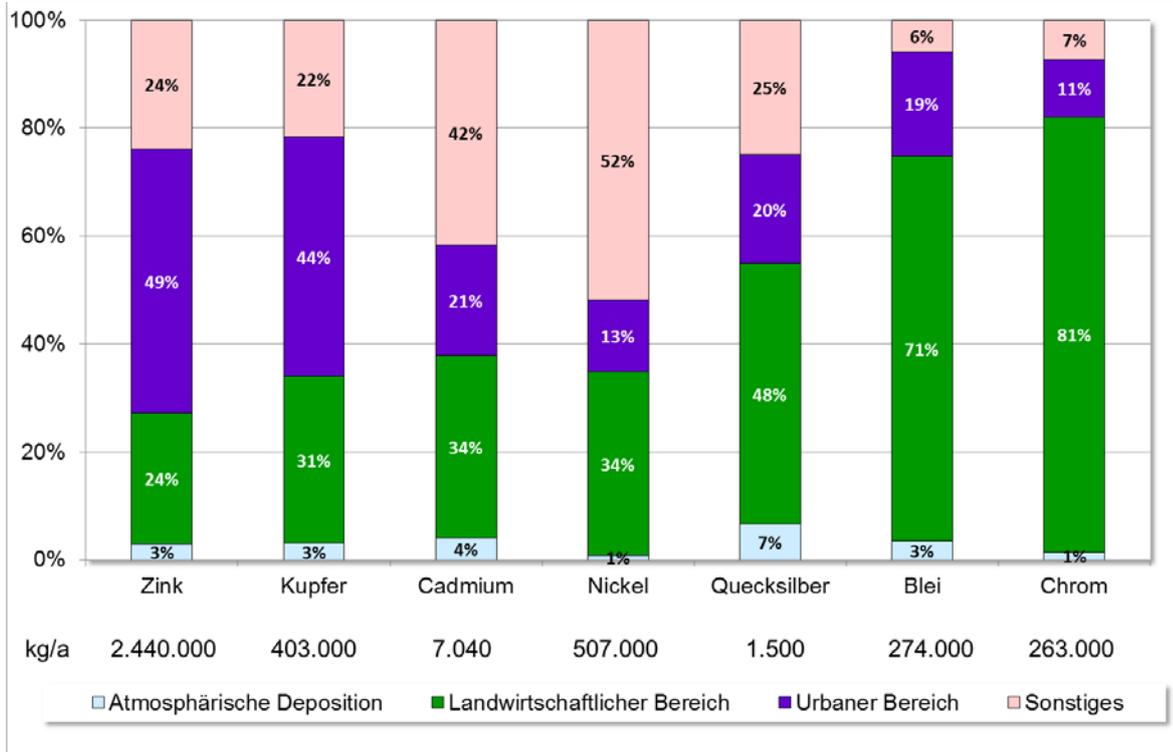
Die weiteren Eintragungspfade sind vernachlässigbar (atmosphärische Deposition) oder nicht vorhanden.

Die Relevanz der einzelnen Schadstoffe aus der Stoffgruppe der Schwermetalle fällt mengenmäßig sehr unterschiedlich aus. Darüber hinaus ist kein einheitliches Eintragungsmuster zu erkennen (Abbildung 12). Je nach Schwermetall ergibt sich eine unterschiedliche Relevanz der einzelnen Eintragungsbereiche.

Der landwirtschaftliche Eintragungspfad stellt bei den Metallen Chrom (81%), Blei (71%) und Quecksilber (48%) mengenmäßig den größten Eintragungspfad dar. Auch die urbanen Einträge sind von Bedeutung (19% bzw. 11%). Der Anteil der übrigen Einträge an dem Gesamteintrag liegt jeweils unter 10%. Bei den Quecksilbereinträgen im Bereich Sonstiges ist Grundwasser der dominante Pfad. Es ist auch wichtig zu erwähnen, dass die Quecksilber-Einträge insgesamt sehr niedrig sind im Vergleich zu den anderen Schwermetallen sind.

Bei Cadmium (42%) und Nickel (52%) sind die sonstigen Eintragungspfade von zentraler Bedeutung (s. Abbildung 12). Die Ursache dafür liegt hauptsächlich in den Nickeleinträgen über das Grundwasser. Zweitrangig in der Relevanz sind die Einträge aus dem landwirtschaftlichen Bereich mit 34%. Die sonstigen Cadmiumeinträge mit 42% werden hauptsächlich durch den Altbergbau verursacht. Die Schwermetalle Zink (49%) und Kupfer (44%) kommen zum größten Teil aus dem urbanen Bereich, während die Einträge aus der Landwirtschaft nur 24% bzw. 31% am Gesamteintrag ausmachen. Die Einträge aus sonstigen Quellen machen jeweils für die beiden Schwermetalle ca. ein Fünftel der Gesamteinträge aus (Kupfer überwiegend aus Grundwasser, Zink überwiegend aus Altbergbau). Die Einträge über die direkte atmosphärische Deposition auf die Gewässeroberflächen sind mit jeweils ca. 3% vernachlässigbar.

Abbildung 12: Relative Bedeutung der Eintragungsbereiche für Schwermetalle

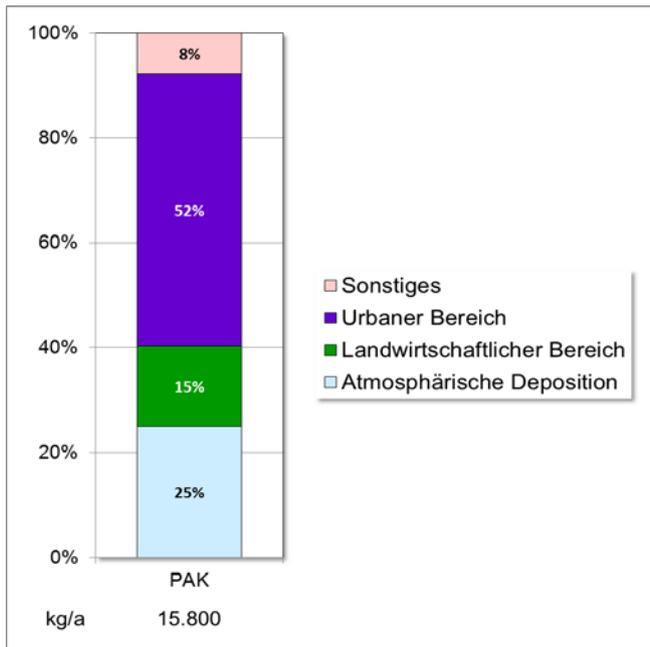


Quelle: IWG (2016)

Abbildung 13 zeigt, dass knapp 16 t PAK₁₆ im Jahr 2011 in Gewässer eingetragen wurden. Der dominierende Eintragsbereich ist der urbane Bereich mit 52%, gefolgt durch die direkte atmosphärische Deposition auf die Gewässeroberflächen mit 25% und den landwirtschaftlichen Bereich mit 15%.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass der landwirtschaftliche Bereich bei den Nährstoffen und den Schwermetallen Quecksilber, Blei und Chrom den größten Anteil an den Gesamteinträgen ausmacht. Der urbane Eintragsbereich ist am bedeutendsten bei den Schwermetallen Zink und Kupfer und bei den PAK₁₆.

Abbildung 13: Relative Bedeutung der Eintragsbereiche für PAK₁₆

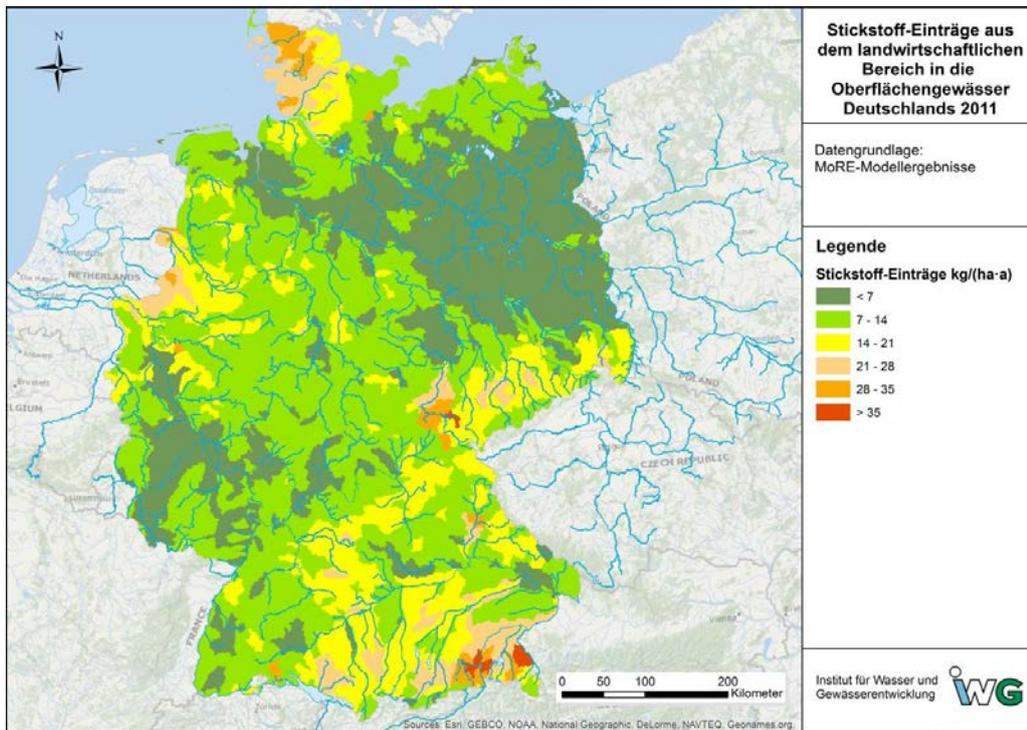


Quelle: IWG (2016)

Die nachfolgenden drei Abbildungen zeigen exemplarisch die Ergebnisse der Regionalisierung für unterschiedliche Schadstoffe und Eintragspfade. Für eine vollständige Darstellung der Ergebnisse sei auf den Gesamtbericht verwiesen, der in der Anlage zu diesem Bericht zu finden ist.

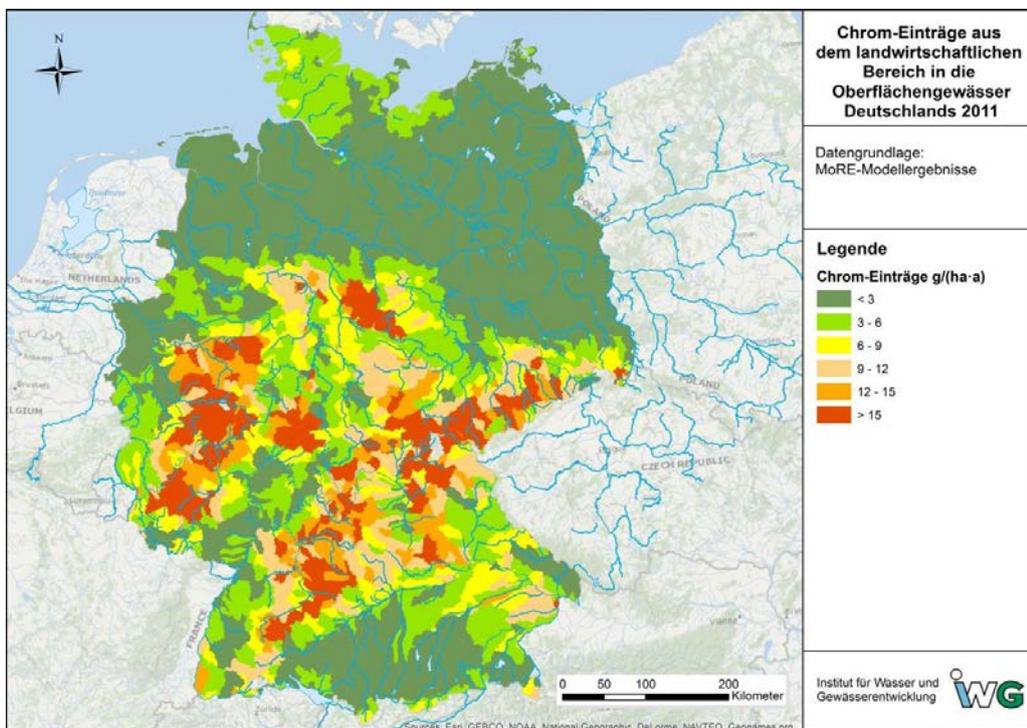
In den Abbildungen 14 - 16 wird die eingetragene Fracht pro Analysegebiet dargestellt. Beispielsweise zeigen Analysegebiete mit einem besonders großen Anteil Gewässerfläche am Gebiet (Bodensee, Stettiner Haff) besonders hohe Einträge über den Bereich Atmosphärische Deposition. Dies ist allein in der großen Fläche begründet, auf welche die Depositionsrate wirkt. Durch die Kartendarstellung sind Hot Spots der Belastung identifizierbar und lokalisierbar.

Abbildung 14: Flächenspezifische Stickstoffeinträge über atmosphärische Deposition auf die Gewässeroberfläche in die Oberflächengewässer Deutschlands im Jahr 2011



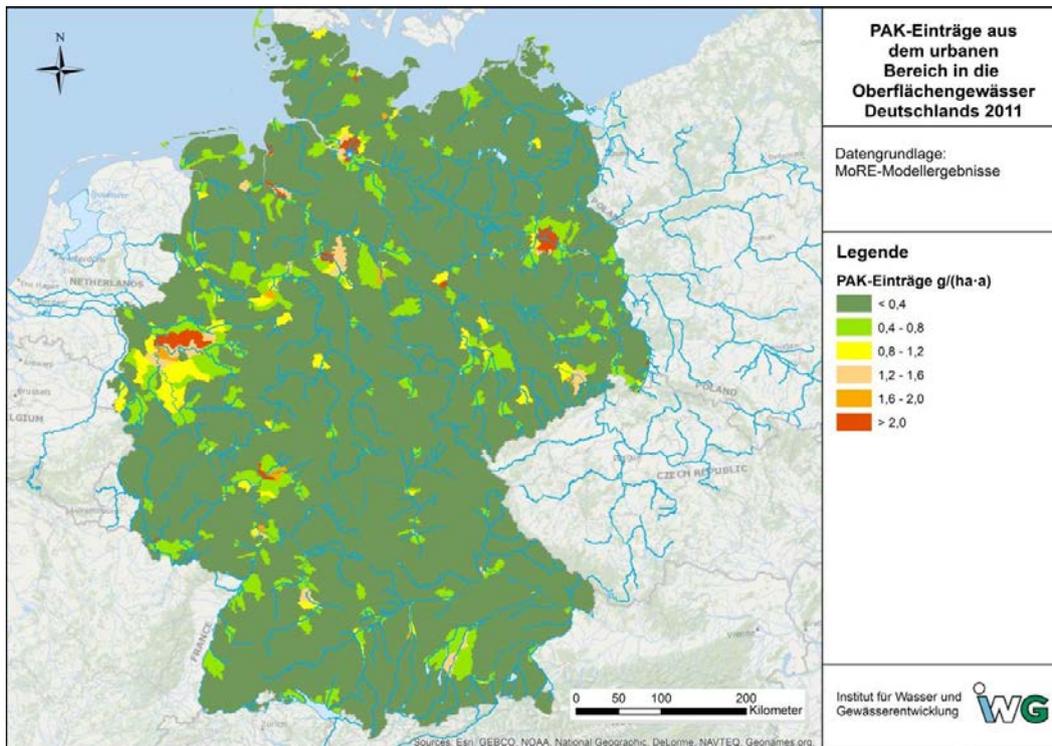
Quelle: IWG (2016)

Abbildung 15: Flächenspezifische Chromeinträge aus dem landwirtschaftlichen Bereich in die Oberflächengewässer Deutschlands im Jahr 2011



Quelle: IWG (2016)

Abbildung 16: Flächenspezifische PAK₁₆-Einträge aus dem urbanen Bereich in die Oberflächengewässer Deutschlands im Jahr 2011



Quelle: IWG (2016)

Die Modellierungsergebnisse der Nährstofffrachten zeigen eine sehr gute Übereinstimmung mit den Gewässerfrachten. Bei den Schwermetallen konnte nur eine Gegenüberstellung der entlang des Abflussbaumes aufsummierten Schwermetalleinträge mit den Gewässerfrachten gemacht werden. Die Ergebnisse erscheinen plausibel. Zudem ist die Plausibilisierung durch den Vergleich mit der Eintragsberechnung für die alten Bilanzzeiträume gegeben, so dass die Ableitung der relevanten Eintragsbereiche als zutreffend angesehen wird (IWG 2016).

Für PAK₁₆ zeigen die Ergebnisse aufgrund unsicherer Daten (viele Messwerte unter der Bestimmungsgrenze) sowohl auf der Seite der Eintragsmodellierung als auch auf der Immissionsseite keine vergleichbare Qualität. Der Abgleich der Größenordnungen und Verhältnisse der Gewässerfrachten mit den modellierten Einträgen scheint aber plausibel.

Trotz gewisser Unsicherheiten bilden die Ergebnisse die Belastungsschwerpunkte im landwirtschaftlichen und urbanen Bereich plausibel ab (s.a. Fuchs et al. 2016).

8.3 Qualitätsprüfung der Aktualisierung mit MoRE gegenüber der Aktualisierung mit Aktivitätsraten

Um eine zukünftige Aktualisierung der Datensätze zu vereinfachen, wurde im Rahmen der ersten Phase des Forschungsprojektes evaluiert, ob geeignete Aktivitätsraten (d.h. einfach zu aktualisierende Größen wie statistische Daten oder die Landnutzung) und stoffspezifische Emissionsfaktoren abgeleitet werden können, mit welchen zukünftig die Einträge berechnet werden können, ohne dass eine aufwendige Aktualisierung der Eingangsdaten des Modells zwingend notwendig ist. Da für das PRTR Emissionen aus diffusen Quellen regelmäßig aktualisiert werden müssen, wurde diese Fortschreibung evaluiert. Es wurde eine Evaluierung des Aktualisierungsansatzes, der auf der Fortschreibung von Aktivitätsraten beruht, vorgenommen, indem die Menge der so ermittelten Stoffeinträge mit den Ergebnissen basierend auf dem MoRE-Modell überprüft wurde. Die Prüfung der Ergebnisqualität der

Aktualisierung der Einträge erfolgte also einerseits mit dem MoRE-System über die RPA und andererseits über die Fortschreibung der Daten zu Aktivitätsraten und Emissionsfaktoren. Es wurde untersucht, welche Abweichungen die Aktualisierung der Stoffeinträge mittels Emissionsfaktoren und Aktivitätsraten mit sich bringt.

Für die drei modellierten Bereiche Atmosphärische Deposition, Landwirtschaft und Urbaner Bereich wurden die Aktivitätsraten Gewässeroberfläche, Landwirtschaftliche Nutzfläche und Einwohnerzahl als geeignete Größen identifiziert. Für den Bereich Sonstiges konnte keine geeignete Aktivitätsrate ermittelt werden, so dass die Einträge über diesen Bereich mit diesem Ansatz nicht fortgeschrieben werden können (Wursthorn et al. 2013).

Tabelle 24: Vergleich zwischen den Ergebnissen der Aktualisierung anhand Emissionsfaktoren und der Regionalisierten Pfadanalyse mit MoRE

Stoff		Berechnete Einträge			Prozentuale Änderung der EF gegenüber RPA		
		AD	AGRL	URB	AD	AGRL	URB
N [t/a]	EF	9.250	461.000	118.000	-1%	46%	7%
	RPA	9.340	384.000	110.000			
P [t/a]	EF	242	14.700	12.400	0%	16%	13%
	RPA	242	12.700	11.000			
Cd [kg/a]	EF	249	2.470	2.270	-13%	4%	57%
	RPA	287	2.380	1.450			
Cr [kg/a]	EF	3.770	195.000	51.700	0%	-8%	85%
	RPA	3.770	212.000	27.900			
Cu [kg/a]	EF	12.200	128.000	290.000	0%	3%	62%
	RPA	12.200	125.000	179.000			
Hg [kg/a]	EF	91	857	269	-9%	18%	-11%
	RPA	100	726	302			
Ni [kg/a]	EF	4.220	176.000	79.600	-1%	2%	18%
	RPA	4.260	172.000	67.300			
Pb [kg/a]	EF	7.500	152.000	66.200	-20%	-22%	25%
	RPA	9.390	195.000	52.800			
Zn [kg/a]	EF	61.800	576.000	1.540.000	-12%	-3%	29%
	RPA	70.100	593.000	1.190.000			
PAK [kg/a]	EF	2.250	5.730	6.850	-43%	138%	-17%
	RPA	3.960	2.410	8.210			

Anm.: EF Emissionsfaktor;
 RPA Regionalisierte Pfadanalyse.
 AD Atmosphärische Deposition auf die Gewässeroberflächen.
 AGRL Landwirtschaft.
 URB urbaner Bereich.

Quelle: IWG (2016)

Anhand der aktualisierten Aktivitätsraten für das Jahr 2011 und den in der ersten Projektphase abgeleiteten Emissionsfaktoren wurden die Einträge für die drei Bereiche berechnet. Diese wurden den in MoRE berechneten Einträge für das Jahr 2011 gegenübergestellt. Tabelle 24 (s.o.) gibt eine Übersicht über die prozentuale Änderung.

Bei der direkten atmosphärischen Deposition sind die Abweichungen des Aktualisierungsansatzes gegenüber dem Modellierungsansatz am niedrigsten, mit Ausnahme der Einträge durch die PAK₁₆. Auch in Wursthorn et al. (2013) wurde für die Aktivitätsrate Gewässeroberfläche, über die die Einträge aus dem Bereich direkte Deposition aktualisiert werden, die höchste Korrelation zu den ermittelten Einträgen mittels MoRE ermittelt. Bei dem in Tabelle 24 dargestellten Vergleich wird deutlich, dass für den landwirtschaftlichen und urbanen Bereich die Ergebnisse je nach Schadstoff abweichen. In Wursthorn et al. (2013) wurde ebenfalls für diese Bereiche eine geringere Korrelationen zwischen den Einträgen basierend auf dem MoRE-Modell und Aktivitätsraten (landwirtschaftliche Nutzflächen und Einwohnerzahl) ermittelt.

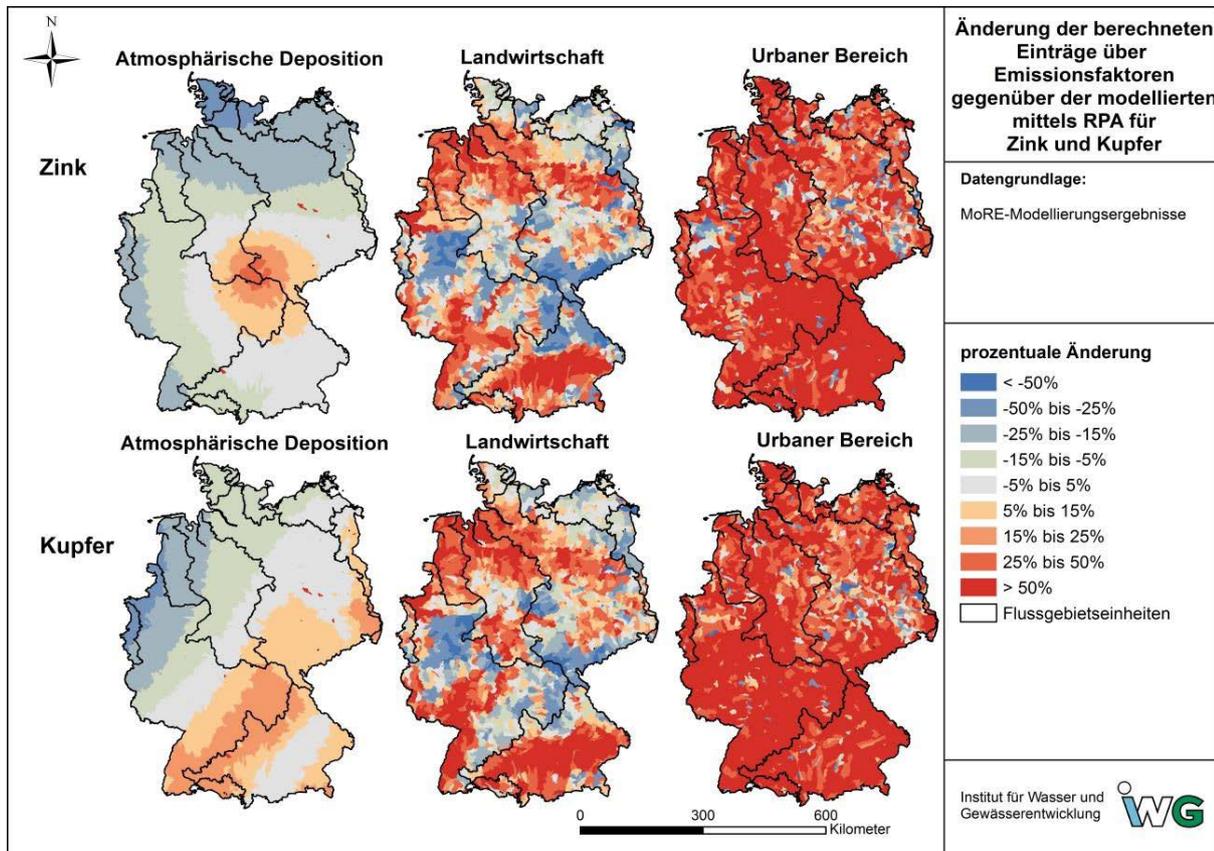
Im Unterschied zu dem Vergleich in Wursthorn et al. (2013) wurden bei der hier durchgeführten Gegenüberstellung für die mit MoRE durchgeführte Regionalisierte Pfadanalyse aktualisierte stoffspezifischen Eingangsdaten genutzt, sowie in der neuen MoRE Version 2.0 (Fuchs et al. 2016) Anpassungen bei den Modellierungsansätzen vorgenommen, die sich z.T. an neuen besseren Eingangsdaten orientieren, aber auch infolge neuer Erkenntnisse entstanden sind.

Neben der Ermittlung der generellen Unterschiede zwischen beiden Ansätzen, werden auch die Unterschiede in Bezug auf die regionalisierten Einheiten dargestellt und visualisiert (beispielhaft Abbildung 17). Bei dem Vergleich der drei Eintragungspfade ist deutlich erkennbar, dass die Abweichungen zwischen den beiden Ansätzen sich für atmosphärische Deposition, Landwirtschaft und urbaner Bereich unterscheiden.

Für den Eintragungspfad der atmosphärischen Deposition sind bei den meisten Schadstoffen vergleichsweise geringe Unterschiede vorhanden. Die Ausnahmen bilden hierbei die PAKs sowie einige Schwermetallen. Hier wurden Unterschiede im mittleren Bereich von bis zu 50% ermittelt (bspw. Nickel bzw. Blei). Für die Stoffeinträge aus der Landwirtschaft ergeben sich mittlere bis hohe Abweichungen; bei den Einträgen von PAKs kann man die größten Unterschiede feststellen. Ein eindeutiges regionales Muster der Abweichungen ist hierbei aber nicht erkennbar. Bei den Einträgen aus dem urbanen Bereich liegen die Unterschiede zwischen den beiden Ansätzen je nach betrachtetem Stoff sowohl im niedrigen, mittleren als auch hohen Bereich, wobei insbesondere für einige Schwermetalleinträge, wie Zink oder Kupfer, gerade flächenhaft Unterschiede erkennbar sind. Bei einer stoffbezogenen Betrachtung wird deutlich, dass es kein eindeutiges Bild der Unterschiede zwischen den beiden Vorgehensweisen über die Eintragungspfade atmosphärischen Deposition, Landwirtschaft und urbaner Bereich hinweg für die einzelnen Schadstoffe gibt.

Für den Bereich der direkten atmosphärischen Deposition wird als Aktivitätsrate Gewässeroberfläche verwendet. Bei allen Schwermetallen bis auf Chrom sind die Abweichungen auf die aktualisierten stoffspezifischen Depositionsraten zurückzuführen. Bei dem Schwermetall Chrom ändert sich kaum was. Dies liegt daran, dass für Chrom aufgrund fehlender räumlich und zeitlich aufgelöster Depositionsdaten für alle Berechnungsjahre in MoRE mit einer pauschalen Depositionsrate gerechnet wird. Bei den PAK₁₆ werden die Einträge über die Deposition auf die Gewässeroberflächen über die Berechnung mit Emissionsfaktoren stark unterschätzt (IWG 2016).

Abbildung 17: Prozentuale Änderung der berechneten Einträge über Emissionsfaktoren gegenüber der modellierten Einträge mit der Methodik der Regionalisierten Pfadanalyse für Zink und Kupfer



Quelle: IWG (2016)

Für den landwirtschaftlichen Bereich sind die resultierenden Unterschiede zwischen den beiden Ansätzen ein Zusammenspiel aus verschiedenen Faktoren der einzelnen Eintragungspfade, die zu diesem Bereich aggregiert wurden. Sowohl die Aktivitätsrate landwirtschaftliche Nutzflächen (EMEP/EEA 2013) als auch die stoffspezifischen Eingangsdaten sind in der Regionalisierten Pfadanalyse für 2016 aktualisiert worden. Zudem gab es auch wesentliche Änderungen bei dem Eingangsdatum Stickstoffüberschüsse, die das Überschätzten der mit Emissionsfaktoren berechneten Einträge erklären (Fuchs et al. 2016). Insbesondere ist in den Karten zu den Schwermetallen die Lage der landwirtschaftlichen Nutzflächen erkennbar, wobei die berechneten Einträge mittels Emissionsfaktoren höher sind. Dazu tragen hauptsächlich die aktualisierten allgemeinen und stoffspezifischen Eingangsdaten bei. Bei den PAK₁₆ ergeben sich flächendeckend höhere Werte der mit Emissionsfaktoren berechneten Einträge. Die Hauptursache dafür sind die zugrundeliegenden PAK-Konzentrationen im Niederschlag. In der ersten Projektphase wurde pauschal mit einer mittleren Konzentration von 0,25 µg/L (Welker 2004) gerechnet, während in der neuen Modellversion 2.0 zeitlich höher aufgelöste Niederschlagskonzentrationen in der Größenordnung von 0,1 µg/L verwendet wurden (EMEP/NILU 2012).

Im urbanen Bereich ergeben sich ebenfalls Unterschiede zwischen den Ergebnissen der über Emissionsfaktoren berechneten Einträge und der mittels RPA modellierten Ergebnisse. In MoRE 2.0 wurden im Vergleich zum in der ersten Projektphase verwendeten Modell bei dem Eintragungspfad „Kanalisationssysteme“ zahlreiche Verbesserungen und Anpassungen in Bezug auf die stoffspezifischen Eingangsdaten und Modellierungsansätze gemacht, sodass die Änderung eine Folge komplexer Wechselwirkungen ist. Zudem wurde die Aktivitätsrate „Einwohnerzahl“ aktualisiert, indem der aktuellste europäische Datensatz zur Bevölkerungsdichte aus dem Jahr 2011 berücksichtigt wurde (Eurostat

2014). Für die Nährstoffe ergibt sich hinsichtlich der Abweichungen ein inhomogenes Muster, dass keine Tendenz erkennen lässt. Für die Schwermetalle Zink und Kupfer hingegen, die hauptsächlich aus dem urbanen Bereich in die Gewässer eingetragen werden, ergeben sich für Deutschland flächendeckende höhere Einträge bei mit Emissionsfaktoren berechneten Einträgen.

Die Ergebnisse zeigen, dass zum gegenwärtigen Zeitpunkt der Ansatz zur Fortschreibung der Emissionswerte, wie er auch für die Ermittlung der Luftschadstoffemissionen verwendet wird, für die Ermittlung von Schadstoffeinträgen noch nicht geeignet ist. Der Stand des Wissens in Bezug auf Modellierungsansätze anhand der RPA sowie zeitlich und räumlich höher aufgelöste, allgemeine und stoffspezifische Eingangsdaten, die zu einer realitätsnäheren Abbildung der Eintragsituation beitragen, werden durch eine Aktualisierung anhand von Emissionsfaktoren nicht berücksichtigt.

9 Zusammenfassung und Ausblick

Mit dem Schadstofffreisetzungs- und -verbringungsregister (PRTR) wurde auf internationaler Ebene eine Möglichkeit für den interessierten Bürger geschaffen, sich über Emissionen von Schadstoffen vor Ort zu informieren (www.thru.de). Während die Bereitstellung von Emissionen durch Punktquellen seit 2004 erfolgt, wurden Emissionen aus diffusen Quellen anfänglich nicht berücksichtigt. Dies lag im Wesentlichen an der Schwierigkeit, Emissionen aus diffusen Emissionsquellen systematisch zu erfassen. Ein Charakteristikum von diffusen Quellen ist es, dass es praktische Schwierigkeiten bereitet, Meldungen von jeder einzelnen Quelle einzuholen (s. Art. 2 Nr. 9 PRTR-Protokoll).

Im Rahmen von zwei Projekten sollte einerseits ein Vorgehen vorgestellt werden, welches es ermöglicht für die Bereiche Verkehr, Haushalte und Landwirtschaft die Emissionen sowie für Stoffeinträge in Gewässer regionalisiert zu ermitteln. Zum anderen sollten auf Basis des Vorgehens entsprechende Emissionsmenge ermittelt werden. Im erstgenannten Projekt wurde weiterhin ein Visualisierungskonzept für das PRTR-Portal des Umweltbundesamtes Thru.de entwickelt. Die beiden Projekte sind zum einen „Datenvalidierung/Methodenentwicklung zur verbesserten Erfassung und Darstellung der Emissionssituation im PRTR“ (FKZ 37 10 91 244; s. Wursthorn et al. 2013) und zum anderen das vorliegende Projekt.

Da parallel zu den Aktivitäten des Umweltbundesamtes auch einzelne Bundesländer Emissionskataster erstellen und Emissionen aus diffusen Quellen ermitteln und veröffentlichen, wurde die Vorgehensweisen des UBA, wie sie im ersten Projekt entwickelt wurde, durch die Daten der Bundesländer validiert. Hierfür wurde die Vorgehensweise des UBA mit der Vorgehensweise der Bundesländer verglichen. Weiterhin hat sich im ersten Projekt gezeigt, dass mit den mobilen Maschinen möglicherweise eine wichtige Emissionsquelle nicht betrachtet wurde.

Ein vorläufiger Vergleich der vom UBA ermittelten regionalisierten Emissionsmengen mit denen von ausgewählten Bundesländern verdeutlichte relevante Unterschiede hinsichtlich der ermittelten Werte. Das Ziel des Vergleichs der Vorgehensweisen der Bundesländer zur Erstellung eines Emissionskatasters mit der des Umweltbundesamtes war es Gründe aufzuzeigen, mit den die Unterschiede bei der Ausweisung von Emissionen aus diffusen Quellen erklärt werden können. Grundsätzlich zielen das UBA als auch die Bundesländer auf die Bereitstellung von Informationen über Emissionen aus diffusen Quellen für den interessierten Bürger. Die Emissionskataster der Länder haben auch das Ziel eine Informations- und Datengrundlage für notwendige Maßnahmen zu schaffen. Bei der Umsetzung dieser Ziele setzen sowohl das UBA als auch die Bundesländer unterschiedliche Schwerpunkte, die durch die jeweiligen Randbedingungen beeinflusst werden. Die abweichenden Schwerpunkte führen zu Unterschieden in den methodischen Vorgehensweisen, den verwendeten Daten bei Ermittlung der Emissionsfaktoren als auch bei den verwendeten Literaturquellen.

Der vom UBA gewählte Ansatz ermöglicht es bundesweit vergleichbare Emissionswerte jährlich aktualisiert zu veröffentlichen. Dadurch kann das UBA auch für diffuse Quellen Informationen zur Verfügung stellen, die hinsichtlich der Vergleichbarkeit der Daten als auch hinsichtlich der Zeitreihe mit denen

für Punktquellen vergleichbar ist. Dieses Vorgehen kann im Einzelfall aber auch bedeuten, dass bestimmte Schadstoffe nicht erfasst werden, weil sie bspw. nur regional relevant sind und der gewählte Top-down Ansatz keine verlässlichen Ergebnisse sicherstellt.

Die Bundesländer berichten i.A. mehr Emissionsstoffe als das UBA, was mit einem höheren Aufwand verbunden ist und bei einer kontinuierlichen Berichterstattung berücksichtigt werden muss. Das jeweilige länderspezifische Vorgehen wird durch die Bedingungen in den einzelnen Bundesländern bestimmt. So ist das Vorgehen in Berlin aus dem Kontext der Fragestellung einer Millionenstadt zu verstehen, während NRW als großes Flächenland mit einer hohen Bevölkerungsdichte andere Rahmenbedingungen beachtet. Durch die unterschiedlichen Vorgehensweisen in den Bundesländern ist ein bundesweiter Vergleich der Resultate nicht gegeben.

Als Ergebnis des Projektes „Datenvalidierung/Methodenentwicklung zur verbesserten Erfassung und Darstellung der Emissionssituation im PRTR“ wurde u.a. zusammengefasst, dass die Emissionen von mobilen Maschinen bei bestimmten Schadstoffen einen relevanten Anteil ausmachen. Im Rahmen dieses Projektes wurde ein Vorgehen vorgestellt, wie die Emissionen von mobilen Maschinen erfasst werden können. Darauf aufbauend wurden regionalisierte Emissionswerte ermittelt.

Die Untersuchung zu den mobilen Maschinen verdeutlicht, dass die Datenlage im Vergleich zu der bspw. für den Straßenverkehr vergleichsweise unsicher ist, wobei zwischen den einzelnen Maschinentypen hinsichtlich der Datenqualität noch unterschieden werden muss. Der wesentliche Grund hierfür ist das Fehlen amtlicher Daten, wie sie bspw. das KBA für den Verkehrssektor erhebt. Daher bilden Einzelerhebungen sowie deren Fortschreibungen, Abschätzungen und Plausibilitätsprüfungen die wesentliche Datengrundlage. Aktuell und auf absehbarer Zeit gibt es keine Alternative zu diesem Vorgehen, da derzeit nicht erwartet werden kann, dass für mobile Maschinen, analog zum Straßenverkehr, ein staatliches Register eingeführt wird. Da aber tatsächlich eine Verbesserung der Datenlage wünschenswert wäre, sind Verkehrssektors, weitere, umfassendere Einzelstudien notwendig.

Bei der Aktualisierung der Emissionen in die Luft wurde im Wesentlichen das im ersten Projekt entwickelte Vorgehen, mit der Ausnahme der Haushalte angewendet. Aufgrund einer Aktualisierung der Datengrundlagen konnten die Emissionsfaktoren im Bereich Verkehr aktualisiert werden; dahingegen wurden die regionalen Verteilparameter nicht verändert. Zukünftig wird eine Fortschreibung der regionalen Verteilparameter als wünschenswert angesehen, da diese für das Jahr 2008 kalibriert wurden. Die regionalisierten Emissionswerte liegen bis zum Jahr 2012, teilweise bis 2014 aktualisiert vor.

In den verschiedenen Berichtssystemen werden neben der Berichterstattung zu Emissionen aus Haushalten üblicherweise auch die Emissionen aus Kleinf Feuerungsanlagen von Gewerbe berichtet. Um eine Vergleichbarkeit mit anderen Systemen zu ermöglichen und damit die Nutzbarkeit der bereitgestellten Informationen zu verbessern, sollen die Emissionen der Kleinf Feuerungsanlagen von Gewerbe ebenfalls berichtet werden. Im Rahmen der Laufzeit des Projektes wurde deutlich, dass die bereits für den Bereich Haushalte im Vorläuferprojekt verwendete Datengrundlage insbesondere im Bereich der Holzfeuerung aktualisiert werden sollte, da sich die Emissionsmengen, die Bestandsdaten der Feuerungsanlagen und die Anlagenstruktur in den letzten Jahren stark verändert haben. Die relevanten Vorarbeiten in der Literatur waren zum Zeitpunkt der Beendigung des Projektes noch nicht abgeschlossen, so dass diese nicht mehr berücksichtigt werden konnten.

Ebenso wie die Emissionen in die Luft wurden auch die Schadstoffeinträge in Gewässer aktualisiert. Im Gegensatz zu den Emissionen in die Luft erfolgt die Fortschreibung der Daten nur bis zum Jahr 2011. Der Grund liegt hier in der Datenverfügbarkeit.

Die Untersuchung der Validität des für Luftemissionen genutzten Vorgehens zur Fortschreibung der Schadstoffeinträge in Gewässer zeigt, dass die Übertragung des Ansatzes nur bedingt anwendbar ist. Die wesentlichen Gründe liegen zum einen darin, dass für einige Eintragspfade keine adäquaten Variablen gewählt werden können, die als Aktivitätsrate genutzt werden können. Weiterhin lässt der Stand

des Wissens noch keine adäquate Verknüpfung von Emissionsfaktor und Aktivitätsrate zu. Hier besteht weiterhin Forschungsbedarf.

10 Quellenverzeichnis

Gesetzliche Grundlagen

BImSchV: Erste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen – 1. BImSchV). Online verfügbar: http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bimschv_1_2010/gesamt.pdf.

4. BImSchV: Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen – 4. BImSchV). Online verfügbar: https://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bimschv_4_2013/gesamt.pdf.

11. BImSchV: Elfte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Emissionserklärungen – 11. BImSchV). Online verfügbar: https://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bimschv_11_2004/gesamt.pdf.

E-PRTR VO: Verordnung (EG) Nr. 166/2006 des europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Januar 2006 über die Schaffung eines Europäischen Schadstofffreisetzungs- und -verbringungsregisters und zur Änderung der Richtlinien 91/689/EWG und 96/61/EG des Rates. Online verfügbar: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:033:0001:0017:DE:PDF>.

PRTR-Protokoll: Protokoll über Schadstofffreisetzungs- und -verbringungsregister vom 21.05.2003. Online verfügbar: http://www.thru.de/fileadmin/SITE_MASTER/content/Dokumente/Downloads/PRTR-Protokoll_de.pdf.

Richtlinie 2008/50/EG: Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa. Online verfügbar:

http://www.europarl.europa.eu/brussels/website/media/Basis/Legislative/Pdf/Isaubere_luftpdf.pdf.

SchadRegProtAG: Gesetz zur Ausführung des Protokolls über Schadstofffreisetzungs- und -verbringungsregister vom 21. Mai 2003 sowie zur Durchführung der Verordnung (EG) Nr. 166/2006. Online verfügbar: <http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/schadregprotag/gesamt.pdf>

Literaturverzeichnis

3N – 3N Kompetenzzentrum Niedersachsen – Netzwerk Nachwachsende Rohstoffe e.V. (2010): Feuerstättenzählung Niedersachsen 2010 für holzbefeuerte Anlagen bis 1 MW. Werlitz: 3N Kompetenzzentrum Niedersachsen – Netzwerk Nachwachsende Rohstoffe e.V.

AdV – Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (2008): Dokumentation zur Modellierung der Geoinformation des amtlichen Vermessungswesens, Atkis-Objektartenkatalog Basis-DLM (NRW-Erfassung) (AdV), Version 6.0 (Stand 11.04.2008).

AGEB – Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. (2015): Tabellen zur Energiebilanz für die Bundesrepublik Deutschland von 1990 bis 2013. Online verfügbar: www.ag-energiebilanzen.de. Stand: 07.08.2015.

Amt für Statistik Berlin-Brandenburg (2014): Ausgewählte Ergebnisse der Agrarstrukturerhebung im Land Berlin 2013, Statistischer Bericht C IV 14 – u / 13, Potsdam.

AVISO GmbH (2011): Anpassung der Konzeptstudie zur Aktualisierung des Emissionskatasters für Kleinf Feuerungsanlagen im Hinblick auf die Nutzung von Schornsteinfegerdaten am Beispiel der Stadt Essen, AVISO GmbH, Aachen (Juli 2011).

AVISO GmbH (2016): Erstellung der Berliner Emissionskataster Industrie, Gebäudeheizung, sonstiger Verkehr, Kleingewerbe, sonstige Quellen, Baustellen, Juni 2016. Online verfügbar:

http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/luftqualitaet/de/emissionen/download/Endbericht_Emissionkataster_2015.pdf.

AVISO GmbH, avireal (2003): Ermittlung der APU- und Flughafenvorfeldemissionen am Beispiel des Flughafens Düsseldorf International; im Auftrag des Landesumweltamtes NRW, Aachen, Oktober 2003.

Biomasseatlas (2012): Förderungen von Biomassekesseln durch das Marktanreizprogramm (MAP) durch das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA). Online verfügbar: <http://www.biomasseatlas.de/>.

BAFU – Bundesamt für Umwelt (2008): Treibstoffverbrauch und Schadstoffemissionen des Offroad-Sektors. Bern: BAFU.

BAFU – Bundesamt für Umwelt (2010): Treibstoffverbrauch und Schadstoffemissionen des Offroad-Sektors – Studie für die Jahre 1980-2020; Schrift 28/08, Bern: BAFU.

BLE – Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (2008): Daten per Email an ifeu (31.10.2008).

- DEPV – Deutscher Energieholz- und Pellet-Verband e. V. (2005): Marktentwicklung von Holzpellets und Pelletheizungen. Berlin: Deutscher Energieholz- und Pellet-Verband e.V.
- DEPV – Deutscher Energieholz- und Pellet-Verband e.V. (2011): Pelletproduktion und Inlandsbedarf in Deutschland. Berlin: Deutscher Energieholz- und Pellet-Verband e.V.
- EEA – European Environment Agency (2011): Corine Land Cover 2006 Raster Data. Online verfügbar: www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/corine-land-cover-2006-raster-1. Stand: 23.03.2012.
- EMEP/EEA – European Monitoring and Evaluation Programme / European Environment Agency (2009): EMEP/EEA Emission Inventory Guidebook 2009. Online verfügbar: <http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-emission-inventory-guidebook-2009>.
- EMEP/EEA – European Monitoring and Evaluation Programme / European Environment Agency (2013): EMEP/EEA Emission Inventory Guidebook 2013. Online verfügbar: <http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2013>.
- EMEP/NILU – European Monitoring and Evaluation Programme / Norwegian Institute for Air Research (2012): Concentrations of heavy metals and persistent organic pollutants in air and precipitation. Measurement data online. Online verfügbar: <http://www.nilu.no/projects/ccc/emepdata.html>, zuletzt geprüft am 30.07.2014.
- EPA – Environmental Protection Agency (2013): NONROAD Model (nonroad engines, equipment, and vehicles). In: *Modeling and Inventories. United States Environmental Protection Agency (EPA)*.
- European Commission (2012): Guidance Document No. 28. Technical guidance on the preparation of an inventory of emissions, discharges and losses of priority and priority hazardous substances. 1. Aufl. 1 Band. Brussels: European Commission (Common implementation strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC), 058). Online verfügbar <http://www.emissieregistratie.nl/ERPUBLIEK/documenten/Water/WFD%20guidance%20on%20emission%20inventories.pdf>.
- Eurostat (2012): Bevölkerungsdichte auf Ebene der NUTS-3 Regionen. Online verfügbar: http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=demo_r_d3dens&lang=de. Stand: 06.12.2012.
- Eurostat (2014): GEOSTAT-Bevölkerungsraster nach Zensus 2011. Online verfügbar: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/gisco_Geographical_information_maps/popups/references/population_distribution_demography, zuletzt geprüft am 21.10.2014.
- Fitschen, A.; Nordmann, H. (2010): Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2008. Jahresauswertung der automatischen Dauerzählstellen, Bd. 191. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Strassenwesen.
- Fuchs, S.; Dimitrova, S.; Kittlaus, S.; Wander, R. (2013): Modellierung der direkten Emissionen in das Kompartiment Wasser. In: Datenvalidierung/Methodenentwicklung zur verbesserten Erfassung und Darstellung der Emissionssituation im PRTR. Forschungsvorhaben des Umweltbundesamtes. Förderkennzeichen: FKZ 37 10 91 244. Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS). Karlsruhe, S. 44-50 und Anhang 6. Online verfügbar: http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Forschungsdatenbank/fkz_3710_91_244_emissionssituation_prtr_bf.pdf.
- Fuchs, S.; Dimitrova, S.; Kittlaus, S.; Wander, R.; Reid, L.; Tettenborn, F. (2014): Aktualisierung der Stoffeintragsmodellierung (Regionalisierte Pfadanalyse) für die Jahre 2009 bis 2011. unveröffentlicht. Karlsruhe, 2014.
- Fuchs, S.; Scherer, U.; Wander, R.; Behrendt, H.; Venohr, M.; Opitz, D. et al. (2010): Berechnung von Stoffeinträgen in die fließgewässer Deutschlands mit dem Modell MONERIS. Nährstoffe, Schwermetalle und Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe. 1. Aufl. 1 Band. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt (UBA-Texte, 45/2010). Online verfügbar <http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/4017.pdf>.
- Fuchs, S.; Weber, T.; Wander, R.; Toshovski, S.; Kittlaus, S.; Reid, L. et al. (2016): Ermittlung der Effizienz von Maßnahmen zur Reduktion von Stoffeinträgen unter WRRL mit Hilfe des Bilanzmodells MONERIS. Kurztitel: „Maßnahmeneffizienz“. Forschungskennzahl 3711 21 220. 1. Aufl. 1 Band. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt (UBA Texte).
- Gallego, F.J. (2010): A Population Density Grid of the European Union. *Population and Environment* 31, S. 460-473.
- GB (2011): Internetgebrauchtbörsen für Baumaschinen. <http://www.machineryzone.de/>; <http://www.bau-portal.com/>.
- GfK (2007): Deutsches Flussnetz und deutsches Schienennetz. Online verfügbar: www.gfk-geomarketing.de/startseite.html.

GISCO – Geographic Information System of the European Commission (2010). Online verfügbar:

http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/gisco_Geographical_information_maps/introduction. Stand: 15.02.2012.

Greiselis-Bailer, S.; Kemper, B.-M. (2006): Ermittlung und Minderung der Emissionen krebserzeugender und weiterer besonders gesundheitsgefährdender Stoffe bei Kleinfeuerungsanlagen für feste Brennstoffe. Berlin: Umweltbundesamt (Forschungsvorhaben FKZ 203 44 358).

HKI – Industrieverband Haus-, Heiz und Küchentechnik e.V. (2011): Absatzentwicklung von Raumheizgeräten in Deutschland 2005-2011. Frankfurt a. M.: Industrieverband Haus-, Heiz und Küchentechnik e.V.

ICAO – International Civil Aviation Organization: ICAO Aircraft Engine Emissions Databank (n.d.). Online verfügbar:

<https://www.easa.europa.eu/document-library/icao-aircraft-engine-emissions-databank>.

IER – Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Universität Stuttgart (2016): Regionalisierung der diffusen Emissionen aus dem Sektor mobile Maschinen im Deutschen PRTR System. Bericht zum Projekt Daten zu Emissionen aus diffusen Quellen im deutschen Schadstoffregister PRTR - www.thru.de - Fortschreibung bestehender und Erschließung neuer Datensätze (FKZ 3714122220).

ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung (2004): Entwicklung eines Modells zur Berechnung der Luftschadstoffemissionen und des Kraftstoffverbrauchs von Verbrennungsmotoren in mobilen Geräten und Maschinen. Institut für Energie und Umweltforschung. Im Auftrag des Umweltbundesamtes.

ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung (2009): Aktualisierung des Modells TREMOD – Mobile Machinery (TREMOM-MM). Endbericht. Online verfügbar: <http://www.ifeu.de/verkehrundumwelt/pdf/ifeu%20Endbericht%20TREMOM%20MM%202009.pdf>, letzter Zugriff 17. April 2016.

ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung (2012a): Aktualisierung „Daten- und Rechenmodell: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2030“ (TREMOM, Version 5.3). Institut für Energie- und Umweltforschung. Im Auftrag des Umweltbundesamtes. FKZ 360 16 037. Heidelberg.

ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung (2012b): TREMOD 5 - Version 5.3. ANHANG - Materialien und Erläuterungen. Institut für Energie und Umweltforschung. Heidelberg.

ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung (2014a): Aktualisierung „Daten - und Rechenmodell: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960- 2030“ (TREMOM) für die Emissionsberichterstattung. Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg. Im Auftrag des Umweltbundesamtes. Heidelberg.

ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung (2014b): Erarbeitung eines Konzepts zur Minderung der Umweltbelastung aus NRMM (non road mobile machinery) unter Berücksichtigung aktueller Emissionsfaktoren und Emissionsverminderungsoptionen für den Bestand. Institut für Energie und Umweltforschung. Im Auftrag des Umweltbundesamtes. Forschungskennzahl 3710 45191. Heidelberg.

ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung (2016): Erfassung von Emissionen des Verkehrs und mobiler Maschinen in Deutschland im PRTR. Bericht zum Projekt Daten zu Emissionen aus diffusen Quellen im deutschen Schadstoffregister PRTR - www.thru.de - Fortschreibung bestehender und Erschließung neuer Datensätze (FKZ 3714122220).

ifeu/INFRAS – Institut für Energie- und Umweltforschung / INFRAS (2013): Aktualisierung der Emissionsberechnung für die Binnenschifffahrt und Übertragung der Daten in TREMOD. Institut für Energie und Umweltforschung. Im Rahmen des Projekts „Aktualisierung und Recherche zu Emissionsfaktoren von Euro 5- und Euro 6-Fahrzeugen und nachgerüsteten KFZ und Übertragung der Daten ins Handbuch für Emissionsfaktoren (HBEFA) und in TREMOD.

INFRAS (2007): PM10-Emissionen Verkehr, Teil Schienenverkehr, Schlussbericht, INFRAS Bern, 10. Januar 2007.

INFRAS (2014): Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs Version 3.2, Bern: INFRAS. Online verfügbar: www.hbefa.net.

INFRAS (2015): Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des Non-road-Sektors. Studie für die Jahre 1980-2050. Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU). Umwelt-Wissen Nr. 1519: 237 S. Bern, 2015.

IWG – Institut für Wasser und Gewässerentwicklung (IWG) – Bereich Siedlungswasserwirtschaft und Wassergütwirtschaft, Karlsruher Institut für Technologie (2016): Modellierung der direkten Emissionen in das Kompartiment Wasser. Bericht zum Projekt

Daten zu Emissionen aus diffusen Quellen im deutschen Schadstoffregister PRTR - www.thru.de - Fortschreibung bestehender und Erschließung neuer Datensätze (FKZ 3714122220).

IWO – Institut für Wärme und Öltechnik e.V. (2012): Inlandabsatz von Heizöl EL, Amtliche Mineralöl- und Mineralölprodukte-Daten der BAFA, 2012, und Absatzzahlen von Ölbrennwertgeräten 1999-2011, Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V. (BDH), übermittelt durch Jörg Franke, Institut für Wärme und Öltechnik e.V., Hamburg.

JRC – Joint Research Centre (2008): 2007 Technical Review of the NRMM Directive 1997/68/EC as amended by Directives 2002/88/EC and 2004/26/EC - Part II. European Commission: Joint Research Centre (JRC).

Keil, M.; Bock, M.; Esch, T.; Metz, A.; Nieland, S.; Pfitzner, A. (2010): CORINE Land Cover Aktualisierung 2006 für Deutschland. Abschlussbericht. Online verfügbar: www.corine.dfd.dlr.de/media/download/clc2006_endbericht_de.pdf. Stand: 23.03.2012.

LAI (2013): Mittlere Emissionsfaktoren für kleine und mittlere Feuerungsanlagen, Stand 24. April 2013 für Bericht 2012 (nach 1. BImSchV vom 26.01.2010) ohne Abgasreinigung.

LIV – Landesfachverband des Schornsteinfegerhandwerks NRW (2014): Schornsteinfegerdaten, Düsseldorf (Juni 2014).

Löchter, A. (2012): Datenlieferung im Rahmen des Forschungsvorhabens „Datenvalidierung/ Methodenentwicklung zur verbesserten Erfassung und Darstellung der Emissionssituation im PRTR“ (FKZ 37 10 91 244).

LUBW – Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (2013): Emissionsfaktoren für kleine und mittlere Feuerungsanlagen, Karlsruhe (Stand 24.04.2013).

Off-Highway Research (2011): The Construction Equipment Industry in Europe - Equipment Analysis. Verschiedene Jahrgänge (2007 bis 2011). Off-Highway Research Limited; London, 2011.

Online-Emissionskataster Luft NRW (n.d.). Online verfügbar: <http://www.ekl.nrw.de/ekat/>.

Pfeiffer, F.; Struschka, M.; Baumbach, G. (2000): Ermittlung der mittleren Emissionsfaktoren zur Darstellung der Emissionsentwicklung aus Feuerungsanlagen im Bereich Haushalte und Kleinverbraucher. Berlin: Umweltbundesamt (UBA-Texte 14/00).

PRTR (2012): Deutsches Schadstofffreisetzungs- und -verbringungsregister. Online verfügbar: http://www.prtr.bund.de/frames/index.php?&gui_id=PRTR.

Regionalstatistik (2012): Tabelle „Bevölkerungsstand 2008: Bevölkerung nach Geschlecht – Stichtag 31.12. – regionale Tiefe: Kreise und krfr. Städte“. Online verfügbar: www.regionalstatistik.de. Stand: 20.06.2013.

Rheinbraun Brennstoff GmbH (2008): Angaben zum Bestand an installierten Feuerstätten für feste Brennstoffe. Persönliche Mitteilung von Herrn Zollner, Frechen: Rheinbraun Brennstoff GmbH.

Schweizer Offroad-Datenbank (2008). Online verfügbar: www.bafu.admin.ch/luft/00596/06906/offroad-daten/index.html?lang=de.

Statistische Berichte (2012): Energiebilanz und CO₂-Bilanz in Nordrhein-Westfalen 2012. Online verfügbar: www.it.nrw.de

Statistisches Bundesamt (2008): Güterverkehrsstatistik der Binnenschifffahrt 2008, Fachserie 8 Reihe 4, Online verfügbar: www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/TransportVerkehr/Schifffahrt/BinnenschifffahrtJ2080400087004.pdf?_blob=publicationFile.

Statistisches Bundesamt (2011): Produzierendes Gewerbe – Beschäftigung und Umsatz der Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden 2010, Fachserie 4 Reihe 4.1.1, Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.

Statistisches Bundesamt Fachserie 3 Reihe 4.1 (I. Jgg.): Viehbestand, Fachserie 3 Reihe 4.1, Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.

Statistisches Bundesamt Fachserie 8 Reihe 4 (I. Jgg.): Güterverkehrsstatistik der Binnenschifffahrt, Fachserie 8 Reihe 4, Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.

Statistisches Bundesamt Fachserie 8 Reihe 6 (I. Jgg.): Luftverkehr, Fachserie 8 Reihe 6, Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.

Struschka, M. (2015): Emissionsgutachten Brandenburg 2014-2015, Teilprojekt: Berechnung Endenergieverbrauch, Emissionsfaktoren und Emissionsaufkommen für Haushalte und GHD, Vortrag am 22.6.2015 in Potsdam.

Struschka, M.; Kilgus, D.; Springmann, M.; Baumbach, G. (2007): Effiziente Bereitstellung aktueller Emissionsdaten für die Luftreinhaltung. Stuttgart: Universität Stuttgart, Institut für Verfahrenstechnik und Dampfkesselwesen (IVD) (Forschungsvorhaben UF-OPLAN FKZ 205 42 322).

- Struschka, M.; Zuberbühler, U.; Dreiseidler, A.; Dreizler, D.; Baumbach, G. (2003): Ermittlung und Evaluierung der Feinstaubemissionen aus Kleinfeuerungsanlagen im Bereich der Haushalte und Kleinverbraucher sowie Ableitung von geeigneten Maßnahmen zur Emissionsminderung. Berlin: Umweltbundesamt (UBA-Texte 41/03).
- Theloke, J.; Thiruchittampalam, B.; Orlikova, S.; Uzbasich, M.; Gauger, T. (2011): Methodology Development for the Spatial Distribution of the Diffuse Emissions in Europe. Diffuse Air Emissions in E-PRTR. Brüssel: DG Environment, European Commission.
- Thiruchittampalam, B. (2013): Methoden der räumlichen und zeitlichen Auflösung von Emissionen in Europa. Dissertation. Stuttgart.
- Thiruchittampalam, B. (2014): Entwicklung und Anwendung von Methoden und Modellen zur Berechnung von räumlich und zeitlich hochaufgelösten Emissionen in Europa. Forschungsbericht 118. Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Universität Stuttgart.
- Thiruchittampalam, B.; Köble, R.; Theloke, J.; Kugler, U.; Uzbasich, M.; Geftler, T. (2010): Berechnung von räumlich hochaufgelösten Emissionen für Deutschland. Satellitenbericht des FE-Vorhabens „Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung (PAREST)“. Stuttgart: Universität Stuttgart (Forschungsvorhaben UFOPLAN FKZ 206 43 200/01).
- UBA – Umweltbundesamt (n.d.): Jährliche Auswertung der Luftschadstoffe NO₂ und PM₁₀. Internetseite des Umweltbundesamtes. Online verfügbar: www.umweltbundesamt.de/themen/luft/luftschadstoffe-im-ueberblick, abgerufen am: 30.05.2015.
- UBA – Umweltbundesamt (2008): Effiziente Bereitstellung aktueller Emissionsdaten für die Luftreinhaltung, UBA-Texte 44-08, Berlin: Umweltbundesamt.
- UBA – Umweltbundesamt (2015): German Informative Inventory Report. Online verfügbar: iir-de.wikidot.com/about, abgerufen am: 01.03.2016.
- Welker, A. (2004): Schadstoffströme im urbanen Wasserkreislauf Aufkommen und Verteilung, insbesondere in den Abwasserentsorgungssystemen. Habilitationsschrift. Online verfügbar: http://kluedo.ub.uni-kl.de/files/1678/Habil_privat.pdf.
- WSD West – Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes, Außenstelle West (2006): Verkehrsbericht 2005. o.O.
- Wursthorn, S.; Poganietz, W.R. (2013): Datenvalidierung/ Methodenentwicklung zur verbesserten Erfassung und Darstellung der Emissionssituation im PRTR. Leitungsgruppensitzung „elektronisches PRTR“. Halle/Saale, 26.02.2013.
- Wursthorn, S.; Poganietz, W.-R.; Bodle, R.; Homann, G.; Heidmann, F.; Thom, A. et al. (2013): Datenvalidierung/Methodenentwicklung zur verbesserten Erfassung und Darstellung der Emissionssituation im PRTR. Forschungsvorhaben des Umweltbundesamtes. Förderkennzeichen: FKZ 37 10 91 244. Karlsruhe, 2013. Online verfügbar: http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Forschungsdatenbank/fkz_3710_91_244_emissionssituation_prtr_bf.pdf.
- ZIV – Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks – Zentralinnungsverband (2012): Erhebungsdaten des Schornsteinfegerhandwerks über Emissionsmessungen im Jahr 2008. Sankt Augustin: Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks – Zentralinnungsverband.

Anhang – Ausgewählte Emissionsfaktoren von Feuerungsanlagen

Im Folgenden werden die in den ausgewählten Bundesländern verwendeten Emissionsfaktoren mit denen vom UBA genutzten dargestellt.

Tabelle 25: Emissionsfaktoren von Feuerungsanlagen: Kohlenstoffdioxid

Energieträger	Feuerungsanlage	Leistungs- bereich [kW]	Ein- heit	UBA	Ba-Wü Berlin NRW
Heizöl EL			kg/TJ	73.344	74.000
Heizöl EL (S)			kg/TJ	73.344	
	Ölbrennwertgeräte	>4	kg/TJ	73.344	
Erdgas			kg/TJ	55.796	55.000
Flüssiggas			kg/TJ	k.A.	65.000
Steinkohle			kg/TJ	95.930	98.000
Steinkohlenkoks			kg/TJ	106.167	105.000
Steinkohlenbriketts			kg/TJ		93.000
	Dauerbrandöfen	<15	kg/TJ	95.457	
Braunkohlebriketts			kg/TJ	k.A.	99.000
Rheinische BKB			kg/TJ	97.010	99.000
Lausitzer BKB			kg/TJ	97.010	101.000
Böhmische BKB			kg/TJ	k.A.	97.000
Mitteldeutsche BKB			kg/TJ	k.A.	97.000
naturbelassenes Holz			kg/TJ	102.108	102.000
	Dauerbrandöfen	<15	kg/TJ	102.108	
Holz (stückig)			kg/TJ	k.A.	102.000
Holz (Pellets)			kg/TJ	k.A.	104.000
Stroh			kg/TJ	k.A.	108.000

Anm.: Ba-Wü Baden-Württemberg.

BKB Braunkohlebriketts.

k.A. keine Angabe.

Quellen: AVISO GmbH (2016), LUBW (2013), Wursthorn et al. (2013)

Tabelle 26: Emissionsfaktoren von Feuerungsanlagen: Kohlenstoffmonoxid

Energieträger	Feuerungsanlage	Leistungs- bereich [kW]	Ein- heit	UBA	Ba-Wü Berlin NRW
Heizöl EL			kg/TJ		14,0
	Ölöfen mit Verdampfungsbrennern	>4	kg/TJ	106,0	
	Heizkessel mit Ölgebläseburnern	4-25	kg/TJ	7,0	
		25-50	kg/TJ	14,0	
		>50	kg/TJ	10,0	
Erdgas			kg/TJ		14,0
	Raumheizer	>4	kg/TJ	10,0	
	Gasbrenner ohne Gebläse (Heizkessel)	4-25	kg/TJ	18,0	
		25-50	kg/TJ	13,0	
		>50	kg/TJ	14,0	
	Gasbrenner mit Gebläse (Heizkessel)	4-25	kg/TJ	6,9	
		25-50	kg/TJ	9,2	
		>50	kg/TJ	11,0	
	Brennwertgeräte	>4	kg/TJ	6,4	
	Durchlaufwassererhitzer	>4	kg/TJ	22,0	
Kombiwasserheizer	>4	kg/TJ	17,0		
Vorratswasserheizer	>4	kg/TJ	6,6		
Flüssiggas			kg/TJ	k.A.	13,0
Steinkohle			kg/TJ		3.386,0
	Dauerbrandöfen	<15	kg/TJ	3.452,0	
	Kachelöfen	<15	kg/TJ	3.388,0	
	Heizkessel	4-25	kg/TJ	3.058,0	
		25-50	kg/TJ	2.990,0	
	>50	kg/TJ	2.990,0		
Steinkohlenkoks			kg/TJ		6.768,0
	Dauerbrandöfen	<15	kg/TJ	7.220,0	
	Kachelöfen	<15	kg/TJ	809,0	
	Heizkessel	4-25	kg/TJ	6.485,0	
		25-50	kg/TJ	6.485,0	
	>50	kg/TJ	6.485,0		
Steinkohlenbriketts			kg/TJ		4.875,0
	Dauerbrandöfen	<15	kg/TJ	4.875,0	
Braunkohlebriketts			kg/TJ	k.A.	2.280,0

Energieträger	Feuerungsanlage	Leistungs- bereich [kW]	Ein- heit	UBA	Ba-Wü Berlin NRW	
Rheinische BKB			kg/TJ		2.280,0	
	Dauerbrandöfen	<15	kg/TJ	4.512,0		
	Kachelöfen	<15	kg/TJ	2.398,0		
	Kamine	<15	kg/TJ	1.375,0		
	Kaminöfen	<15	kg/TJ	2.017,0		
	Heizkessel		4-25	kg/TJ		4.268,0
			25-50	kg/TJ		1.311,0
			>50	kg/TJ		1.311,0
	Badeöfen	<15	kg/TJ	5.779,0		
	Herde	<15	kg/TJ	3.889,0		
Lausitzer BKB			kg/TJ		2.435,0	
	Dauerbrandöfen	<15	kg/TJ	3.597,0		
	Kachelöfen	<15	kg/TJ	2.863,0		
	Kamine	<15	kg/TJ	1.989,0		
	Kaminöfen	<15	kg/TJ	1.989,0		
	Heizkessel		4-25	kg/TJ		1.712,0
			25-50	kg/TJ		1.712,0
			>50	kg/TJ		6.225,0
	Badeöfen	<15	kg/TJ	4.463,0		
	Herde	<15	kg/TJ	2.679,0		
Böhmische BKB			kg/TJ	k.A.	3.800,0	
Mitteldeutsche BKB			kg/TJ	k.A.	3.504,0	

Energieträger	Feuerungsanlage	Leistungs- bereich [kW]	Ein- heit	UBA	Ba-Wü Berlin NRW	
naturbelassenes Holz			kg/TJ		k.A.	
	Dauerbrandöfen	<15	kg/TJ	3.889,0		
	Kachelöfen	<15	kg/TJ	3.895,0		
	Kamine	<15	kg/TJ	2.856,0		
	Kaminöfen	<15	kg/TJ	2.308,0		
	Pelletöfen	<16	kg/TJ	652,0		
	Heizkessel handbeschickt		4-25	kg/TJ	4.567,0	
			25-50	kg/TJ	1.436,0	
			>50	kg/TJ	611,0	
	Heizkessel für Pellets		4-25	kg/TJ	179,0	
			25-50	kg/TJ	135,0	
			>50	kg/TJ	95,0	
	Badeöfen	<15	kg/TJ	4.950,0		
Herde	<15	kg/TJ	3.694,0			
Holz (stückig)			kg/TJ	k.A.	2.871,0	
Holz (Pellets)			kg/TJ	k.A.	317,0	
Stroh			kg/TJ	k.A.	1.200,0	

Anm.: Ba-Wü Baden-Württemberg.

BKB Braunkohlebriketts.

k.A. keine Angabe.

Quellen: AVISO GmbH (2016), LUBW (2013), Wursthorn et al. (2013)

Tabelle 27: Emissionsfaktoren von Feuerungsanlagen: Stickoxide

Energieträger	Feuerungsanlage	Leistungs- bereich [kW]	Ein- heit	UBA	Ba-Wü Berlin NRW
Heizöl EL			kg/TJ		43,0
	Ölöfen mit Verdampfungsbrennern	>4	kg/TJ	34,0	
	Heizkessel mit Ölgebläsebrennern	4-25	kg/TJ	40,0	
		25-50	kg/TJ	42,0	
		>50	kg/TJ	40,0	
Erdgas			kg/TJ		24,0
	Raumheizer	>4	kg/TJ	26,0	
	Gasbrenner ohne Gebläse (Heizkessel)	4-25	kg/TJ	21,0	
		25-50	kg/TJ	34,0	
		>50	kg/TJ	36,0	
	Gasbrenner mit Gebläse (Heizkessel)	4-25	kg/TJ	19,0	
		25-50	kg/TJ	23,0	
		>50	kg/TJ	26,0	
	Brennwertgeräte	>4	kg/TJ	5,1	
	Durchlaufwassererhitzer	>4	kg/TJ	37,0	
Kombiwasserheizer	>4	kg/TJ	18,0		
Vorratswasserheizer	>4	kg/TJ	54,0		
Flüssiggas			kg/TJ	k.A.	36,0
Steinkohle			kg/TJ		63,0
	Dauerbrandöfen	<15	kg/TJ	59,0	
	Kachelöfen	<15	kg/TJ	75,0	
	Heizkessel	4-25	kg/TJ	69,0	
		25-50	kg/TJ	88,0	
		>50	kg/TJ	88,0	
Steinkohlenkoks			kg/TJ		41,0
	Dauerbrandöfen	<15	kg/TJ	29,0	
	Kachelöfen	<15	kg/TJ	36,0	
	Heizkessel	4-25	kg/TJ	72,0	
		25-50	kg/TJ	72,0	
		>50	kg/TJ	72,0	
Steinkohlenbriketts			kg/TJ		50,0
	Dauerbrandöfen	<15	kg/TJ	50,0	
Braunkohlebriketts			kg/TJ	k.A.	85,0

Energieträger	Feuerungsanlage	Leistungs- bereich [kW]	Ein- heit	UBA	Ba-Wü Berlin NRW	
Rheinische BKB			kg/TJ		85,0	
	Dauerbrandöfen	<15	kg/TJ	78,0		
	Kachelöfen	<15	kg/TJ	67,0		
	Kamine	<15	kg/TJ	106,0		
	Kaminöfen	<15	kg/TJ	90,0		
	Heizkessel		4-25	kg/TJ		111,0
			25-50	kg/TJ		73,0
			>50	kg/TJ		111,0
	Badeöfen	<15	kg/TJ	129,0		
	Herde	<15	kg/TJ	103,0		
Lausitzer BKB			kg/TJ		89,0	
	Dauerbrandöfen	<15	kg/TJ	42,0		
	Kachelöfen	<15	kg/TJ	55,0		
	Kamine	<15	kg/TJ	117,0		
	Kaminöfen	<15	kg/TJ	117,0		
	Heizkessel		4-25	kg/TJ		84,0
			25-50	kg/TJ		67,0
			>50	kg/TJ		84,0
	Badeöfen	<15	kg/TJ	91,0		
	Herde	<15	kg/TJ	130,0		
Böhmische BKB			kg/TJ	k.A.	86,0	
Mitteldeutsche BKB			kg/TJ	k.A.	72,0	

Energieträger	Feuerungsanlage	Leistungs- bereich [kW]	Ein- heit	UBA	Ba-Wü Berlin NRW	
naturbelassenes Holz			kg/TJ		74,0	
	Dauerbrandöfen	<15	kg/TJ	55,0		
	Kachelöfen	<15	kg/TJ	58,0		
	Kamine	<15	kg/TJ	75,0		
	Kaminöfen	<15	kg/TJ	72,0		
	Pelletöfen		<16	kg/TJ	182,0	
		Heizkessel handbeschickt	4-25	kg/TJ	124,0	
			25-50	kg/TJ	81,0	
	>50		kg/TJ	87,0		
	Heizkessel für Pellets	4-25	kg/TJ	80,0		
		25-50	kg/TJ	82,0		
		>50	kg/TJ	84,0		
	Badeöfen	<15	kg/TJ	83,0		
Herde	<15	kg/TJ	81,0			
Holz (stückig)			kg/TJ	k.A.	74,0	
Holz (Pellets)			kg/TJ	k.A.	114,0	
Stroh			kg/TJ	k.A.	55,0	

Anm.: Ba-Wü Baden-Württemberg.

BKB Braunkohlebriketts.

k.A. keine Angabe.

Quellen: AVISO GmbH (2016), LUBW (2013), Wursthorn et al. (2013)

Tabelle 28: Emissionsfaktoren von Feuerungsanlagen: Schwefeldioxid

Energieträger	Feuerungsanlage	Leistungs- bereich [kW]	Ein- heit	UBA	Ba-Wü Berlin NRW
Heizöl EL			kg/TJ		2,3
	Ölöfen mit Verdampfungsbrennern	>4	kg/TJ	32,1	
	Heizkessel mit Ölgebläsebrennern	4-25	kg/TJ	32,1	
		25-50	kg/TJ	32,1	
		>50	kg/TJ	32,1	
Ölbrennwertgeräte	>4	kg/TJ	32,1		
Heizöl EL (S)			kg/TJ		0,5
	Ölbrennwertgeräte	>4	kg/TJ	1,1	
Erdgas			kg/TJ		0,5
	Raumheizer	>4	kg/TJ	0,5	
	Gasbrenner ohne Gebläse (Heizkessel)	4-25	kg/TJ	0,5	
		25-50	kg/TJ	0,5	
		>50	kg/TJ	0,5	
	Gasbrenner mit Gebläse (Heizkessel)	4-25	kg/TJ	0,5	
		25-50	kg/TJ	0,5	
		>50	kg/TJ	0,5	
	Brennwertgeräte	>4	kg/TJ	0,5	
	Durchlaufwassererhitzer	>4	kg/TJ	0,5	
	Kombiwasserheizer	>4	kg/TJ	0,5	
Vorratswasserheizer	>4	kg/TJ	0,5		
Flüssiggas			kg/TJ	k.A.	0,5
Steinkohle			kg/TJ		375,0
	Dauerbrandöfen	<15	kg/TJ	393,0	
	Kachelöfen	<15	kg/TJ	408,0	
	Heizkessel	4-25	kg/TJ	129,0	
		25-50	kg/TJ	343,0	
	>50	kg/TJ	343,0		
Steinkohlenkoks			kg/TJ		450,0
	Dauerbrandöfen	<15	kg/TJ	435,0	
	Kachelöfen	<15	kg/TJ	488,0	
	Heizkessel	4-25	kg/TJ	481,0	
		25-50	kg/TJ	481,0	
	>50	kg/TJ	481,0		
Steinkohlenbriketts			kg/TJ		563,0
	Dauerbrandöfen	<15	kg/TJ	563,0	

Energieträger	Feuerungsanlage	Leistungs- bereich [kW]	Ein- heit	UBA	Ba-Wü Berlin NRW
Braunkohlebriketts			kg/TJ	k.A.	70,0
Rheinische BKB			kg/TJ		70,0
	Dauerbrandöfen	<15	kg/TJ	76,0	
	Kachelöfen	<15	kg/TJ	61,0	
	Kamine	<15	kg/TJ	74,0	
	Kaminöfen	<15	kg/TJ	71,0	
	Heizkessel	4-25	kg/TJ	109,0	
		25-50	kg/TJ	68,0	
		>50	kg/TJ	68,0	
	Badeöfen	<15	kg/TJ	114,0	
	Herde	<15	kg/TJ	114,0	
Lausitzer BKB			kg/TJ		121,0
	Dauerbrandöfen	<15	kg/TJ	259,0	
	Kachelöfen	<15	kg/TJ	159,0	
	Kamine	<15	kg/TJ	68,0	
	Kaminöfen	<15	kg/TJ	68,0	
	Heizkessel	4-25	kg/TJ	325,0	
		25-50	kg/TJ	325,0	
		>50	kg/TJ	306,0	
	Badeöfen	<15	kg/TJ	80,0	
	Herde	<15	kg/TJ	80,0	
Böhmische BKB			kg/TJ	k.A.	267,0
Mitteldeutsche BKB			kg/TJ	k.A.	719,0
naturbelassenes Holz			kg/TJ	k.A.	7,7
Holz (stückig)			kg/TJ	k.A.	7,7
Holz (Pellets)			kg/TJ	k.A.	5,1
Stroh			kg/TJ	k.A.	84,0

Anm.: Ba-Wü Baden-Württemberg.

BKB Braunkohlebriketts.

k.A. keine Angabe.

Quellen: AVISO GmbH (2016), LUBW (2013), Wursthorn et al. (2013)

Tabelle 29: Emissionsfaktoren von Feuerungsanlagen: Partikel (Gesamtstaub)

Energieträger	Feuerungsanlage	Leistungs- bereich [kW]	Ein- heit	UBA	Ba-Wü Berlin NRW
Heizöl EL			kg/TJ		1,0
	Ölöfen mit Verdampfungsbrennern	>4	kg/TJ	1,1	
	Heizkessel mit Ölgebläseburnern	4-25	kg/TJ	0,8	
		25-50	kg/TJ	0,3	
		>50	kg/TJ	0,2	
Ölbrennwertgeräte	>4	kg/TJ	0,04		
Heizöl EL (S)	Ölbrennwertgeräte	>4	kg/TJ	0,01	0,03
Erdgas			kg/TJ		
	Raumheizer	>4	kg/TJ	0,03	
	Gasbrenner ohne Gebläse (Heizkessel)	4-25	kg/TJ	0,03	
		25-50	kg/TJ	0,03	
		>50	kg/TJ	0,03	
	Gasbrenner mit Gebläse (Heizkessel)	4-25	kg/TJ	0,03	
		25-50	kg/TJ	0,03	
		>50	kg/TJ	0,03	
	Brennwertgeräte	>4	kg/TJ	0,03	
	Durchlaufwassererhitzer	>4	kg/TJ	0,03	
Kombiwasserheizer	>4	kg/TJ	0,03		
Vorratswasserheizer	>4	kg/TJ	0,03		
Flüssiggas			kg/TJ	k.A.	0,03
Steinkohle			kg/TJ		18,0
	Dauerbrandöfen	<15	kg/TJ	18,0	
	Kachelöfen	<15	kg/TJ	18,0	
	Heizkessel	4-25	kg/TJ	18,0	
		25-50	kg/TJ	18,0	
	>50	kg/TJ	18,0		
Steinkohlenkoks			kg/TJ		16,0
	Dauerbrandöfen	<15	kg/TJ	17,0	
	Kachelöfen	<15	kg/TJ	17,0	
	Heizkessel	4-25	kg/TJ	15,0	
		25-50	kg/TJ	15,0	
	>50	kg/TJ	15,0		

Energieträger	Feuerungsanlage	Leistungs- bereich [kW]	Ein- heit	UBA	Ba-Wü Berlin NRW	
Steinkohlenbriketts			kg/TJ		265,0	
	Dauerbrandöfen	<15	kg/TJ	265,0		
Braunkohlebriketts			kg/TJ	k.A.	75,0	
Rheinische BKB			kg/TJ		75,0	
	Dauerbrandöfen	<15	kg/TJ	239,0		
	Kachelöfen	<15	kg/TJ	64,0		
	Kamine	<15	kg/TJ	29,0		
	Kaminöfen	<15	kg/TJ	65,0		
	Heizkessel		4-25	kg/TJ	130,0	
			25-50	kg/TJ	130,0	
			>50	kg/TJ	130,0	
	Badeöfen	<15	kg/TJ	30,0		
	Herde	<15	kg/TJ	35,0		
Lausitzer BKB			kg/TJ		51,0	
	Dauerbrandöfen	<15	kg/TJ	125,0		
	Kachelöfen	<15	kg/TJ	99,0		
	Kamine	<15	kg/TJ	13,0		
	Kaminöfen	<15	kg/TJ	13,0		
	Heizkessel		4-25	kg/TJ	40,0	
			25-50	kg/TJ	40,0	
			>50	kg/TJ	40,0	
	Badeöfen	<15	kg/TJ	29,0		
	Herde	<15	kg/TJ	11,0		
Böhmische BKB			kg/TJ		336,0	
	Dauerbrandöfen	<15	kg/TJ	369,0		
	Kachelöfen	<15	kg/TJ	385,0		
	Kamine	<15	kg/TJ	326,0		
	Kaminöfen	<15	kg/TJ	326,0		
	Heizkessel		4-25	kg/TJ	140,0	
			25-50	kg/TJ	140,0	
			>50	kg/TJ	140,0	
	Badeöfen	<15	kg/TJ	111,0		
	Herde	<15	kg/TJ	209,0		
Mitteldeutsche BKB			kg/TJ	k.A.	120,0	

Energieträger	Feuerungsanlage	Leistungs- bereich [kW]	Ein- heit	UBA	Ba-Wü Berlin NRW	
naturbelassenes Holz			kg/TJ		102,0	
	Dauerbrandöfen	<15	kg/TJ	74,0		
	Kachelöfen	<15	kg/TJ	120,0		
	Kamine	<15	kg/TJ	149,0		
	Kaminöfen	<15	kg/TJ	93,0		
	Pelletöfen		<16	kg/TJ	55,0	
		Heizkessel handbeschickt	4-25	kg/TJ	90,0	
			25-50	kg/TJ	52,0	
	>50		kg/TJ	63,0		
	Heizkessel für Pellets	4-25	kg/TJ	21,0		
		25-50	kg/TJ	13,0		
		>50	kg/TJ	30,0		
	Badeöfen	<15	kg/TJ	81,0		
Herde	<15	kg/TJ	74,0			
Holz (stückig)			kg/TJ	k.A.	102,0	
Holz (Pellets)			kg/TJ	k.A.	33,0	
Stroh			kg/TJ	k.A.	370,0	

Anm.: Ba-Wü Baden-Württemberg.

BKB Braunkohlebriketts.

k.A. keine Angabe.

Quellen: AVISO GmbH (2016), LUBW (2013), Wursthorn et al. (2013)

Tabelle 30: Emissionsfaktoren von Feuerungsanlagen: NMVOC und organische Gase

Energieträger	Feuerungsanlage	Leistungs- bereich [kW]	Ein- heit	UBA	Ba-Wü Berlin NRW
Heizöl EL			kg/TJ		1,86
	Ölöfen mit Verdampfungsbrennern	>4	kg/TJ	1,1	
	Heizkessel mit Ölgebläseburnern	4-25	kg/TJ	2,5	
		25-50	kg/TJ	1,8	
		>50	kg/TJ	0,1	
Heizöl EL (S)			kg/TJ		
Erdgas			kg/TJ		0,2
	Raumheizer	>4	kg/TJ	0,2	
	Gasbrenner ohne Gebläse (Heizkessel)	4-25	kg/TJ	0,5	
		25-50	kg/TJ	0,6	
		>50	kg/TJ	0,3	
	Gasbrenner mit Gebläse (Heizkessel)	4-25	kg/TJ	0,3	
		25-50	kg/TJ	0,3	
		>50	kg/TJ	0,3	
	Brennwertgeräte	>4	kg/TJ	0,3	
	Durchlaufwassererhitzer	>4	kg/TJ	0,2	
	Kombiwasserheizer	>4	kg/TJ	1,6	
	Vorratswasserheizer	>4	kg/TJ	0,7	
Flüssiggas			kg/TJ	k.A.	0,4
Steinkohle			kg/TJ		32,0
	Dauerbrandöfen	<15	kg/TJ	70,0	
	Kachelöfen	<15	kg/TJ	23,0	
	Heizkessel	4-25	kg/TJ	55,0	
		25-50	kg/TJ	46,0	
	>50	kg/TJ	46,0		
Steinkohlenkoks			kg/TJ		12,0
	Dauerbrandöfen	<15	kg/TJ	4,7	
	Kachelöfen	<15	kg/TJ	<0,78	
	Heizkessel	4-25	kg/TJ	41,0	
		25-50	kg/TJ	41,0	
	>50	kg/TJ	41,0		
Steinkohlenbriketts			kg/TJ		92,0
	Dauerbrandöfen	<15	kg/TJ	184,0	

Energieträger	Feuerungsanlage	Leistungs- bereich [kW]	Ein- heit	UBA	Ba-Wü Berlin NRW
Braunkohlebriketts			kg/TJ	k.A.	97,0
Rheinische BKB			kg/TJ		97,0
	Dauerbrandöfen	<15	kg/TJ	308,0	
	Kachelöfen	<15	kg/TJ	128,0	
	Kamine	<15	kg/TJ	38,0	
	Kaminöfen	<15	kg/TJ	74,0	
	Heizkessel	4-25	kg/TJ	171,0	
		25-50	kg/TJ	171,0	
		>50	kg/TJ	171,0	
	Badeöfen	<15	kg/TJ	84,0	
	Herde	<15	kg/TJ	60,0	
Lausitzer BKB			kg/TJ		190,0
	Dauerbrandöfen	<15	kg/TJ	264,0	
	Kachelöfen	<15	kg/TJ	418,0	
	Kamine	<15	kg/TJ	20,0	
	Kaminöfen	<15	kg/TJ	20,0	
	Heizkessel	4-25	kg/TJ	295,0	
		25-50	kg/TJ	295,0	
		>50	kg/TJ	295,0	
	Badeöfen	<15	kg/TJ	150,0	
	Herde	<15	kg/TJ	18,0	
Böhmische BKB			kg/TJ	k.A.	242,0
Mitteldeutsche BKB			kg/TJ	k.A.	219,

Energieträger	Feuerungsanlage	Leistungs- bereich [kW]	Ein- heit	UBA	Ba-Wü Berlin NRW
naturbelassenes Holz			kg/TJ		126,0
	Dauerbrandöfen	<15	kg/TJ	268,0	
	Kachelöfen	<15	kg/TJ	280,0	
	Kamine	<15	kg/TJ	52,0	
	Kaminöfen	<15	kg/TJ	149,0	
	Pelletöfen	<16	kg/TJ	5,5	
	Heizkessel handbeschickt	4-25	kg/TJ	9,0	
		25-50	kg/TJ	34,0	
		>50	kg/TJ	58,0	
	Heizkessel für Pellets	4-25	kg/TJ	1,7	
		25-50	kg/TJ	2,5	
		>50	kg/TJ	9,8	
	Badeöfen	<15	kg/TJ	71,0	
	Herde	<15	kg/TJ	68,0	
Holz (stückig)			kg/TJ	k.A.	126,0
Holz (Pellets)			kg/TJ	k.A.	2,7
Stroh			kg/TJ	k.A.	k.A.

Anm.: Ba-Wü Baden-Württemberg.

BKB Braunkohlebriketts.

k.A. keine Angabe.

Quellen: AVISO GmbH (2016), LUBW (2013), Wursthorn et al. (2013)

Anlagen

- Anlage 1: ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung (2016): Erfassung von Emissionen des Verkehrs und mobiler Maschinen in Deutschland im PRTR.
- Anlage 2: IER – Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Universität Stuttgart (2016): Regionalisierung der diffusen Emissionen aus dem Sektor mobile Maschinen im Deutschen PRTR System.
- Anlage 3: IWG – Institut für Wasser und Gewässerentwicklung (IWG) – Bereich Siedlungswasserwirtschaft und Wassergütewirtschaft, Karlsruher Institut für Technologie (2016): Modellierung der direkten Emissionen in das Kompartiment Wasser.