

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Umweltmeteorologie
Kfz-Emissionsbestimmung
Luftbeimengungen
Environmental meteorology
Determination of the emission from
motor vehicles
Air quality

VDI 3782

Blatt 7 / Part 7

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

Der Entwurf dieser Richtlinie wurde mit Ankündigung im Bundesanzeiger einem öffentlichen Einspruchsverfahren unterworfen.

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

The draft of this standard has been subject to public scrutiny after announcement in the Bundesanzeiger (Federal Gazette).

The German version of this standard shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.

Inhalt	Seite	Contents	Page
Vorbemerkung	3	Preliminary note	3
Einleitung	3	Introduction	3
1 Anwendungsbereich	3	1 Scope	3
2 Begriffe	5	2 Terms and definitions	5
3 Formelzeichen und Abkürzungen	11	3 Symbols and abbreviations	13
4 Grundlagen der Emission von Luftschadstoffen und klimarelevanten Stoffen im Straßenverkehr	16	4 Fundamentals of the emission of air pollutants and climate-relevant substances in road traffic	16
4.1 Abgasemissionen	17	4.1 Exhaust gas emissions	17
4.2 Verdampfungsemissionen	27	4.2 Evaporation emissions	27
4.3 Abrieb und Aufwirbelung	28	4.3 Wear and resuspension	28
4.4 Rechtliche Anforderungen an Fahrzeugemissionen und Kraftstoffe	32	4.4 Regulatory requirements for vehicle emissions and fuels	32
5 Methodik und Aufgabenstellung der Emissionsbestimmung	34	5 Methodology and task of emission determination	34
5.1 Berechnung der Emission anhand von Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten	34	5.1 Calculating emissions from emission factors and activity data	34
5.2 Datengrundlage für Emissionsfaktoren	39	5.2 Fundamental dataset for emission factors	39
5.3 Emissionsmodelle	40	5.3 Emission models	40
6 Bestimmung der Emissionsfaktoren für motorbedingte Emissionen	44	6 Determining the emission factors for engine-induced emissions	44
6.1 Überblick	44	6.1 Overview	44
6.2 Fahrzeugspezifische Einflussfaktoren – Fahrzeugschichten	45	6.2 Vehicle-specific influencing factors – vehicle segments	45
6.3 Emissionsfaktoren für Abgasemissionen im warmen Betriebszustand	49	6.3 Emission factors for exhaust gas emissions at operating temperature	49
6.4 Startzuschläge und der Einfluss der Außentemperatur	62	6.4 Start excess and the effect of the external temperature	62
6.5 Verdampfungsemissionen	75	6.5 Evaporation emissions	75

VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL)

Fachbereich Umweltmeteorologie

VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 1b: Umweltmeteorologie
VDI-Handbuch Fahrzeugtechnik

Inhalt	Seite
7 Emissionsfaktoren für nicht motorbedingte Partikelemissionen	78
7.1 Emissionsfaktoren für den Abrieb von Reifen, Bremsen und Straßenoberflächen	78
7.2 Kombinierte Emissionsfaktoren PM ₁₀ für Abrieb und Aufwirbelung	82
8 Aktivitätsdaten	85
8.1 Verkehrsinfrastrukturdaten	86
8.2 Verkehrsstärke und Verkehrszusammensetzung	86
8.3 Bestimmung der Verkehrssituation	95
8.4 Ermittlung der Flottenzusammensetzung	110
8.5 Nebennetz	116
8.6 Weitere notwendige Verkehrsdaten zur Emissionsberechnung	118
8.7 Ruhender Verkehr	120
9 Grenzbereiche der Anwendbarkeit des HBEFA	123
Anhang A Sensitivitätsanalysen	126
A1 Methodik	127
A2 Verkehrsstärke	128
A3 Verkehrszusammensetzung	128
A4 Verkehrssituation	129
A5 Flottenzusammensetzung	132
A6 Längsneigung	132
A7 Startzuschläge	136
Anhang B Fahrtweitenverteilung	140
Anhang C Bestimmung der Kalt- und Kühlstartanteile aller Fahrten	145
Anhang D Beispielrechnungen	156
D1 Ermittlung eines dynamischen Pkw-Emissionsfaktors, der auf regionalen Pkw-Bestandsdaten beruht	156
D2 Gesamtemissionsfaktor eines Pkw	160
Anhang E Zuordnung von Fahrzeugen zu den Fahrzeugschichten des HBEFA	165
E1 Zuordnung zu den Fahrzeugkategorien des HBEFA	165
E2 Zuordnung zum Antrieb	167
E3 Zuordnung zur Größenklasse	167
E4 Zuordnung zum Emissionskonzept	167
E5 Zusatzangaben zur Nachrüstung von Partikelfiltern	172
E6 Stickstoffoxidminderungssysteme bei SNF und Bussen	173
Schriftum	174
Benennungsindex englisch – deutsch	178

Contents	Page
7 Emission factors for non-engine-induced particulate emissions	78
7.1 Emission factors for tyre, brake, and road surface wear	78
7.2 Combined emission factors PM ₁₀ for wear and resuspension	82
8 Activity data	85
8.1 Traffic infrastructure data	86
8.2 Traffic volume and traffic composition	86
8.3 Determining the traffic situation	95
8.4 Calculating the fleet composition	110
8.5 Secondary network	116
8.6 Further traffic data necessary for emission calculations	118
8.7 Stationary traffic	120
9 Limits of HBEFA applicability	123
Annex A Sensitivity analyses	126
A1 Methodology	127
A2 Traffic volume	128
A3 Traffic composition	128
A4 Traffic situation	129
A5 Fleet composition	132
A6 Longitudinal gradient	132
A7 Start excess	136
Annex B Trip length distribution	140
Annex C Determining the cold and cool start fractions of all trips	145
Annex D Calculation examples	156
D1 Calculating a dynamic passenger car emission factor, based on regional passenger car inventory data	156
D2 Total emission factor of a passenger car	160
Annex E Allocation of vehicles to HBEFA vehicle segments	165
E1 Allocation to HBEFA vehicle categories	165
E2 Allocation to engine type	167
E3 Allocation to size class	167
E4 Allocation to emission concept	167
E5 Further information on the retrofitting of particle filters	172
E6 Nitrogen oxide reduction systems in HDV and buses	173
Bibliography	174
Term index English – German	178

Vorbemerkung

Der Inhalt dieser Richtlinie ist entstanden unter Beachtung der Vorgaben und Empfehlungen der Richtlinie VDI 1000.

Alle Rechte, insbesondere die des Nachdrucks, der Fotokopie, der elektronischen Verwendung und der Übersetzung, jeweils auszugsweise oder vollständig, sind vorbehalten.

Die Nutzung dieser VDI-Richtlinie ist unter Wahrung des Urheberrechts und unter Beachtung der Lizenzbedingungen (www.vdi.de/richtlinien), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

Allen, die ehrenamtlich an der Erarbeitung dieser VDI-Richtlinie mitgewirkt haben, sei gedankt.

Eine Liste der aktuell verfügbaren Blätter dieser Richtlinienreihe ist im Internet abrufbar unter www.vdi.de/3782.

Einleitung

Die Richtlinie VDI 3782 Blatt 7 aus dem Jahr 2003 beschäftigte sich erstmals zusammenfassend mit allen Problemen, die bei der Bestimmung der Emissionen durch den Kfz-Verkehr auftreten und die mit einer Belastung der Atmosphäre mit Luftschadstoffen zu tun haben. Mittlerweile haben sich die Grundlagen zur Emissionsbestimmung weiterentwickelt, sodass eine Anpassung an den aktuellen Stand der Technik erforderlich ist. Ein wesentliches Element ist dabei das Handbuch der Emissionsfaktoren (HBEFA), das aktuell in der Version 3.3 [1; 2] vorliegt. Die aktualisierte Richtlinie erläutert u. a. die prinzipiellen Vorgehensweisen zur Gewinnung und Berücksichtigung der erforderlichen Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten. Sie zeigt dabei insbesondere Lösungsansätze für den Praktiker auf. Das HBEFA wird derzeit in Deutschland, Frankreich, Norwegen, Österreich, Schweden und der Schweiz zur Bestimmung der Emissionsdaten als Eingangsdaten für die Modellierung der Schadstoffbelastung angewandt. Es bildet – zusammen mit dem Ratgeber für Emissionsinventare der Europäischen Umweltagentur [3] – auch die Grundlage des Emissionsmodells COPERT [4].

Anmerkung: HBEFA steht in der Richtlinie, sofern nicht anders angegeben, für HBEFA 3.3.

1 Anwendungsbereich

Diese Richtlinie behandelt die Bestimmung der Emissionen von Luftschadstoffen und Treibhausgasen durch den Kfz-Verkehr mittels Modellrechnungen auf der Grundlage von Emissionsfaktoren und Emissionsmodellen. Berücksichtigt werden Emissio-

Preliminary note

The content of this standard has been developed in strict accordance with the requirements and recommendations of the standard VDI 1000.

All rights are reserved, including those of reprinting, reproduction (photocopying, micro copying), storage in data processing systems and translation, either of the full text or of extracts.

The use of this standard without infringement of copyright is permitted subject to the licensing conditions (www.vdi.de/richtlinien) specified in the VDI Notices.

We wish to express our gratitude to all honorary contributors to this standard.

A catalogue of all available parts of this series of standards can be accessed on the Internet at www.vdi.de/3782.

Introduction

The standard VDI 3782 Part 7, drawn up in 2003, summarised for the first time all the problems that occur when determining the emissions caused by vehicular traffic and that concern contamination of the atmosphere with air pollutants. In the meantime, the fundamental principles of determining emissions have developed further, requiring adaptation to the current state of the art. An essential element here is the Handbook of Emission Factors (HBEFA), which currently is available in version 3.3 [1; 2]. This updated standard explains inter alia the basic procedures for obtaining and taking into account the required emission factors and activity data. In particular, it highlights solution approaches for practitioners. Currently, HBEFA is used in Germany, France, Norway, Austria, Sweden, and Switzerland to determine emission data as inputs for modelling air pollution. It also forms – together with the air pollutant emission inventory guidebook of the European Environmental Agency [3] – the basis for the COPERT emissions model [4].

Note: Unless otherwise stated, HBEFA in this standard refers to HBEFA 3.3.

1 Scope

This standard discusses the determination of emissions of air pollutants and greenhouse gases by vehicular traffic, using model calculations based on emission factors and emission models. It takes into account the emissions both of moving and of stationary

nen sowohl des fließenden als auch des ruhenden Verkehrs. In erster Linie handelt es sich dabei um Abgasemissionen, Verdampfungsemissionen und Emissionen aus Abrieb und Aufwirbelung. Darüber hinaus lassen sich mit der Methodik auch Informationen zum Energie- oder Kraftstoffverbrauch gewinnen. Die in der Richtlinie beschriebenen Methoden orientieren sich vorrangig an den Anforderungen an Emissionsdaten, die als Eingangsdaten für Modelle zur Berechnung der Ausbreitung und chemischen Umwandlung verkehrsbedingter Schadstoffe in der Atmosphäre verwendet werden sollen.

Anwendungsgebiete liegen insbesondere im Vollzug rechtlicher Regelungen und Vorschriften des Immissionsschutzes. Dies bezieht sich in erster Linie auf die Richtlinie 2008/50/EG (EU-Luftqualitätsrichtlinie), das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) und das Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG). Beim BImSchG betrifft das vor allem die Umsetzung der 39. BImSchV und die Erstellung von regionalen oder stadtweiten Emissionskatastern und Plänen zur Luftreinhaltung. Dazu zählt auch der Einsatz der Richtlinie im Rahmen der Planungsinstrumente im Städtebau (u. a. in der Bauleitplanung oder Verkehrsentwicklungsplanung).

Eingangsgrößen für die Emissionsbestimmung sind im Wesentlichen die spezifischen Emissionen der Fahrzeuge („Emissionsfaktoren“) und Kenngrößen der Straßeninfrastruktur und des Verkehrs sowie die Zeitdauer der Emissionsaktivität und die Streckenlänge. Als Ergebnis erhält man die Emissionen und den Kraftstoffverbrauch als zeitliches Mittel in räumlicher und zeitlicher Differenzierung.

Die dargestellten Verfahren sind ausgerichtet auf die Ermittlung von Emissionen, die in Zeitintervallen von einer Stunde bis zu einer Dauer von einem Jahr entstehen und räumlich dem Bereich eines Straßenabschnitts einschließlich der Knotenpunkte bis hin zu Gebieten von der Größe einer Region zugeordnet werden können.

Die zeitliche und räumliche Auflösung der Eingangsdaten bestimmt auch die Untergrenze der räumlichen und zeitlichen Auflösung der Emissionsberechnung.

Die hier beschriebenen Verfahren gestatten die Ermittlung der Emission sowohl von einem Einzelfahrzeug als Repräsentanten einer Gruppe von Kfz mit gleichartigem Emissionsverhalten („Fahrzeug-schicht“) als auch von einer Vielzahl von Kfz aus unterschiedlichen Kfz-Schichten.

Die Richtlinie wendet sich an Fachleute mit einschlägiger Ausbildung oder Erfahrung. Anwender sind Immissionsschutzbehörden, Planungsämter, Straßen-

traffic. First and foremost, this covers exhaust gas emissions, evaporation emissions, and emissions from wear and resuspension. Over and above that, the methodology also allows data to be obtained about energy or fuel consumption. The methods described in this standard address primarily the requirements relating to emission data that are meant to be used as input data for models to calculate the dispersal and chemical conversion of traffic-generated pollutants in the atmosphere.

The applications concern, in particular, the implementation of statutory regulations and provisions for immission control. This refers first and foremost to the 2008/50/EC Directive (EU Ambient Air Quality Directive), the German Federal Immission Control Act (BImSchG), and the Environmental Compatibility Audit Act (UVPG). In BImSchG, this applies mainly to implementation of the 39th German Federal Immission Control Ordinance (39. BImSchV) and the preparation of regional or city-wide emission land registers and plans for air quality control. This also includes using the standard in the context of planning tools in town planning (inter alia in land-use planning or traffic development planning).

The input variables for determining the emissions are essentially the specific emissions of the vehicles (“emission factor”) and parameters relating to road infrastructure and traffic, the duration of the emission activity, and the route length. As an outcome, one obtains the emissions and the fuel consumption as means over time with spatial and temporal differentiation.

The described methods are oriented towards obtaining data on emissions generated over time intervals ranging from one hour to one year, that can be associated spatially with a zone ranging from a road section including the junctions all the way to the size of a geographic region.

The temporal and spatial resolution of the input data also determines the lower limit of the spatial and temporal resolution of the emission calculation.

The methods described here permit the investigation of emissions both from a single vehicle as a representative of a group of vehicles with similar emission behaviour (“vehicle segment”), and from a large number of vehicles from different vehicle segments.

The standard is addressed to professionals with relevant training or experience. The users are immission control agencies, planning offices, road traffic and

verkehrs- und Straßenbaubehörden, Ingenieurbüros sowie Fachleute aus der Wissenschaft.

Bei einer Gesamtschau der Emissionen sind neben dem Straßenverkehr weitere Emissionsquellen, wie Flugzeuge und Schiffe, Kraft- und Heizwerke, Industrieanlagen, gewerbliche und landwirtschaftliche Betriebe, Haus- und Kleinf Feuerungen sowie Quellen im Bereich privater Haushalte, zu berücksichtigen.

Die Richtlinie beschränkt sich auf die Kfz-Emissionen aus Fahrzeugen mit Diesel- und Ottomotoren beim Betrieb mit konventionellen Kraftstoffen. Alternative Kraftstoffe wie RME (Biodiesel) oder alternative Antriebskonzepte, wie der Elektroantrieb mit Brennstoffzelle oder die Bestimmung der indirekten Emissionen von Elektrofahrzeugen mit Akkumulatoren, werden nicht behandelt.

Die messtechnische Erfassung von Kfz-Emissionen, z.B. mit mobilen Messsystemen während der Fahrt, ist nicht Bestandteil dieser Richtlinie.