

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Umweltmeteorologie
Atmosphärische Ausbreitungsmodelle
Gaußsches Fahnenmodell zur Bestimmung
von Immissionskenngrößen
Environmental meteorology
Atmospheric dispersion models
Gaussian plume model for the determination of
ambient air characteristics

VDI 3782
Blatt 1 / Part 1

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
Vorbemerkung.....	2
1 Anwendungsbereich.....	2
2 Begriffe.....	3
3 Formelzeichen.....	6
4 Rechenmethode.....	8
4.1 Ausbreitungsgleichung.....	10
4.2 Deposition von Gasen und Aerosolen.....	10
4.3 Sedimentation von Aerosolen.....	13
5 Emission.....	14
6 Effektive Quellhöhe.....	15
7 Meteorologische Einflussgrößen.....	16
7.1 Windgeschwindigkeit.....	16
7.2 Windrichtung.....	17
7.3 Ausbreitungsklassen.....	18
7.4 Ausbreitungsparameter.....	19
7.5 Ausbreitungssituation.....	20
7.6 Mischungsschichthöhe.....	21
8 Unsicherheitsbereich der berechneten Immissionskenngrößen.....	21
9 Anwendung bei größeren Entfernungen.....	22
10 Chemische Umsetzungen.....	23
10.1 Definitionen.....	23
10.2 Lebensdauer von Stickstoffmonoxid in Abgasfahnen.....	24
10.3 Lebensdauern anderer Spurenstoffe.....	25
10.4 Chemische Umsetzungen in Kühlturm-fahnen.....	25
10.5 Rechenmethode.....	26
Anhang A Ausbreitungsrechnungen für räumlich ausgedehnte Quellen.....	26
Anhang B Bestimmung des Faktors $a(x)$.....	27
Anhang C Festlegung der Ausbreitungsparameter.....	28
Anhang D Beispielrechnungen.....	29
Schrifttum.....	36

Contents	Page
Preliminary note.....	2
1 Scope.....	2
2 Terms and definitions.....	3
3 Symbols.....	6
4 Computing method.....	8
4.1 Dispersion equation.....	10
4.2 Deposition of gases and aerosols.....	10
4.3 Sedimentation of aerosols.....	13
5 Emission.....	14
6 Effective source height.....	15
7 Meteorological factors.....	16
7.1 Wind velocity.....	16
7.2 Wind direction.....	17
7.3 Dispersion categories.....	18
7.4 Dispersion coefficients.....	19
7.5 Dispersion situation.....	20
7.6 Mixing layer height.....	21
8 Uncertainty range of the calculated air pollutant data.....	21
9 Application to large distances.....	22
10 Chemical conversions.....	23
10.1 Definitions.....	23
10.2 Lifetime of nitrogen monoxide in stack gas plumes.....	24
10.3 Lifetimes of other trace substances.....	25
10.4 Chemical conversions in cooling tower plumes.....	25
10.5 Computing method.....	26
Annex A Dispersion calculations for sources extended in space.....	26
Annex B Determination of the factor $a(x)$.....	27
Annex C Determining the dispersion coefficients.....	28
Annex D Example calculations.....	29
Bibliography.....	36

Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN – Normenausschuss KRdL
Fachbereich Umweltmeteorologie

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

Vorbemerkung

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

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

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

1 Anwendungsbereich

Die vorliegende Richtlinie beschreibt ein Verfahren zur rechnerischen Ermittlung der stationären Immissionskonzentrationen und Immissionsmassenströme anthropogen emittierter Stoffe in der Umgebung von einzelnen Quellen oder Vielquellensystemen für einen Entfernungsbereich bis 100 km.

Die Rechenmethode setzt ebenes Gelände, ungestörte Ausbreitung sowie Windgeschwindigkeiten größer als $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ voraus. Gebäude- und Geländeeinflüsse werden nicht berücksichtigt.

Das in dieser Richtlinie beschriebene Rechenverfahren ist auf Gase und Stäube (Aerosole) anwendbar. Der Prozess der Sedimentation wird beschrieben. Das Rechenverfahren berücksichtigt in erster Näherung die trockene und die nasse Deposition sowie chemische Umwandlungen. Durch Einführung von mittleren Mischungsschichthöhen wird Beschränkungen des vertikalen Austauschs Rechnung getragen. Die Quellen können Punkt-, Linien-, Flächen- oder Volumenquellen sein.

Bei der Anwendung der Rechenmethode auf Einzelsituationen ist die Aussagekraft gering. Erst die statistische Auswertung vieler Einzelsituationen ergibt verlässliche Aussagen.

Die Rechenmethode dient damit in erster Linie der Berechnung von Jahreszeiten- oder Jahresmittelwerten der bodennahen Immissionskonzentration; über die Ermittlung des Immissionsmassenstromes der trockenen und nassen Deposition ist eine Abschätzung des Bodeneintrags möglich. Aussagen für kürzere Zeiträume sind statistisch nicht genügend gesichert.

Preliminary note

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

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.

1 Scope

This standard describes a method for calculating the steady-state air concentrations and mass fluxes of anthropogenic emissions in the vicinity of individual sources or multiple source systems for a distance up to 100 km.

The method of calculation assumes flat terrain, undisturbed dispersion, and wind velocities greater than $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. The effects of buildings or terrain are not taken into account.

The computing procedure described in this standard is applicable to gases and dusts (aerosols). The sedimentation process is described. In a first approximation, the computing procedure takes into account dry and wet deposition and chemical conversions. By introducing mean mixing layer heights, restrictions on vertical exchange are taken into account. The sources can be point sources, line sources, area sources, or volume sources.

When the computing method is applied to individual situations, the results are not very meaningful. Meaningful results are only obtained from the statistical evaluation of many individual situations.

The computing method is thus primarily used to calculate seasonal or annual means of air concentrations near the ground; it is possible to estimate soil input via determination of the mass fluxes of dry and wet deposition. Data for shorter time periods are insufficiently statistically verified.

Mit den erwähnten Einschränkungen kann die Rechenmethode zur Berechnung von Perzentilen und Überschreitungshäufigkeiten von Stundenmittelwerten, bezogen auf eine Jahreszeit oder ein Jahr, benutzt werden. Hierbei wird die mit dem Modell berechnete stationäre Immissionskonzentration als Stundenmittelwert interpretiert.

Die Richtlinie kann zur Analyse von Immissionen in Bezug auf verursachende Quellen, jedoch auch auf Vielquellensysteme angewendet werden.

Die Rechenzeit ist im Vergleich zu aufwendigeren Modellen, wie Partikelmodelle nach VDI 3945 Blatt 3, relativ kurz.

Die Richtlinie ersetzt keine Rechenverfahren, die in ein geschlossenes Immissionsbeurteilungssystem eingebunden sind (z.B. Rechenverfahren nach TA Luft).

Die Rechenmethode darf nicht angewendet werden, um zeitabhängige Immissionsituationen (z.B. im Zusammenhang mit meteorologischen Zeitreihen) durch eine Folge von Einzelsituationen zu simulieren. In diesen Fällen und bei höheren Genauigkeitsanforderungen sind andere Rechenmethoden z.B. ein Partikelmodell nach VDI 3945 Blatt 3 einzusetzen.

Die Anforderungen an die Eingangsdaten bezüglich der Quellen und der meteorologischen Einflussgrößen werden aufgeführt. Es werden Verfahren zur Bestimmung des vertikalen Windprofils und der Ausbreitungsparameter behandelt. Verfahren zur Bestimmung der Ausbreitungsklasse werden in Richtlinie VDI 3782 Blatt 6 behandelt.

Die in den verschiedenen Abschnitten dieser Richtlinie aufgeführten Voraussetzungen der Anwendbarkeit dieser Richtlinie sind sorgfältig zu prüfen (siehe insbesondere Abschnitt 4); dazu sind Fachkenntnisse erforderlich.

2 Begriffe

Für die Anwendung dieser Richtlinie gelten die folgenden Begriffe:

Abgasfahne

stationäre Konzentrationsverteilung eines →Spurenstoffs, die von dem gaußschen Fahnenmodell beschrieben wird

Abgasfahnenüberhöhung

vertikaler Versatz der Abgasfahne aufgrund von thermischem Auftrieb und Vertikalimpuls über die Bauhöhe der →Quelle

Aerosol

Fester oder flüssiger →Spurenstoff, der in der Luft schwebt oder langsam absinkt (→Sedimentation)

With the limits mentioned, the computing method can be used to calculate percentiles and excess frequencies of hourly means, related to a season or a year. In this case the steady-state air concentration calculated using the model is interpreted as an hourly mean.

The standard can be used to analyze air pollution with respect to emission sources, and can also be applied to multiple source systems.

The computing time is relatively short compared with more complex models, for example the particle model as described in VDI 3945 Part 3.

The standard does not replace computing procedures which are incorporated into a closed air pollution evaluation system (for example computing procedures as described in the German TA Luft).

The computing method may not be used to simulate time-dependent emission conditions (for example in conjunction with meteorological time series) by a number of individual situations. In these cases, and when higher accuracy is required, other computing methods have to be used, for example a particle model as described in VDI 3945 Part 3.

The requirements of the input data with respect to sources and meteorological parameters are listed, and procedures are described for determining the vertical wind profile and the dispersion coefficients. Procedures to determine the dispersion categories are described in Standard VDI 3782 Part 6.

The preconditions listed in the various sections of this standard for its applicability have to be checked carefully (see especially Section 4); this requires specialist knowledge.

2 Terms and definitions

For the purposes of the standard, the following terms and definitions apply:

stack gas plume

steady-state concentration distribution of a →trace substance described by the Gaussian plume model

stack gas plume rise

vertical displacement of the →stack gas plume, as a result of thermal buoyancy and vertical momentum, above the height of the source

aerosol

solid or liquid →trace substance, which is suspended in the air or slowly sinks (→sedimentation)