

VEREIN  
DEUTSCHER  
INGENIEURE

Umweltmeteorologie  
Atmosphärische Ausbreitungsmodelle  
Gauß'sches Fahnenmodell  
für Pläne zur Luftreinhaltung  
Environmental meteorology  
Atmospheric dispersion models  
Gaussian plume model  
for air quality management

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 guideline has been subject to public scrutiny after announcement in the Bundesanzeiger (Federal Gazette).*

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

Inhalt	Seite
Vorbemerkung . . . . .	2
Zielsetzung und Anwendungsbereich . . . . .	3
Begriffe und Definitionen . . . . .	4
Liste der Formelzeichen . . . . .	7
<b>1 Rechenmethode</b> . . . . .	10
1.1 Ausbreitungsgleichung . . . . .	11
1.2 Deposition von Gasen und Aerosolen . . . . .	12
1.3 Sedimentation von Aerosolen . . . . .	15
<b>2 Emission</b> . . . . .	16
<b>3 Effektive Quelhöhe</b> . . . . .	16
<b>4 Meteorologische Einflussgrößen</b> . . . . .	18
4.1 Windgeschwindigkeit . . . . .	18
4.2 Windrichtung . . . . .	19
4.3 Ausbreitungsklassen . . . . .	20
4.4 Ausbreitungsparameter . . . . .	21
4.5 Ausbreitungssituation . . . . .	22
4.6 Mischungsschichthöhe . . . . .	23
<b>5 Unsicherheitsbereich der berechneten Immissionskenngrößen</b> . . . . .	23
<b>6 Anwendung bei größeren Entfernungen</b> . . . . .	24
<b>7 Chemische Umsetzungen</b> . . . . .	25
7.1 Definitionen . . . . .	25
7.2 Lebensdauer von Stickstoffmonoxid in Abgasfahnen . . . . .	26
7.3 Lebensdauern anderer Spurenstoffe . . . . .	27
7.4 Chemische Umsetzungen in Kühlturm-fahnen . . . . .	27
7.5 Rechenmethode . . . . .	28
<b>Anhang A</b> Bestimmung der Ausbreitungsklassen . . . . .	29
<b>Anhang B</b> Ausbreitungsrechnungen für räumlich ausgedehnte Quellen . . . . .	31
<b>Anhang C</b> Bestimmung des Faktors $a(x)$ . . . . .	32
<b>Anhang D</b> Festlegung der Ausbreitungsparameter . . . . .	33
<b>Anhang E</b> Beispielrechnungen . . . . .	33
E1 Bodennahe Konzentrationsverteilung und chemische Umwandlung . . . . .	34
E2 Deposition . . . . .	35
E3 Verwendung einer Ausbreitungsklassenstatistik . . . . .	35
E4 Vergleich mit VDI 3945 Blatt 3 . . . . .	36
E5 Ausbreitungsklassenstatistik anonym.aks . . . . .	37
Schrifttum . . . . .	40

Contents	Page
Preliminary note . . . . .	2
Object and scope . . . . .	3
Terms and definitions . . . . .	4
List of symbols . . . . .	7
<b>1 Computing method</b> . . . . .	10
1.1 Dispersion equation . . . . .	11
1.2 Deposition of gases and aerosols . . . . .	12
1.3 Sedimentation of aerosols . . . . .	15
<b>2 Emission</b> . . . . .	16
<b>3 Effective source height</b> . . . . .	16
<b>4 Meteorological factors</b> . . . . .	18
4.1 Wind velocity . . . . .	18
4.2 Wind direction . . . . .	19
4.3 Dispersion categories . . . . .	20
4.4 Dispersion coefficients . . . . .	21
4.5 Dispersion situation . . . . .	22
4.6 Mixing layer height . . . . .	23
<b>5 Uncertainty range of the calculated air pollutant data</b> . . . . .	23
<b>6 Application to large distances</b> . . . . .	24
<b>7 Chemical conversions</b> . . . . .	25
7.1 Definitions . . . . .	25
7.2 Lifetime of nitrogen monoxide in stack gas plumes . . . . .	26
7.3 Lifetimes of other trace substances . . . . .	27
7.4 Chemical conversions in cooling tower plumes . . . . .	27
7.5 Computing method . . . . .	28
<b>Annex A</b> Determination of dispersion categories . . . . .	29
<b>Annex B</b> Dispersion calculations for sources extended in space . . . . .	31
<b>Annex C</b> Determination of the factor $a(x)$ . . . . .	32
<b>Annex D</b> Determining the dispersion coefficients . . . . .	33
<b>Annex E</b> Example calculations . . . . .	33
E1 Near-ground concentration distribution and chemical conversion . . . . .	34
E2 Deposition . . . . .	35
E3 Use of a dispersion category statistical set . . . . .	35
E4 Comparison with VDI 3945 Part 3 . . . . .	36
E5 Dispersion category statistical set anonym.aks . . . . .	37
Bibliography . . . . .	40

Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss  
Arbeitsgruppe Gauß'sches Fahnenmodell  
Ausschuss Luftqualität

## Vorbemerkung

In der Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss – erarbeiteten Fachleute aus Wissenschaft, Industrie und Verwaltung in freiwilliger Selbstverantwortung VDI-Richtlinien und DIN-Normen zum Umweltschutz. Diese beschreiben den Stand der Technik bzw. Stand der Wissenschaft in der Bundesrepublik Deutschland und dienen als Entscheidungshilfen bei der Erarbeitung und Anwendung von Rechtsvorschriften. Die Arbeitsergebnisse der KRdL können ferner als gemeinsamer deutscher Standpunkt in die europäische technische Regelsetzung bei CEN (Europäisches Komitee für Normung) und in die internationale technische Regelsetzung bei ISO (Internationale Organisation für Normung) einfließen.

Folgende Themenschwerpunkte werden in vier Fachbereichen behandelt:

### *Fachbereich I*

#### *„Umweltschutztechnik“*

Produktionsintegrierter Umweltschutz; Verfahren und Einrichtungen zur Emissionsminderung; ganzheitliche Betrachtung von Emissionsminderungsmaßnahmen unter Berücksichtigung von Luft, Wasser und Boden; Emissionswerte für Stäube und Gase; anlagenbezogene messtechnische Anleitungen; Handhabung brennbarer Stäube; Minderung der Exposition gegenüber luftfremden Stoffen am Arbeitsplatz; Umweltschutzkostenrechnung

### *Fachbereich II „Umweltmeteorologie“*

Ausbreitung von Luftverunreinigungen in der Atmosphäre; störfallbedingte Freisetzungen; mikro- und mesoskalige Windfeldmodelle; Wechselwirkung zwischen Atmosphäre und Oberflächen; meteorologische Messungen; angewandte Klimatologie; Lufthygienekarten; human-biometeorologische Bewertung von Klima und Lufthygiene; Übertragung meteorologischer Daten

### *Fachbereich III „Umweltqualität“*

Wirkung von Luftverunreinigungen auf Mensch, Tier, Pflanze, Boden, Werkstoffe und Atmosphäre; wirkungsbezogene Mess- und Erhebungsverfahren; Erfassung und Wirkung mikrobieller Luftverunreinigungen; Olfaktometrie; Umweltsimulation

### *Fachbereich IV*

#### *„Umweltmesstechnik“*

Emissions- und Immissionsmesstechnik für anorganische und organische Gase sowie für Partikel; optische Fernmessverfahren; Messen von Innenraum-

## Preliminary note

In the Commission on Air Pollution Prevention of VDI and DIN – Standards Committee (KRdL) experts from science, industry and administration, acting on their own responsibility, establish VDI guidelines and DIN Standards in the field of environmental protection. These describe the state of the art in science and technology in the Federal Republic of Germany and serve as a decision-making aid in the preparatory stages of legislation and application of legal regulations and ordinances. KRdL's working results are also considered as the common German point of view in the establishment of technical rules on the European level by CEN (European Committee for Standardization) and on the international level by ISO (International Organization for Standardization).

The following topics are dealt with in four subdivisions:

### *Subdivision I*

#### *“Environmental Protection Techniques”*

Integrated pollution prevention and control for installations; procedures and installations for emission control; overall consideration of measures for emission control with consideration given to the air, water and soil; emission limits for dusts and gases; plant-related measurement instructions; the safe processing of combustible dusts; reduction of exposure to air pollutants in the workplace atmosphere, environmental industrial cost accounting

### *Subdivision II “Environmental Meteorology”*

Dispersion of pollutants in the atmosphere; emissions from accidental releases; micro- and meso-scale wind field models; interaction between the atmosphere and surfaces; meteorological measurements; applied climatology; air pollution maps; human-biometeorological evaluation of climate and air hygiene; transfer of meteorological data

### *Subdivision III “Environmental Quality”*

Effects of air pollutants on man, farm animals, vegetation, soil, materials, and the atmosphere; methods for the measurement and evaluation of effects; determination of microbial air pollutants and their effects; olfactometry; environmental simulation

### *Subdivision IV*

#### *“Environmental Measurement Techniques”*

Techniques for emission and ambient air measurements of inorganic and organic gases as well as particulate matter; optical open-path measurement

luftverunreinigungen; Messen von Bodenluftverunreinigungen; Verfahren zur Herstellung von Referenzmaterialien; Prüfpläne für Messgeräte; Validierungsverfahren; Messplanung; Auswerteverfahren; Qualitätssicherung

Die Richtlinien und Normen werden zunächst als Entwurf veröffentlicht. Durch Ankündigung im Bundesanzeiger und in der Fachpresse erhalten alle interessierten Kreise die Möglichkeit, sich an einem öffentlichen Einspruchsverfahren zu beteiligen. Durch dieses Verfahren wird sichergestellt, dass unterschiedliche Meinungen vor Veröffentlichung der endgültigen Fassung berücksichtigt werden können.

Die Richtlinien und Normen sind in sechs Bänden des VDI/DIN-Handbuches Reinhaltung der Luft zusammengefasst.

### Zielsetzung und 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  $1 \text{ m s}^{-1}$  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 Austausches 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.

methods; measurement of indoor air pollutants, measurement of soil air pollutants; procedures for establishing reference material; test procedures for measurement devices; validation procedures; measurement planning; evaluation methods; quality assurance

The guidelines and standards are first published as drafts. These are announced in the Bundesanzeiger (Federal Gazette) and in professional publications in order to give all interested parties the opportunity to participate in an official objection procedure. This procedure ensures that differing opinions can be considered before the final version is published.

The guidelines and standards are published in the six-volume VDI/DIN Reinhaltung der Luft (Air Pollution Prevention) manual.

### Object and scope

This guideline 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  $1 \text{ m s}^{-1}$ . The effects of buildings or terrain are not taken into account.

The computing procedure described in this guideline 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.