

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Umweltmeteorologie
Atmosphärische Ausbreitungsmodelle
Partikelmodell

VDI 3945

Blatt 3/Part 3

Environmental meteorology
Atmospheric dispersion models
Particle model

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	Contents	Page
Vorbemerkung	2	Preliminary note	2
Zielsetzung und Anwendungsbereich	3	Scope and objective	3
Begriffe und Definitionen	4	Terms and definitions	4
Liste der Formelzeichen	9	Nomenclature	9
1 Einleitung	11	1 Introduction	11
2 Modellbeschreibung	14	2 Model description	14
2.1 Konzept	14	2.1 Concept	14
2.2 Transport	15	2.2 Transport	15
2.3 Deposition und Umwandlungen	18	2.3 Deposition and transformation processes	18
2.4 Berechnung der Konzentration	19	2.4 Calculation of concentration	19
3 Eingabedaten	21	3 Input data	21
3.1 Rechengitter	21	3.1 Computational grid	21
3.2 Meteorologische Daten	22	3.2 Meteorological data	22
3.3 Stoffdaten	23	3.3 Physical and chemical data	23
3.4 Quelldaten	24	3.4 Source data	24
3.5 Auswertegitter	25	3.5 Sampling grid	25
4 Ergebnisse	26	4 Model outputs	26
4.1 Konzentration und Dosis	27	4.1 Concentration and dose	27
4.2 Deposition	28	4.2 Deposition	28
4.3 Ursachen- und Wirkungsanalysen	29	4.3 Source-receptor analyses	29
4.4 Mittlere Geruchsstoffausbreitung	30	4.4 Mean odour dispersion	30
4.5 Strahlenexposition (γ -Submersion)	30	4.5 Radiation exposure (γ -radiation)	30
5 Genauigkeit	32	5 Accuracy	32
6 Konformität zur Richtlinie	35	6 Conformance with guideline	35
Anhang A Der Markow-Prozeß	36	Annex A The Markov process	36
Anhang B Statistische Signifikanz	38	Annex B Statistical significance	38
B1 Fester Stichprobenumfang	41	B1 Fixed sample size	41
B2 Variabler Stichprobenumfang	42	B2 Variable sample size	42
Anhang C Fahnenüberhöhung	44	Annex C Plume rise	44
Anhang D Verifikationstests	46	Annex D Verification tests	46
D1 Homogenitätstest	46	D1 Homogeneity test	46
D2 Deposition	49	D2 Deposition	49
D3 Taylor-Theorem	53	D3 Taylor theorem	53
D4 Berljand-Lösung	53	D4 Berlyand equation	53
D5 Abgasfahnenüberhöhung	55	D5 Plume rise	55
D6 Dreidimensionales Windfeld	57	D6 Three-dimensional wind field	57
Schrifttum	60	Bibliography	60

Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss

Arbeitsgruppe Partikelmodell
Ausschuß Atmosphärische Grenzschichtmodelle

Vorbemerkung

In der Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuß – erarbeiten 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 Innenraumluftverunreinigungen; Messen von Bodenluftverunreinigungen; Verfahren zur Herstellung von Referenzmaterialien; Prüfpläne für Meßgeräte; Validierungs-

Preliminary note

The Commission on Air Pollution Prevention (KRdL) of the VDI and DIN – Standards Committee, which includes experts from science, industry and administration, acting independently, 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 the 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 at the European level by CEN (the European Committee for Standardization) and at the international level by ISO (the 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; 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 quality; transfer of meteorological data

Subdivision III “Environmental Quality”

Effect of air pollutants on man, 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 methods; measurement of indoor air pollutants; measurement of ground-level air pollutants;

verfahren; 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

Diese Richtlinie beschreibt ein numerisches Modell, mit dem man die Ausbreitung von Spurenstoffen in der Atmosphäre simulieren und ihre Konzentrationen berechnen kann.¹⁾ Für die Anwendung benötigt man das mittlere Windfeld, Turbulenzgrößen, Emissionsdaten und gegebenenfalls weitere, anwendungsspezifische Eingabedaten. Für die Gewinnung dieser Eingabedaten sind in der Regel vorgeschaltete Modelle notwendig, die nicht Gegenstand dieser Richtlinie sind. Ebenso werden für die Berechnung von Wirkungen, wie z.B. Geruchswahrnehmungen oder radioaktive Belastungen, nachgeschaltete Modelle benötigt.

Die Spurenstoffe können als Gas oder als Aerosol vorliegen. Simuliert werden die Trajektorien einer großen Anzahl von Gas- bzw. Aerosolpartikel, die unabhängig voneinander mit der turbulenten Strömung verlagert werden. Die Ausbreitung kann in freiem Gelände, im Bereich von topographischen Strukturen oder von Hindernissen, wie Gebäuden, Industrieanlagen, Wällen, Brücken, Bäumen und Wäldern erfolgen, wobei die Einflüsse der Hindernisse auf Wind- und Turbulenzfeld durch das Vorschaltmodell richtig beschrieben werden müssen. Chemische Umwandlungen, Sedimentation, Ablagerung am Boden und an der Vegetation, Aufwirbelung vom Boden, Auswaschen durch den Niederschlag, Filtration durch poröse Hindernisse und Auftriebseffekte können berücksichtigt werden.

¹⁾ Ein Computerprogramm zu diesem Modell, mit dem auch die im Anhang D aufgeführten Beispiele gerechnet sind, ist im Internet unter <http://www.vdi.de/partikelmodell> kostenlos erhältlich.

procedures for establishing reference materials; test procedures for measurement devices; validation procedures; measurement plans; evaluation methods; quality assurance

The guidelines and standards are initially 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.

Scope and objective

This guideline describes a numerical model for simulating the dispersion and calculating the concentrations of trace species in the atmosphere.¹⁾ Data required for the model include the mean wind field, turbulence parameters, emission data and, depending on the specific case, further application-specific input data. These input data normally have to be obtained from pre-processors which are not the subject of this guideline. In the same way, post-processor models are required for calculating effects such as odour perception, for instance, or radioactive radiation doses.

The trace species may be present in gaseous or aerosol form. The model simulates the trajectories of a large number of gaseous and/or aerosol particles which are transported independently of each other by the turbulent flow. Terrain regimes like open terrain, topographical structures or obstacles such as buildings, industrial plants, embankments, bridges, trees and forests can be accounted for in the dispersion calculation, provided that the impacts of such obstacles on the wind and turbulence fields are correctly described by the pre-processor. Chemical transformation processes, sedimentation, deposition on the ground and the vegetation, resuspension into the atmosphere, washout by precipitation, filtering through porous obstacles and buoyancy effects can be accommodated.

¹⁾ A computer program for this model, which has also been used to compute the examples given in Annex D, is available free of charge on the Internet at <http://www.vdi.de/partikelmodell>.