

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Umweltmeteorologie
Prognostische mesoskalige Windfeldmodelle
Verfahren zur Anwendung in
Genehmigungsverfahren nach TA Luft
Environmental meteorology
Prognostic mesoscale wind field models
Methods for licensing procedures according to TA Luft

VDI 3783
Blatt 16 / Part 16

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	2	Preliminary note.....	2
Einleitung.....	2	Introduction.....	2
1 Anwendungsbereich.....	3	1 Scope.....	3
2 Normative Verweise.....	5	2 Normative references.....	5
3 Begriffe.....	6	3 Terms and definitions.....	6
4 Formelzeichen, Abkürzungen und Indizes.....	9	4 Symbols, abbreviations, and indices.....	9
5 Verfahrensbeschreibung.....	11	5 Description of the method.....	11
5.1 Konzept der Windfeldbibliothek.....	11	5.1 Wind field library concept.....	11
5.2 Prognostische Modellgebiete erstellen und testen.....	15	5.2 Constructing and testing prognostic model domains.....	15
5.3 Prognostische Modellrechnungen.....	17	5.3 Prognostic model calculations.....	17
5.4 Interpolation im Parameterraum.....	21	5.4 Interpolation in parameter space.....	21
5.5 Interpolation auf Gitter des TA-Luft- Modells.....	23	5.5 Interpolation to the grid of the TA Luft model.....	23
5.6 Berechnung einer endgültigen Windfeldbibliothek.....	25	5.6 Calculating a final wind field library.....	25
6 Anemometerposition.....	26	6 Anemometer position.....	26
6.1 Festlegung der Ersatzanemometerposition.....	27	6.1 Defining the substitute anemometer position.....	27
6.2 Festlegung der Ersatzanemometerhöhe.....	29	6.2 Defining the substitute anemometer height.....	29
Anhang A Beispiel für die Bestimmung einer EAP mithilfe der Realisierung TAL-Anemo.....	33	Annex A Example of defining EAPs with the help of the TAL-Anemo program.....	33
Anhang B Prüfliste für die Erstellung einer Windfeldbibliothek.....	42	Annex B Checklist for constructing a wind field library.....	42
Schrifttum.....	51	Bibliography.....	51
Benennungsindex englisch – deutsch.....	52	Term index English – German.....	52

VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) – Normenausschuss
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.

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

Die Nutzung dieser 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 Richtlinie mitgewirkt haben, sei gedankt.

Eine Liste der aktuell verfügbaren und in Bearbeitung befindlichen Blätter dieser Richtlinienreihe sowie gegebenenfalls zusätzliche Informationen sind im Internet abrufbar unter www.vdi.de/3783.

Einleitung

Die Prognose der Immissionen von Schadstoffen oder Geruchsstoffen erfordert in der Regel Ausbreitungsrechnungen. Im Bereich des anlagenbezogenen Immissionsschutzes trifft die TA Luft hierzu Vorgaben und Vorschriften, insbesondere in ihrem Anhang 3. Für die Ermittlung von Geruchsimmissionen ist die Geruchsimmissions-Richtlinie (GIRL) heranzuziehen, deren Anforderungen an eine Ausbreitungsrechnung sich auf das Berechnungsverfahren nach TA Luft stützen.

Die Windfelder sind von entscheidender Bedeutung für das Ergebnis der Ausbreitungsrechnung.

Nach Anhang 3 Abschnitt 11 der TA Luft sind

„Unebenheiten des Geländes [...] in der Regel nur zu berücksichtigen, falls innerhalb des Rechengebietes Höhendifferenzen zum Emissionsort von mehr als dem 0,7-Fachen der Schornsteinbauhöhe und Steigungen von mehr als 1:20 auftreten. Die Steigung ist dabei aus der Höhendifferenz über eine Strecke zu bestimmen, die dem 2-Fachen der Schornsteinbauhöhe entspricht. Geländeunebenheiten können in der Regel mithilfe eines mesoskaligen diagnostischen Windfeldmodells berücksichtigt werden, wenn die Steigung des Geländes den Wert 1:5 nicht überschreitet und wesentliche Einflüsse von lokalen Windsystemen oder anderen meteorologischen Besonderheiten ausgeschlossen werden können.“

Treten im Rechengebiet verbreitet Steigungen von mehr als 1:5 auf oder haben Steigungen von größer 1:5 maßgeblich Einfluss auf die Immissionsverhältnisse an den zu betrachtenden Aufpunkten, so können die zur Ausbreitungsrechnung notwendigen

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 and those in preparation as well as further information, if applicable, can be accessed on the Internet at www.vdi.de/3783.

Introduction

Predicting the ambient concentrations of pollutants or odorous substances usually requires dispersion calculations. In the field of industrial air quality control, TA Luft has issued relevant specifications and regulations, in particular in its Annex 3. When determining ambient odour exposure, the Guideline on Odour in Ambient Air (GIRL) should be used, whose provisions with regard to dispersion calculations are based on TA Luft's calculation method.

The wind fields are of decisive importance for the results of dispersion calculations.

According to Annex 3, Section 11 of TA Luft,

“Uneven terrain [...] should normally only be taken into consideration if within the calculation area there exist altitude differences relative to the emission site exceeding 0,7 of the chimney design height and gradients exceeding 1:20. The gradient should be calculated from the altitude difference over a path equal to twice the chimney design height. Where the gradient of the terrain does not exceed 1:5 and significant effects of local wind systems or other unusual meteorological features can be ruled out, uneven terrain can normally be taken into account with the help of a mesoscale diagnostic wind field model.”

If, in the calculation area, gradients above 1:5 occur extensively or have a significant effect on the air quality conditions at the receptor points being considered, then usually the wind fields necessary for the dispersion calculation as per TA Luft can

Windfelder gemäß TA Luft in der Regel nicht mehr mit einem mesoskaligen diagnostischen Windfeldmodell berechnet werden. Gleiches gilt, wenn lokale (thermische) Windsysteme maßgeblichen Einfluss auf die Immissionsverhältnisse haben. Zu möglichen Vorgehensweisen bei Überschreitung dieser Anwendungsgrenzen enthält die TA Luft keine Hinweise.

In der Genehmigungspraxis wurde der Einfluss von Geländesteigung seit etlichen Jahren durch vergleichende Einzelfallbetrachtungen mit entsprechend geeigneten Modellen behandelt. Mit zunehmender Leistungsfähigkeit von Rechnern konnten in jüngerer Zeit hiermit auch ganze Windfeldbibliotheken berechnet werden.

1 Anwendungsbereich

Diese Richtlinie beschreibt ein Verfahren zur sachgerechten Berücksichtigung von steilem Gelände in der Ausbreitungsrechnung nach TA Luft und GIRL. Es beruht auf Windfeldberechnungen mit mesoskaligen prognostischen nicht hydrostatischen Modellen gemäß der Richtlinie VDI 3783 Blatt 7. Dieser Modelltyp ist aufgrund des zugrunde liegenden physikalisch-mathematischen Gleichungssystems besonders für Strömungsberechnungen in steilem Gelände geeignet.

Das Verfahren beinhaltet die Erstellung einer Windfeldbibliothek zur Durchführung von Ausbreitungsrechnungen. Es eignet sich für Ausbreitungsrechnungen sowohl auf Basis meteorologischer Zeitreihen als auch auf Basis einer meteorologischen Häufigkeitsverteilung.

Die Richtlinie beschreibt das Konzept und definiert Anforderungen an die prognostischen Modellrechnungen und die Übertragung der Ergebnisse in eine Windfeldbibliothek. Darüber hinaus wird erläutert, wie die Anemometerposition zur Bereitstellung meteorologischer Größen für die Ausbreitungsrechnung festzulegen ist, wenn diese Messungen von einem Standort außerhalb in das Rechengebiet übertragen werden müssen.

Das Konzept der Windfeldbibliothek ist kein nach TA Luft vorgeschriebenes Verfahren, sondern eine Konvention, wie sie z.B. in der Referenzimplementierung des Anhang 3 der TA Luft, dem Ausbreitungsmodell AUSTAL2000 eingesetzt wird. Grundsätzlich sind daher auch andere Verfahren möglich, die mit prognostischen nicht hydrostatischen mesoskaligen Windfeldmodellen berechneten Strömungsfelder in die Ausbreitungsrechnung nach TA Luft einzubinden, solange die Vorgaben dieser Richtlinie hinsichtlich der prognostischen Modellrechnungen, der Übertragungsverfahren und der zu wählenden

no longer be calculated with a mesoscale diagnostic wind field model. The same applies where local (thermal) wind systems have a significant effect on the air quality conditions. TA Luft provides no information on possible procedures when exceeding these limits of applicability.

In the permit regime in practice, for some years the effect of uneven terrain has been dealt with by considering and comparing individual cases, using appropriate models. Given the increasing power of computers, more recently this has allowed whole wind field libraries to be calculated.

1 Scope

This standard describes a method for properly taking into account steep terrain in the dispersion calculation according to TA Luft and GIRL. It relies on wind field calculations with mesoscale prognostic non-hydrostatic models in accordance with VDI 3783 Part 7. This type of model is especially suitable for flow calculation in steep terrain, due to the underlying physical-mathematical system of equations.

The method includes creating a wind field library for performing dispersion calculations. It is suitable both for dispersion calculations based on meteorological time series and for those based on a meteorological frequency distribution.

This standard describes the concept, and defines requirements for the prognostic model calculations and for transferring the results to a wind field library. In addition, it discusses how the anemometer position for providing meteorological variables for the dispersion calculation should be determined, in cases where these measurements have to be transferred from a location outside into the calculation area.

The concept of a wind field library is not a method prescribed by TA Luft, but rather a convention used e.g. in the reference implementation of Annex 3 of TA Luft, the AUSTAL2000 dispersion model. In principle, therefore, it is also possible to utilise other methods that integrate flow fields calculated using prognostic non-hydrostatic mesoscale wind field models into the TA Luft dispersion calculation, as long as the provisions of this standard regarding the prognostic model calculations, the transfer method and the anemometer position to be selected are factored in, and as long as agreement

Anemometerposition berücksichtigt werden und im Rahmen der Reproduzierbarkeit der hier vorgestellten Methode die Übereinstimmung der Ergebnisse beider Verfahren nachgewiesen ist.

Das in dieser Richtlinie vorgestellte Verfahren zur sachgerechten Berücksichtigung von steilem Gelände in der Ausbreitungsrechnung nach TA Luft oder GIRL kann im Rahmen von Genehmigungsverfahren nach Bundes-Immissionsschutzgesetz eingesetzt werden. Es ist gemäß den Abgrenzungskriterien der TA Luft in der Regel bei Geländesteigungen von mehr als 1:5 im Rechengebiet zu verwenden. Mit fachlicher Begründung kann unter besonderen Voraussetzungen im Einzelfall auch bei steilem Gelände von dieser Vorgehensweise abgewichen und ein diagnostisches Windfeldmodell angewendet werden. Hinweise hierzu gibt die Richtlinie VDI 3783 Blatt 13.

Diagnostische und prognostische Windfeldmodelle unterscheiden sich in der Vollständigkeit der von ihnen berücksichtigten physikalischen Prozesse. Das hat zur Folge, dass sich nur im einfachsten Fall eines ebenen und homogenen Geländes die Lösungen beider Modelltypen einander annähern, sofern die für die Grenzschicht verwendeten Wind- und Turbulenzprofile nach Richtlinie VDI 3783 Blatt 8 kompatibel sind. Mit wachsender Geländesteilheit gewinnen weitere und komplexere physikalische Prozesse an Bedeutung, sodass die Differenzen zwischen den Lösungen der einfachen, diagnostischen und den physikalisch höherwertigen, prognostischen Windfeldmodellen und den darauf aufsetzenden Ausbreitungsrechnungen zunehmen können. Die TA Luft legt als Konvention fest, dass diagnostische Modelle die Windverhältnisse in moderat gegliedertem Gelände mit Steigungen bis zu 1:5 für Zwecke der Ausbreitungsrechnung hinreichend genau berechnen, dies aber bei steilerem Gelände in der Regel nicht mehr angenommen werden kann. In dem per Konvention festgelegten Übergangsbereich von Steigungen um 1:5 können mit dem Wechsel zwischen den beiden physikalisch unterschiedlich vollständigen Berechnungsverfahren teilweise differierende Ergebnisse auftreten.

Obwohl im Rahmen des hier beschriebenen Verfahrens prognostisch berechnete Windfelder interpoliert und nachbereitet werden, weisen sie gegenüber diagnostisch berechneten Windfeldern erhebliche Vorteile auf. Sie können grundsätzlich alle Strömungsstrukturen enthalten, die sich im steilen Gelände ausbilden, beispielsweise Kanalisierungen, Wirbelstrukturen mit vertikaler oder horizontaler Rotationsachse, windstille Zonen. Diese Strukturen gehen auch durch die Nachbereitung der Windfelder nicht verloren.

between the results of the two methods in terms of the reproducibility of the method presented here is verified.

The method presented in this standard for properly taking into account steep terrain in the dispersion calculation according to TA Luft or GIRL, can be applied as part of permit procedures under the German Federal Immission Control Act BImSchG. It should normally be used in accordance with the limiting criteria of TA Luft where gradients exceeding 1:5 are present in the calculation area. In individual cases, assuming there are special circumstances and a technical justification for doing so, it is possible to deviate from this procedure even with steep terrain and use a diagnostic wind field model. Relevant information can be found in VDI 3783 Part 13.

Diagnostic and prognostic wind field models differ in terms of the completeness of the physical processes they allow for. As a consequence, only in the simplest case of a level and homogeneous terrain do the solutions of the two model types approximate each other, so long as the wind and turbulence profiles used for the boundary layer as per VDI 3783 Part 8 are compatible. With rising steepness, other and more complex physical processes gain in importance, such that the differences between the solutions of the simple, diagnostic models and the physically superior prognostic wind field models and the dispersion calculations based on them can increase. TA Luft stipulates conventionally that diagnostic models calculate the wind conditions in moderately complex terrain with gradients of up to 1:5 sufficiently accurately for the purpose of dispersion calculations, but that usually this can no longer be assumed for steeper terrain. In the transitional range of gradients around 1:5 stipulated under this convention, changing between the two calculation methods with their different levels of physical completeness can sometimes give rise to different results.

Although, as part of the method described here, prognostically calculated wind fields are interpolated and further processed, they exhibit considerable advantages compared with diagnostically calculated wind fields. In principle, they can contain all the flow structures that form in steep terrain, e.g. channelling, vortices with vertical or horizontal rotation axes, calm zones. These structures are not lost by the further processing of the wind fields.

Die Einbindung von lokalen (thermischen) Windsystemen, die mit prognostischen nicht hydrostatischen mesoskaligen Windfeldmodellen berechnet werden können [6], in die Ausbreitungsrechnung nach TA Luft ist nicht Gegenstand dieser Richtlinie. Einige Verfahrensschritte zur Vorbereitung, Durchführung, Kontrolle und Nachbereitung prognostischer Modellrechnungen lassen sich hierauf jedoch sinngemäß übertragen.

Die lokale Wirkung von Bauwerken auf Strömung und Turbulenz (z.B. Nachlaufwirbel) kann im Allgemeinen nicht durch die prognostischen nicht hydrostatischen mesoskaligen Windfeldmodelle berechnet werden. Müssen in der Ausbreitungsrechnung nach TA Luft Gebäude mit ihrer Wirkung explizit berücksichtigt werden, so ist die dadurch bewirkte Modifikation von Strömung und Turbulenz den Windfeldern mit geeigneten Verfahren zusätzlich aufzuprägen.

Der Anwender dieser Richtlinie muss über hinreichenden Sachverstand und umfangreiche Erfahrungen im Umgang mit prognostischen nicht hydrostatischen mesoskaligen Windfeldmodellen und der meteorologischen Bewertung der Ergebnisse verfügen und diese nachweisen können.

Die Anwendung des in dieser Richtlinie beschriebenen Verfahrens ist im Rahmen eines Gutachtens zur Immissionsprognose zu dokumentieren. Der einfache Verweis auf die Anwendung des Verfahrens und eines Modells im Sinne dieser Richtlinie reicht nicht als Nachweis, dass die Methode sachgerecht angewendet worden ist. Anhang B enthält eine Prüfliste, anhand der die Vorgehensweise gemäß dieser Richtlinie im konkreten Anwendungsfall dokumentiert werden soll.

The integration of local (thermal) wind systems, which can be calculated with prognostic non-hydrostatic mesoscale wind field models [6], into the TA Luft dispersion calculation is not covered by this standard. Some of the steps for preparing, performing, controlling and further processing of prognostic model calculations can, however, be adopted analogously.

In general, the local effect of buildings on flow and turbulence (e.g. wake vortices) cannot be calculated using prognostic non-hydrostatic mesoscale wind field models. If buildings and their effects have to be taken explicitly into account in the TA Luft dispersion calculation, then the resulting modification of the flow and turbulence has to be added to the wind fields using suitable procedures.

Users of this standard must possess sufficient expertise and extensive experience in dealing with prognostic non-hydrostatic mesoscale wind field models and the meteorological evaluation of the results, and be able to demonstrate this.

Use of the method described in this standard should be documented as part of an expert air quality prediction report. A simple reference to the use of the method and of a model in line with this standard is insufficient for demonstrating that the method has been applied properly. Annex B contains a checklist, with the help of which the procedure described in this standard should be documented in concrete applications.