

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Schallausbreitung im Freien unter Berücksichtigung
meteorologischer und topografischer Bedingungen
Phänomene und Verfahren

VDI 4101
Blatt 1 / Part 1

Sound propagation outdoors in consideration of
meteorological and topographical conditions
Phenomena and procedures

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

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.....	5	1 Scope.....	5
2 Normative Verweise.....	5	2 Normative references.....	5
3 Begriffe.....	6	3 Terms and definitions.....	6
4 Formelzeichen und Abkürzungen.....	8	4 Symbols and abbreviations.....	8
5 Merkmale und Phänomene.....	10	5 Characteristics and phenomena.....	10
5.1 Emission (Eigenschaften der Quelle).....	10	5.1 Emission (properties of the source).....	10
5.2 Transmission (Schallausbreitungsphänomene).....	10	5.2 Transmission (sound propagation phenomena).....	10
5.3 Immission.....	13	5.3 Immission.....	13
6 Klassierung der Schallausbreitungssituationen.....	16	6 Classification of sound propagation situations.....	16
6.1 Kategorien.....	16	6.1 Categories.....	16
6.2 Quelle.....	17	6.2 Source.....	17
6.3 Lage.....	18	6.3 Location.....	18
6.4 Atmosphäre.....	19	6.4 Atmosphere.....	19
6.5 Topografie.....	20	6.5 Topography.....	20
7 Lärmprognoseverfahren und Schallausbreitungsmodelle.....	21	7 Noise prediction procedures and sound propagation models.....	21
7.1 Vorbemerkungen.....	22	7.1 Preliminary notes.....	22
7.2 Standardisierte Verfahren zur Lärmkartierung und Lärmprognose.....	23	7.2 Standardised procedures for noise mapping and noise prediction.....	23
7.3 Nicht standardisierte Verfahren und Schallausbreitungsmodelle.....	24	7.3 Non-standardised procedures and sound propagation models.....	24
7.4 Grundtypen der Geräuschprognoseverfahren und Schallausbreitungsmodelle.....	25	7.4 Basic types of noise prediction procedures and sound propagation models.....	25
8 Ringversuche zum Vergleich von Schallausbreitungsmodellen.....	30	8 Round robin tests to compare sound propagation models.....	30
8.1 Zweck der Ringversuche.....	30	8.1 Purpose of the round robin tests.....	30
8.2 Voraussetzungen.....	30	8.2 Prerequisites.....	30
8.3 Testsituationen.....	30	8.3 Test situations.....	30
8.4 Ringversuch.....	30	8.4 Round robin test.....	30
8.5 Zielgrößen.....	31	8.5 Target values.....	31
8.6 Ergebnis.....	31	8.6 Result.....	31
8.7 Vergleich von Schallausbreitungs- modellen auf statistischer Basis.....	31	8.7 Comparison of sound propagation models on a statistical basis.....	31

DIN/VDI-Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS)

Fachbereich Lärminderung

VDI-Handbuch Lärminderung

Inhalt	Seite
Anhang A Anwendungsszenario.....	32
Anhang B Bestimmung der Klassenanzahl von meteorologischen Vertikalprofilen mithilfe von Schallausbreitungsrechnungen	37
Anhang C Weiterführende Erläuterungen zu Phänomenen der Schallausbreitung	46
Schrifttum	52

Contents	Page
Annex A Application scenario.....	32
Annex B Determination of the number of classes of meteorological vertical profiles using sound propagation calculations.....	37
Annex C Further explanations of sound propagation phenomena	46
Bibliography	52

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/4101.

Einleitung

Der Schallpegel an einem Ort ist in der Regel nicht konstant, sondern variiert mit der Zeit aufgrund zeitlich abhängiger Quellstärken und/oder Ausbreitungsbedingungen.

Die Schallimmission wird durch die zeitliche und spektrale Struktur des empfangenen Schalls bestimmt. Diese Eigenschaften des Lärms werden durch bestimmte Werte beschrieben, die messbar oder Ergebnisse einer Berechnung sein können, wie beispielsweise der Dauerschallpegel L_{eq} und der mittlere maximale Schallpegel L_{max} .

Zur Bestimmung des Zusammenhangs einer gegebenen Lärmsituation und der damit verbundenen Beeinträchtigung, z.B. in Form von Belästigungen, werden zur Vermeidung schädlicher Umwelteinwirkungen und zur Berücksichtigung gesetzlich festgelegter Grenz- und/oder Richtwerte in den nationalen Regelungen als kennzeichnende Zielgrößen der energieäquivalente Dauerschallpegel L_{eq} sowie der mittlere maximale Schallpegel L_{max} herangezogen (ISO 1996-1, ISO 1996-2).

Es treten spezielle Lärmsituationen auf, die nicht hinreichend mit diesen zwei Kenngrößen beschrieben werden können. Zudem werden Prognose oder Messung dieser beiden Kenngrößen oft auf die sogenannte Mitwindbedingung, das heißt auf die schallausbreitungsgünstige Wetterlage ausgerichtet, um den höchsten Wert der Kenngrößen für Vergleichszwecke mit Richt- und Grenzwerten zu finden. Als Folge dessen gelten die meisten Schallausbreitungsschemata in Regelwerken u. a. für Straßenverkehrslärm, Eisenbahnlärm, Industrie- und Gewerbelärm für diese spezifischen Bedingungen und

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/4101.

Introduction

In general, the sound level at a location is not constant, but varies over time due to time-dependent source strengths and/or propagation conditions.

Sound immission is determined by the temporal and spectral structure of the sound received. These properties of the noise are described by certain values, which can be measurable or the result of a calculation, such as the energy equivalent continuous sound level L_{eq} and the average maximum sound level L_{max} .

To determine the relationship between a given noise situation and the associated annoyance, the energy equivalent continuous sound level L_{eq} and the average maximum sound level L_{max} are used as characteristic target values in order to avoid harmful effects on the environment and to take into account legally defined limit and/or guide values in the national regulations (ISO 1996-1, ISO 1996-2).

There are special noise situations that cannot be adequately described with these two parameters. In addition, the prediction or measurement of these two parameters is often geared towards the so-called “downwind condition”, i.e., weather conditions that favour sound propagation, in order to find the highest value of the parameters for comparison purposes with guideline and limit values. As a result, most sound propagation schemes in regulations for road traffic noise, railway noise, industrial and commercial noise, among others, apply to these specific conditions and the phenomena that occur are dealt with

dabei auftretende Phänomene werden im Rahmen der spezifischen Modellbildung behandelt.

Somit ergibt sich hier ein Spannungsfeld zwischen Grenzwerten, die zum Schutz der Bevölkerung für alle möglichen Bedingungen gültig sein sollen, und den spezifischen Lärmsituationen, die eine Übereinstimmung zwischen berechneten Ergebnissen und den dazu passenden Validierungsmessungen bestätigen sollte.

Die Vielzahl internationaler, europäischer und deutscher Normen und Regelwerke, die die Schallausbreitung zum Zweck der Prognose von Schallimmissionen im Rahmen des Lärm-Immissionsschutzes behandeln (siehe Schrifttum), werden durch den Anwendungsbereich bestimmt. Dort sind die Prognose- bzw. Berechnungsverfahren meist eng eingegrenzt. Somit können unterschiedliche Berechnungsverfahren unterschiedliche Ergebnisse in durchaus vergleichbaren Ausbreitungssituationen liefern.

Vor diesem Hintergrund wurden Verfahren bzw. Modelle entwickelt, die für verschiedene mögliche Situationen gelten, wie unterschiedliche Ausbreitungssituationen bezüglich Topografie und Meteorologie auf dem Schallausbreitungsweg zwischen Quelle und Empfänger. Auch mithilfe dieser Modelle ist es möglich, eine Schallprognose von Planungsszenarien durchzuführen und deren Auswirkungen auf die Lärmsituation zu bewerten.

Daraus resultieren **drei Ziele** dieser Richtlinie.

Das **erste Ziel** besteht darin, die Vergleichbarkeit der erzielten Ergebnisse aus unterschiedlichen Berechnungsverfahren weiter zu fördern, sodass ein Vergleich von berechneten Lärmbelastungen aus unterschiedlichen Quellen unter verschiedenen Bedingungen möglich wird. Zu diesem Zweck wird in dieser Richtlinie ein Überblick zu wesentlichen und aktuell genutzten Berechnungsverfahren gegeben. Außerdem erfolgt eine systematische Auflistung wesentlicher physikalischer Phänomene bei der Schallausbreitung mit der Zuordnung zu Anwendungen bzw. Schallausbreitungssituationen, bei denen sie mit Berechnungsverfahren zu berücksichtigen sind. Beispiele dazu werden in dieser Richtlinie angegeben.

Das **zweite Ziel** dieser Richtlinie ist es, eine allgemeine Vorgehensweise bereitzustellen, wie durch Fachleute Prognosen für spezifische Ausbreitungsbedingungen in normierter Form erstellt werden können, die z. B. für unterschiedliche Wetterbedingungen durchzuführen sind. Beispielsweise eröffnet die Prognose von Pegelverteilungen weitere Möglichkeiten zur Analyse der Geräuschsituation mit Bezug auf die damit verbundene Belästigung (Lästigkeit). Dazu wird in dieser Richtlinie ein Klassifikationsschema für Schallausbreitungsbedingungen angegeben.

in the context of specific modelling.

This results in a tension between limit values, which should be valid for all possible conditions to protect the population, and the specific noise situations, which should confirm a match between calculated results and the corresponding validation measurements.

The large number of international, European and German standards and regulations that deal with sound propagation for the purpose of predicting sound immissions in the context of noise immission protection (see Bibliography) are determined by the scope. There, the predicting and calculation methods are usually narrowly defined. This means that different calculation methods can deliver different results in quite comparable propagation situations.

Against this background, procedures and models have been developed that apply to various possible situations, such as different propagation situations with regard to topography and meteorology on the sound propagation path between source and receiver. With the help of these models, it is also possible to carry out a noise forecast of planning scenarios and assess their effects on the noise situation.

This results in **three objectives** of this standard.

The **first objective** is to further promote the comparability of the results obtained from different calculation methods, so that a comparison of calculated noise pollution from different sources under different conditions becomes possible. To this end, this standard provides an overview of the main calculation methods currently in use. In addition, a systematic list of essential physical phenomena in sound propagation is given, together with the assignment to applications or sound propagation situations in which they are to be taken into account with calculation methods. Examples are given in this standard.

The **second objective** of this standard is to provide a general procedure for experts, how predictions for specific propagation conditions can be made in standardised form, e.g., for different weather conditions. For example, the prediction of level distributions opens up further possibilities for analysing the noise situation with reference to the associated annoyance. For this purpose, a classification scheme for sound propagation conditions is given in this standard.

Das **dritte Ziel** dieser Richtlinie ist eine Anleitung zum Vergleich verschiedener Schallausbreitungsmodelle, um deren spezifische Eignung für spezifische Probleme zu erkennen und einen objektiven Vergleich zwischen den Modellen zu erreichen.

Um die genannten Ziele zu erreichen,

- stellt diese Richtlinie Definitionen der Merkmale der Emission, Transmission und Immission zur Verfügung,
- beinhaltet eine Beschreibung wesentlicher Phänomene der Schallausbreitung,
- definiert ein allgemeines Schema zur Klassifizierung der Schallausbreitungssituationen,
- gibt einen Überblick zu Schallausbreitungsverfahren und den damit abzubildenden Phänomenen und
- greift schließlich die Verfahrensweise zum Vergleich der Prognosen von Schallausbreitungsmodellen auf.

Diese Richtlinie wurde im DIN/VDI-Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS) vom Unterausschuss NA 001-02-03-19 UA „Schallausbreitung im Freien“ erarbeitet.

1 Anwendungsbereich

Diese Richtlinie umfasst Verfahren und Modelle für die Beschreibung der Schallausbreitung unter Berücksichtigung meteorologischer und topografischer Bedingungen für verschiedene Schallquellen und Ausbreitungssituationen. Die Richtlinie wendet sich vor allem an Fachleute und Gutachter, um u. a. spezielle Situationen zu bewerten.

Diese Richtlinie ist ausgerichtet auf die allgemeine Beschreibung relevanter Merkmale der Schallausbreitung im Freien und betrachtet deren Grundlagen. Der Fokus liegt auf Spezialbedingungen, in denen meteorologische und/oder topografische Bedingungen einen wesentlichen Einfluss auf die Schallausbreitung ausüben, die bisher nicht direkt mit DIN ISO 9613-2 erfasst werden.

Im Anhang A werden Beispiele gezeigt, die verdeutlichen, wie stark die Ergebnisse einzelner Prognoseverfahren voneinander abweichen können.

The **third objective** of this standard is to provide guidance on how to compare different sound propagation models in order to recognise their specific suitability for specific problems and to achieve an objective comparison between the models.

To achieve the stated objectives, this standard

- provides definitions of the characteristics of emission, transmission and immission,
- contains a description of essential phenomena of sound propagation,
- defines a general scheme for the classification of sound propagation situations,
- gives an overview of sound propagation methods and the phenomena to be modelled with them, and finally
- takes up the procedure for comparing the predictions of sound propagation models.

This standard was developed by the subcommittee NA 001-02-03-19 UA “Sound propagation outdoors” in the DIN/VDI Standards Committee Acoustics, Noise Control and Vibration Engineering (NALS).

1 Scope

This standard includes methods and models for the description of sound propagation, taking into account meteorological and topographical conditions for various sound sources and propagation situations. The standard is primarily aimed at experts and assessors in order to evaluate special situations, among other things.

This standard is aimed at the general description of relevant characteristics of sound propagation outdoors and considers their fundamentals. The focus is on special conditions in which meteorological and/or topographical conditions have a significant influence on sound propagation, which are not yet directly covered by DIN ISO 9613-2.

Annex A shows examples that illustrate the extent to which the results of individual predicting methods can differ.