

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEUREUmweltmeteorologie
Meteorologische Messungen
Grundlagen

Environmental meteorology
Meteorological measurements
FundamentalsVDI 3786
Blatt 1 / Part 1
Entwurf / DraftAusg. 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.**Einsprüche bis 2024-07-31*

- vorzugsweise über das VDI-Richtlinien-Einspruchsportal <http://www.vdi.de/3786-1>
- in Papierform an
VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft
Fachbereich Umweltmeteorologie
Postfach 10 11 39
40002 Düsseldorf

Inhalt	Seite
Vorbemerkung	2
Einleitung	2
1 Anwendungsbereich	3
2 Begriffe	5
2.1 Fachbegriffe	6
2.2 Zeitkonventionen	15
3 Formelzeichen und Abkürzungen	16
Formelzeichen	16
Abkürzungen	17
4 Messplanung	17
4.1 Auswahl und Aufstellung von Messgeräten	20
4.2 Qualitätskontrolle	24
4.3 Messgerätevergleiche	27
5 Durchführung meteorologischer Messungen	30
5.1 Messstationen	30
5.2 Datenerfassung	31
5.3 Signalabtastung	33
5.4 Datenübermittlung	33
5.5 Datenspeicherung und Archivierung	34
5.6 Kalibrieren	37
5.7 Wartung	39
6 Auswertung	40
6.1 Statistische Bearbeitung meteorologischer Messwerte (zeitlich)	40
6.2 Räumliche Darstellung	43
6.3 Farbliche Darstellung von Abbildungen	45
Schrifttum	47
Benennungsindex englisch-deutsch	50

Contents	Page
Preliminary note	2
Introduction	2
1 Scope	3
2 Terms and definitions	5
2.1 Technical terms	6
2.2 Time conventions	15
3 Symbols and abbreviations	16
Symbols	16
Abbreviations	17
4 Measurement planning	17
4.1 Selection and installation of measuring instruments	20
4.2 Quality control	24
4.3 Comparison of measuring instruments	27
5 Performance of meteorological measurements	30
5.1 Measuring stations	30
5.2 Data acquisition	31
5.3 Signal sampling	33
5.4 Data transmission	33
5.5 Data storage and archiving	34
5.6 Calibration	37
5.7 Maintenance	39
6 Evaluation	40
6.1 Statistical processing of meteorological data (with respect to time)	40
6.2 Spatial representation	43
6.3 Color representation of figures	45
Bibliography	47
Term index English-German	50

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.

An der Erarbeitung dieser Richtlinie waren beteiligt:

Andrea Dahl, Königsmoor

Dr. *Ruud Dirksen*, Lindenberg

Dr. *Thomas Einfalt*, Lübeck

Prof. Dr. *Thomas Foken*, Bischberg (Vorsitz)

Dipl.-Met. *Hans-Jürgen Kirtzel*, Elmshorn

Dipl.-Phys. *Karlheinz Klapheck*, Hamburg

Dipl.-Ing. *Matthias Müller*, Göttingen

Dipl.-Met. *Ralph Oestreicher*, Zeitz

Dipl.-Ing. *Jörg Petereit*, Göttingen

Dr. *Stefan Waas*, Hamburg

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/3786.

Einleitung

Durch die Richtlinienreihe VDI 3786 soll die Standardisierung der Messverfahren (zum Teil auch Beobachtungsmethoden) einschließlich der Kalibrierung, Registrierung und Auswertung sowie der Geräteaufstellung und Wartung erreicht werden. Die Richtlinienreihe richtet sich insbesondere an Messtechniker/Messtechnikerinnen, Ingenieure/Ingenieurinnen und andere Fachleute ohne spezielle meteorologische Ausbildung sowie an die Hersteller von meteorologischen Messgeräten.

In dieser Richtlinie wird eine Übersicht über allgemeine Fragestellungen bei meteorologischen Messungen gegeben und meteorologisches Basiswissen für messtechnische Zwecke vermittelt. Hierbei spielt auch die Qualitätssicherung eine wichtige Rolle. In den Folgeblättern der Richtlinienreihe VDI 3786 werden einzelne Messgrößen (z.B. Wind, Temperatur, Niederschlag), Messverfahren (z.B. Vertikalsondierungen) und Messsysteme (z.B.

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.

The following were involved in the development of this standard:

Andrea Dahl, Königsmoor

Dr. *Ruud Dirksen*, Lindenberg

Dr. *Thomas Einfalt*, Lübeck

Prof. Dr. *Thomas Foken*, Bischberg (Chair)

Dipl.-Met. *Hans-Jürgen Kirtzel*, Elmshorn

Dipl.-Phys. *Karlheinz Klapheck*, Hamburg

Dipl.-Ing. *Matthias Müller*, Göttingen

Dipl.-Met. *Ralph Oestreicher*, Zeitz

Dipl.-Ing. *Jörg Petereit*, Göttingen

Dr. *Stefan Waas*, Hamburg

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/3786.

Introduction

The aim of the series of standards VDI 3786 is to standardize the measurement methods (and, in part, also the observational methods), including calibration, recording and evaluation as well the installation and maintenance of instruments. The series of standards is particularly addressed to measurement technicians, engineers and other experts without special meteorological training, as well as to the manufacturers of meteorological instruments.

This standard gives an overview of general problems of meteorological measurements and imparts basic knowledge of meteorology for measurement purposes. In this connection, quality assurance plays a major role. The subsequent parts of the series of standards VDI 3786 deal with individual measurement variables (e.g., wind, temperature, precipitation), measurement methods (e.g., vertical soundings), and measuring systems (e.g., measuring

Messstation), aber auch Beobachtungsverfahren im Einzelnen behandelt.

1 Anwendungsbereich

Meteorologische Messungen sind u. a. zu den nachfolgend genannten Aufgabenstellungen notwendig.

- Bewertung von Immissionsmessungen (Trendanalysen, Vergleiche mit anderen Erhebungsgebieten, Planung von Industrieanlagen, Stadt- und Regionalplanung)
- Eingangsdaten für Modellrechnungen zu Ausbreitung und Transport von Luftverunreinigungen (Immissionsprognose, Luftreinhalte- und Vorsorgepläne, Smogsituationen), ferner für Strahlenschutz, Störfälle und Katastrophenschutz, Umweltverträglichkeitsprüfung
- Bewertung von Lärmimmissionen (Verkehr, Anlagen)
- Feststellung und Beurteilung des lokalen Klimas und seines Einflusses auf Menschen, Tiere, Pflanzen und Material (z.B. Bauleitplanung, Verkehrsplanung, Anlagen-Standortplanung, wasserwirtschaftliche Planungen, Stadtklima, Kurortklima)
- agrar- und forstmeteorologische Beurteilung von Pflanzenbeständen und Böden (Bestandsführung, Schädlingsbekämpfung, Ertragsprognosen)
- Bewertung von Geruchsmissionen aus z.B. Kläranlagen, Deponien, Biogasanlagen, Tierhaltung
- allgemeine Wettervorhersage und klimatologische Fragestellungen
- Wind- und Solarenergieanlagen
- hydrologische Fragestellungen (z.B. Hochwasserwarnung, Verdunstungs- und Wasserbilanzbestimmungen, Bauwerksbemessungen)

Einzelheiten zur Durchführung der Messungen und Anwendung der Messtechnik sind in VDI-Richtlinien und anderen Regelwerken beschrieben.

Die Bewertung und die Interpretation von Immissionsmessungen sind nur mit *gleichzeitig* gewonnenen meteorologischen Daten möglich. Die Konzeption der Messstation und die Interpretation der gewonnenen Ergebnisse sind nicht Gegenstand dieser Richtlinie. Sie bedürfen spezieller Kenntnisse in Meteorologie und verwandten Gebieten und sollten daher von Fachleuten durchgeführt werden.

Für zahlreiche umweltrelevante Fragestellungen in der Luftreinhaltung, Energiewirtschaft, Heizungs- und Klimatechnik, Wasser-, Land-, Forst- und Bauwirtschaft, im Verkehrswesen, in der Stadt- und Re-

station), but also discuss observational methods in detail.

1 Scope

Meteorological measurements are needed, e.g., for the measurement tasks mentioned below.

- assessment of ambient air quality measurements (trend analyses, comparisons with other investigation areas, planning of industrial plants, urban and regional planning)
- input data for model calculations concerning the dispersion and transport of air pollutants (impact forecast, clean-air and precautionary plans, smog situations), as well as for radiation protection, major accidents and disaster prevention, environmental impact assessment
- assessment of noise pollution (traffic, plants)
- determination and assessment of the local climate and of its effects on humans, animals, plants, and materials (e.g., urban development planning, traffic planning, plant location planning, water management planning, urban climate, climate of health resorts)
- agrometeorological and forest meteorological assessment of plant populations and soils (vegetation management, pest control, yield predictions)
- assessment of odours in the ambient air from, e.g., wastewater treatment plants, landfills, biogas plants, animal husbandry
- general weather forecast and climatological applications
- wind and solar energy plants
- hydrological applications (e.g., flood warning, evaporation and water balance measurements, structural measurements)

Details of the measurement performance and the use of the measurement techniques are described in VDI Standards and other regulations.

Ambient air quality measurements can only be assessed and interpreted by using meteorological data obtained *simultaneously*. The design of the measuring station and the interpretation of the results obtained are not subject of this standard. They require special knowledge of meteorology and related fields and should therefore only be made by experts.

Knowledge of the spatial distribution and temporal variation of meteorological parameters is necessary for a range of issues relevant to the environment in air pollution control, energy management, heating

gionalplanung sowie zur Steuerung wetterabhängiger Abläufe ist die Kenntnis der räumlichen Verteilung und zeitlichen Variation der meteorologischen Einflussgrößen erforderlich. Die notwendigen Daten werden durch Messungen und Beobachtungen in der bodennahen Atmosphäre, in der troposphärischen Mischungsschicht oder auch im höheren, von der Bodenreibung unbeeinflussten Atmosphärenbereich ermittelt. Dabei handelt es sich im Allgemeinen um folgende meteorologische Größen:

- Windgeschwindigkeit und -richtung
- Lufttemperatur
- Luftfeuchte
- Luftdruck
- Niederschlag
- solare und terrestrische Strahlung
- Luftrübung

Durch großräumige Luftbewegungen, die von regionalen und lokalen Windsystemen überlagert sein können, wird z.B. der Transport von Luftverunreinigungen bestimmt. Welches System an einem Standort dominiert, hängt von der Topografie, der Landnutzung und der Wetterlage ab. Die für die einzelnen Entfernungsbereiche wesentlichen meteorologischen Einflussgrößen können gemäß Tabelle 1 zugeordnet werden.

and air conditioning, water management, agriculture, forestry and construction, in transportation, in urban and regional planning, as well as for the control of weather-dependent processes. The required data are obtained by measurements and observations in the ground-level atmosphere, in the tropospheric mixing layer, or in the upper atmospheric regions which are unaffected by bottom friction. This generally involves the following meteorological parameters:

- wind speed and direction
- air temperature
- air humidity
- atmospheric pressure
- precipitation
- solar and terrestrial radiation
- atmospheric turbidity

The transport of air pollutants, for example, is determined by large-scale atmospheric motions, which can be superimposed by regional and local wind systems. Which system dominates at a location depends on the topography, the land use and the weather conditions. The principal meteorological parameters for the individual distance ranges can be assigned according to Table 1.

Tabelle 1 Beispiele für atmosphärische Bewegungsvorgänge auf unterschiedlichen Skalen und die zu ihrer Beschreibung verwendeten Größen; unter Berücksichtigung von [27]

Entfernungsbereich	Beispiel	Wesentliche meteorologische Einflussgrößen
0 m bis etwa 200 m	Umströmung von Gebäuden, Dämmen, Lärmschutzwänden und Windschutzstreifen, Strömung in Straßenschluchten	Windgeschwindigkeit und -richtung, Temperaturverteilung
0,2 km bis etwa 100 km	Ausbreitung im Nahbereich; Stadt-Umland-, Berg-Tal- und Land-See-Windzirkulation	Windgeschwindigkeit und -richtung, Temperaturverteilung, Niederschlag, Bewölkung, Luftfeuchte
größer 100 km	großräumige Luftbewegung über alle Arten der Topografie	wie oben, zusätzlich die großräumige Druckverteilung

Table 1. Examples of atmospheric motions on different scales and the parameters used to describe them; in consideration of [27]

Distance range	Example	Principal meteorological parameters
0 m to about 200 m	flow around buildings, embankments, noise barriers and shelter belts, flow in urban canyons	wind speed and direction, temperature distribution
0,2 km to about 100 km	dispersion in the near field; urban rural, mountain-valley and land-sea wind circulation	wind speed and direction, temperature distribution, precipitation, clouds, air humidity
larger 100 km	large-scale atmospheric motion over all types of topography	as above, and additionally the large-scale pressure distribution

Die vertikale Struktur der unteren Atmosphäre, die u.a. für das lokale Klima, den Transport und Änderungen der Konzentration von Luftbeimengungen, aber auch für die Ausbreitung von Schall von großer Bedeutung ist, wird z.B. beschrieben durch

- die Vertikalprofile der Windgeschwindigkeit, der Lufttemperatur, der Luftfeuchte,
- die Streuung der vertikalen Windgeschwindigkeit oder eines anderen Maßes für die vertikale turbulente Durchmischung,
- die Mischungsschichthöhe,

und hängt ab von

- der Strahlungsbilanz,
- der Bodenrauigkeit,
- dem Gesamtbedeckungsgrad, dem Bedeckungsgrad durch tiefe Bewölkung, der Höhe der Wolkenuntergrenze und
- der Sonnenhöhe.

Bei Messung von Lufteigenschaften (Temperatur, Luftfeuchte, Konzentrationen) und Flüssen (Verdunstung, Deposition) ist zu beachten, dass die an einem bestimmten Ort durchgeführten Messungen keine Punktmessungen sind. Vielmehr werden die innerhalb einer bestimmten Messzeit durch das Windfeld an den Messort herangetragenen turbulenten Wirbel erfasst. Diese haben ihren Ursprung luvseitig des Messorts, sodass besondere Anforderungen für jeden Messort notwendig sind. Diese Problematik wird heute als „Footprint“ der Messungen bezeichnet [1].

The vertical structure of the lower atmosphere, which is very important for the local climate, the transport of pollutants and changes in the concentration of pollutants, and also for the propagation of sound, is described, e.g., by

- the vertical profiles of wind speed, air temperature and air humidity,
- the variance of the vertical wind speed or another measure of the vertical turbulent mixing,

- the height of the mixing layer,

and depends on

- the radiation balance,
- the surface roughness,
- the total cloud cover, the cover of low clouds, the height of the cloud base, and

- the solar altitude.

When measuring atmospheric properties (temperature, air humidity, concentrations) and flows (evaporation, deposition), it has to be noted that the measurements carried out at a specific place are not point measurements. In fact, the turbulent vortices carried through the wind field to the measurement site within a given measurement time are measured. These originate upwind of the measurement site, so that specific requirements are necessary for each measurement site. This problem is today referred to as the “footprint” of the measurements [1].