

VEREIN  
DEUTSCHER  
INGENIEURE

Umweltmeteorologie  
Meteorologische Messungen  
Lufttemperatur  
Environmental meteorology  
Meteorological measurements  
Air temperature

VDI 3786  
Blatt 3 / Part 3

Ausg. deutsch/englisch  
Issue German/English

*Der Entwurf dieser Richtlinie wurde mit Ankündigung im Bundesanzeiger einem öffentlichen Einspruchsverfahren unterworfen.*

*The draft of this standard has been subject to public scrutiny after announcement in the Bundesanzeiger (Federal Gazette).*

*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.....	2	Preliminary note .....	2
Einleitung.....	2	Introduction .....	2
<b>1 Anwendungsbereich.....</b>	<b>3</b>	<b>1 Scope.....</b>	<b>3</b>
<b>2 Normative Verweise.....</b>	<b>4</b>	<b>2 Normative references.....</b>	<b>4</b>
<b>3 Begriffe.....</b>	<b>4</b>	<b>3 Terms and definitions.....</b>	<b>4</b>
<b>4 Formelzeichen und Abkürzungen.....</b>	<b>6</b>	<b>4 Symbols and abbreviations.....</b>	<b>6</b>
<b>5 Standortwahl und Aufstellung.....</b>	<b>7</b>	<b>5 Site selection and installation.....</b>	<b>7</b>
5.1 Standardaufstellung.....	8	5.1 Standard site.....	8
5.2 Aufstellung für spezielle Zwecke, Mastmessungen.....	9	5.2 Special sites, mast measurements.....	9
<b>6 Messgeräte.....</b>	<b>9</b>	<b>6 Measuring instruments.....</b>	<b>9</b>
6.1 Flüssigkeitsglasthermometer.....	9	6.1 Liquid-in-glass thermometers.....	9
6.2 Bimetallthermometer.....	11	6.2 Bimetallic thermometers.....	11
6.3 Elektrische Thermometer.....	11	6.3 Electrical thermometers.....	11
6.4 Thermoelemente.....	14	6.4 Thermocouples.....	14
6.5 Kapazitiver Temperatursensor.....	14	6.5 Capacitive temperature sensor.....	14
6.6 Akustische Temperaturmessung.....	14	6.6 Acoustic temperature measurement.....	14
<b>7 Durchführung der Messung, Überprüfung und Wartung.....</b>	<b>15</b>	<b>7 Measurement performance, inspection, and maintenance.....</b>	<b>15</b>
7.1 Durchführung der Messung.....	15	7.1 Measurement performance.....	15
7.2 Überprüfung der Messungen und Wartung der Geräte.....	17	7.2 Inspection of the measurements and maintenance of the instruments.....	17
<b>8 Messaufgaben und Auswerteverfahren.....</b>	<b>21</b>	<b>8 Measurement tasks and evaluation.....</b>	<b>21</b>
8.1 Statistische Bearbeitung von Temperaturdaten.....	21	8.1 Statistical processing of temperature data.....	21
8.2 Vertikaler Temperaturgradient.....	23	8.2 Vertical temperature gradient.....	23
8.3 Geräteauswahl für spezielle Messaufgaben.....	23	8.3 Selection of instruments for special measurement tasks.....	23
<b>9 Verfahrenskenngrößen und technische Daten.....</b>	<b>24</b>	<b>9 Performance characteristics and technical data.....</b>	<b>24</b>
9.1 Verfahrenskenngrößen.....	24	9.1 Performance characteristics.....	24
9.2 Störeinflüsse.....	27	9.2 Error sources.....	27
<b>Anhang Wetterhütten.....</b>	<b>30</b>	<b>Annex Shelters.....</b>	<b>30</b>
Schrifttum.....	33	Bibliography.....	33

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](http://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/3786](http://www.vdi.de/3786).

## Einleitung

Die Temperatur ist ein Maß für den Wärmezustand eines Körpers. Sie ist physikalisch mithilfe der kinetischen Gastheorie definiert [1]. Die Temperatur kann vom Menschen durch Sinnesreize erfahren werden. Das gilt auch für die Lufttemperatur, die eine Grundgröße bei der Beschreibung des Wetters und des Klimas ist [2 bis 4].

Die Messung der Lufttemperatur wird durch die Eigenschaft möglich, dass zwei Körper, die hinreichend lange in thermischem Kontakt sind, die gleiche Temperatur annehmen. In dieser Richtlinie werden daher Messverfahren beschrieben, die temperaturabhängige Eigenschaften von Materialien ausnutzen. Dazu zählt auch der Seebeck-Effekt.

Die Lufttemperatur kann auch durch Sondierung mit akustischen und elektromagnetischen Wellen, deren Ausbreitung temperaturabhängig ist, bestimmt werden. Die entsprechenden Verfahren werden in den Richtlinien VDI 3786 Blatt 12 und Blatt 18 behandelt.

Die Lufttemperatur kann räumlich und zeitlich stark variieren (VDI 3786 Blatt 1, [5]). Auf Repräsentativität und Vermeidung von Störeinflüssen ist besonders zu achten. Die Auswahl der Messverfahren oder Messgeräte erfolgt daher unter der Berücksichtigung, dass folgende Bedingungen erfüllt werden:

- einfache Handhabung und geringe Störanfälligkeit
- Kenntnis der Verfahrenskenngrößen und der Störeinflüsse

## 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](http://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/3786](http://www.vdi.de/3786).

## Introduction

The temperature is a measure of the thermal state of a body. Its physical definition is based on the kinetic gas theory [1]. Humans can sense temperature by sensory stimuli. This also applies to air temperature, which is a basic quantity for describing weather and climate [2 to 4].

Air temperature can be measured due to the fact that two bodies which are in thermal contact for long enough take the same temperature. Therefore, this standard describes measurement methods which make use of temperature-dependent properties of materials. This also includes the Seebeck effect.

Air temperature can also be determined by sounding using acoustic and electromagnetic waves whose dispersion depends on temperature. The corresponding methods are discussed in standards VDI 3786 Part 12 and Part 18.

Air temperature can vary considerably in time and space (VDI 3786 Part 1, [5]). Special attention shall be paid to the representativeness and the prevention of interferences. Therefore, the selection of the measurement procedures or instruments described below is based on the assumption that the following conditions are met:

- simple handling and low susceptibility to trouble or failure
- knowledge of performance characteristics and interferences

- Kenntnis der systematischen Messfehler, sodass sie bei der Messwertbehandlung berücksichtigt werden können
- eine den gesetzlichen Bestimmungen in der Luftreinhaltung entsprechende Messgenauigkeit

Temperaturmessungen mit Radiosonden im Rahmen der Vertikalsondierung der Atmosphäre werden in der Richtlinie VDI 3786 Blatt 8 behandelt. Für spezielle Untersuchungen, z.B. in Räumen oder an Werkstoffen sowie in der Forschung, ist diese Richtlinie nur als Rahmenvorschrift geeignet.

Außer den Messverfahren werden die Aufstellung der Messgeräte, die Kalibrierung, die Registrierung und die Auswertung der Messdaten beschrieben. Die Datenauswertung ist in die Messplanung einzu beziehen, damit die Vergleichbarkeit der Messergebnisse gewährleistet ist. Die zu wählenden Methoden der Datenerfassung, -übertragung und -auswertung sind damit weitgehend durch die Messaufgabe vorherbestimmt.

## 1 Anwendungsbereich

Der Immissionsschutz braucht die Kenntnis der zeitlichen und räumlichen Verteilung der die Atmosphäre beschreibenden meteorologischen Größen, besonders die der Lufttemperatur. Deren Feldverteilung steuert die Vorgänge in der Atmosphäre mit und beeinflusst so die Ausbreitung von Luftbeimengungen, z.B. bei der Überhöhung von Abgasfahnen und der Festlegung von Ausbreitungsklassen mithilfe vertikaler Temperaturgradienten. Auch viele Immissionsmessverfahren sind von der Lufttemperatur beeinflusst.

Temperaturmessungen für Fragen der Luftreinhaltung (siehe auch Tabelle 4 in Abschnitt 8.3) dienen insbesondere zur

- Beschreibung der atmosphärischen Stabilität,
- Erfassung von Inversionen,
- Beurteilung von Immissionssituationen,
- Untersuchung von thermischen Zuständen in luft-hygienisch und bioklimatisch belasteten Gebieten (z.B. Wärmeinseln und Kaltluftschneisen),
- Bestimmung physikalischer Eigenschaften der Luft, die temperaturabhängig sind.

Für diese Aufgaben sind kontinuierliche Temperaturmessungen mit elektrischen Messwertgebern zweckmäßig. Deshalb werden in Messnetzen nahezu ausschließlich Widerstandsthermometer mit Fernübertragung und elektronischer Datenverarbeitung eingesetzt. Bei Vertikalsondierungen werden neben Radiosonden (VDI 3786 Blatt 8), und unbemannten

- knowledge of systematic measurement errors, so that they can be taken into consideration when validating the results of measurement
- a measurement accuracy that corresponds to the legal regulations on air pollution prevention

Temperature measurements using radiosondes within the context of vertical sounding of the atmosphere are discussed in standard VDI 3786 Part 8. With regard to special investigations, e.g., in closed localities or on materials as well as in research, this standard contains only general provisions.

In addition to the measurement methods, the installation of the measuring instruments and their calibration as well as the recording and evaluation of the measured data are described. The evaluation of the data is to be included in the measurement planning in order to guarantee the comparability of the results of measurement. Thus, the methods to be selected for data acquisition, transmission and evaluation depend to a high degree on the measurement task.

## 1 Scope

In connection with air pollution control, it is necessary to have knowledge of the temporal and spatial distribution of the meteorological quantities characteristic of the atmosphere. In this regard, air temperature is particularly important because all atmospheric motion processes and thus the dispersion of pollutants are directly influenced by its spatial distribution. This includes plume rise and the determination of dispersion classes by vertical temperature gradients. Moreover, a lot of methods for measuring ambient air quality are influenced by air temperature.

Temperature measurements for questions concerning air pollution prevention (see also Table 4 in Section 8.3) especially serve the following purposes:

- to describe the atmospheric stability,
- to determine inversions,
- to assess ambient air situations,
- to investigate the thermal state in areas with air pollution and bioclimatic impact (e.g., heat islands and cold air corridors),
- to determine physical properties of the air that are temperature-dependent.

For these tasks, continuous temperature measurements with electrical sensors are useful. Therefore, resistance thermometers with remote transmission and electronic data processing are almost exclusively used in measuring networks. For the determination of vertical temperature profiles, not only radiosondes (VDI 3786 Part 8), and unmanned aircraft

Flugsystemen (UAS; VDI 3786 Blatt 22) auch Fernmessverfahren (VDI 3786 Blatt 18) eingesetzt.

systems (UAS, VDI 3786 Blatt 22), but also remote sensing methods (VDI 3786 Part 18) are used.