

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEUREUmweltmeteorologie
Meteorologische Messungen
Luftfeuchte
Environmental meteorology
Meteorological measurements
Air humidityVDI 3786
Blatt 4 / Part 4Ausg. 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
Vorbemerkung	2
Einleitung	2
1 Anwendungsbereich	3
2 Normative Verweise	4
3 Begriffe	4
4 Formelzeichen und Abkürzungen	5
5 Standortwahl und Aufstellung	6
5.1 Standardaufstellung	7
5.2 Aufstellung für spezielle Zwecke, Mastmessungen	7
6 Messgeräte	8
6.1 Haarhygrometer	8
6.2 Psychrometrische Messung	10
6.3 Tau- und Frostpunkthygrometer	11
6.4 Kapazitive Hygrometer	12
6.5 Optische Hygrometer	13
7 Durchführung der Messung, Überprüfung und Wartung	14
7.1 Durchführung der Messung	14
7.2 Überprüfung der Messungen und Wartung der Geräte	15
8 Statistische Bearbeitung von Feuchtedaten	18
8.1 Tagesmittel	18
8.2 Sonstige statistische Größen	19
9 Verfahrenskenngrößen und technische Daten	19
9.1 Verfahrenskenngrößen	19
9.2 Anforderungen an Feuchtemessgeräte	21
9.3 Störeinflüsse	22
Anhang Feuchtemaße	23
A1 Feuchtemaße und ihre Umrechnung	23
A2 Feuchteabhängige Temperaturmaße	23
Schrifttum	26

Contents	Page
Preliminary note	2
Introduction	2
1 Scope	3
2 Normative references	4
3 Terms and definitions	4
4 Symbols and abbreviations	5
5 Site selection and installation	6
5.1 Standard site	7
5.2 Special sites, mast measurements	7
6 Measuring instruments	8
6.1 Hair hygrometers	8
6.2 Psychrometric measurement	10
6.3 Dew-point and frost-point hygrometers	11
6.4 Capacitive hygrometers	12
6.5 Optical hygrometers	13
7 Measurement performance, inspection, and maintenance	14
7.1 Measurement performance	14
7.2 Inspection of the measurements and maintenance of the instruments	15
8 Statistical processing of humidity data	18
8.1 Daily mean	18
8.2 Other statistical parameters	19
9 Performance characteristics and technical data	19
9.1 Performance characteristics	19
9.2 Requirements for humidity measuring instruments	21
9.3 Error sources	22
Annex Measures of humidity	23
A1 Measures of humidity and their conversion	23
A2 Humidity-dependent temperature measures	23
Bibliography	26

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 VDI-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

Wasser nimmt unter den Bestandteilen der Luft eine Sonderstellung ein, weil es in fester, flüssiger und gasförmiger Phase vorkommen kann¹⁾.

Durch Niederschlag und Verdunstung sowie großräumige Luftmassentransporte ist der Wasserdampfgehalt der Luft örtlich großen Schwankungen unterworfen. Je nach Temperatur treten in der unteren Atmosphäre Wasserdampfkonzentrationen in der Größenordnung von $0,1 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$ bis $30 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$ auf. Zusammenfassende Beschreibungen über Wasserdampf in der Atmosphäre sind in den Lehrbüchern der Meteorologie (z.B. [1; 2]), physikalische Begriffe, Definitionen und Formeln im Anhang der Richtlinie enthalten.

In dieser Richtlinie werden hygrometrische und psychrometrische Verfahren, mit denen der Wasserdampfgehalt der Luft (Luftfeuchte) bestimmt werden kann, beschrieben. Die Luftfeuchte kann auch durch Sondierung mit elektromagnetischen Wellen, deren Ausbreitung feuchteabhängig ist, bestimmt werden.

Die Luftfeuchte kann räumlich und zeitlich stark variieren (VDI 3786 Blatt 1, [3]). Auf Repräsentativität und Vermeidung von Störeinflüssen ist besonders zu achten. Die Auswahl der Messverfahren erfolgt daher unter der Voraussetzung, dass folgende Bedingungen erfüllt werden:

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/3786.

Introduction

Water occupies a special position among the constituents of the air because it can occur in the solid, liquid, or gaseous phase¹⁾.

Due to precipitation, evaporation and long-range transport of air masses, the water vapour content of the air varies considerably in different localities. Depending on the temperature, water vapour concentrations of the order of $0,1 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$ to $30 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$ occur in the lower atmosphere. Concise descriptions of water vapour in the atmosphere are contained in textbooks of meteorology (e.g. [1; 2]). Physical terms, definitions and formulae are given in the Annex of this standard.

This standard describes hygrometric and psychrometric methods for determining the water vapour content of the air (air humidity). Air humidity can also be determined by sounding with electromagnetic waves whose propagation depends on humidity.

Air humidity can vary considerably in time and space (VDI 3786 Part 1, [3]). Special attention shall be paid to the representativeness and the prevention of interferences. Therefore, the selection of the measurement methods and instruments is based on the assumption that the following conditions are met:

¹⁾ Unter Wasserdampf ist der gasförmige, nicht sichtbare Anteil zu verstehen. Davon zu unterscheiden ist die Flüssigwasserphase in Form von Schwaden, z.B. aus Kaminen, Kühltürmen oder Dampfkesselventilen und Nebel- und Wolkentropfen. / Water vapour is to be understood as the gaseous, non-visible part. This is to be distinguished from the liquid water phase in the form of clouds which are emitted from e.g. stacks, cooling towers or steam boiler valves as well as fog and cloud droplets.

- einfache Handhabung und geringe Störanfälligkeit
- Kenntnis der Verfahrenskenngrößen und der Störeinflüsse
- Kenntnis der systematischen Messfehler, sodass diese bei der Messwertbehandlung berücksichtigt werden können
- eine den Erfordernissen in der Luftreinhaltung entsprechende Messgenauigkeit

Bei allen Feuchtemessungen, die auch Temperaturmessungen einschließen, ist die Richtlinie VDI 3786 Blatt 3 heranzuziehen.

Feuchtemessungen 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 wählende Methodik der Datenerfassung, -übertragung und -auswertung ist damit weitgehend durch die Messaufgabe vorherbestimmt.

1 Anwendungsbereich

Im Zusammenhang mit dem Immissionsschutz ist die Kenntnis der zeitlichen und räumlichen Verteilung der die Atmosphäre beschreibenden meteorologischen Größen erforderlich. Eine dieser Größen ist der in der Atmosphäre enthaltene Wasserdampf, der als Luftfeuchte bezeichnet wird.

Die Luftfeuchte spielt eine wichtige Rolle bei der physikalischen und chemischen Umwandlung von Luftverunreinigungen. Zum Beispiel begünstigt hohe Luftfeuchte die Bildung und das Wachstum von Aerosolen, die für ein vermehrtes Auftreten von Dunst und Nebel in verunreinigter Luft und damit für eine Änderung des atmosphärischen Strahlungshaushalts verantwortlich sind. Die Luftfeuchte hat auch einen Einfluss auf die chemische Umwandlung von in Aerosoltröpfchen gelösten Luftverunreinigungen. Für die Beschreibung der atmosphärischen Stabilität oder der Ausbreitung in der Atmosphäre ist u. a. die Ermittlung des vertikalen Gradienten der Luftfeuchte erforderlich (VDI 3786 Blatt 3). Außerdem werden manche Immissionsmessverfahren von der Luftfeuchte beeinflusst, sodass diese zur Korrektur der Ergebnisse gemessen werden muss.

- simple handling and low susceptibility to interference
- knowledge of performance characteristics and interferences
- knowledge of systematic errors, so that these can be taken into account when processing the measured values
- a measurement accuracy that corresponds to the requirements of air pollution control

For all humidity measurements which include measurements of temperature, see standard VDI 3786 Part 3.

Humidity 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 rooms 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 methodology to be selected for data acquisition, transmission and evaluation depends 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 parameters of the atmosphere. One of these parameters is the water vapour contained in the atmosphere, which is called air humidity.

Air humidity plays a major role in the physical and chemical conversion of air pollutants. For example, high humidity favours the formation and growth of aerosols which are responsible for an increased occurrence of haze and fog in polluted air and thus for a change in the radiation budget of the atmosphere. Air humidity also influences the chemical conversion of air pollutants dissolved in aerosol droplets. To describe the atmospheric stability or the dispersion in the atmosphere, it is necessary to determine the vertical gradient of humidity (VDI 3786 Part 3). Moreover, some methods for the measurement of ambient air quality are affected by humidity, so that it has to be measured in order to correct the results.

Für diese Aufgaben sind kontinuierliche Feuchtemessungen mit elektrischen Messwertgebern zweckmäßig. Deshalb werden in Messnetzen nahezu ausschließlich kapazitative Messfühler mit Fernübertragung und elektronischer Datenverarbeitung eingesetzt. Bei Vertikalsondierungen werden neben Radiosonden (VDI 3786 Blatt 8) auch Fernmessverfahren [4; 5] eingesetzt.

For these tasks, continuous humidity measurements with electrical sensors are useful. Therefore, capacitive sensors with remote transmission and electronic data processing are almost exclusively used in measuring networks. For vertical sounding, not only radiosondes (VDI 3786 Part 8), but also remote sensing methods [4; 5] are used.