

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Umweltmeteorologie
Meteorologische Messungen
Luftfeuchte
Environmental meteorology
Meteorological measurements
Air humidity

VDI 3786
Blatt 4 / Part 4

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

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

The draft of this guideline 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 guideline 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	4	2 Normative references	4
3 Begriffe	4	3 Terms and definitions	4
4 Formelzeichen und Abkürzungen	5	4 Symbols and abbreviations	5
5 Standortwahl und Aufstellung	6	5 Site selection and installation	6
5.1 Standardaufstellung	7	5.1 Standard site	7
5.2 Aufstellung für spezielle Zwecke, Mastmessungen	7	5.2 Special sites, mast measurements	7
6 Messgeräte	8	6 Measuring instruments	8
6.1 Haarhygrometer	8	6.1 Hair hygrometers	8
6.2 Psychrometrische Messung	9	6.2 Psychrometric measurement	9
6.3 Tau- und Frostpunkthygrometer	11	6.3 Dew-point and frost-point hygrometers	11
6.4 Kapazitive Hygrometer	12	6.4 Capacitive hygrometers	12
6.5 Optische Hygrometer	14	6.5 Optical hygrometers	14
6.6 Lithiumchlorid-Hygrometer	15	6.6 Lithium chloride hygrometers	15
7 Durchführung der Messung, Überprüfung und Wartung	15	7 Measurement performance, inspection and maintenance	15
7.1 Durchführung der Messung	15	7.1 Measurement performance	15
7.2 Überprüfung der Messungen und Wartung der Geräte	16	7.2 Inspection of the measurements and maintenance of the instruments	16
8 Statistische Bearbeitung von Feuchtedaten	19	8 Statistical processing of humidity data	19
8.1 Tagesmittel	19	8.1 Daily mean	19
8.2 Sonstige statistische Größen	20	8.2 Other statistical parameters	20
9 Verfahrenskenngrößen und technische Daten	20	9 Performance characteristics and technical data	20
9.1 Verfahrenskenngrößen	20	9.1 Performance characteristics	20
9.2 Anforderungen an Feuchtemessgeräte	22	9.2 Requirements for humidity measuring instruments	22
9.3 Störeinflüsse	23	9.3 Interferences	23
Anhang Feuchtemaße	24	Annex Measures of humidity	24
A1 Feuchtemaße und ihre Umrechnung	24	A1 Measures of humidity and their conversion	24
A2 Feuchteabhängige Temperaturmaße	24	A2 Humidity-dependent temperature measures	24
Schrifttum	27	Bibliography	27

Vorbemerkung

Der Inhalt dieser Richtlinie ist entstanden unter Beachtung der Vorgaben und Empfehlungen der Richtlinie VDI 1000.

Allen, die ehrenamtlich an der Erarbeitung dieser VDI-Richtlinie mitgewirkt haben, sei gedankt.

Eine Liste der aktuell verfügbaren Blätter dieser Richtlinienreihe ist 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). Auf Repräsentativität und Vermeidung von Störeinflüssen ist besonders zu achten. Die Auswahl der Messverfahren erfolgt daher unter der Voraussetzung, dass folgende Bedingungen erfüllt werden:

- einfache Handhabung und geringe Störanfälligkeit

Preliminary note

The content of this guideline has been developed in strict accordance with the requirements and recommendations of the guideline VDI 1000.

We wish to express our gratitude to all honorary contributors to this guideline.

A catalogue of all available parts of this series of guidelines 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 guideline.

This guideline 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). 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:

- simple handling and low susceptibility to interference

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.

- 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 einzubeziehen, 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. Außerdem werden manche Immissionsmessverfahren von der Luftfeuchte beeinflusst, sodass diese zur Korrektur der Ergebnisse gemessen werden muss.

Für diese Aufgaben sind kontinuierliche Feuchtemessungen mit elektrischen Messwertgebern zweckmäßig. Deshalb werden in Messnetzen nahe-

- 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 guideline VDI 3786 Part 3.

Humidity measurements using radiosondes within the context of vertical sounding of the atmosphere are discussed in guideline VDI 3786 Part 8. With regard to special investigations, e.g. in rooms or on materials as well as in research, this guideline 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. 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.

For these tasks, continuous humidity measurements with electrical sensors are useful. Therefore, capacitive sensors with remote transmission and