

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Umweltmeteorologie
Meteorologische Messungen
Grundlagen

VDI 3786
Blatt 1
Entwurf

Environmental meteorology – Meteorological
measurements – Fundamentals

Einsprüche bis 2012-03-31

- *vorzugsweise in Tabellenform als Datei per E-Mail an
krdl@vdi.de
Die Vorlage dieser Tabelle kann abgerufen werden unter
<http://www.vdi-richtlinien.de/einsprueche>*
- *in Papierform an
Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN
Fachbereich Umweltmeteorologie
Postfach 10 11 39
40002 Düsseldorf*

Inhalt	Seite
Vorbemerkung	2
Einleitung	2
1 Anwendungsbereich	2
2 Begriffe	3
3 Formelzeichen und Abkürzungen	7
4 Messplanung	7
4.1 Auswahl und Aufstellung von Messgeräten	8
4.2 Qualitätskontrolle	10
4.3 Messgerätevergleiche	11
5 Durchführung meteorologischer Messungen	13
5.1 Messstationen	13
5.2 Datenerfassung	13
5.3 Datenübermittlung	14
5.4 Datenspeicherung und Archivierung	14
5.5 Kalibrieren	14
5.6 Wartung	16
6 Auswertung	16
6.1 Statistische Bearbeitung meteorologischer Messwerte (zeitlich)	16
6.2 Räumliche Darstellung	19
Anhang Regressionsanalyse zur Kennlinienbestimmung	20
Schrifttum	21

Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN – Normenausschuss KRdL
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.

An der Erarbeitung dieser VDI-Richtlinie waren beteiligt:

Dr. *Harald Brünger*, Düsseldorf

Frau *Andrea Dahl*, Königsmoor

Dr. *Thomas Einfalt*, Lübeck

Prof.-Dr. *Stefan Emeis*, Garmisch-Partenkirchen

Prof. Dr. *Thomas Foken*, Bayreuth, Vorsitzender

Dr. *Klaus Henn*, Göttingen

Dipl.-Met. *Wolfgang Janssen*, Offenbach

Dipl.-Phys. *Karlheinz Klapheck*, Hamburg

Dr. *Eckhard Lanzinger*, Hamburg

Dipl.-Met. *Ralph Oestreicher*, Zeitz

Dr. *Gerhard Peters*, Hamburg

Dipl.-Ing. *Thomas Stadie*, Göttingen

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

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, Ingenieure und andere Fachleute ohne spezielle meteorologische Ausbildung sowie an die Hersteller von meteorologischen Messgeräten.

In der vorliegenden 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 usw.),

Messverfahren (z.B. Vertikalsondierungen) und Messsysteme (z.B. Messstation), aber auch Beobachtungsverfahren im Einzelnen behandelt.

1 Anwendungsbereich

Meteorologische Messungen sind u. a. zu den nachfolgend genannten Aufgabenstellungen notwendig. Einzelheiten zur Durchführung der Messungen und Anwendung der Messtechnik sind in VDI-Richtlinien und anderen Regelwerken beschrieben.

- 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 Mensch, Tier, Pflanze 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, Biogasanlage, Tierhaltung
- allgemeine Wettervorhersage und klimatologische Fragestellungen
- Wind- und Solarenergieanlagen
- hydrologische Fragestellungen (z.B. Hochwasserwarnung, Verdunstungs- und Wasserbilanzbestimmungen, Bauwerksbemessungen)

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 Regionalplanung sowie zur Steuerung wetter-

Tabelle 1. Beispiele für atmosphärische Bewegungsvorgänge auf unterschiedlichen Skalen und die zu ihrer Beschreibung verwendeten Größen

Entfernungsbereich	Beispiel	Wesentliche meteorologische Einflussgrößen
0 m bis etwa 100 m	Umströmung von Gebäuden, Dämmen, Lärmschutzwänden und Windschutzstreifen, Strömung in Straßenschluchten	Windgeschwindigkeit und -richtung, Temperaturverteilung
0,1 km bis etwa 20 km	Ausbreitung im Nahbereich; Stadt-Umland-, Berg-Tal- und Land-See-Windzirkulation	Windgeschwindigkeit und -richtung, Temperaturverteilung, Niederschlag, Bewölkung
20 km bis 1000 km	großräumige Luftbewegung über alle Arten der Topografie	wie oben, zusätzlich die großräumige Druckverteilung

abhängiger 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
- Lufttrübung

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.

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; 2].

2 Begriffe

Für die Anwendung dieser Richtlinie gelten die folgenden Begriffe:

Anmerkung 1: Die Eigenschaften von meteorologischen Messsystemen werden zweckmäßigerweise durch die in der Mess- und Regeltechnik gebräuchlichen „Kenngrößen“ charakterisiert. Hierzu gehören auch Angaben zum statischen und dynamischen Verhalten des Messsystems sowie zu Störeinflüssen durch physikalische oder chemische Vorgänge.

Anmerkung 2: Die aufgeführten Begriffe und Definitionen sind in Anlehnung an [], DIN 1319-1 bis -4, DIN 32645, DIN 55350-13, DIN EN ISO 9169, DIN EN ISO 20988, DIN ISO 3534-1 und ISO 5725-1 an meteorologische Fragestellungen angepasst und gekürzt übernommen. Weiterreichende Informationen sind den zitierten Verweisquellen zu entnehmen.

2.1 Verfahrenskenngrößen

Abfallzeit (fall time)

Zeitspanne, nach deren Ablauf das Messsignal nach einer sprunghaften Änderung des Werts der meteorologischen Messgröße von (vereinbarungsgemäß) 10 % der gesamten Änderung auf (vereinbarungsgemäß) 90 % der gesamten Änderung übergegangen ist.