

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Umweltmeteorologie
Meteorologische Messungen
Meteorologische Messungen mit
unbemannten Flugsystemen (UAV)
Environmental meteorology
Meteorological measurements
Meteorological measurements with
unmanned aerial vehicles (UAV)

VDI 3786
Blatt 22 / Part 22

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
Vorbemerkung	3
Einleitung.....	3
1 Anwendungsbereich.....	3
2 Normative Verweise	4
3 Begriffe	4
4 Formelzeichen und Abkürzungen	5
5 Flugsysteme	6
5.1 Vorbemerkungen.....	6
5.2 Flächenflugzeug.....	7
5.3 Drehflügler.....	7
5.4 Hybride	8
6 Sensorik für unbemannte Flugsysteme	9
6.1 Vorbemerkungen.....	9
6.2 Ortung und Lagebestimmung mit IMU und GNSS	12
6.3 Messung des mittleren und des turbulenten Windvektors.....	12
6.4 Temperaturmessung.....	14
6.5 Komplementäre Filterung	15
7 Überprüfung, Wartung, Kalibrierung und Qualitätskontrolle	15
7.1 Plausibilitätsprüfungen von Windmessungen.....	15
7.2 Kalibrierung der Mehrlochsonde	15
7.3 Temperatursonde.....	16
8 Flugmuster zur Untersuchung von Ausbreitungsbedingungen	16
8.1 Vertikalprofil.....	16
8.2 Flüge in konstanter Höhe	16
8.3 Flüge in verschiedenen Höhen	16
8.4 Geländefolgende Flüge	18
8.5 Dimensionierung der Flugmuster für Flussbestimmung	18

Contents	Page
Preliminary note.....	3
Introduction.....	3
1 Scope.....	3
2 Normative references	4
3 Terms and definitions	4
4 Symbols and abbreviations	5
5 Aircraft systems.....	6
5.1 Preliminary remarks.....	6
5.2 Fixed-wing aircraft	7
5.3 Rotating-wing aircraft.....	7
5.4 Hybrids	8
6 Sensors for unmanned aircraft systems	9
6.1 Preliminary remarks.....	9
6.2 Geolocation and position measurement with IMU and GNSS	12
6.3 Measurement of the mean and the turbulent wind vector	12
6.4 Temperature measurement.....	14
6.5 Complementary filtering.....	15
7 Validation, servicing, calibration, and quality control.....	15
7.1 Plausibility checks of wind measurements	15
7.2 Calibration of multi-hole probes.....	15
7.3 Temperature probes	16
8 Flight patterns for investigating dispersal conditions	16
8.1 Vertical profile.....	16
8.2 Flights at constant altitude	16
8.3 Flights at varying altitudes.....	16
8.4 Terrain-following flights.....	18
8.5 Dimensioning the flight pattern for determining flows	18

VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) – Normenausschuss
Fachbereich Umweltmeteorologie

VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 1b: Umweltmeteorologie

Inhalt	Seite
8.6 Zuordnung zu Oberflächeneigenschaften und Topografie.....	18
9 Spezielle Anwendungen zu Fragestellungen der Reinhaltung der Luft....	19
10 Messbeispiele.....	19
10.1 Vertikalverteilung meteorologischer Größen	19
10.2 Horizontale und vertikale Windverteilung	20
10.3 Partikelverteilungen in der atmosphärischen Grenzschicht.....	20
11 Verfahrenskenngrößen.....	22
Anhang Bestimmung turbulenter Flüsse.....	23
Schrifttum	24

Contents	Page
8.6 Attribution to surface properties and topography	18
9 Special applications for investigating air quality control.....	19
10 Measurement examples	19
10.1 Vertical distribution of meteorological variables.....	19
10.2 Horizontal and vertical wind distribution.....	20
10.3 Particle distributions in the atmospheric boundary layer.....	20
11 Performance parameters	22
Annex Determining turbulent fluxes	23
Bibliography	24

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 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

Die technischen Fortschritte und die zunehmende Verbreitung unbemannter Flugsysteme (Unmanned Aircraft Systems (UAS), Drohnen) eröffnen für die Überwachung von Ausbreitungsepisoden oder im Havariefall neue Möglichkeiten. Im Gegensatz zu Radiosonden können diese Techniken nicht nur vertikale, sondern auch horizontale Felder meteorologischer Größen und von Luftbeimengungen ermitteln. Mit dieser Richtlinie sollen neue Möglichkeiten in der Umweltüberwachung aufgezeigt werden. Gleichzeitig soll die Basis dafür geschaffen werden, dass diese Messungen nach den fachlichen Vorgaben erfolgen und somit ein verlässliches Instrument der Umweltüberwachung bei kurzen Messperioden werden.

1 Anwendungsbereich

Diese Richtlinie behandelt diverse Messtechniken, die Gegenstand der Richtlinienreihe VDI 3786 sind und in UAS zur Anwendung kommen können. Ergänzend werden Techniken beschrieben, die speziell auf Flugsystemen zum Einsatz kommen. Dabei wird auf die Besonderheiten der Messgeräteträger und die dadurch notwendigen Anpassungen der Sensorik eingegangen.

Besonders herausgearbeitet werden die Bestimmung horizontaler Felder und vertikaler Strukturen durch verschiedene Flugmuster und die Möglichkeiten der Interpretation in Bezug auf die Richtlinienreihen VDI 3783 und VDI 3787 sowie die Oberflächeneigenschaften, die beispielsweise durch Satellitenmessungen bestimmt werden können.

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

Technical progress and the increasing prevalence of unmanned aircraft systems (UAS, drones) open up new possibilities for the monitoring of dispersal episodes or in the event of an emergency. In contrast with radiosondes, these techniques can investigate not only vertical but also horizontal fields of meteorological variables and of air contaminants. This standard is designed to present new options for environmental monitoring. At the same time, a basis will be created for these measurements to be conducted in accordance with the technical specifications, thus becoming a reliable tool for environmental monitoring with short measurement periods.

1 Scope

This standard discusses a variety of measurement techniques that form the topic of the series of standards VDI 3786 and can be utilised in UAS. Furthermore, techniques are described that are particular to aircraft systems. The special features of the measuring device carriers and the resulting necessary modifications of the sensors are discussed in detail.

Special attention is paid to determining horizontal fields and vertical structures through different flight patterns and to the interpretation options, by reference to the series of standards VDI 3783 and VDI 3787, and to the surface properties that can be determined, e.g., through satellite measurements.

Diese Richtlinie behandelt nicht UAS mit einer Startmasse über 25 kg und bemannte Messflugzeuge, die zwar ähnliche Messaufgaben wie UAS erfüllen können, sich aber sowohl von ihren rechtlichen Einsatzbedingungen als auch in ihrer Handhabung grundsätzlich unterscheiden.

Anmerkung: Die Startmasse beinhaltet UAS, Treibstoff und Sensorik.

This standard does not deal with UAS with a take-off mass exceeding 25 kg and with manned aircraft, which may be able to perform measurement tasks similar to those of UAS but which differ from them fundamentally both in terms of their legal deployment conditions and in terms of their handling.

Note: The take-off mass comprises the UAS, fuel, and sensor systems.