

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Umweltmeteorologie
Bodengebundene Fernmessung des Windvektors
Doppler-Wind-LIDAR

VDI 3786

Blatt 14 / Part 14

Environmental meteorology
Ground-based remote sensing of the wind vector
Doppler wind LIDAR

Ausg. 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 guideline has been subject to public scrutiny after announcement in the Bundesanzeiger (Federal Gazette).
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	3	Introduction	3
1 Grundlagen der LIDAR-Verfahren	5	1 Fundamentals of LIDAR methods	5
1.1 Einführung.	5	1.1 Introduction	5
1.2 Doppler-Effekt.	8	1.2 Doppler effect	8
1.3 Doppler-Wind-LIDAR	8	1.3 Doppler wind LIDAR	8
1.4 Unterschiede zwischen gepulsten und kontinuierlich emittierenden Systemen.	10	1.4 Differences between pulsed and continuous-wave systems	10
1.5 Signalanalyse	11	1.5 Signal analysis	11
1.6 Erfassen des Windvektors.	13	1.6 Determination of the wind vector	13
2 Verfahrensmerkmale	17	2 Performance characterisation	17
2.1 Messgrößen	17	2.1 Measured variables	17
2.2 Zielgrößen	17	2.2 Target variables	17
2.3 Hilfsgrößen	17	2.3 Auxiliary variables.	17
2.4 Definition der Verfahrenskenngrößen.	17	2.4 Definition of performance characteristics.	17
3 Geräteausführungen und Gerätekomponenten	22	3 Equipment design and system components	22
4 Messplanung und Anforderungen an den Einsatzort	23	4 Measurement planning and site requirements	23
5 Durchführen der Messungen.	24	5 Measurement procedure	24
5.1 Funktionskontrolle	24	5.1 Function control	24
5.2 Messvorgang	25	5.2 Measurement.	25
5.3 Auswertung	29	5.3 Evaluation	29
6 Verfahrenskenngrößen	30	6 Performance characteristics	30
6.1 Präzision – Vergleichsmessungen.	30	6.1 Precision - comparison measurements	30
6.2 Messgenauigkeit – Repräsentativität	32	6.2 Measurement accuracy – representativity.	32
7 Wartung und Störungen	34	7 Maintenance and interferences.	34

Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss

Arbeitsgruppe Bodengebundene Fernmessung des Windvektors
Ausschuss Meteorologische Messungen

	Seite		Page		
Anhang A	Abkürzungen, Symbole, Berechnung des Windvektors	35	Annex A	Abbreviations, symbols, calculation of the wind vector	35
Anhang B	Anwendungsbeispiele	40	Annex B	Applications	40
Anhang C	Technische Details eines Doppler-Wind-LIDAR-Systems	45	Annex C	Technical details of a Doppler wind LIDAR system	45
	Schrifttum	48		Bibliography	48

Vorbemerkung

In der Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss – erarbeiten Fachleute aus Wissenschaft, Industrie und Verwaltung in freiwilliger Selbstverantwortung VDI-Richtlinien und DIN-Normen zum Umweltschutz. Diese beschreiben den Stand der Technik bzw. den Stand der Wissenschaft in der Bundesrepublik Deutschland und dienen als Entscheidungshilfen bei der Erarbeitung und Anwendung von Rechts- und Verwaltungsvorschriften. Die Arbeitsergebnisse der KRdL fließen ferner als gemeinsamer deutscher Standpunkt in die europäische technische Regelsetzung bei CEN (Europäisches Komitee für Normung) und in die internationale technische Regelsetzung bei ISO (Internationale Organisation für Normung) ein.

Folgende Themenschwerpunkte werden in vier Fachbereichen behandelt:

*Fachbereich I
„Umweltschutztechnik“*

Produktionsintegrierter Umweltschutz; Verfahren und Einrichtungen zur Emissionsminderung; ganzheitliche Betrachtung von Emissionsminderungsmaßnahmen unter Berücksichtigung von Luft, Wasser und Boden; Emissionswerte für Stäube und Gase; anlagenbezogene messtechnische Anleitungen; Handhabung brennbarer Stäube; Minderung der Exposition gegenüber luftfremden Stoffen am Arbeitsplatz; Umweltschutzkostenrechnung

Fachbereich II „Umweltmeteorologie“

Ausbreitung von Luftverunreinigungen in der Atmosphäre; störfallbedingte Freisetzungen; mikro- und mesoskalige Windfeldmodelle; Wechselwirkung zwischen Atmosphäre und Oberflächen; meteorologische Messungen; angewandte Klimatologie; Lufthygienekarten; human-biometeorologische Bewertung von Klima und Lufthygiene; Übertragung meteorologischer Daten

Preliminary note

In the Commission on Air Pollution Prevention of VDI and DIN – Standards Committee (KRdL) experts from science, industry and administration, acting on their own responsibility, establish VDI guidelines and DIN standards in the field of environmental protection. These describe the state of the art in science and technology in the Federal Republic of Germany and serve as a decision-making aid in the preparatory stages of legislation and application of legal regulations and ordinances. KRdL’s working results are also considered as the common German point of view in the establishment of technical rules on the European level by CEN (European Committee for Standardization) and on the international level by ISO (International Organization for Standardization).

The following topics are dealt with in four subdivisions:

*Subdivision I
“Environmental Protection Techniques“*

Integrated pollution prevention and control for installations; procedures and installations for emission control; overall consideration of measures for emission control with consideration given to the air, water and soil; emission limits for dusts and gases; plant-related measurement instructions; the safe processing of combustible dusts; reduction of exposure to air pollutants in the workplace atmosphere, environmental industrial cost accounting

Subdivision II “Environmental Meteorology“

Dispersion of pollutants in the atmosphere; emissions from accidental releases; micro- and meso-scale wind field models; interaction between the atmosphere and surfaces; meteorological measurements; applied climatology; air pollution maps; human-biometeorological evaluation of climate and air hygiene; transfer of meteorological data

Fachbereich III „Umweltqualität“

Wirkung von Luftverunreinigungen auf Mensch, Tier, Pflanze, Boden, Werkstoffe und Atmosphäre; wirkungsbezogene Mess- und Erhebungsverfahren; Erfassung und Wirkung mikrobieller Luftverunreinigungen; Olfaktometrie; Umweltsimulation

*Fachbereich IV
„Umweltmesstechnik“*

Emissions- und Immissionsmesstechnik für anorganische und organische Gase sowie für Partikel; optische Fernmessverfahren; Messen von Innenraumluftverunreinigungen; Messen von Bodenluftverunreinigungen; Verfahren zur Herstellung von Referenzmaterialien; Prüfpläne für Messgeräte; Validierungsverfahren; Messplanung; Auswerteverfahren; Qualitätssicherung

Die Richtlinien und Normen werden zunächst als Entwurf veröffentlicht. Durch Ankündigung im Bundesanzeiger und in der Fachpresse erhalten alle interessierten Kreise die Möglichkeit, sich an einem öffentlichen Einspruchsverfahren zu beteiligen. Durch dieses Verfahren wird sichergestellt, dass unterschiedliche Meinungen vor Veröffentlichung der endgültigen Fassung berücksichtigt werden können.

Die Richtlinien und Normen sind in sechs Bänden des VDI/DIN-Handbuches Reinhaltung der Luft zusammengefasst.

Einleitung

Die Richtlinienreihe VDI 3786 „Umweltmeteorologie; Meteorologische Messungen“ ist in mehrere Blätter gegliedert. In einigen Blättern der Richtlinienreihe werden die Fernmessverfahren vorgestellt, die zur Ermittlung des Windvektors dienen.

Die Richtlinie VDI 3786 Blatt 11 beschreibt die Bestimmung des vertikalen Windprofils mit Doppler-SODAR-Geräten.

In der vorliegenden Richtlinie VDI 3786 Blatt 14 wird die Bestimmung des dreidimensionalen Windvektors mit Doppler-Wind-LIDAR dargestellt („Light Detection and Ranging“ bzw. „Light Identification, Detection and Ranging“). Die Richtlinie greift in der Definition der Messgröße Wind auf die Richtlinie VDI 3786 Blatt 2 und bei der Berücksichtigung der Mittelungszeit auf die Richtlinie VDI 3786 Blatt 1 zurück. Außerdem wird die Richtlinie VDI 3786 Blatt 8 herangezogen. Sicherheitstechnische Probleme werden nicht behandelt, hier wird auf einschlägige Normen [VBG 93, DIN EN 60 825-1] verwiesen.

Subdivision III "Environmental Quality"

Effects of air pollutants on man, farm animals, vegetation, soil, materials, and the atmosphere; methods for the measurement and evaluation of effects; determination of microbial air pollutants and their effects; olfactometry; environmental simulation

*Subdivision IV
"Environmental Measurement Techniques"*

Techniques for emission and ambient air measurements of inorganic and organic gases as well as particulate matter; optical open-path measurement methods; measurement of indoor air pollutants, measurement of soil air pollutants; procedures for establishing reference material; test procedures for measurement devices; validation procedures; measurement planning; evaluation methods; quality assurance

The guidelines and standards are first published as drafts. These are announced in the Bundesanzeiger (Federal Gazette) and in professional publications in order to give all interested parties the opportunity to participate in an official objection procedure. This procedure ensures that differing opinions can be considered before the final version is published.

The guidelines and standards are published in the six-volume VDI/DIN Reinhaltung der Luft (Air Pollution Prevention) manual.

Introduction

The guideline series VDI 3786 "Environmental meteorology; Meteorological measurements" is divided into several parts. A few of which present remote measurement methods that serve to determine the wind vector.

The guideline VDI 3786 Part 11 describes the determination of the vertical wind profile with the aid of Doppler SODAR systems.

The present guideline VDI 3786 Part 14 describes the determination of the three-dimensional wind vector using Doppler wind LIDAR ("Light Detection and Ranging" or "Light Identification, Detection and Ranging"). The guideline refers to guideline VDI 3786 Part 2 with regard to the definition of wind measurements and to guideline VDI 3786 Part 1 in considering the averaging time. Use is also made of the guideline VDI 3786 Part 8. Safety problems are not treated; reference is made here to relevant standards [VBG 93, DIN EN 60 825-1].