

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Fernmeßverfahren
Messungen in der Atmosphäre nach dem LIDAR-Prinzip
Messen gasförmiger Luftverunreinigungen mit dem
DAS-LIDAR

VDI 4210

Blatt 1 / Part 1

Remote sensing
Atmospheric measurements with LIDAR
Measuring gaseous air pollution with
DAS LIDAR

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

Der Entwurf der 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).

No guarantee can be given with respect to the English translation. The German version of this Guideline shall be taken as authoritative.

Inhalt	Seite	Contents	Page
Vorbemerkung	2	Preliminary note	2
Einleitung	3	Introduction.	3
1 Grundlagen der Lidarverfahren	4	1 Principles of the lidar methods	4
1.1 Einführung	4	1.1 Introduction.	4
1.2 DAS-Lidar	6	1.2 DAS lidar	6
2 Verfahrensmerkmale	7	2 Performance characterization	7
2.1 Meßgrößen	7	2.1 Measurement variables	7
2.2 Zielgrößen	7	2.2 Target variables	7
2.3 Hilfsgrößen	8	2.3 Auxiliary variables	8
2.4 Definition der Verfahrenskenngrößen	8	2.4 Definition of the performance characteristics	8
3 Geräteausführungen und Gerätekomponenten	13	3 Equipment designs and equipment components	13
3.1 Ausführungsformen	13	3.1 Designs	13
3.2 Baugruppen und Komponenten	14	3.2 Assemblies and components	14
4 Meßplanung	15	4 Planning the measurement	15
4.1 Anforderungen an den Einsatzort	15	4.1 Requirements on the measurement site	15
4.2 Anpassung der Meßparameter an die Dynamik der Atmosphäre	16	4.2 Adaptation of the measurement parameters to the dynamics of the atmosphere	16
5 Durchführen der Messungen.	16	5 Measurement procedure	16
5.1 Justierung	16	5.1 Alignment.	16
5.2 Meßvorgang	17	5.2 Measurement procedure	17
5.3 Messungen jenseits der Reichweite	19	5.3 Measurements beyond the range	19
6 Kalibrierung und Funktionskontrolle	20	6 Calibration and function control	20
6.1 Kalibrierung	20	6.1 Calibration	20
6.2 Funktionskontrolle.	21	6.2 Function control	21

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

Arbeitsgruppe Fernmeßverfahren – Lidar
im Ausschuß Immissionsmeßverfahren

VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 5

	Seite
7 Auswertung	22
7.1 Verringerung des Rauschens durch zeitliche Mittelung.	22
7.2 Subtraktion des Signaluntergrundes	22
7.3 Räumliche Mittelung	23
7.4 Mehrdimensionale Darstellungen.	24
8 Verfahrenskenngrößen	24
8.1 Verifikationsmessungen	25
8.2 Wiederholmessungen	26
Anhang A Symbole und Abkürzungen	28
Anhang B Anwendungsbeispiele	32
Anhang C Detaillierte Betrachtung der Einflußgrößen	41
Schrifttum	47

	Page
7 Evaluation	22
7.1 Reduction of noise by time averaging	22
7.2 Subtraction of the signal background	22
7.3 Spatial averaging	23
7.4 Multidimensional representations	24
8 Performance characteristics	24
8.1 Verification measurements	25
8.2 Repeatability measurements	26
Annex A Symbols and abbreviations.	29
Annex B Examples of application	32
Annex C Detailed consideration of interfering parameters	41
References	47

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. 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 Strömungsmodelle; Wechselwirkung zwischen Atmosphäre und Ober-

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 flow models; interaction between the atmosphere and surfaces; meteorological measurements;

flächen; meteorologische Messungen; angewandte Klimatologie; Lufthygienekarten; human-bio-meteorologische Bewertung von Klima und Luft-hygiene; Übertragung meteorologischer Daten

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

Lidarsysteme haben sich seit vielen Jahren bewährt für die Fernmessung von Luftverunreinigungen, von verschiedenen meteorologischen Parametern wie z.B. Feuchte und Windgeschwindigkeit und von optischen Eigenschaften der Atmosphäre wie z.B. Extinktions- und Rückstreukoeffizienten. Der besondere Vorteil der Lidarverfahren („Light Detection And Ranging“ oder „Light Identification, Detection And Ranging“) besteht darin, daß sie orts aufgelöste Fernmessungen ermöglichen. Da elektromagnetische Strahlung des ultravioletten, sichtbaren oder infraroten Spektralbereiches zur Sondierung benutzt wird, sind die Messungen berührungslos und in beliebige Richtungen möglich. Lidarsysteme ergänzen somit die konventionelle Meßtechnik, da sie für eine große Anzahl von Meßaufgaben geeignet sind, die mit punktförmig messenden In-situ-Verfahren nicht adäquat gelöst werden können. Anwendungsfelder sind

applied climatology; air pollution maps; human-biometeorological evaluation of climate and air hygiene; transfer of meteorological data

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

For many years, lidar systems have proved to be valuable for the remote sensing of air pollution, of various meteorological parameters such as humidity and wind speed, and of optical properties of the atmosphere like the extinction and the backscattering coefficients. The advantage of lidar methods („Light Detection And Ranging“ or „Light Identification, Detection And Ranging“) resides in that they permit spatially resolved remote measurements. Since electromagnetic radiation of the ultraviolet, visible or infrared spectral range is used for sensing, lidar is a non-contact method and can be carried out in any selectable direction. Accordingly, lidar systems supplement conventional measuring techniques, since they are suitable for a large number of measurement tasks which cannot be adequately performed using point-measuring or in situ methods. Areas of application are, for example, measurements at locations to which