E DIN ISO 28902-4:2025-03 (D/E)

Erscheinungsdatum: 2025-02-14

Luftqualität - Umweltmeteorologie - Teil 4: Bodengestützte Fernmessung meteorologischer Parameter - Partikelrückstreulidar (ISO/DIS 28902-4:2025); Text Deutsch und Englisch

Air quality - Environmental meteorology - Part 4: Ground-based remote sensing of meteorological parameters - Particle backscatter lidar (ISO/DIS 28902-4:2025); Text in German and English

Inhalt

Seite

Nationales Vorwort 6

Vorwort 7

Einleitung 8

1 Anwendungsbereich 8

2 Normative Verweisungen 9

3 Begriffe 10

4 Symbole und Abkürzungen 12
4.1 Symbole 12
4.2 Abkürzungen 14

5 Grundprinzipien des Rückstreulidars 14
5.1 Einleitung 14
5.2 Auswahl der geeigneten Wellenlängen 17
5.2.1 Überlappungsfunktion 18
5.3 Gedämpfter Rückstreukoeffizient 19
5.4 Rückstreukoeffizient 19
5.4.1 Bestimmung der Grenzbedingung für die Ableitung des Partikel-Rückstreukoeffizienten 20
5.5 Partikel-Extinktionskoeffizient 21
5.6 Optische Dicke 21
5.7 Formklassifizierung/lineares Depolarisationsverhältnis 21
5.8 Ermittlung von Informationen zur Partikelgrößenverteilung 22

6 Messung und Zielvariablen des Rückstreulidars 23
6.1 Einleitung 23
6.2 Messvariablen 23
6.3 Zielvariablen 23
6.3.1 Rückstreuprofile 23
6.3.2 Identifizierung von Schichten und ihrer Grenzen 24
6.3.3 Wolkenuntergrenze, Wolkeneindringtiefe und vertikale Erweiterung 24
6.3.4 Formklassifizierung durch Analyse des linearen Depolarisationsverhältnisses 26
6.4 Lidarverhältnis 27
6.5 Hilfsvariable 28
6.6 Definition von Leistungskenngrößen 29
6.6.1 Zeitliche Auflösung 29
6.6.2 Entfernungsauflösung 29
6.6.3 Räumliche Mittelung 29
6.6.4 Signal-Rausch-Verhältnis 30
6.6.5 Der Betriebsbereich 32
6.6.6 Vollständigkeit, POD, FAR 33
6.7 Konventionelle Bereiche 33

7 Systeme und Systemkomponenten ... 34
7.1 Strahlungsquelle(n) ... 34
7.2 Sende- und Empfangsoptiken ... 35
7.3 Filter ... 36
7.4 Detektoren ... 36
7.4.1 Photonenzählung ... 37
7.4.2 Analoge Datenerfassung ... 37
7.5 Datenerfassung, Steuerungssystem ... 38
7.6 Mechanische Struktur, Infrastruktur ... 38
7.7 Zusätzliche Systemkomponenten ... 39
7.8 Übliche Lidar-Gestaltung ... 39
7.8.1 Bistatische und monostatische Lidar ... 39
7.8.2 Ceilometer ... 41
7.8.3 Lidarsystem mit einer Wellenlänge ... 42
7.8.4 Mehrfachwellenlängen-Systeme ... 42
7.8.5 Polarisations-Lidar ... 43

8 Messplanung und Standortanforderungen ... 44
8.1 Allgemeine Betrachtungen ... 44
8.2 Sicherheit ... 45
8.3 Anpassung des Messsystems an atmosphärische Bedingungen ... 45
8.4 Grenzbedingungen für den allgemeinen Betrieb ... 46
8.5 Instandhaltungs- und Funktionsprüfung ... 46
8.5.1 Instandhaltung ... 46

9 Faktoren und Erwägungen zur Unsicherheit ... 46
9.1 „Gefrorene" Atmosphäre ... 49
9.2 Erwägungen zur Unsicherheit in Verbindung mit β_{att} und der Wolkenuntergrenze ... 51
9.3 Unsicherheits-Erwägungen in Bezug auf den Partikel-Rückstreukoeffizienten ... 52
9.4 Unsicherheits-Erwägungen zu Depolarisations-Lidars ... 53
9.5 Die Auswirkung des atmosphärischen Drucks und der Temperatur ... 54

10 Qualitätssicherung und Systemüberwachung ... 54
10.1 Einstellungen ... 54
10.2 Funktionsprüfungen ... 55
10.3 Instandhaltung ... 55
10.4 Kalibrierung ... 56
10.5 Qualitätssicherung des gedämpften Rückstreulidars ... 56
10.6 Leistungsprüfungen im Labor oder an Prüfstandorten ... 57
10.6.1 Depolarisation ... 60
10.7 Individuelle oder spezifische Parameterprüfungen ... 60

Anhang A (informativ) Beispiele und Theorie ... 62
A.1 Auswirkung der Überlappungsfunktion ... 62
A.2 Beispiel für den Partikel-Rückstreukoeffizienten ... 63
A.3 Aerosolschichten ... 65
A.4 Charakterisierung von Aerosolschichten ... 66
A.5 Wolken-Parameter ... 67
A.6 Beispiel für die Grenzschicht-Höhe ... 68
A.7 Scannersysteme ... 69
A.8 Lidarverhältnis ... 69

Anhang B (informativ) Theoretische und mathematisch Betrachtungen ... 71
B.1 Mathematische Betrachtungen ... 71
B.1.1 Verfahren nach Klett und Fernald für Lidarsysteme ... 72
B.1.2 Lineares Depolarisationsverhältnis der Partikel ... 74

Literaturhinweise ... 75

Bilder

Bild 1 — Schematisches Diagramm des Lidar-Prinzips für ein bistatisches System (Literaturhinweis [79]) 15

Bild 2 — Zusammenhang zwischen Wolkenuntergrenze, Unsicherheit und Wolkeneindringtiefe..... 25

Bild 3 — Schematisches Diagramm eines einfachen monostatischen Systems 40

Bild 4 — Schematisches Diagramm eines bistatischen Systems (übliches Layout) 41

Bild 5 — Effekt der Überlappungsfunktion 41

Bild 6 — Schematisches Diagramm eines Systems mit zwei Wellenlängen..... 43

Bild 7 — Beispiel für den Aufbau eines Polarisations-Lidars..... 44

Bild 8 — Beiträge zu Fehlern der Lidar-Bestimmung atmosphärischer Parameter..... 47

Bild 9 — Die gegen den Abstand in m aufgetragenen normalisierten gemessenen Signale P_n..... 57

Bild 10 — Links: Von einer Funksonde generiertes Rayleigh-Signal im Vergleich zum realen Lidar-Signal. Rechts: Normalisierte relative Abweichung vom Rayleigh-Signal..... 60

Bild 11 — Beispiel für gedämpfte Rückstreuung aus einer flüssigen Wasserwolke, die für das Wolkenkalibrierungsverfahren geeignet ist 61

Bild A.1 — Profil des Partikel-Rückstreukoeffizienten über Leipzig, ermittelt aus Messungen mit drei RückstreuLidarsystemen mit unterschiedlichen Überlappungsfunktionen am 17.09.2014 zwischen 18:40 UTC und 19:30 UTC (basierend auf Literaturhinweis [79]) 63

Bild A.2 — Beispiel für die Bestimmung der Profile des Partikel-Rückstreukoeffizienten bei 1 064 nm anhand des Klett-Fernald-Verfahrens am 06. September 2013 in Leipzig. Das Bild zeigt die Entwicklung der Rückstreuungsprofile über einen Tag (logarithmische Farbskla (basierend auf Literaturhinweis [79]) 64

Bild A.3 — Übersicht der atmosphärischen optischen Eigenschaften aus synergetischen Messungen von METIS lidar und CE318-T Sun/lunar Photometer auf der ATOLL-Plattform vom 17. bis 20. Juli 2022. Höhen-zeitliche Schwankung (a) β_{att} und (b) VLDR bei 532 nm, Aerosol-Extinktion bei (c) 532 nm und (d) 808 nm und (e) Zeitreihe von AODph bei 532 und 808 nm mit EAEph 532/808 nm, Südwest-Frankreich, abgeleitet aus dem Photometer [78] 64

Bild A.4 — Vergleich von zwei Zeit-Höhen-Abschnitten der Lidar-Signatur (oben: Forschungs-Lidar, unten: Ceilometer); für Einzelheiten siehe [65] 65

Bild A.5 — Lidar-Beobachtungen der Eyjafjallajökull-Aschewolke vom Standort Palaiseau, 16. — 20. April 2010. 66

Bild A.6 — Profile des Rückstreukoeffizienten (links) und des linearen Depolarisationsverhältnisses (Messungen durchgeführt in München am 17.04.2010, gemittelt über 70 Minuten um 02:00 UTC) (Basierend auf Literaturhinweis [79])..... 67

Bild A.7 — Beispiel eines normalisierten abstandskorrigierten Signals als 24-Stunden-Plot (Basierend auf Literaturhinweis [79]) 68

Bild A.8 — Tägliche Variation der planetaren Grenzschicht, abgeleitet mit einem Ceilometer (Basierend auf Literaturhinweis [79]) 68

Bild A.9 — Empfindlichkeit der Lösung für das Profil des Partikel-Rückstreukoeffizienten gegenüber falschen Annahmen zum Lidarverhältnis und Grenzwert (Beispiel, Modellberechnungen für λ = 1 064 nm) $\beta_{p,x,\lambda}$ in 10–3 m–1 sr–1 (Literaturhinweis [79])..... 70

Tabellen

Tabelle 1 — Wolkenschwellenwerte..... 25

Tabelle 2 — Übliche Depolarisationsverhältnisse δ_p für ausgewählte Partikeltypen und Wellenlängen..... 26

Tabelle 3 — Übliche Lidarverhältnisse LR_p (in sr) für ausgewählte Partikeltypen und Wellenlängen..... 27

Tabelle 4 — Hintergrund-Subtraktionsverfahren und implizierte Voraussetzungen und Annahmen..... 50

Tabelle 5 — Unsicherheiten der Wolkenuntergrenze..... 51

Tabelle 6 — Verfahren zur Ableitung des Rückstreukoeffizienten..... 52