

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 Farbskala (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 AOD _{ph} 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 $\lambda = 1\,064\text{ nm}$) *β_p* in $10^{-3}\text{ m}^{-1}\text{ sr}^{-1}$ (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