E DIN EN 4533-002:2025-08 (D)

Erscheinungsdatum: 2025-06-27

Luft- und Raumfahrt - Faseroptische Systeme - Handbuch - Teil 002: Prüfung und Messung; Deutsche Fassung ASD-STAN prEN 4533-002:2025

Inhalt

Seite

Vorwort 8

Einleitung 9
0.1 Das Handbuch 9
0.2 Hintergrund 9

1 Anwendungsbereich 10

2 Normative Verweisungen 10

3 Begriffe 10

4 Faserarten 10

5 Prüfung und Messung: Schlüsselparameter 12
5.1 Einfügungsdämpfung (IL., en: Insertion Loss) 12
5.1.1 Allgemeines 12
5.1.2 Wichtigkeit einer geringen Einfügungsdämpfung 12
5.1.3 Messverfahren 12
5.2 Rückstreuverlust oder Reflexionsdämpfung 13
5.2.1 Allgemeines 13
5.2.2 Wichtigkeit von hohen Rückstreuverlusten 13
5.2.3 Messverfahren 13
5.2.4 Rückstreuverlust und Reflexionsgrad 14
5.3 Messung der optischen Leistung 14
5.3.1 Allgemeines 14
5.3.2 Messverfahren 14
5.3.3 Anforderungen an Photodetektoren 15
5.4 Lichtverteilung 16
5.5 Zeitliche Messungen 17

6 Prüfung und Messung in Einmodensystemen 17

7 Prüfung und Messung in Mehrmodensystemen 18
7.1 Allgemeines 18
7.2 Einkopplungsbedingungen 18
7.3 Schaffung geeigneter Einkopplungsbedingungen 22
7.4 Beispiel für geeignete Einkopplungsbedingungen für eine Prüfung in der Luft- und Raumfahrt 23

8 Prüfen der Netzwerkpfade: Reflektometrie und Footprinting 29
8.1 Allgemeines 29
8.2 OTDRs 30
8.2.1 Allgemeines 30
8.2.2 Beispielhafte Kurve 30
8.2.3 Wichtige Eigenschaften 31
8.2.4 Dynamischer Bereich 31
8.2.5 Auflösung 31
8.2.6 Todeszonen 32
8.2.7 Diskussion 32
8.3 OFDR 33
8.3.1 Allgemeines 33

8.3.2 Diskussion ... 35
8.4 Footprinting ... 35

9 Allgemeine Erwägungen zur Prüfung und Messung in Lichtwellenleitersystemen ... 36
9.1 Allgemeines ... 36
9.2 Instrumentenprobleme ... 36
9.3 Messleitungen ... 37
9.4 Adapter (Vereiniger) ... 37
9.5 Steckverbinder ... 38
9.6 Filter und Messleitungen ... 39

10 Praktische Prüfverfahren ... 40
10.1 Allgemeines ... 40
10.2 Einfügungsdämpfung ... 40
10.3 Unterschiedliche Verfahren zur Messung der Einfügungsdämpfung ... 41
10.3.1 Direkte Messung ... 41
10.3.2 Verfahren mittels Einkopplungs- und Empfängerleitung ... 41
10.3.3 Einsatz einer „goldenen" Referenzleitung ... 42
10.4 Einfügungsdämpfung an einzelnem Steckverbinder ... 45
10.5 Modenkonditionierung der Messleitungen ... 45
10.6 Messung des Rückstreuverlustes ... 46

11 Aufzeichnungsparameter ... 48

12 Techniken für die Systementwicklung ... 48
12.1 Allgemeines ... 48
12.2 Auswertung der Bauteil-Datenblätter ... 48
12.3 Computermodellierung ... 49

Anhang A (informativ) Matrizen ... 52

Literaturhinweise ... 55

Bilder

Bild 1 — Tischgeräte und tragbare Messgeräte für die optische Leistung ... 15

Bild 2 — Um zu verhindern, dass der Detektor im Leistungsmesser die Leistungsverteilung filtert, muss er größer sein als der aus der Messleitungsfaser austretende Lichtstrahl ... 16

Bild 3 — Schwankungen der Einfügungsdämpfungsmessungen am selben Kabelbaum (Ringversuch) mittels verschiedener Prüfungsquellen ... 18

Bild 4 — Schwankungen der Einfügungsdämpfungsmessungen am selben Kabelbaum eines Luftfahrzeugs mit und ohne modale Konditionierung ... 20

Bild 5 — a) und b) sind die Nah- und Fernfeld-Leistungsverteilungen einer durch eine LED-Quelle beleuchteten Gradientenindexfaser. Die LED-Quelle bietet beinahe eine Einkopplungsbedingung mit Vollanregung. c) und d) sind die Nahfeld- und Fernfeld-Leistungsverteilungen einer durch eine Quelle mit weißem Licht beleuchteten Stufenindexfaser. Die LED-Quelle bietet eine Einkopplungsbedingung mit Überanregung ... 21

Bild 6 — Modenkonditionierer zur Erzeugung geeigneter Einkopplungsbedingungen für die Prüfung von Avionik-Fasersystemen ... 23

Bild 7 — Spezifikation des Einkopplungsscans für eine 50-µm-/125-µm-Faser (0,2 NA) bei 850 nm und 1 300 nm — Nahfeld ... 24

Bild 8 — Spezifikation des Einkopplungsscans für eine 50-µm-/125-µm-Faser (0,2 NA) bei 850 nm und 1 300 nm — Fernfeld 25

Bild 9 — Beispiel einer „Encircled-Flux-Methode“ (überwiegend bei Prüfungen in der Telekommunikation eingesetzt) für die Modenkonditionierung in Mehrmodenfasern 26

Bild 10 — Ober- und Untergrenzen der Nahfeld- und Fernfeld-Leistungsverteilungen entsprechend den Festlegungen der Norm ARP5061 27

Bild 11 — Beispiel eines Prüfaufbaus zur Prüfung eines Kabelbaums basierend auf 200-µm-/280-µm-Stufenindexfasern (Faser nach EN 4533 mit NA von 0,24) 28

Bild 12 — Beispiel einer Lichtquellenverteilungsvorlage (Fernfeld) für eine 200-µm-/280-µm-Stufenindexfaser (Faser nach EN 4533 mit NA von 0,24) 29

Bild 13 —Veranschaulichende OTDR-Kurve, welche lösbare Ereignisse, wie Steckverbinderorte/Verluste/Reflexionen zeigt 31

Bild 14 — Festlegung der Todeszonen für OTDR 32

Bild 15 — Beispiel für eine OFDR-Kurve, welche Ereignisreflexionen und automatische Messungen zeigt 34

Bild 16 — Darstellung der Auswirkungen auf die Einfügungsdämpfung, wenn Steckverbinder nicht vollständig gekoppelt und eingerastet sind 39

Bild 17 — Messung der Einkopplungs-Referenzleistung 41

Bild 18 — Messung des zu prüfenden Gerätes (DUT, en: device under test) oder der Baugruppe 41

Bild 19 — Messung der Einkopplungs-Referenzleistung 42

Bild 20 — Messung des zu prüfenden Gerätes (DUT, en: device under test) oder der Baugruppe 42

Bild 21 — Messung der Einkopplungs-Referenzleistung 43

Bild 22 — Messung des zu prüfenden Gerätes (DUT, en: device under test) oder der Baugruppe 43

Bild 23 — Referenzleitungskonfigurationen, die in Abhängigkeit von den Baugruppen- oder Kabelbaumverbindungen unterschiedliche Verbindungsumsetzungen aufweisen 44

Bild 24 — Arbeitsprinzip eines Rückstreuverlustmessers 46

Bild 25 — Prüfanschluss mit integriertem Koppler zur Prüfung von Luftfahrzeug-Kabelbäumen ohne Unterbrechung von Verbindungen 48

Bild 26 — Benutzeroberfläche eines Strahlenverfolgungsmodells mit Darstellung der verschiedenen Bauteile, die einbezogen werden können 50

Bild 27 — Einige Modelle können zur Prognose zeitlicher Eigenschaften von Faserverbindungen verwendet werden (z. B. Augendiagramme) 51

Bild A.1 — Matrizendarstellung eines LWL-Bauteils 52

Bild A.2 — Reihenfolge der Multiplikation der Bauteilmatrizen zur Bestimmung der Systemmatrix 53

Tabellen

Tabelle 1 — Einkopplungsspezifikation für eine 50-µm-/125-µm-Faser (0,2 NA) bei 850 nm und 1 300 nm — Nahfeldmuster. Nahfeld gemessen nach EN IEC 60793-1-45, Verfahren A 23

Tabelle 2 — Einkopplungsspezifikation für eine 50-µm-/125-µm-Faser (0,2 NA) bei 850 nm und 1 300 nm — Fernfeldmuster 24