

# 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 einem 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- $\mu\text{m}$ -/125- $\mu\text{m}$ -Faser (0,2 NA) bei 850 nm und 1 300 nm — Nahfeld .....	24

<b>Bild 8</b>	<b>— Spezifikation des Einkopplungsscans für eine 50-<math>\mu</math>m-/125-<math>\mu</math>m-Faser (0,2 NA) bei 850 nm und 1 300 nm — Fernfeld.....</b>	<b>25</b>
<b>Bild 9</b>	<b>— Beispiel einer „Encircled-Flux-Methode“ (überwiegend bei Prüfungen in der Telekommunikation eingesetzt) für die Modenkonditionierung in Mehrmodenfasern.....</b>	<b>26</b>
<b>Bild 10</b>	<b>— Ober- und Untergrenzen der Nahfeld- und Fernfeld-Leistungsverteilungen entsprechend den Festlegungen der Norm ARP5061.....</b>	<b>27</b>
<b>Bild 11</b>	<b>— Beispiel eines Prüfaufbaus zur Prüfung eines Kabelbaums basierend auf 200-<math>\mu</math>m-/280-<math>\mu</math>m-Stufenindexfasern (Faser nach EN 4533 mit NA von 0,24).....</b>	<b>28</b>
<b>Bild 12</b>	<b>— Beispiel einer Lichtquellenverteilungsvorlage (Fernfeld) für eine 200-<math>\mu</math>m-/280-<math>\mu</math>m-Stufenindexfaser (Faser nach EN 4533 mit NA von 0,24).....</b>	<b>29</b>
<b>Bild 13</b>	<b>— Veranschaulichende OTDR-Kurve, welche lösbare Ereignisse, wie Steckverbinderorte/Verluste/Reflexionen zeigt.....</b>	<b>31</b>
<b>Bild 14</b>	<b>— Festlegung der Todeszonen für OTDR.....</b>	<b>32</b>
<b>Bild 15</b>	<b>— Beispiel für eine OFDR-Kurve, welche Ereignisreflexionen und automatische Messungen zeigt.....</b>	<b>34</b>
<b>Bild 16</b>	<b>— Darstellung der Auswirkungen auf die Einfügungsdämpfung, wenn Steckverbinder nicht vollständig gekoppelt und eingerastet sind.....</b>	<b>39</b>
<b>Bild 17</b>	<b>— Messung der Einkopplungs-Referenzleistung.....</b>	<b>41</b>
<b>Bild 18</b>	<b>— Messung des zu prüfenden Gerätes (DUT, en: device under test) oder der Baugruppe.....</b>	<b>41</b>
<b>Bild 19</b>	<b>— Messung der Einkopplungs-Referenzleistung.....</b>	<b>42</b>
<b>Bild 20</b>	<b>— Messung des zu prüfenden Gerätes (DUT, en: device under test) oder der Baugruppe.....</b>	<b>42</b>
<b>Bild 21</b>	<b>— Messung der Einkopplungs-Referenzleistung.....</b>	<b>43</b>
<b>Bild 22</b>	<b>— Messung des zu prüfenden Gerätes (DUT, en: device under test) oder der Baugruppe.....</b>	<b>43</b>
<b>Bild 23</b>	<b>— Referenzleitungskonfigurationen, die in Abhängigkeit von den Baugruppen- oder Kabelbaumverbindungen unterschiedliche Verbindungsumsetzungen aufweisen.....</b>	<b>44</b>
<b>Bild 24</b>	<b>— Arbeitsprinzip eines Rückstreuverlustmessers.....</b>	<b>46</b>
<b>Bild 25</b>	<b>— Prüfanschluss mit integriertem Koppler zur Prüfung von Luftfahrzeug-Kabelbäumen ohne Unterbrechung von Verbindungen.....</b>	<b>48</b>
<b>Bild 26</b>	<b>— Benutzeroberfläche eines Strahlenverfolgungsmodells mit Darstellung der verschiedenen Bauteile, die einbezogen werden können.....</b>	<b>50</b>
<b>Bild 27</b>	<b>— Einige Modelle können zur Prognose zeitlicher Eigenschaften von Faserverbindungen verwendet werden (z. B. Augendiagramme).....</b>	<b>51</b>
<b>Bild A.1</b>	<b>— Matrizendarstellung eines LWL-Bauteils.....</b>	<b>52</b>
<b>Bild A.2</b>	<b>— Reihenfolge der Multiplikation der Bauteilmatrizen zur Bestimmung der Systemmatrix.....</b>	<b>53</b>

## **Tabellen**

**Tabelle 1 — Einkopplungsspezifikation für eine 50- $\mu\text{m}$ -/125- $\mu\text{m}$ -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- $\mu\text{m}$ -/125- $\mu\text{m}$ -Faser (0,2 NA) bei 850 nm und 1 300 nm — Fernfeldmuster ..... 24**