

# 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**