

White Paper



SC-RJ – sicher in allen Klassen



Convincing cabling solutions

SC-RJ – sicher in allen Klassen

Inhalt

1. Einführung.....	3
2. Entwicklung und Standardisierung.....	3
3. Sicherheit und Codierung.....	5
4. Ferrulentechnologie und Stabilität	7
5. Leistungsklassen und Kompatibilität.....	9
6. Packungsdichte und Modularität.....	10
7. Vorteile der Lichtwellenleiter	11
8. Anwendung mit unterschiedlichen Medien	12
9. Relevante Normen	14
10. Quellen und Hinweise	14

© Copyright 2008 Reichle & De-Massari AG (R&M). Alle Rechte vorbehalten.

Weitergabe und Vervielfältigung dieser Publikation oder von Teilen daraus sind, zu welchem Zweck und in welcher Form auch immer, ohne die ausdrückliche schriftliche Genehmigung durch Reichle & De Massari AG nicht gestattet. In dieser Publikation enthaltene Informationen können ohne vorherige Ankündigung geändert werden. Die Erstellung dieses Dokuments erfolgte mit grösstmöglicher Sorgfalt, es enthält den zum Zeitpunkt der Erstellung aktuellen technischen Stand. Technische Änderungen vorbehalten.

1. Einführung

Das bei R&M entwickelte Fiber Optic-Stecksystem SC-RJ ist umfassend normiert. Die Steckerfamilie hat Eingang gefunden in den Standard IEC 61754-24. Die Features des SC-RJ für die operative, passive Netzwerksicherheit durch farbliche und mechanische Codierung wurden in diesem Zusammenhang besonders berücksichtigt. Damit ist der Weg frei für einen uneingeschränkten Einsatz auch in besonders sicherheitsrelevanten Anwendungen. Von Anfang an ist das Stecksystem durch eine Vielfalt von Anwendungsmöglichkeiten gekennzeichnet.

SC-RJ ist die kleinste SC-Duplex-Steckverbindung und für alle optischen Fasern zugelassen. Das Original von R&M lässt sich darüber hinaus in allen Leistungsklassen nach der neuen IEC 61753 einsetzen. Als Small Form Factor-Lösung passt der SC-RJ-Anschluss in einen RJ45-Ausschnitt und ermöglicht so ein einheitliches LAN-Verkabelungskonzept für Kupfer und optische Fasern. Mit der von R&M verwendeten 2,5-Millimeter-Ferrulentechnologie verfügt der SC-RJ außerdem über eine vorteilhafte konstruktive, intrinsische Sicherheit.

Dieses White Paper will die spezifischen Stärken und Merkmale der Innovation auf dem aktuellen Stand zusammenfassen und legt dabei den Fokus auf Sicherheitsaspekte, Performance, Ferrulentechnologie und Anwendungsmöglichkeiten mit den Medien GOF, POF und PCF.

Anwendung:	Enterprise Cabling, Data Center, Industrial Cabling, Automation, Digital Audio
Technologie:	Fiber Optic
Format:	White Paper
Themen:	Stand der Normung für SC-RJ, operative / passive Sicherheit, Sicherheit durch Codierung, Performance Grades, Ferrulentechnologie, Small Form Factor und Packungsdichte, Anwendung mit Medien GOF, POF und PCF
Ziel:	Stärken und Positionierung des SC-RJ gegenüber LC aufzeigen, Argumente für die System-Entscheidung bei Planung und Investition aufzeigen
Zielgruppe:	Planer, Entscheider, Technischer Einkauf, IT-Leitung, Security-Verantwortliche, Endkunden
Autoren:	Daniel Eigenmann
Erschienen:	August 2008

2. Entwicklung und Standardisierung

Enterprise Cabling und Industrial Cabling wachsen zusammen. Ethernet reicht vom Storage Area Network über Campus, Gebäude und Bürobereich bis

- zur Fertigungsinsel in der Fabrik
- zum Krankenbett im Spital
- zum Sensor im Straßentunnel oder
- zum öffentlichen Multimediaterminal ...

Ebenso mischen sich Kupfer- und Lichtwellenleiter-Verkabelungen – mit Glasfasern für hohe Datenmengen auf der Seite der strukturierten Gebäudeverkabelung und mit robusten Industriefasern für belastete Umgebungen (Bild 1). Der Trend zur Konvergenz zeichnet sich seit langem ab. Aus dieser Beobachtung entstand die Idee, eine durchgängige Steckverbinderlösung für LAN-Verkabelungen in Unternehmen und Industrie zu schaffen. Planern und Systemintegratoren sollte eine flexible, einheitliche und integrierende Netztopologie ermöglicht werden.

Um dem Planer bei Spezifikation und Aufbau des Backbone die nötige Freiheit zu lassen, musste die Steckverbindung alle Fasertypen aufnehmen können. Sie musste robust, modular verwendbar und feldkonfektionierbar sein. Denn die einfache Montage von Steckverbindungen und Leitungen ist eine Voraussetzung für die effiziente Anwendung in Rechenzentren oder Produktionsanlagen. Typische Sicherheits- und Schutzfragen waren umfassend zu beantworten, um einfache Handhabung der Komponenten und hohe Verfügbarkeit der Netze von Anfang an zu gewährleisten.

Möglichst bewährte Formate sollten Verwendung finden, um Kompatibilität zu bestehenden Plattformen sicherzustellen. ISO/IEC 11801 (2002) und EN 50173-1 (2007), die beiden Normen für strukturierte

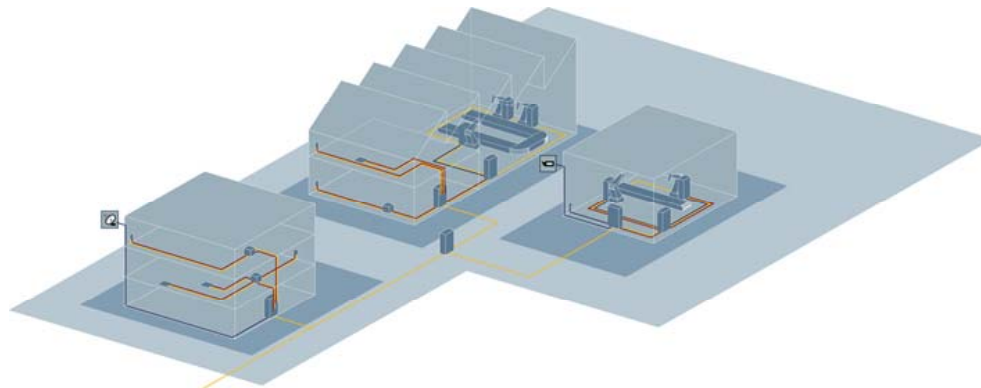


Bild 1: Gebäude- und Industrienetze, Kupfer- und Glasfaserverkabelung wachsen zusammen. Grafik: R&M

Gebäudeverkabelungen, nennen zwei Steckverbindertypen für das Telecommunications Outlet (TO): RJ45 für Kupferleitungen und SC-Duplex für optische Fasern. Beide Typen sind weltweit verbreitet. Es lag daher nahe, eine SC-Duplex-Verbindung mit RJ45-Einbaumassen zu schaffen – den SC-RJ.

Den ersten Studien aus dem Jahr 1997 folgte ein gründlicher Entwicklungs-, Abstimmungs- und Standardisierungsprozess. Die wachsende Aufmerksamkeit in der Automatisierung tätiger Unternehmen kam der Entwicklung entgegen. Systemintegratoren zeigten Interesse, das SC-RJ-Steckergesicht für Industrial Ethernet nach ISO/IEC 24702 bzw. EN 50173-3 und sogar für Feldbus-Systeme nach IEC 61158 bzw. IEC 61918 zu implementieren. Von vielen Seiten flossen Anregungen in die Entwicklung ein.

Im Jahr 2003 startete R&M schließlich die Markteinführung des SC-RJ. Vorausgegangen war die Publikation der ersten Normen und Normenentwürfe.

EN 50377-6-1 wurde im September 2002 veröffentlicht. Diese europäische Steckverbinder-Norm definiert den SC-RJ für Multimode-Fasern (MM). EN 50377-6-2 für Singlemode-Fasern (SM) folgte im Juni 2004 und integriert inzwischen die neuesten Parameter des IEC Optical Interfaces. Beide Normen wurden von der DKE (Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE) übernommen und tragen die Bezeichnungen DIN EN 50377-6-1:2003-02 bzw. DIN EN 50377-6-2:2004-11.

Auch die internationale Norm IEC 61754-24 bzw. das europäische Pendant EN 50377-3 sind nunmehr ratifiziert. Unter anderem definieren sie den SC-RJ-Steckverbinder für alle Fasertypen (SM, MM, PCF, POF). Das ist eine neue Dimension: Der SC-RJ eignet sich damit für alle Einsatzgebiete bzw. ein breites Spektrum an Applikationen.

Die Profinet-Nutzerorganisation empfiehlt ihn für Feldbus-Anwendungen als das geeignete Fiber Optic-Anschlusssystem mit Push-Pull-Steckmechanik – ebenfalls für alle Fasertypen. Die ODVA™ prüft für ihre künftigen Netzinfrastrukturen ebenfalls den Einsatz des SC-RJ-Steckverbinders. Er könnte sogar in Carrier-Netzen verwendet werden.

Appendix 1 der IEC 61754-24 beschreibt darüber hinaus die mechanischen und farblichen Möglichkeiten der Codierung – so sind nun auch zentrale Sicherheitsfragen durch die Standardisierung abgedeckt (siehe Abschnitt 3.)

Schließlich gehört die im März 2007 verabschiedete IEC 61753 in die Reihe der relevanten Normen. Dieser Standard beschreibt die Leistungsklassen (Performance Grades) für Glasfasern und definiert Parameter für die Übertragungsqualität bzw. Dämpfungsbudgets. Um es vorweg zu nehmen: Der SC-RJ von R&M bringt in allen Klassen die geforderte Leistung und Qualität der Steckverbindung.

3. Sicherheit und Codierung

Wer in Glasfaserinfrastrukturen investiert, erwartet ganz selbstverständlich eine hohe Betriebssicherheit und Netzverfügbarkeit. Und die Anforderungen nehmen eher noch zu. Sicherheit wird immer umfassender verstanden. So sucht man auch auf der operativen Seite, im alltäglichen Handling nach Möglichkeiten, letzte Fehlerquellen und Risiken zu eliminieren. Die Gründe für solche Anstrengungen können mannigfaltig sein. Die nicht abschließende Aufzählung lässt erahnen, dass Sicherheitsfragen weiter an Bedeutung gewinnen:

- Mehrere Provider agieren in Ortszentralen auf engstem Raum. Die Techniker wechseln öfter, nicht jeder kennt alle Details. Wie leicht kommt es zu Verwechslungen?
- An der Peripherie des Netzes sind unterschiedlichste Kunden mit individuellen Infrastrukturlösungen zu bedienen. Auch hier kommt es u.a. auf klare Übersicht und eindeutige Zuordnung an.
- Sensible Aufgabenbereiche verlangen eine erhöhte Absicherung und verlässliche Codierung der Steckverbindungen im Rahmen von Security-, Safety- und Qualitymanagement, z.B.:
 - o Verteidigung, militärische Einsätze
 - o Gesundheitswesen, Kliniken, Medizintechnik
 - o Finanzsektor, Banken, Versicherungen
 - o Energieversorgung, Kraftwerke
 - o Industrie, Chemie, Automatisierung
 - o Verkehr, Bahntechnik, Straßentunnel
- Schutz- und Sicherheitsfragen müssen auch die Anwender selbst bzw. das Bedienungspersonal immer stärker mit einbeziehen. Bei zunehmendem Einsatz optischer Energie, insbesondere von Laserstrahlen, müssen die Schutzvorkehrungen mitwachsen.

Resultierend aus der bisherigen Entwicklung sind alle Steckerhersteller bemüht, neue und kundengerechte Sicherheitslösungen voranzutreiben. Auf die eine oder andere Art bieten sie Upgrades oder konstruktive Maßnahmen an.

Folgerichtig wurde in der IEC-Standardisierung der Sicherheitsaspekt besonders berücksichtigt – ebenfalls ein Novum. Die mechanische und farbliche Codierung des SC-RJ – immer als Small Form Factor-Steckergesicht – ist im Anhang der IEC 61754-24 (Appendix 1) ausdrücklich beschrieben, so dass die funktionellen Erwartungen aus den oben genannten Anwendungen bzw. Kundenkreisen frühzeitig abgedeckt werden können. Unter dem Aspekt der passiven Sicherheit bietet der SC-RJ also einen großen Fortschritt.

Dagegen ist der LC-Stecker nicht für eine adäquate Codierung ausgelegt. Ihm fehlen bislang die mechanischen Voraussetzungen. Eine nachträgliche Anpassung ist im Moment nicht im Standard vorgesehen. Nur der Boot lässt sich farblich codieren.

Schlussfolgerung: Bei Infrastrukturen, die künftigen Anforderungen genügen sollen, ist das LC-Stecksystem mit Vorsicht einzusetzen. Der mit LC-Steckern realisierbare Sicherheitslevel ist nicht vergleichbar mit den Möglichkeiten, die der SC-RJ-Stecker bietet.

Eine Fülle von Patentvorschlägen – vor allem aus den USA – zeigt deutlich, dass man zahlreiche mechanische Lösungen sucht, um den (zukünftigen) erhöhten Sicherheitsanforderungen besser entsprechen zu können. In diesem Zusammenhang werden auch Upgrades für ältere Steckverbinder aller Art einschließlich des LC vorgeschlagen. Diese Lösungen beanspruchen jedoch vergleichsweise viel Platz.

Berücksichtigt man all diese Überlegungen und Tendenzen, so stellen die modernen Steckverbinder aus der Familie des LSH (E-2000™) und des SC-RJ bereits heute in jeder Beziehung eine funktions- und kundengerechte, sichere Lösung dar.

Sicherheit hat zwei Aspekte, einen technischen und einen menschlichen. Verbindungen können irrtümlich gesteckt, unterbrochen, vertauscht oder auch vorsätzlich manipuliert werden. Rund 70 Prozent aller Netzwerkprobleme resultieren aus solchen Fehlern, gegen die keine Firewall und keine Virenschutz-Software schützen.

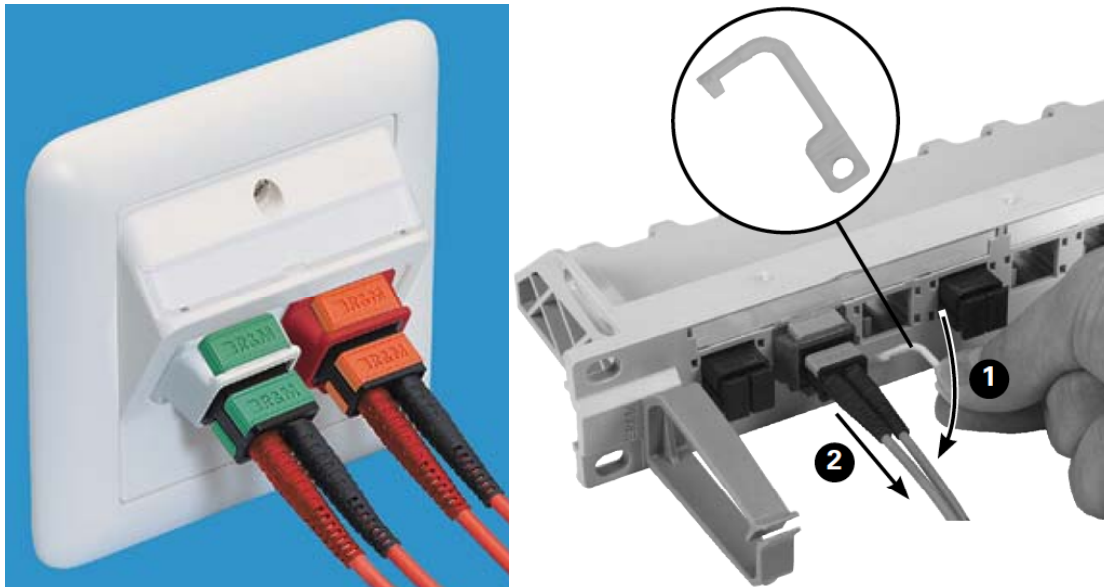


Bild 2: Fortschrittliche Sicherheitslösungen für den SC-RJ. Links: Farbliche und mechanische Codierung mit Clips und Adaptern. Rechts: Verschlusslösung. Nur Personen, die in Besitz des Schlüssels sind, können den Aussteckschutz entriegeln (1) und die Steckverbindung unterbrechen (2). Fotos: R&M

R&M hat deshalb sein dreistufiges Sicherheitssystem vom RJ45 auf den SC-RJ übertragen. Farbliche und mechanische Codierungen der Steckverbindungen verhindern Verwechslungen. Ein- und Aussteckschutz mit verschließbaren Manschetten und Autorisierungslösung erhöhen die Betriebssicherheit und garantieren höchste Netzverfügbarkeit (Bild 2). Die Sicherheitslösungen sind an R&M Anschlussmodulen bzw. Patchkabeln nachträglich und werkzeugfrei montierbar. Der SC-RJ ist zudem verdrehsicher konstruiert.

Zum Schutz in rauen Umgebungen empfiehlt sich das standardisierte IP-Schutzgehäuse – Variante 6 der IEC 61076-3-106. Eine dichte Hülle schützt den SC-RJ IP67 vor Staub und Wasser. Damit eignet sich die Steckverbindung auch für den Heavy-Duty-Einsatz in der Industrie und für alle Indoor- und Outdoor-Applikationen mit Umgebungsbedingungen, die weit härter sind als im Bürobereich oder Rechenzentrum. Für Anwendungen, in denen IP54-Schutz ausreicht, gibt es schnell montierbare Gummischutzkappen.

4. Ferrulentechnologie und Stabilität

Neben dem Thema Sicherheit spielen die Ferrulentechnologie, Baugröße und konstruktive Stabilität bei der Auswahl des Stecksystems eine wichtige Rolle. Oft wird eine möglichst kompakte Lösung gesucht, um die Packungsdichte in Verteilereinrichtungen steigern zu können. Ist der Stecker jedoch zu zierlich gebaut, kann es durch Steckvorgänge zu Qualitätseinbußen kommen, worunter die Lichtübertragung leidet. Ferrulen (Bild 3) und Steckerkörper stehen in Wechselbeziehung – größere Typen lassen höhere Standfestigkeit erwarten, kleinere Lösungen versprechen ein günstigeres Kosten-Nutzen-Verhältnis.

Der SC-RJ mit 2,5-Millimeter-Ferrulentechnologie erweist sich auch in diesem Zusammenhang als die innovative Lösung, die allen Anforderungen gerecht werden kann. Mit einem kleinen Baukörper im Small Form Factor-Design wird ein Maximum an Präzision und Stabilität für die Steckverbindung erzielt.

Dagegen müssen bei 1,25-Millimeter-Ferrulen Abstriche bei der Zuverlässigkeit in Kauf genommen werden – bedingt durch die geringe Baugröße des Sleeves. Die dünnwandigen Sleeves verformen sich bei Biegung oder durch die Scherkräfte, die vom APC-Schliff herrühren. Darum werden nur wenige Steckverbinder basierend auf 1,25-Millimeter-Ferrulentechnologie als APC-Patchkabel oder Pigtail eingesetzt. Durch den Versatz, der in der Verbindung auftreten kann, werden ungünstige Moden aus dem Kern bzw. aus dem Modenfeld-Durchmesser gekoppelt. Dies erhöht die Dämpfung und reduziert die Verträglichkeit mit den Laserquellen drastisch.

Zwar werden Stecker mit kleiner Ferrule und kleiner Baugröße – zu nennen sind F-3000, LX.5, LC und MU – als besonders handlich betrachtet. Und man geht selbstverständlich davon aus, mit diesen Lösungen eine höhere Packungsdichte erreichen zu können, da der einzelne Stecker weniger Platz beansprucht.

Aber mit zunehmender Verdichtung steigt die Störanfälligkeit. Die Kupplungen weisen eine gewisse axiale und radiale Instabilität auf. Die operative mechanische Handhabung kann zu transienten Einbrüchen der optischen Performance führen: schwankende Dämpfungen (Insertion Loss = IL) und Reflexionen (Return Loss = RL). Somit stecken im System selbst von Anfang an gewisse Hürden für eine dauerhaft zuverlässige optische Signalübertragung. Dies gilt es ernsthaft zu bedenken, wenn man eine Netztopologie plant und das Verkabelungssystem wählt.

Die genannte Störanfälligkeit hat im Wesentlichen zwei mechanisch und geometrisch bedingte Ursachen:

- Die kurze Führung kann axiale Winkelfehler, die auf Grund von radialen Kräften auftreten, weniger gut abfangen.
- Die resultierende Klemmkraft des kleinen Sleeves bewegt sich in den gleichen Größenordnungen wie die Quer-Belastungskräfte, so dass eine axiale und radiale Führung nicht mehr in allen Fällen gewährleistet ist.

In diesem Zusammenhang sei erwähnt, dass der Small Form Factor (SFF) nicht auf Stecker mit kleinen Ferrulen beschränkt ist. Es ist das Verdienst des SC-RJ, als kompakter Duplex-Steckverbinder im Prinzip den gleichen RJ45-Ausschnitt zu nutzen wie der LC Duplex. Sein Steckerkörper ist lediglich etwas länger, so dass er mehr Raumtiefe beansprucht.

R&M bevorzugt aufgrund langjähriger Erfahrung die 2,5-Millimeter-Ferrulentechnologie als dauerhaft stabile Lösung. Für GOF-Anwendungen mit dem SC-RJ lassen sich in der Regel die Präzisionsferrulen aus Zirkonia-Keramik einsetzen (Bild 3) und für POF die Schraubferrulen aus Metall. Definierte Kräfte gewährleisten einen sicheren optischen Kontakt auch nach vielen Steckvorgängen. Mit Schraubferrulen für POF erfüllt der SC-RJ die Forderung der Industrie nach Feldkonfektionierbarkeit.

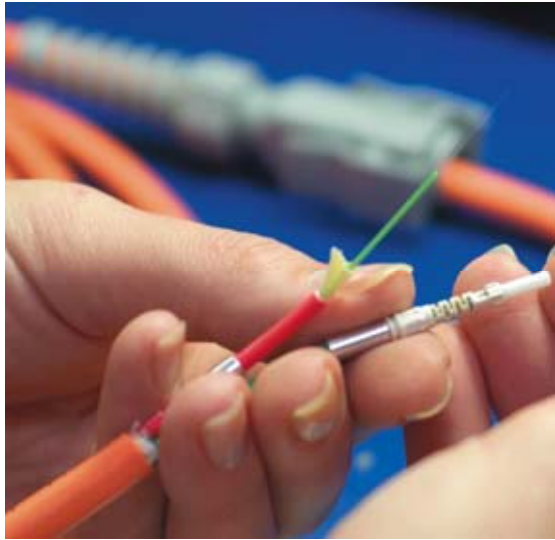


Bild 3: Ein Maximum an Präzision und Stabilität ist im Kern des Glasfasersteckers gefordert. Das Bild zeigt eine 2,5-Millimeter-Ferrule bei Einführung der Faser im Rahmen des Konfektionierungsprozesses. Foto: R&M

Zur Verdeutlichung hier ein Fallbeispiel: Geplant wird eine Netzwerktopologie mit Polymer Optical Fiber (POF). Die Entscheidung fällt zugunsten der kleinen 1,25-Millimeter-Ferrulentechnologie. In diesem Fall muss die POF A4f Faser nach IEC 60793-2-40 verwendet werden, die auch in der ISO/IEC 24702 First Edition Erwähnung findet. Diese Faserart hat den Vorteil, dass sie mit den gleichen Transceivern betrieben werden kann wie die Multimode-Glasfasern 50/125 µm bzw. 62,5/125 µm. Diese Lösung wirkt sich günstig auf die Investitionskosten aus – man spart Geld.

Doch sollten auch die Nachteile nicht unerwähnt bleiben: Feldkonfektionierung ist mit dieser POF-Faser nahezu unmöglich, denn die benötigten Toleranzen verlangen eine Keramikfaser. Der Kabelaufbau ist mit Multimode-Kabeln zu vergleichen und entsprechend aufwendig. Die Zugentlastung erfolgt durch Verkrüpfung des Aramidgarns mit dem Steckerkörper. Um die nötige Performance sicherzustellen, sollten die Anschlüsse also eher industriell assembliert werden.

5. Leistungsklassen und Kompatibilität

Planern und Anwenden von Glasfaser-Infrastrukturen stehen heute hilfreiche Werkzeuge für die gezielte Produktauswahl zur Verfügung. So kann man für jeden Bereich der Netztopologie genau die Performance bestellen, die benötigt wird. Man vermeidet überdimensionierte Infrastrukturen genauso wie spätere Ressourcenprobleme und erreicht ein ausgewogenes Kosten-Nutzen-Verhältnis.

Zu diesen Instrumenten zählt die im März 2007 verabschiedete IEC 61753. Der neue Standard beschreibt verschiedene Leistungsklassen (Grades) für die entsprechenden Einsatzgebiete der Lichtwellenleiter (Tabelle 1). Die grosse Neuerung dieser Norm besteht darin, dass Each-to-Each-Werte definiert sind und auch geometrische Parameter, um die Werte weltweit nach demselben Schema erreichen zu können.

Damit gehören Diskussionen über die Kompatibilität der Vergangenheit an. Alle Hersteller haben sich an die optischen und geometrischen Mindestanforderungen zu halten. Sie müssen nicht nur Maximalwerte nennen und garantieren, sondern auch typische Werte (Mean-Werte) ihrer Produkte. Planer erhalten damit nützliche und aussagekräftige Berechnungsgrundlagen und können ihre Topologien qualifizierter entwickeln.

R&M ist der erste und bisher einzige Hersteller, der die Grades vollumfänglich für sein Fiber Optic-Sortiment übernommen hat. So kann der SC-RJ in allen Leistungsklassen vom Multimode-Grade M bis zum höchst möglichen Grade A* eingesetzt werden. Das erleichtert die Planung erheblich. Man hat nur noch ein Steckerformat und wählt einfach die jeweils benötigte Performance.

Ermöglicht wird dieses ambitionierte Angebot unter anderem durch die Verwendung von hochpräzisen Ferrulenhaltern – es sind die gleichen R&M-Ferrulenhalter wie im E-2000™ und SC Simplex. Eine in der Branche einzigartige Qualitätssicherung und die statistische Auswertung aller Mean-Werte haben dazu beigetragen, dass R&M bei der Umsetzung der Grades in einer Poleposition steht.

Ein gravierender Faktor für die Qualität der Signalübertragung in Glasfaser-Steckverbindungen ist der Anpressdruck. Für Singlemode- und Multimode-GOF definiert die IEC 61754-24 den Anpressdruck bereits bis ins Detail. Für POF und PCF hat R&M die optimalen Anpresskräfte anhand von Simulationen, Berechnungen und Messungen ermittelt. Damit sind auch für diese Medien höchste Übertragungsleistung und ein sicherer Einsatz in definierter Umgebung gewährleistet.

Attenuation Grade	Attenuation Random mated IEC 61300-3-34	
Grade A*	≤ 0.07dB mean	≤ 0.15dB max. for >97% of samples
Grade B	≤ 0.12dB mean	≤ 0.25dB max. for >97% of samples
Grade C	≤ 0.25dB mean	≤ 0.50dB max. for >97% of samples
Grade D	≤ 0.50dB mean	≤ 1.00dB max. for >97% of samples
Return Loss Grade	Return Loss Random mated IEC 61300-3-6	
Grade 1	≥ 60dB (mated) and ≥ 55dB (unmated)	
Grade 2	≥ 45dB	
Grade 3	≥ 35dB	
Grade 4	≥ 26dB	

Tabelle 1: Performance-Kriterien der Leistungsklassen.



Bild 4: Als SFF-Lösung passt das SC-RJ-Stecksystem mühelos in den RJ45-Ausschnitt (links). Fiber Optic- und Kupferverkabelung können so auf kleinstem Raum kombiniert werden. Das gilt ebenso für Hutschienen-Montagelösungen für industrielle Anwendungen (rechts). Fotos: R&M

6. Packungsdichte und Modularität

Wie oben bereits erwähnt, spielt die erzielbare Packungsdichte in vielen Planungen und Installationen eine gravierende Rolle. Je mehr Steckverbindungen in einem Raum untergebracht werden können, umso rentabler wird das Projekt für den Betreiber.

Der SC-RJ überzeugt auch in diesem Zusammenhang mit einem ausgewogenen Verhältnis zwischen Leistungsmerkmalen, Effizienz, Größe und Packungsdichte. Als Small Form Factor-Lösung folgt er dem effizientesten und weltweit am meisten verbreiteten Rastermaß in der Verbindungs- und Verteilertechnik für die moderne Informations- und Kommunikationswirtschaft. Als SFF-Steckverbinder mit zwei Fasern in einem RJ45-Ausschnitt erreicht er dieselbe Montagedichte wie eine RJ45-Verbindung in der Kupferverkabelung. Das SC-RJ-Anschlussmodul passt in jeden RJ45-Ausschnitt (Bild 4).



*Bild 5: Aktive Komponenten – hier der SC-RJ Transceiver – fügen sich ins SFF-Raster ein.
Foto: R&M*

Auch die aktuelle Entwicklung auf Seiten der aktiven Komponenten weist in diese Richtung: SFF und RJ45 sind das Maß aller Dinge. Eine neue Generation optisch-elektrischer Transceiver wird unter der Bezeichnung SFP spezifiziert. SFP steht für Small Form Factor Pluggable. Es handelt sich um standardisierte, modulare Verbindungsstecker für extrem schnelle Netzwerkverbindungen – sie passen zum SFF-Raster und genauso zum SC-RJ. So kann der modulare Systemgedanke auf allen Netzebenen vom Arbeitsplatz bis zum Sensor durchgehalten werden.

SFP-Module lassen sich direkt in SFF-Steckplätze einbauen. Sie sind nach dem „hot swap“-Prinzip im laufenden Netzwerkbetrieb einfach und schnell austauschbar. Netzwerkgeräte können somit leicht auf andere Medien umgestellt werden, ohne die ganze Karte auswechseln zu müssen. Nur wenige Handgriffe sind nötig, um im Falle eines Defekts ein Modul bzw. ein Gerät auszutauschen.

Wer vorhandene SC-Simplex- und SC-Duplex-Stecker weiter verwenden will, kann ebenfalls ohne Hürden planen. SC-RJ-Buchsen sind SC-Simplex-kompatibel. Man kann ebenso Standardkabel mit SC-Duplex-Steckern verwenden, wenn man die beiden Steckerhälften voneinander löst und einzeln in die SC-RJ-Buchse einführt. So entsteht eine bisher kaum gekannte Modularität und Flexibilität, welche auch im IEC-Normenentwurf 86B/2657/CD bzw. in der IEC 61754-24 deutlich zum Ausdruck kommt.

7. Vorteile der Lichtwellenleiter

Die zunehmende Dezentralisierung von Anlagen und weitere Herausforderungen wie der Bedarf an Bandbreite stellen Planer, Errichter und Betreiber von Netzwerken vor bedeutende Fragen: Wie und mit welchen Medien kann man eine zuverlässige und schnelle Datenübertragung effizient, nachhaltig, zukunftssicher und rentabel gewährleisten? Die Entscheidung fällt immer häufiger zugunsten der Glasfaser aus, denn sie bietet einige inhärente Vorteile:

- Lichtwellenleiter sind unempfindlich gegen elektromagnetische Einstrahlung. Damit sind sie für den Einsatz in der Industrie gut geeignet, wo exzellente EMV-Eigenschaften gefordert sind.
- Sie können zusammen mit der Energieversorgung verlegt werden. Die unmittelbare Nachbarschaft zu Starkstromkabeln und Frequenzumrichtern stört die Datenübertragung in Glasfasern nicht.
- Sie sind weitgehend abhörsicher.
- Bei klassischer Kupferverkabelung muss der nötige Potentialausgleich zwischen den Gebäuden hergestellt werden. Die Ausgleichsleiter steigern den Kupferanteil der Infrastruktur und verursachen zusätzliche Kosten. Bei einer Glasfaser-Infrastruktur entfällt diese Notwendigkeit. Von vornherein ist eine strikte Potentialtrennung gegeben. Der technische Aufwand für das Netzwerk reduziert sich. Wo keine Kupfer-Ausgleichsleiter installiert sind, gibt es auch keine vagabundierenden Ströme auf den Abschirmungen der Signalleitungen.

Die Glasfaser-Technologie bietet dem Planer darüber hinaus die nötige Flexibilität, die man bei heutigen Verkabelungsprojekten voraussetzt. So wurden unterschiedliche Fasertypen entwickelt, um Parametern wie Übertragungsstrecke, Datenvolumen und Konfektionsaufwand individuell gerecht werden zu können.

Mehr Flexibilität entsteht auch durch die bereits erwähnte 2,5-Millimeter-Ferrulentechnologie. Alle Fasertypen von Multimode-Glasfaser 50/125 µm bzw. 62,5/125 µm (OM1 bis OM3) über 9 µm Singlemode-Glasfaser bis hin zur 200/230 µm PCF und 980/1000 µm POF sind mit dem SC-RJ von R&M optimal terminierbar. So lassen sich für GOF und PCF die Präzisionsferrulen aus Zirconia-Keramik einsetzen. Bei POF-Verkabelung wird man Schraubferrulen aus Metall verwenden. Der Standard IEC 61754-24 unterstützt diese Medienevielfalt.

8. Anwendung mit unterschiedlichen Medien

Drei Hauptkategorien von Lichtwellenleitern stehen heute üblicherweise im Fokus der Planungs- und Investitionsüberlegungen für Standorte, Gebäude und Industrieanlagen:

- Glass Optical Fiber (GOF)
- Plastic Optical Fiber (POF)
- Plastic Cladded Fiber (PCF)

Im Folgenden sollen ihre wichtigsten Merkmale, Vorteile und Einsatzgebiete skizziert werden:

GOF: In der Industrie sind ähnliche Entwicklungen beim Datenvolumen und beim Bedarf an Bandbreite zu erwarten wie in den Bereichen Büro und Rechenzentren. Damit entsteht auch hier eine stärkere Nachfrage nach optischer Verkabelung. Für die Industrie kommen beide GOF-Haupttypen als anspruchsvolle physikalische Träger in Betracht: Multimode-Glasfaser 50/125 µm bzw. 62,5/125 µm für Distanzen bis 2000 m nach ISO/IEC 24702 First Edition sowie die Singlemode-Glasfaser 9/125 µm für Distanzen bis 10000 m.

PCF: Übertreffende mechanische Eigenschaften gegenüber GOF kennzeichnen die Kunststoffummantelten Fasern = Plastic Cladded Fiber. Sie können in kleinen Radien geführt werden, da sie sich durch ein stabiles Biegeverhalten auszeichnen. Jedoch muss man auch hier Vorsicht walten lassen, um Mantelverluste und damit zusätzliche Dämpfung zu vermeiden.

PCF sind temperaturbeständig. Die nackte Faser ist bis 130° C belastbar. Da die PCF im Wellenfenster bei 850 nm betrieben wird, gestattet sie im Vergleich zu POF eine höhere Datenrate. Bei Verwendung von PCF verlängert sich die standardisierte Betreiberstrecke gemäss ISO/IEC 24702 First Edition bis auf 200 m.

POF: Der Kunststoff-Lichtwellenleiter ist ein Medium, das sich völlig unkompliziert handhaben lässt. Installation, Konfektionierung und Terminierung lassen sich mit geringem Aufwand und ohne besonderes Werkzeug im Do It Yourself-Verfahren (DIY) ausführen (Bild 6). An den Faserenden bringt man mit wenigen Handgriffen Schraubferrulen an. SC-RJ in Kombination mit POF erfüllt daher die Forderungen der Industrie nach Feldkonfektionierbarkeit im Bereich der Automatisierung.

POF-Stecker sind häufig so konstruiert, dass zwischen den Faserenden in der Steckverbindung (Stecker/Adapter/Stecker) ein Luftspalt verbleibt und die axiale Führung relativ große Toleranzen aufweist (Fresnel-Stecker). Luftspalt, axialer Versatz und Winkelfehler zusammen können zu einer

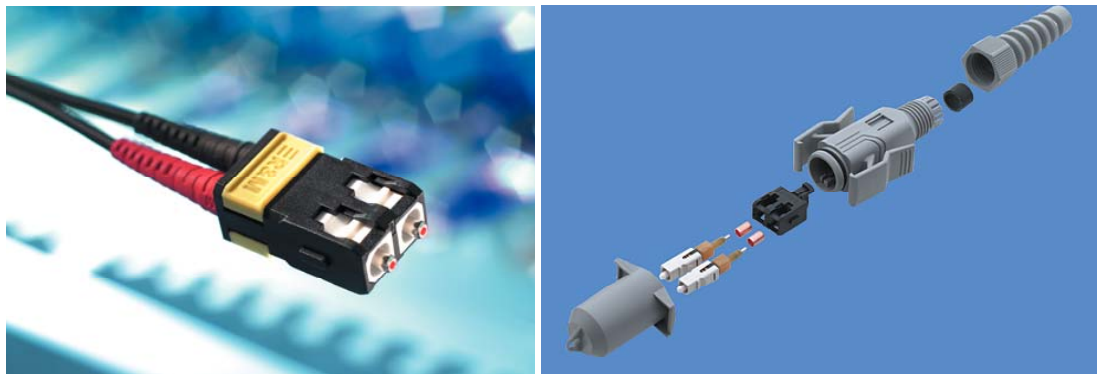


Bild 6: SC-RJ-Anwendungen: links als POF-Steckverbinder, rechts Montagesatz für die schnelle Feldkonfektionierung mit IP67-Schutzsystem. Fotos: R&M

hohen Dämpfung der Lichtübertragung führen. Bei einer Punkt-zu-Punkt-Verbindung mag sie noch nicht stören. Bei einer strukturierten Verkabelung mit sternförmiger Struktur und mehreren Steckverbindungen im Übertragungsweg ist das Dämpfungsbudget schnell ausgeschöpft.

Der SC-RJ von R&M ist auch für POF dämpfungsarm ausgelegt. Wie bei den anderen Fasertypen zentriert der SC-RJ die Faserenden in der Hülse. Zudem stellt er einen physikalischen Kontakt zwischen den Endflächen her. Die Faserenden müssen bei der Konfektionierung lediglich leicht poliert werden. Die Geometrie des gefederten Steckers ist so ausgelegt, dass äussere Kräfte die Faserendflächen weder unzulässig stauchen noch den Kontakt aufheben. Die Schraubferrulen sorgen für eine Zugentlastung von über 40 N. Die Lebensdauer bezogen auf Steckzyklen ist mit 500 spezifiziert. Die Dämpfungsänderung infolge der Steckzyklen liegt unter 0,3 dB – gelegentliche Reinigung der Faserendflächen vorausgesetzt.

Insgesamt ist ein leicht zu terminierender Stecker mit guten Übertragungseigenschaften entstanden. Die Dämpfung (Insertion Loss = IL) des SC-RJ POF von R&M liegt im Mittel bei 0,4 dB, maximal bei 0,8 dB. Mit der R&M-Anschluss technik können POF-Übertragungsstrecken bis 100 m aufgebaut werden – während standardmässig Distanzen bis 50 m vorgesehen sind (ISO/IEC 24702 First Edition).

Die Plastikfaser hält Wärme bis etwa 60 °C stand. Bei dieser Temperatur findet der physikalische Kontakt noch im elastischen Bereich statt, und es ist eine Lebensdauer von 10.000 Stunden zu erwarten. Klimatests zeigen, dass z.B. bei einem Temperaturwechsel (gemäss IEC 61300-2-22) von -10° bis +60° C oder bei feuchter Wärme (gemäss IEC 61300-2-19) von 40° C und 93 % rel. Luftfeuchte die Dämpfung der Steckverbindung um maximal 0,3 dB ansteigt. POF weisen im 650 nm-Bereich ein Verlustminimum auf.

Weitere Vorteile von POF liegen im geringen Gewicht, in der Flexibilität und Widerstandsfähigkeit sowie in den geringen Kosten im Vergleich zu Glasfasern. Darum findet POF immer mehr Verwendung – in der Industrie genauso wie in Wohnungen.

9. Relevante Normen

EN 50377-6-1:2002: Connectors sets and interconnect components to be used in optical fibre communication systems. Product specifications. Type SC-RJ terminated on IEC 60793-2 category A1a and A1b multimode fibre

EN 50377-6-2:2004: Connector sets and interconnect components to be used in optical fibre communication systems. Product specifications. Type SC-RJ terminated on IEC 60793-2 category B1.1 singlemode fibre

DIN EN 50377-6-1:2003-02: Steckverbindersätze und Verbindungsbaulemente für Lichtwellenleiter-Datenübertragungssysteme - Produktnormen - Teil 6-1: SC-RJ zum Anschluss an Mehrmodenfasern des Typs A1a und A1b nach IEC 60793-2; Deutsche Fassung EN 50377-6-1:2002

DIN EN 50377-6-2:2004-11: Steckverbindersätze und Verbindungsbaulemente für Lichtwellenleiter-Datenübertragungssysteme - Produktnormen - Teil 6-2: Bauart SC-RJ/PC zum Anschluss an Einmodenfasern des Typs B1.1 nach IEC 60793-2; Deutsche Fassung EN 50377-6-2:2004

EN 50173-3, ISO/IEC 24702: Information technology - Generic cabling - Industrial premises

IEC 60793-2-40: Optical fibres - Part 2-40: Product specifications - Sectional specification for category A4 multimode fibres

IEC 61158: Digital data communications for measurement and control - Fieldbus for use in industrial control systems

IEC 61300-3-34 Ed. 2: Fibre optic interconnecting devices and passive components - Basic test and measurement procedures - Part 3-34: Examinations and measurements - Attenuation of random mated connectors

IEC 61754-24: Fibre Optic Connector Interfaces - Part 24: Type SC-RJ connector family

IEC 61753: Fibre optic interconnecting devices and passive components performance standard

IEC 61784: Digital data communications for measurement and control

IEC 61918: Industrial communication networks - Installation of communication networks in industrial premises

10. Quellen und Hinweise

- Für weitere Informationen zu Produkten und Lösungen von R&M besuchen Sie www.rdm.com.
- E-2000™ gefertigt in Lizenz der Diamond SA, Losone.